

云南省工程建设地方标准

DB

DBJ 53/T-××- 202×

云南省工业废渣堆场岩土工程技术规程

Technical code for geotechnical engineering of industrial
waste dump sites in Yunnan Province

(征求意见稿)

202×-××-×× 发布

202×-××-×× 实施

云南省住房和城乡建设厅

发布

前 言

本规程是根据《云南省住房和城乡建设厅关于印发 2020 年工程建设地方标准编制计划（第一批）的通知》的要求，由中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司主编，会同 11 个有关勘察、设计、科研和施工单位编制完成。

本规程根据现行国家行业标准，参考有关国内标准和国外标准，在结合云南地区实际情况的基础上编制而成。在编制过程中，开展了专题研究，进行了广泛的调查分析，总结了多年来云南地区工业废渣堆场建设的实践经验，吸纳了该领域新的科研成果，并征求了云南地区有关勘察、设计、施工、检测、科研及教学单位的意见，经反复修改，最终完成规程制订。

本规程共有 12 章 7 个附录，主要技术内容有：1 总则、2 术语和符号、3 基本规定、4 工程勘察技术要求、5 不良地质作用与地质灾害、6 特殊性岩土、7 勘探与取样、8 原位测试与室内试验、9 岩土工程分析评价、10 岩土工程设计、11 岩土工程施工、12 检测与监测。

本规程由云南省住房和城乡建设厅负责管理，由中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司负责具体内容的解释。

为了提高本规程的质量，请各单位在执行过程中，注意总结经验，积累资料，如有意见或建议寄送中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司(地址:云南省昆明市东风东路东风巷 1 号，邮编: 650051；邮箱: kkyscjsb@163.com)，

主编单位：中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司

参编单位：云南省设计院集团勘察院有限公司

云南建投第一勘察设计有限公司

昆明有色冶金设计研究院有限公司

云南省建筑工程设计院有限公司

昆明理工大学

云南大学

云南建安昆宁工程设计咨询有限公司

昆明煤炭设计研究院

云南建投基础工程有限责任公司

西南林业大学

云南省生态环境科学研究院

主要起草人员：

主要审查人员：

目 次

1	总 则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术 语.....	2
2.2	符 号.....	3
3	基本规定.....	6
4	工程勘察技术要求.....	11
4.1	一般规定.....	11
4.2	工程地质测绘与调查.....	11
4.3	新建工程勘察.....	14
4.4	运行期勘察.....	20
4.5	改扩建工程勘察.....	22
4.6	闭库与封场勘察.....	24
4.7	综合利用工程专项勘察.....	24
4.8	隐患综合治理专项勘察.....	25
4.9	水文地质勘测.....	26
5	不良地质作用与地质灾害.....	33
5.1	一般规定.....	33
5.2	岩 溶.....	33
5.3	滑 坡.....	35
5.4	危岩和崩塌.....	38
5.5	泥石流.....	40
5.6	采空区.....	41
5.7	地面沉降.....	43
5.8	场地和地基的地震效应.....	44
6	特殊性岩土.....	46
6.1	一般规定.....	46
6.2	湿陷性土.....	46
6.3	红黏土.....	48
6.4	软 土.....	49
6.5	混合土.....	50
6.6	填 土.....	51
6.7	膨胀岩土.....	52
6.8	盐渍岩土.....	53

6.9	风化岩和残积土.....	55
6.10	污染土.....	56
6.11	季节性冻土.....	58
6.12	细粒工业废渣.....	60
7	勘探与取样.....	62
7.1	一般规定.....	62
7.2	勘 探.....	62
7.3	取 样.....	64
7.4	现场编录.....	65
8	原位测试与室内试验.....	67
8.1	一般规定.....	67
8.2	标准贯入试验.....	67
8.3	圆锥动力触探试验.....	68
8.4	现场直接剪切试验.....	69
8.5	载荷试验.....	71
8.6	静力触探试验.....	75
8.7	十字板剪切试验.....	77
8.8	扁铲侧胀试验.....	78
8.9	波速测试.....	79
8.10	室内试验.....	80
8.11	室内动力特性试验.....	82
8.12	室内中型剪切试验.....	83
9	岩土工程分析评价.....	85
9.1	一般规定.....	85
9.2	数据处理及分析.....	86
9.3	坝体坝坡稳定性分析.....	87
9.4	边坡稳定性分析.....	90
9.5	场地地基岩土特性评价.....	91
9.6	环境影响分析.....	92
9.7	成果报告编制.....	93
10	岩土工程设计.....	96
10.1	一般规定.....	96
10.2	坝基岩土工程设计.....	97
10.3	渗流计算与防渗设计.....	98

10.4	地质灾害与边坡治理设计.....	100
10.5	隐患治理设计.....	101
11	岩土工程施工.....	102
11.1	一般规定.....	102
11.2	地基处理工程.....	102
11.3	防渗工程.....	103
11.4	地质灾害与坝坡治理工程.....	103
11.5	隐患应急治理.....	104
12	检测与监测.....	107
12.1	一般规定.....	107
12.2	检测.....	107
12.3	人工监测（巡查）.....	108
12.4	位移变形监测.....	108
12.5	浸润线与渗流监测.....	109
12.6	环境监测.....	109
附录 A	工业废渣堆场岩土工程勘察任务书.....	111
附录 B	滑坡、崩塌（危岩体）分类.....	112
附录 C	泥石流的分类.....	113
附录 D	岩土体渗透性分级.....	116
附录 E	土的渗透变形判定.....	117
	本规程用词说明.....	120
	引用标准名录.....	121
	条文说明.....	122

CONTENTS

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols.....	3
3	Basic requirements	6
4	Technical requirements for various engineering investigation.....	11
4.1	General requirements	11
4.2	Engineering geological mapping and investigation.....	11
4.3	Geotechnical investigation of new dump sites.....	14
4.4	Geotechnical investigation during the operation period	20
4.5	Geotechnical investigation before reconstruction and expansion	22
4.6	Geotechnical investigation before closure	24
4.7	Special Survey for Comprehensive Utilization Engineering	24
4.8	Special investigation for comprehensive treatment of hidden dangers	25
4.9	Hydrogeological survey.....	26
5	Adverse geological processes and geological hazards	33
5.1	General requirements	33
5.2	Karst.....	33
5.3	Landslide.....	35
5.4	Dangerous rock and collapse.....	38
5.5	Debris flow	40
5.6	Goaf	41
5.7	land subsidence.....	43
5.8	Seismic effect of site and foundation.....	44
6	Special rock and soil	46
6.1	General requirements	46
6.2	Collapsible loess.....	46
6.3	Red clay	48
6.4	Soft soil	49
6.5	Mixed soil	50
6.6	Fill soil.....	51
6.7	Expansive rock and soil.....	52
6.8	Saline soil	53

6.9	Weathered rock and residual soil	55
6.10	Contaminated soil	56
6.11	Seasonal frozen soil	58
6.12	Fine grained industrial waste residue.....	60
7	Exploration and sampling	62
7.1	General requirements	62
7.2	Prospecting	62
7.3	Sampling	64
7.4	Filed description.....	65
8	In-situ tests and laboratory tests.....	67
8.1	General requirements	67
8.2	Standard penetration test	67
8.3	Dynamic penetration test.....	68
8.4	In-situ shear test	69
8.5	Loading test.....	71
8.6	Cone penetration test.....	75
8.7	Vane shear test	77
8.8	Flat dilatometer test	78
8.9	Wave velocity test	79
8.10	Laboratory test.....	80
8.11	Indoor dynamic characteristic test	82
8.12	Indoor medium shear test	83
9	Geotechnical analysis and evaluation.....	85
9.1	General requirements	85
9.2	Data processing and analysis.....	86
9.3	Analysis of dam slope stability	87
9.4	Slope stability analysis.....	90
9.5	Evaluation of geotechnical characteristics of site foundation	90
9.6	Environmental impact analysis	91
9.7	Preparation of achievement report.....	92
10	Geotechnical engineering design.....	93
10.1	General requirements	96
10.2	Geotechnical design of dam foundation.....	97
10.3	Seepage calculation and anti-seepage design.....	98

10.4	Geological hazards and slope treatment design.....	100
10.5	Hidden danger control design.....	101
11	Geotechnical engineering construction	102
11.1	General requirements	102
11.2	Foundation treatment engineering	102
11.3	Seepage prevention engineering.....	103
11.4	Geological hazards and dam slope treatment project	103
11.5	Emergency management of hidden dangers.....	104
12	Inspection and monitoring	107
12.1	General requirements	107
12.2	Detection.....	107
12.3	Manual monitoring (inspection)	108
12.4	Displacement and deformation monitoring	108
12.5	Infiltration line and seepage monitoring	109
12.6	Water environment monitoring	109
Appendix A	Geotechnical Engineering Survey Task Book for Industrial Waste Residue Stockyard sites.....	111
Appendix B	Landslide classification	112
Appendix C	Classification of debris flows	113
Appendix D	Classification of permeability of rock and soil.....	116
Appendix E	Determination of soil seepage deformation.....	117
	Explanation of wording in this code	120
	List of quoted standards.....	121
	Explanation of provisions	122

1 总 则

1.0.1 为了贯彻执行国家和云南省有关的技术经济政策，规范工业废渣堆场岩土工程技术工作，做到技术先进，保证质量，绿色环保，保障人民生命财产安全，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业废渣堆场的岩土工程勘察、设计、施工、检测与监测，危险废物及核工业废渣不适用本规程。

1.0.3 工业废渣堆场新建、运行、改建与扩建和闭库封场岩土工程设计与施工，应进行岩土工程勘察与评价，综合考虑废渣类型、堆场等别和施工条件等因素，因地制宜，精心设计 & 施工。

1.0.4 工业废渣堆场的岩土工程技术工作除应符合本规程的规定外，尚应符合国家、行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 工业废渣 industrial waste residue

工矿企业在工业生产活动中产生的且不属于危险废物的固体废物，属于一般工业固体废物。

2.1.2 工业废渣堆场 industrial waste residue yard

采用筑坝或利用露天废弃采坑、天然凹地将固体废物临时置于特定土地贮存设施或者场所。

2.1.3 磷石膏 phosphogypsum

以磷矿石为原料，采用湿法制取磷酸过程中产生的以二水硫酸钙为主要成份的化工副产物。

2.1.4 废石（矸石） waste rock（gangues）

开采剥离的废弃岩土、围岩及不具工业价值的脉石，在煤炭开采过程中产生和排放的固体废物称矸石，也称煤矸石。

2.1.5 灰渣 ash residue and slag

可燃物质充分燃烧后余下的矿物渣滓，即燃煤火力发电厂、钢铁、水泥等行业生产设施的副产品。

2.1.6 赤泥 red mud

用含铝的矿物原料制取氧化铝或氢氧化铝后所产生的废渣。

2.1.7 尾矿 tailings

选矿过程中产生的可用土的特征进行描述的废弃产物。

2.1.8 尾矿坝 tailings dam

拦挡尾矿和水的尾矿库外围构筑物。

2.1.9 初期坝 starter dam

用土、石材料筑成的，作为工业废渣堆积坝的排渗或支撑体的坝。

2.1.10 堆积坝 tailings embankment

工业废渣贮存、处置过程中用工业废渣堆筑而成的坝。

2.1.11 全库容 whole reservoir capacity

坝顶标高平面与废渣堆积体外坡面以下、库底面以上所围成空间的容积，不含非废渣构筑的坝体体积。

2.1.12 总库容 total storage capacity

设计最终状态时的全库容。

2.1.13 总坝高 total dam height

设计最终状态时的坝高。

2.1.14 拦挡坝 stone retaining dam

以拦蓄山洪、拦挡泥砂石固体物质为主要目的的拦挡构筑物，也称挡水坝、拦渣坝。

2.1.15 排土场 waste dump

集中堆放露天开采剥离物或地下开采废石的场所，也称废石场、矸石场。

2.1.16 闭库 tailings pond closure (Industrial waste slag yard closed)

工业废渣堆场运行到设计最终标高或者不再进行废渣堆存作业，并进行闭库前的安全评价、闭库设计与施工、闭库安全验收，使工业废渣堆场能达到长期安全稳定、保护环境的要求而进行的一系列工作的全过程，也称封场。

2.1.17 弥散试验 dispersion test

根据地下水中由于质点热动能和机械能混合作用引起的化学元素稀释的原理，利用示踪剂来测定含水层中地下水的弥散参数的试验。

2.2 符 号

2.2.1 岩土物理性质参数

e —孔隙比；

I_L —液性指数；

I_p —塑性指数；

S_r —饱和度；

w —含水率；

w_L —液限；

w_p —塑限；

W_u —有机质含量；

γ —天然重力密度；

γ_{sat} —饱和重力密度；

ρ —质量密度；

ρ_d —干密度；

G_s —土粒比重；

D_r —相对密度；

C_u —不均匀系数。

2.2.2 岩土变形参数

a —压缩系数；

C_c —压缩指数；

C_e —再压缩指数；

C_s —回弹指数；

C_v —固结系数；

E_0 —变形模量；

E_D —侧胀模量；

E_m —旁压模量；

E_s —压缩模量；

G —剪切模量；

p_c —前期固结压力；

m_v —体积压缩系数。

2.2.3 岩土强度参数

c —黏聚力；

p_0 —载荷试验比例界限压力；

p_u —载荷试验极限压力；

q_u —土的无侧限抗压强度；

τ —抗剪强度；

φ —内摩擦角。

2.2.4 触探及标准贯入试验指标

R_f —静力触探摩阻比；

f_s —静力触探侧阻力；

N —标准贯入试验锤击数；

N_{10} —轻型圆锥动力触探锤击数；

$N_{63.5}$ —重型圆锥动力触探锤击数实测值；

N_{120} —超重型圆锥动力触探锤击数实测值；

$N_{63.5}$ —重型圆锥动力触探锤击数修正值；

N_{120} —超重型圆锥动力触探锤击数修正值；

p_s —静力触探比贯入阻力；

q_c —静力触探锥头阻力。

2.2.5 水文地质参数

k —渗透系数；

Q —流量；

R —影响半径；

S —释水系数；

T —导水系数；

u —孔隙水压力。

2.2.6 其他符号

F_s —边坡稳定性系数；

F_{st} —边坡稳定安全系数；

p_e —膨胀力；

K_s —基床系数；

s —沉降量；

S_t —灵敏度；

S_c —地基分级变形量；

α_w —含水比；

v_p —压缩波波速；

v_s —剪切波波速；

δ —变异系数；

δ_{ef} —自由膨胀率；

δ_{ep} —有荷膨胀率；

λ_n —竖向收缩系数；

μ —泊松比；

σ —标准差。

3 基本规定

3.0.1 工业废渣堆场的岩土工程包括勘察、设计、施工、检测与监测，并应依据委托项目任务书进行。

3.0.2 工业废渣堆场选址应符合当地国土空间规划，并符合下列要求。

1 宜选择地质条件简单、自然斜坡稳定、水文地质条件相对简单、无不良地质作用发育或地质灾害影响小的场地；宜避开地质构造复杂、不良地质作用严重区域；

2 宜选择汇水面积较小，有足够的库容，设置各类构筑物的工程地质条件较好，处理或治理工程量小，便于管理的场地；

3 不宜位于重要工矿企业、居民区、水源保护区、交通干线上游和最大频率风向的上风侧；不宜位于有开采价值的矿床之上；

4 不应选在永久基本农田、风景名胜区、自然保护区、饮用水源保护区、生态保护红线区域、长江经济带保护区域、河道湖泊行洪区和国家法律法规规定的不得建设工业废渣堆场的区域；

5 符合其他有关工业废渣贮存规定。

3.0.3 工业废渣堆场可根据场地地形、地貌、工程地质条件、水文地质条件及其他条件按表 3.0.3 进行场地地质环境条件复杂程度分级。

表 3.0.3 场地地质环境条件复杂程度分级表

级别 场地条件	一级（复杂）	二级（中等）	三级（简单）
场地对建（构） 筑物抗震影响	处于抗震危险地段	处于抗震不利地段	处于抗震有利地段或一般地段
不良地质作用 发育程度	强烈发育	中等发育	弱发育或不发育
地形、地貌	地形复杂，相对高差大于 200m，地面坡度以大于 25° 为主，地貌类型多样	地形较简单，相对高差 50m~200m，地面坡度以 8°~25° 为主，地貌类型较单一	地形简单，相对高差小于 50m，地形坡度小于 8°，地貌类型单一
地质构造	地质构造复杂，新构造运动强烈，构造破碎带发育，地震基本烈度大于等于 9 度	地质构造较复杂，断裂较发育；地震基本烈度小于 9 度，大于 7 度	地质构造简单，断裂不发育；地震基本烈度小于等于 7 度
工程地质条件	岩土类别多，很不均匀，变异性大；存在严重的湿陷、膨胀、盐渍、污染的特殊性岩土；需作专门处理的岩土	岩土类别较多，不均匀，变异性较大；除一级规定以外的其它特殊性岩土	岩土类别单一，均匀，变异性不大；无特殊性岩土
水文地质条件	有影响工程的多层地下水，岩溶裂隙水或其它水文地质条件复杂，或需专门研究的场地	地下水对工程影响中等	地下水对工程影响小
人类活动对地质环境影响	人类活动强烈，对地质环境的影响、破坏严重	人类活动较强烈，对地质环境的影响、破坏较严重	人类活动一般，对地质环境的影响、破坏较轻

注：1 对建（构）筑物抗震影响的地段划分按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T50011 的有关规定确定；

2 级别按符合场地之一者，自一级向二级、三级推定，以最先满足的为准。

3.0.4 排土场等别应根据单个排土场总容积和堆置高度按照表 3.0.4 确定。

表 3.0.4 排土场等别

等别	单个排土场总容积 V ($\times 10^4 m^3$)	堆置高度 H (m)
一	$V \geq 10000$	$H \geq 150$
二	$2000 \leq V < 10000$	$100 \leq H < 150$
三	$500 \leq V < 2000$	$50 \leq H < 100$
四	$V < 500$	$H < 50$

注：1 当总容积与堆置高度两者的等别不同时，应按高的等别确定；当等别相差大于 1 时，应按高等别降低 1 等确定；

- 2 下游有重要城镇、工矿企业、铁路干线或高速公路时，应采用经论证确定的排土场设计等别；
- 3 剥离物含泥量大或遇水软化，排水不良，堆置整体稳定性较差，且具备形成泥石流条件的；剥离物的溶出物具有有害特性的；排土地基原地面坡度大于 24° ；排土场基底存在工程地质、水文地质不良地段的，排土场等别应提高一等；
- 4 凹塘型排土场凹塘封闭圈最低点标高以下不算高度。

3.0.5 山谷灰渣场等别应根据贮灰场总容积和最终坝高，滩涂灰渣场等别应依据总容积大小，并按表 3.0.5 确定。

表 3.0.5 灰渣场等别

等别	山谷灰渣场		滩涂灰渣场
	单个灰渣场总容积 V ($\times 10^4 m^3$)	最终坝高 H (m)	单个灰渣场总容积 V ($\times 10^4 m^3$)
一	$V > 1000$	$H > 70$	/
二	$100 < V \leq 1000$	$50 < H \leq 70$	$100 < V$
三	$V \leq 100$	$30 < H \leq 50$	$V \leq 100$

注：1 当最终坝高与总容积两者的等别不同时，以高者为准；当等别相差大于 1 个等别时，应按高等别降低 1 等确定；

- 2 下游有重要城镇、居民集中区、工矿企业、铁路干线或高速公路时，应采用设计经论证确定的设计等别；
- 3 对一等别山谷灰渣坝至少应有 1.5m 的坝顶超高，对二、三等别山谷灰渣坝应有 1.0m~1.5m 的坝顶超高；滩涂灰渣场的灰堤顶或防浪墙顶至少 1.0m 堤顶超高；
- 4 最终坝高一般按贮灰场的自然地形和地质条件确定。

3.0.6 尾矿库、磷石膏库和赤泥库等别和堆场构筑物级别按下列规定确定。

- 1 尾矿库、磷石膏库和赤泥库等别应根据各库的总库容及总坝高按表 3.0.6-1 确定。

表 3.0.6-1 尾矿库、磷石膏库和赤泥库等别

等别	全库容 V ($10^4 m^3$)	总坝高 H (m)
一	$V \geq 50000$	$H \geq 200$
二	$10000 \leq V < 50000$	$100 \leq H < 200$
三	$1000 \leq V < 10000$	$60 \leq H < 100$
四	$100 \leq V < 1000$	$30 \leq H < 60$
五	$V < 100$	$H < 30$

- 注：1 当总库容与总坝高指标分属不同等别时，应按高的等别确定；当等别相差大于1时，应按高等别降低1等确定；
- 2 除一等库外，下游有重要城镇、工矿企业、铁路干线或高速公路时，应采用经论证确定的尾矿库设计等别；
- 3 不同堆积形式的总坝高取值：干式尾矿库，为尾矿坝顶面最高点与坝脚最低点的高差，当尾矿坝坝脚有初期坝或拦砂坝作为支撑体时，为尾矿坝顶面最高点至初期坝顶轴线处或拦砂坝坝顶轴线处原地面的高差；上游式尾矿坝为尾矿堆积坝坝顶与初期坝轴线处原地面的高差；中线式和下游式尾矿坝为尾矿堆积坝坝顶与坝顶轴线处的原地面标高的高差；
- 4 对于露天废弃采坑或凹地贮存磷石膏、赤泥，周边未建磷石膏坝、赤泥坝的，应定位五等；建有磷石膏坝、赤泥坝的应根据全库容和坝高确定等别。

2 尾矿库、磷石膏库、赤泥库构筑物的级别应根据堆场的等别及构筑物的重要性按表 3.0.6-2 确定。

表 3.0.6-2 尾矿、磷石膏、赤泥堆场构筑物级别

等别	构筑物级别		
	主要构筑物	次要构筑物	临时构筑物
一	1	3	4
二	2	3	4
三	3	5	5
四	4	5	5
五	5	5	5

- 注：1 主要构筑物指磷石膏坝、赤泥坝、排洪构筑物等失事后会造成下游灾害的，且难以修复的构筑物；
- 2 次要构筑物指除主要构筑物外的永久构筑物；
- 3 临时构筑物指施工期临时使用的构筑物。

3.0.7 排土场、灰渣场、尾矿库、磷石膏库和赤泥库勘察等级应根据工业废渣堆场等别和地质环境条件复杂程度分别按表 3.0.7 确定。同期勘察的工业废渣堆场内建（构）筑物勘察等级应与工业废渣堆场勘察等级一致。

表 3.0.7 排土场、灰渣场、尾矿库、磷石膏库和赤泥库岩土工程勘察等级

等别	地质环境条件		一级（复杂）	二级（中等）	三级（简单）
	尾矿库、磷石膏库、赤泥库	排土场			
一等、二等、三等	一等、二等、三等	一等、二等	甲级	甲级	甲级
四等	四等	三等	甲级	乙级	乙级
五等	/	/	乙级	乙级	乙级

- 注：1 五等尾矿库、磷石膏库、赤泥库，场地为复杂场地时，且下游有重要城镇、工矿企业、铁路干线、高速公路时，勘察等级应定为甲级；
- 2 专项勘察应根据实际情况确定勘察等级。

3.0.8 工业废渣堆场岩土工程勘察应满足任务书要求。勘察阶段可分为可行性勘察、初步勘察、详细勘察。对地质环境条件复杂或需在工程施工中进一步查明地质条件时，尚

应进行施工勘察；对地质环境条件简单、已获得相关资料或已有工程经验的场地，可简化合并勘察阶段。勘察任务书具体内容可按附录 A 执行。

3.0.9 工业废渣堆场勘察应包括堆场、配套及辅助设施，堆场区域水文地质单元，以及堆场下游的影响范围。

3.0.10 工业废渣堆场应根据堆场类型、项目建设需求和运行管理要求，应对建设期、改扩建、运行期、闭库封场各阶段堆场的稳定性、适宜性和存在问题进行分析评价。必要时进行专项勘察进行勘察和设计。

3.0.11 工业废渣堆场堆积坝应按下列要求进行运行期的稳定性评价。

1 上游式堆坝的磷石膏库在堆筑第一级子坝前应采取手段获取磷石膏的物理力学指标；磷石膏库在堆至 $1/3\sim 1/2$ 总坝高时，应对坝体进行运行期稳定性评价勘察；

2 三等及三等以下的尾矿库堆至 $1/2\sim 2/3$ 总坝高时、二等尾矿库堆至 $1/3\sim 1/2$ 和 $1/2\sim 2/3$ 总坝高时、运行达到一等及一等之后坝高每增高 20m 时，应进行运行期勘察；

3 采用浆体干法堆存工艺时，各级赤泥堆积坝加高前，均应对原坝体和赤泥地基进行勘察和试验；对于滤饼干法赤泥堆场应在一级堆积坝加高前对原坝体和赤泥地基进行勘察和试验；

4 三等及三等以下的赤泥堆场在赤泥坝堆至 $1/2\sim 2/3$ 最终设计总坝高时，一等及二等赤泥堆场在赤泥坝堆至 $1/3\sim 1/2$ 最终设计总坝高时，应对坝体进行全面的工程地质和水文地质勘察；对于堆场投产后排放规模或工业流程发生重大改变，或赤泥性质、堆存工艺与初步设计相差较大时，可不受堆高限制，根据需要进行全面勘察。

3.0.12 工业废渣堆场在改建、扩建前应进行改建和扩建勘察，进行现状稳定性评价。

3.0.13 对达到设计最终堆积高度或未达到设计最终堆积高度而提前停止使用的工业废渣堆场，在闭库封场前应进行闭库封场勘察。

3.0.14 对需开展综合利用的工业废渣堆场应进行综合利用专项勘察；对没有在线监测系统或需对已有在线监测系统进行调整的工业废渣堆场应进行在线监测专项勘察；工业废渣堆场在运行过程中有异常情况且危及堆场安全时，应进行隐患治理专项勘察。

3.0.15 水文地质勘察宜采用水文地质测绘与调查、钻探、水文地质测试与试验等手段进行，所采用的勘察手段应与勘察阶段相匹配。水文地质勘察应与场地勘察同时进行，有专项水文地质要求的应开展专项水文地质勘察。

3.0.16 岩土工程设计应满足工业废渣堆场的预定功能、安全性、耐久性要求。

3.0.17 工业废渣堆场应严格按照设计和标准规范进行施工、过程控制、质量检测和验收，并做好各分项工程施工记录、检查、确认的信息化管理。

3.0.18 对采用新技术、新材料、新工艺施工的项目，应进行现场试验和鉴定，对大型工业废渣堆场或社会影响重大的须论证可行后方可采用。

3.0.19 工业废渣堆场岩土工程施工按设计要求进行，并按设计要求和标准对分项工程质量、建筑材料进行检测，工程竣工应进行竣工检测、验收。

3.0.20 工业废渣堆场岩土工程建设应进行施工全过程监测和堆场安全营运监测。

3.0.21 工业废渣堆场工程验收应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 的有关规定执行。

4 工程勘察技术要求

4.1 一般规定

- 4.1.1** 工业废渣堆场勘察应编制勘察纲要,并满足工程特点、勘察阶段、岩土工程条件、勘察技术、环境保护、危险源辨识的要求。
- 4.1.2** 工业废渣堆场勘察宜以工程地质与水文地质测绘和调查、钻探、原位测试和室内试验为主,辅以工程物探、井探和槽探等手段。
- 4.1.3** 勘察工作量、原位测试与室内试验项目应根据设计要求、场地特点和工业废渣类别确定。
- 4.1.4** 存在不良地质作用和地质灾害或其影响范围内的场地,应查明不良地质作用和地质灾害的类型、成因、分布范围、发展趋势及对工业废渣堆场工程建设的影响,并提出治理措施建议。
- 4.1.5** 场地内存在特殊性岩土时应查明其分布范围、岩土的物理力学特性,分析评价对工程的影响,提出防治措施建议。
- 4.1.6** 除保留做长期观测或它用的钻孔外,野外勘探、测试工作完成后,应按要求对钻孔、探坑、试坑、探井和探槽进行封堵、回填。
- 4.1.7** 当废渣、水含有害物质时,应取样进行有害成分试验分析,取样时现场作业人员和设备仪器应采取防护措施。
- 4.1.8** 岩土的分类和鉴定按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021、《尾矿堆积坝岩土工程技术标准》GB50547 规定执行。尾矿、灰渣、磷石膏和赤泥应按本规程第 6.12.1 条进行细粒工业废渣分类和定名。

4.2 工程地质测绘与调查

- 4.2.1** 工业废渣堆场工程地质测绘与调查应在可行性研究或初步勘察阶段进行,详细勘察阶段应对专门地质问题进行补充测绘与调查。
- 4.2.2** 工程地质测绘与调查前应收集区域地质资料、气象及水文资料、地震资料;航空照片、卫星照片的解译成果;场地附近已有工程勘察及施工资料、地区性施工经验;项目前期已有可研规划设计、初步设计、安全评价等资料。
- 4.2.3** 工程地质测绘与调查应采用实地测绘法,必要时可辅以遥感解译、无人机测量和仪器法进行综合测绘。实地测绘一般采用路线法与追索法、露头标绘法相结合,必要时可辅以适量的勘探、物探和测试工作。工程地质测绘与调查的方法选用,应符合下列规定:

1 线路穿越法测线应垂直于岩层走向和构造线方向布置，测线间距应按边坡投影宽度的 1/2 布置；重点工程区测线间距应加密；

2 界线追踪法应沿地质界线、不连续面和构造形迹等布置观点测，进行追踪测绘；

3 露头标绘法，在第四系大部分覆盖区，应将所有露头观察成果和已有地质资料绘制于测绘底图上，地质迹线应采用内插法处理，成图应与实际依据区分表示。

4.2.4 工程地质测绘与调查应包含以下内容：

1 场地地形地貌、形态特征及成因类型，划分地貌单元；

2 场地范围的地质构造、地层岩性，新构造运动的迹象；区域构造特征及与场地地质构造的关系；

3 场地所在区域气象、水文要素；场地内地表水体特征，地下水类型、补给、径流、排泄条件等；

4 场地内不良地质作用及地质灾害的种类、性质、分布范围、规模及发育程度，各类不良地质作用及地质灾害的要素及其对工程建设的影响；

5 场地及附近人类工程活动规模及其影响，已建工程的施工经验；

6 调查石料、砂料、土料的分布、质量、储量、开采技术条件等。

4.2.5 工程地质测绘与调查的范围应符合下列要求：

1 对于沟谷型场地，调查范围应包含场地工程布置区、征地界线至周边分水岭位置，主体工程下游 1.0km 范围；

2 对于平地型场地，依据工程可行性研究报告、充分考虑地下水动力作用、地下水水力联系，场地附近相互影响和受堆场影响的地段，综合确定工程地质测绘与调查的范围；

3 对工程建设有影响的不良地质作用、特殊性岩土、断裂构造、地下水富集区段、既有建筑工程等地段，应适当扩大调查范围；

4 工程建设可能诱发地质灾害地段及其发生地质灾害的影响范围；

5 专项研究时，调查范围应满足专门研究技术要求。

4.2.6 工程地质测绘与调查的测绘精度应符合下列要求：

1 工程地质调查与测绘底图的比例尺不应小于最终成果图的比例尺；

2 可行性研究阶段宜采用 1:5000~1:25000；初步勘察阶段宜采用 1:2000~1:5000；详细勘察阶段宜采用 1:500~1:2000；当工程地质条件复杂或有特殊要求时宜放大比例尺；

3 地质界线、地质观测点的测绘精度在图上不应大于 3mm；

4 地质单元体在图上的宽度大于或等于 3mm 时，均应在图上表示。有特殊意义或对工程有重要影响的地质单元体，在图面上宽度小于 3mm 时，应采用扩大比例尺的方法标绘，并注示实际数据；

5 地质界线、地质观测点、地质单元体在图上的标绘应符合相关现行标准的要求。

4.2.7 地质观测点的布置、密度应满足下列要求：

1 地质观测点宜按网状布置，地质构造线、地层接触线、岩性分界线、标准层位、地质单元体、地貌分界线、地下水出露点、不良地质体分界线、地质灾害体及环境破坏的边界线等各种地质界线和主要结构面上应布置地质观测点；对堆积坝稳定性有影响的地质单元体的点和边界应设地质观测点；

2 地质观测点应利用天然和人工露头，当无露头时，应根据具体情况布置探井、探槽或探洞；

3 地质观测点的密度应根据场地地形地貌、地质条件复杂程度、成图比例尺和工程特点确定，在图上的间距宜为 20mm~50mm，且每个地质单元应不少于 3 个；

4 利用遥感影像资料解译进行工程地质测绘时，现场检验地质观测点数不宜少于解译点数的 80%。

4.2.8 工程地质测绘与调查的地质观测点定位方法宜根据所采用的地形图比例尺确定，并宜符合下列规定：

1 地质观测点宜采用仪器法和地形地物相结合的方法定位；

2 比例尺小于等于 1:10000 时宜采用目测法；

3 比例尺为 1:2000~1:10000 时宜采用半仪器法，对重要观测点和比例尺大于等于 1:2000 时宜采用仪器法。

4.2.9 地质观测点和地质界线应在野外实地采用铅笔勾绘在工作手图上，野外调查记录应按照调查表规定的内容逐一填写和沿途观察记录，不得遗漏主要调查要素，并附必要的示意性平面图、剖面图或素描图及影像资料。

4.2.10 工程地质测绘与调查的成果资料应符合下列要求：

1 成果资料整理应在野外资料整理、检查、验收和分析的基础上进行；

2 工程地质测绘与调查成果应纳入相应阶段的岩土工程勘察报告相关章节，并附工程地质图或分区图、含综合地质柱状图、工程地质剖面图、素描图、照片或视频和地质点调查表；

3 对地质条件复杂地段，工程有要求时，应编制单独的工程地质测绘与调查说明书。内容包括文字说明、实际材料图、综合工程地质图、综合工程地质分区图、纵横工

程地质剖面图、综合地质柱状图、素描图、照片或视频和地质点调查表等。必要时根据需要绘制地质构造图、水系图、地震分布图等其他图件。

4.3 新建工程勘察

4.3.1 新建工业废渣堆场工程应结合设计阶段的要求进行可行性研究、初步设计、施工图设计岩土工程勘察。

4.3.2 可行性研究阶段勘察应以搜集资料、工程地质及水文地质测绘、工程类比等方法为主，必要时辅以钻探等勘探手段。

4.3.3 可行性研究勘察应对工业废渣堆场的稳定性和适宜性做出评价，并应为场址的比选提供下列资料：

- 1 区域地质构造、地震地质资料；
- 2 场区的地形地貌特征、地质构造、地层岩性、不良地质作用及地质灾害等工程地质条件；
- 3 场区汇水面积、洪峰流量、降雨量及地表水文资料；
- 4 场址范围及其附近的矿产资源分布、埋藏条件等资料；
- 5 场址附近的自然环境、人文环境、生态环境、水源地保护带、水源开发情况和环境保护要求等国土空间规划资料；
- 6 建筑材料的储藏分布情况。

4.3.4 初步勘察应以工程地质测绘及水文地质调查为主，结合勘探、原位测试、室内试验等综合手段。工程地质测绘及水文地质调查满足本章第 4.2 节及评价要求。

4.3.5 初步勘察应初步查明以下内容：

- 1 堆场区气象、水文、地形地貌类型、特征；水文地质条件及相应的水文地质参数；
- 2 地层成因、分布、岩性特征、渗透性，岩土物理力学性质；
- 3 不良地质作用及地质灾害的分布范围、规模及其危害程度，提出治理方案初步建议；
- 4 断裂构造的特性、展布范围及其对工程建设的相互影响关系；
- 5 搜集废渣构成组分，类似条件的渣库、渣场或水利工程的建筑经验；
- 6 场地处于强震区时，应进行专项地震效应评价，提供抗震设计参数；
- 7 对场区建设的各种岩土工程、水文地质条件提出初步的评价和设计、施工建议；
- 8 评价拟建场地的稳定性和适宜性；
- 9 查明筑坝材料的产地、储量及性质。

4.3.6 坝址区初步勘察时的勘探点布置应满足下列要求：

1 勘探线应沿坝轴线及其上下游平行坝轴线布置，数量不得少于 3 条；每条勘探线上的勘探点数量不应少于 3 个，每个地貌单元应有控制性勘探点；

2 控制性勘探点的数量宜为总数的 1/3~1/2，勘探深度应满足查明坝基及坝肩软弱地层、潜在滑动面、潜在发生渗漏的地层，不宜小于设计最终堆积坝高的 1 倍。当在确定勘探深度范围内遇见稳定基岩层时可减小孔深；

3 勘探点、勘探线间距、勘探孔深度根据场地地质环境条件、建设工程重要性确定。可按表 4.3.6-1 及 4.3.6-2 确定，局部异常地段应予加密。

表 4.3.6-1 初步勘察坝址区勘探线、勘探点间距 (m)

场地地质环境条件	勘探线间距	勘探点间距
一级（复杂）	30~80	25~50
二级（中等）	50~100	50~80
三级（简单）	75~120	75~100

注：1 表中间距不适用于物探；

2 每个地貌单元均应有控制性勘探点，当场地地质环境条件复杂时，应取小值。

表 4.3.6-2 初步勘察坝址区勘探孔深度 (m)

工程重要性等级	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级（重要工程）	≥20	≥30
二级（一般工程）	15~20	20~30
三级（次要工程）	≥15	≥20

注：1 工程重要性等级根据工程规模和特征，以及由于岩土工程问题造成工程破坏或影响正常使用的后果，按《岩土工程勘察规范》GB50021 确定；

2 勘探孔包括钻孔和原位测试孔等；

3 特殊用途的钻孔除外。

4.3.7 堆场场区初步勘察勘探点布置应满足下列要求：

1 勘探线应结合堆场平面位置，沿沟底或纵、横向布置，并结合配套设施布置勘探点，整个场地应有勘探点控制；

2 勘探线数量不得少于 1 条；勘探点数量不应少于 3 个；

3 当需研究堆场沟谷坡体稳定性及渗漏性时，宜垂直沟谷布置勘探线；勘探线数量、间距和勘探深度应根据所需要研究的问题和场区地质条件确定。

4 勘探点、勘探线间距，勘探孔深度应根据场地地质环境条件、建设工程重要性确定，可按表 4.3.7-1 及 4.3.7-2 采用。勘探孔深应与截排洪设施的勘探点结合，勘探深度应满足其地基评价的要求。

表 4.3.7-1 初步勘察堆场区勘探线、勘探点间距 (m)

场地地质环境条件	勘探线间距	勘探点间距
一级 (复杂)	50~100	50~80
二级 (中等)	75~150	75~100
三级 (简单)	100~200	100~150

注：表中间距不适用于地球物理勘探。

表 4.3.7-2 初步勘察堆场区勘探孔深度 (m)

场地地质环境条件	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级 (复杂)	≥20	≥30
二级 (中等)	15~20	20~30
三级 (简单)	≥15	≥20

注：1 勘探孔包括钻孔和原位测试孔等；

2 特殊用途的钻孔除外；

3 在预定深度内遇到基岩或厚度较大且分布均匀密实的坚实土层时，除控制性勘探孔仍应进入基岩适当深度外，一般性勘探孔达到确认的基岩和坚实土层后即可终孔。

4.3.8 废渣堆场配套设施初步勘察勘探点布置应满足下列要求：

- 1 勘探点应按设施轴线、平面分布进行布置；
- 2 重点设施地段，管线转角地段均应有勘探点控制；
- 3 勘探点的间距、深度除应满足地基评价要求外，其布置原则尚应满足现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 规范的要求。

4.3.9 排洪隧洞初步勘察除满足本章第 4.3.5 条要求外，尚应满足下列要求：

1 排洪隧洞勘探方法宜采用钻探结合物探等综合手段进行。勘探点宜交叉布设在隧洞轴线两侧，距离洞壁外侧不少于 3m，勘探点间距宜为 100m~200m；隧洞进出口应布置钻孔，满足洞口边坡稳定评价的要求；

2 控制性勘探孔深度，对于岩体基本质量等级为 I 级及 II 级的岩体宜进入洞底设计标高下 1m~3m；对于 III 级岩体宜进入洞底设计标高下 3m~5m；对于 IV 级岩体、V 级岩体和土层，勘探孔深度应根据实际情况确定，满足评价要求；

3 进行取样及原位试验的勘探孔的数量不能少于总数的 2/3；每一主要岩、土层均应采取试样；有地下水时应采取水样；隧洞区存在地温异常或有害气体时，应进行地温或有害气体的成分、含量测定；对于高应力地区，应进行地应力量测；

4 室内岩、土、水试验项目，应符合本规程第 8 章的规定，并满足隧洞设计及安全评价的参数需要；

5 物探勘探线应沿隧洞轴线布设，根据场地不同物理场要素选择适当的地球物理

勘探方法、适用的仪器，追索构造破碎带，寻找岩溶、古河道，圈定富水地段，划分岩层界线，圈定滑坡体形态以及探测第四系地层厚度等。

4.3.10 渣场渗漏初步勘察除满足本章第 4.8 节的要求外，尚应满足下列要求：

- 1 初步查明库区相对隔水层及主要透水层的岩性特征、成因、性质、厚度、延伸分布、阐明库区相对隔水层的封闭条件和连续性；
- 2 初步查明各层土的地下水位及相互补排关系，透水层和出逸区渗透稳定性。重点查明库区垂直渗漏和侧向渗漏条件，调查库水外渗途径；
- 3 初步查明与透水层（带）连通的井位及穿透相对隔水层而引起库水渗漏和库区内取土等对库水渗漏的影响；
- 4 初步查明坝前天然覆盖层的物质组成、厚度及渗透性；
- 5 分析库区垂直入渗、渗水形式、位置，确定通向库外的渗漏区段，估算渗漏量；
- 6 提出防渗处理的范围、深度和工程处理措施。

4.3.11 筑坝材料初步勘察应满足下列要求：

- 1 初步查明采场的工程地质及水文地质条件；
- 2 初步查明有用层、无用夹层、覆盖层的规模、产出状态，筑坝材料的物理力学性质；评定筑坝材料的质量，计算有用储量；
- 3 分析评价筑坝材料的开采技术条件。

4.3.12 初步勘察的测试、试验布置应满足下列要求：

- 1 初步勘察测试方法应采用原位测试和室内试验相结合进行；
- 2 采取土试样和原位测试的勘探孔数量，应根据地层结构、地基土的均匀性、废渣类型和工程特点确定，且不应少于勘探孔总数的 $1/3 \sim 1/2$ ；
- 3 每个场地每一主要土层的不扰动试样和原位测试数据不应少于 6 件（组），当采用连续记录的静力触探或动力触探时，每个场地不应少于 3 个勘探孔；
- 4 试验项目应根据场地地质环境条件、工程特点、废渣类型及特殊技术要求确定；
- 5 宜进行场地的水、土壤的环境背景值试验；
- 6 应进行场地内水土腐蚀性分析，主要地层渗透性试验，必要时，设置长期水文地质观测孔。

4.3.13 详细勘察应满足下列要求：

- 1 查明场区、坝址区及各拟建构筑物地段岩土组成、分布规律、工程特性，提供各岩土层的物理力学参数；
- 2 查明场区水文地质条件、不良地质作用，分析评价对环境的影响；当场区存在

滑坡、崩塌、岩溶、断裂构造或其他不良地质作用，查明规模、特性及稳定性；

3 分析及评价坝址区、场区、配套设施等地段的稳定性；

4 采用隧洞、溢洪道、截洪沟等排洪时，应布置勘探工作，查明工程地段的土层分布、岩土工程条件、渗透性和稳定性；

5 应对堆场坝址区、场区、排洪系统工程区段地层进行压水、注水或抽水试验，分析评价地层渗透性；

6 提出防治措施建议。

4.3.14 堆场场区详细勘察勘探点布置应满足下列要求：

1 场区勘探点应结合配套设施布置，排水设施的勘探点宜沿截洪沟、排水井、槽和排水管布置，勘探点间距宜为50m~100m，在排水井和排水管转角位置应布设勘探点，勘探点深度应根据截排水设施埋置深度、废渣最终堆积高度、地基岩土层性能和地面上覆荷载条件确定。

2 场区存在岩溶、断裂构造、裂隙破碎带或其他强渗漏地层时，应重点进行勘探和测试工作。勘探点的数量和深度应能查明上述地质特征的分布、规模，满足评价场区岩土工程条件；

3 当场区存在滑坡、崩塌或其他不良地质作用，且可能影响场地正常和有效运行时，应布置勘探和测试工作，勘察手段、勘探点数量和勘探深度应能查明其基本特征、规模、失稳条件，评价其稳定性和危险性。

4 应对场区地层布置压水、注水或抽水试验点，分析地层渗透性。

4.3.15 坝址区详细勘察的勘探点布置应满足下列要求：

1 勘探线应沿坝轴线及其上下游平行坝轴线和垂直于坝轴线布置，沿坝轴线和垂直于坝轴线各不应少于3条勘探线，每条勘探线上的勘探点不少于3个；

2 控制性勘探点宜布置在坝轴线及主要稳定验算剖面上，其深度宜为最终堆积坝高的1.0~1.5倍；一般性勘探点深度宜为最终堆积坝高的0.6~1.0倍；

3 控制性勘探点数量宜为勘探点总数的1/2~1/3，每个单体建构筑物应有控制性勘探点。当存在软弱地层时，应增加勘探点；

4 坝址区详细勘察勘探线和勘探点间距、深度可按表4.3.15-1、4.3.15-2采用。

表 4.3.15-1 详细勘察坝址区勘探线、勘探点间距 (m)

场地地质环境条件	勘探线间距	勘探点间距
一级（复杂）	20~60	12~25
二级（中等）	40~80	20~40
三级（简单）	65~100	35~50

注：1 表中间距不适用于物探；

2 每个地貌单元均应有控制性勘探点，当地地质环境条件复杂时，应取小值。

表 4.3.15-2 详细勘察坝址区勘探孔深度 (m)

场地地质环境条件	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级 (复杂)	$\geq 1.0H$	$\geq 1.5H$
二级 (中等)	0.8~1.0H	1.0~1.5H
三级 (简单)	$\geq 0.8H$	$\geq 1.0\sim 1.2H$

注：1 勘探孔包括钻孔、探井和原位测试孔等；特殊用途的钻孔除外；

2 H 为最终堆积坝高度，单位 m。

4.3.16 排洪隧洞详细勘察应满足下列规定：

1 查明隧洞沿线过沟地段、傍山浅埋段和进出口边坡的地质条件及稳定状态；

2 查明隧洞沿线的地层岩性，对影响隧洞稳定的松散、软弱、膨胀、易溶盐和岩溶分布的应重点查明；

3 查明隧洞沿线岩层产状、主要断层、破碎带和节理裂隙密集带的位置、规模、性状及其组合关系，隧洞穿过活动性断层时应进行专门研究；

4 查明隧洞沿线的地下水位、水温和水化学成分，特别要查明含隔水地层、汇水构造、强透水带以及与地表溪沟连通的断层、破碎带、节理裂隙密集带和岩溶通道，预测掘进时突水、突泥的可能性，估算最大涌水量，提出处置措施建议、外水压力折减系数；

5 查明地温异常或有害气体，测量地温或有害气体的成分，高应力地区应进行地应力测试；

6 宜按现行国家标准《水利水电工程地质勘察规范》GB50287 的相关规定进行围岩工程地质分类；

7 排洪隧洞勘探点宜交叉布设在隧洞轴线两侧，在洞壁外侧不少于 3m。地质条件简单的勘探点间距宜为 50m~100m，中等复杂的宜为 40m~80m，复杂的宜为 25m~60m；

8 详细勘察时，一般性钻孔可钻进至基底设计标高下 6m~10m；控制性钻孔除满足本条规定外，尚应满足第 4.3.9 条第 2 款的规定。第四系地层中的钻孔深度应根据工程地质、水文地质条件、隧洞埋置深度、防护设计等综合确定。

4.3.17 溢洪道、截洪沟等配套辅助设施详细勘察勘探点布置应满足下列规定：

1 勘探点应沿排水井、槽，排水管、拦水坝布置；管线转角地段均应有勘探点控制；

2 勘探点的间距宜为 50m~100m，深度应根据配套辅助设施敷设深度、弃渣最终堆积高度、沿线岩土特性和地面荷载条件确定，除应满足地基评价要求外，尚应满足《岩

土工程勘察规范》GB50021 规范的要求。

4.3.18 详细勘察采取土样和原位测试应满足下列要求：

- 1 采取岩土试样和原位测试的勘探点数量应根据地层结构、地基土均匀性和设计要求确定，不得少于勘探孔总数的 2/3；
- 2 各工程地段主要地质单元层的岩土试样及原位测试的有效数据样不应少于 6 件；
- 3 在地基主要受力层内，厚度大于 50cm 的夹层或透镜体应采取土样或进行原位测试；
- 4 当土层性质不均匀时应增加取土数量或原位测试工作。

4.3.19 室内土工试验除应符合本规程第 8 章规定外，对于筑坝材料宜进行中型或大型剪切试验。

4.3.20 基坑或基槽开挖后，地质条件与勘察资料不符或异常情况，应进行施工勘察。

4.4 运行期勘察

4.4.1 勘察前应搜集利用前期勘察成果、设计文件、环境评价资料、竣工资料和运维资料，并包括下列内容：

- 1 废渣堆场的原始地形和现状地形等测绘资料；堆场气象、水文、流域面积、降水量、径流量、最大洪峰流量；
- 2 工业废渣的来源、成分、颗粒组成、堆存方式；堆场的总容量、有效容量和使用年限等设计参数；
- 3 既有设施建设、验收和运行情况；
- 4 堆场地基的防渗漏措施、渗漏性及渗漏对地下水的污染情况；
- 5 已运行坝体的筑坝材料、坝长、坝体标高和运行情况；
- 6 邻近的水源地保护带、水源开采情况、环境保护要求；
- 7 排洪系统运行、检测、监测资料。

4.4.2 运行期的岩土工程勘察应查明下列内容：

- 1 地质构造、地层岩性、水文地质条件和不良地质作用，岩土和废渣的渗透性，对现有堆场的影响；
- 2 工业废渣堆积体的堆填或排放方式、沉积规律、变形和稳定性，堆积体内浸润线及其变化规律；分区评价地震液化，岩土层及废渣的物理力学性质；
- 3 已有设施的建设和运行情况，场地、地基、边坡和坝体的稳定性，堆至设计标高的适宜性和稳定性；
- 4 废渣堆场对环境的影响。

4.4.3 运行期勘察的工程地质与水文地质测绘应包括工业废渣堆场的全部范围及其邻近有关地段，其比例尺不应小于 1:1000，除应按本规程第 4.2 节的要求执行外，尚应调查下列内容：

- 1 与渗漏有关的水文地质问题；
- 2 废渣堆场及污染物的运移规律及其对水源、岩土、空气等生态环境的影响。

4.4.4 运行期勘察应符合下列规定：

1 勘探线应根据堆积规模垂直坝轴线布置，其数量不宜少于 3 条，坝址区勘探点间距宜为 25m~50m。勘探点间距在堆场内可适当增大；一般性勘探孔深度应进入自然地面以下一定深度至稳定地层，控制性勘探孔深度应能查明可能存在的软弱层，并进入到稳定地层 3m~5m；

2 勘探孔的深度应能满足稳定性分析，变形和渗漏的要求；

3 与稳定、渗漏有关的地段应加密加深勘探孔或专门布置勘探工作；

4 可采用地球物理勘探方法辅助钻探和井探；

5 设计等别为三等及以上或场地抗震设防烈度不小于 7 度时，应进行动力性质的测定，采取砂样不少于 2 组，土样不少于 1 组进行动三轴试验；

6 勘察钻孔不应破坏防渗层、防渗设施、坝体和排水设施，并应进行回填处理。

4.4.5 测试和试验除应满足本规程第 8 章的要求外，碎石类工业废渣应进行圆锥动力触探试验，试验孔不少于 1/2；砂性及黏性工业废渣应进行标准贯入试验，试验孔不少于 1/2；厚度大于 0.5m 的软弱工业废渣层宜进行十字板剪切试验。

4.4.6 运行期勘察的岩土工程评价应包括下列内容：

1 工程运行期间受洪水、滑坡、崩塌、泥石流、岩溶、断裂等不良地质作用的影响情况，评价库区边坡稳定性；

2 现状坝体、坝基及渗漏稳定性分析评价，预测最终堆高的稳定性；

3 分析废渣堆场堆存及水文地质条件改变对环境的影响。

4.4.7 工业废渣堆场的在线监测勘察宜以收集分析现有资料为主，结合现场环境调查、工程地质测绘开展工作，必要时布设适量的钻探和工程物探。

4.4.8 在线监测勘察工作前，应收集下列资料：

1 区域地质、气象水文、地形地貌、地震等资料，废渣堆场的水文地质条件和水文地质参数；

2 废渣堆积坝内外部的水平与竖向变形、浸润线、库水位、降雨量、干滩长度、渗流等监测资料；

3 废渣堆积坝地层分布、变化特征和堆积规律；

4 新建、运行期、改扩建等各阶段已有的工程地质、水文地质勘察以及各类专项勘察成果，设计成果及运行期安全生产管理资料。

4.4.9 在线监测勘察工作采用钻探和地球物理勘探时，除应满足本规程第7章的要求外，尚应满足下列技术要求：

1 已有测绘资料不能满足堆场监测方案设计要求时，应进行现状地形测量；

2 查明地层结构和岩性、软弱夹层、特殊性岩土、坝体结构，影响场地稳定性的不良地质作用；

3 勘探或探测深度应进入坝体稳定地层，分析潜在滑移面及地质条件变化较大区段。

4.4.10 布设在线安全监测系统设备地段，应测试土壤电阻率，并应调查了解现场交通、供电、通信等环境条件。

4.4.11 在线监测勘察应进行资料整理、分析评价，编制勘察报告或说明，提出监测建议。

4.5 改扩建工程勘察

4.5.1 废渣堆场改扩建工程宜按详细勘察要求进行，需按设计阶段进行勘察时，执行第4.3节、第4.4节相关技术要求。

4.5.2 工业废渣堆场改扩建工程勘察前的资料搜集，除应遵守本规程第4.4.1条的规定外，尚应包括下列内容：

1 改扩建工程所涉及的内容及范围，加高坝的最终坝体标高；

2 最终总容量、有效容量和使用年限；

3 废渣堆填历史、工艺及成分变化，以及防渗层、封盖层的材料和结构，渗滤液集排系统的布置，对地基的容许变形要求；

4 已有坝体、污水池、排水井、输送管道和其它相关构筑物运行情况；

5 改扩建工程范围及规模，与现有建构筑物的相互关系。

4.5.3 改扩建工程的岩土工程勘察应查明下列内容：

1 改扩建范围内的场地、地基和边坡的稳定性；岩土分布及物理力学性质；水文地质条件；

2 废渣的成分、颗粒组成、物理及化学性质、密实程度、堆积规律、堆积体内浸润线及变化规律；

3 查明工业废渣对生态环境的影响；

4 现状坝体的稳定性，堆至设计标高后的适宜性和稳定性；

5 加高坝的稳定性和废渣地震液化分析，预测加高坝对环境的影响。

4.5.4 工业废渣堆场改扩建勘察工作布置及技术要求应符合下列规定：

1 勘探线应垂直坝轴线布置，其数量不应少于 3 条。勘探线应包括初期坝坝趾下游以外坝高的 1/3 范围，且不少于 30m，至堆场内满足稳定评价要求的范围。每条勘探线上不应少于 4 个勘探点，其中控制性钻孔不应少于 3 个；

2 勘探线和勘探点的间距可按表 4.5.4-1 确定；

表 4.5.4-1 勘探线和勘探点间距

场地等别	勘探线间距 (m)		勘探点间距 (m)	
	坝体组分以粉性、黏性废渣为主	坝体组分以砂性废渣为主	坝址地段	堆场 (库区)
一等~三等	≤50	≤60	20m~50m	40m~80m
四等、五等	≤60	≤70	30m~60m	60m~120m

注：1 堆积坝区域的勘探点间距宜取小值；在堆场区域部分宜取大值；

2 当存在软弱夹层时，应加密勘探点，查明其分布、可能形成滑动面的各种夹层；

3 堆场等级应符合本规程的规定。

3 一般性勘探孔的深度应达到自然地面下 1m~2m，控制性勘探孔的深度可按表 4.5.4-2 确定。

表 4.5.4-2 控制性勘探孔深度 (原自然地面下)

堆场等别	勘探孔深度 (m)	
	加高坝区	堆场 (库区)
一等~三等	15~20	5~8
四等~五等	10~15	3~5

注：1 勘探深度内遇到基岩时，一般达到基岩面即可；

2 在强震区 (地震设防烈度 ≥7 度)，需进行动力反应分析时，每条勘探线上应有不少于 3 个勘探孔达到基岩或坚实地层 (指 $N \geq 50$ 的地层)；

3 当场地内有地质资料或厚层碎石土等稳定地层时，勘探孔深度可适当减小。当遇有岩溶等特殊问题时勘探孔深度不受表列数值限制。

4 新建附坝及附属设施等建构筑物的勘察应按本规程第 4.3 节规定执行。

4.5.5 工业废渣堆场改扩建勘察的岩土工程评价应包括下列内容：

1 场地及其周边环境的改变引发不良地质作用和地质灾害；

2 水文地质条件改变对工程和环境的影响分析评价，并提出相应的防治措施建议；

3 初期坝的稳定性，改扩建的适宜性和稳定性分析评价；

4 坝基、坝肩、库区和其他部位的渗漏分析评价及措施；

5 加高对地基变形引起的防渗衬层及其他设施失效的可能性；加高坝坝基稳定性分析评价；

6 分析评价对生态环境的影响。

4.6 闭库与封场勘察

4.6.1 勘察前应收集下列资料：

- 1 收集废渣堆场建设勘察、设计、施工成果资料，日常运行维护、隐患综合治理、检测和监测等技术资料；以及闭库与封场工程有关的文件；
- 2 区域地质、地形地貌、地震、气象、环境资料；
- 3 邻近的水源地保护区、水源开采情况和环境保护要求；
- 4 当地的闭库与封场工程经验。

4.6.2 闭库与封场勘察应查明下列内容：

- 1 查明堆场的工程地质及水文地质条件，不良地质作用及地质灾害的分布、规模、发展趋势及可能产生的危害，岩土物理力学特性；
- 2 查明堆积体、岩土的空间分布、堆积规律、成分、组成、密实程度、固结特性及工程特性；
- 3 查明堆积体内浸润线及其变化规律，渗流途径及渗透性参数；以及闭库封场后水文地质条件变化对环境的影响；
- 4 查明现有堆场设施及运行情况。

4.6.3 闭库与封场勘察的勘探工作量布置、勘探手段及内容应满足本规程第 4.4.4 条的要求。

4.6.4 堆场内附属建构筑物、配套设施的勘察宜结合建构筑物轮廓或配套设施位置、走向布置，勘探深度不宜小于基底下 5m，对有变形计算需要的，勘探深度应能满足变形计算深度要求，并提供变形计算所需岩土参数。

4.6.5 在堆积体中钻进时，浸润线以上应采用干钻，浸润线以下可采用泥浆护壁回转钻进。回次进尺宜为 1.0m~1.5m。

4.6.6 试样的采取、室内试验技术要求应符合本规程第 7.3 节、第 8.10 节的规定。

4.6.7 闭库与封场勘察的岩土工程分析评价应符合本规程第 4.4.6 条的要求，并对防洪、排水措施的设计提出建议。

4.6.8 应调查当地的植被状况和类似已复垦堆场的植被覆盖情况，对复垦材料和植被提出建议。

4.7 综合利用工程专项勘察

4.7.1 工业废渣堆场作为资源化利用、土地利用开发前应进行专项勘察工作。

4.7.2 资源化利用应根据利用的目的和技术要求，按矿产资源勘查和岩土工程相关标准开展勘察工作，分析评价综合利用资源、开采技术条件和场地稳定性。

4.7.3 资源综合利用勘察工作布置应符合下列规定：

1 作为金属资源利用应结合回采方式按本规程第 4.4 节运行期勘察相关规定布置勘察工作；

2 作为非金属资源利用应结合回采方式按现行行业标准《天然建筑材料勘探规程》YS/T5207 布置勘察工作。

4.7.4 土地利用开发应根据利用的目的、技术要求，按照土地利用开发和场地勘察的有关标准开展勘察工作，对土地的可利用性、场地稳定性、适宜性进行分析评价，并提出整治措施建议。

4.7.5 资源综合利用勘察应对回采边坡做重点勘察和评价，土地开发利用勘察应结合拟布荷载对堆场稳定性进行分析评价。

4.7.6 综合利用勘察应对工业废渣和废水、污水、淋溶水取样进行有毒有害组分的化验分析，并对危害进行分析评价，提出污染防治措施及建议。

4.8 隐患综合治理专项勘察

4.8.1 隐患综合治理专项勘察应编制隐患综合治理勘察方案，应对隐患情况作初步评述，重点针对隐患类型及其发展情况提出勘察方案。

4.8.2 勘察工作应采用多种手段及方法查明隐患的类型、位置、形态及分布范围、危害，评价隐患潜在的影响和危害。

4.8.3 隐患治理勘察工作范围、方法、手段、工作量布置、试验项目应按隐患类型、规模、特征的要求。对裂缝、渗漏等隐患的勘察，应满足下列要求：

1 查明裂缝的宽度、长度、深度、走向及延伸情况，分析裂缝产生原因及裂缝对堆场及坝体可能产生的影响；

2 查明渗漏出逸点的位置、形态、流量及含沙量，分析评价产生流土、管涌的可能性、发展趋势及其对堆场及坝体稳定性的影响；

3 查明排渗设施变形、磨蚀和淤堵情况及排渗效果。

4.8.4 对于堆场周边发育的岩溶、滑坡、危岩和崩塌、泥石流等不良地质作用与地质灾害隐患，勘察工作按照本规程第 5 章相关章节的要求执行。

4.8.5 隐患治理勘察的岩土工程分析评价和成果报告，除应满足本规程第 9 章有关规定外，尚应分析形成条件、因素及产生机理，评价隐患潜在的影响和危害程度；提出隐患综合治理措施建议。并应满足下列要求：

1 需采用削坡整形治理方案时，应提出最优坡比的建议；

2 新建或修复防洪排水设施时，应提供汇水面积等水文参数；

3 采用注浆加固治理方案时，应根据岩土性质和工程要求选择浆液和注浆方法的建议，分析评价加固后地基的承载力、压缩性、稳定性或抗渗性。

4.9 水文地质勘测

4.9.1 水文地质勘察应采取测绘与调查、测试与试验等勘察手段。可行性研究与初步设计勘察阶段应以水文地质测绘与调查、水文地质试验为主，详细勘察阶段宜针对专门水文地质问题进行勘察和复核。

4.9.2 水文地质测绘与调查宜采取收集资料、遥感解译、实地测绘与调查、物探、钻探、槽探、井探、水文地质试验、取样试验、动态监测、模拟分析及综合研究等手段，采用航片-水文地质解译、航空物探等新技术、新方法时应进行现场验证。

4.9.3 水文地质测绘与调查工作应满足下列要求。

1 宜按照准备工作、野外测绘与调查、成果整理及检查验收的程序进行；

2 可行性研究和初步设计勘察阶段水文地质测绘与调查工作范围应包括一个完整的水文地质单元，详细勘察阶段应包括地下水补给、径流、排泄区域至分水岭范围；

3 可行性研究阶段比例尺宜为 1:50000~1:25000，初勘阶段宜为 1:25000~1:10000，详勘阶段宜为 1:10000~1:5000；测绘与调查地形地质图比例尺应等于或大于水文地质测绘的比例尺；

4 测绘与调查成果应进行整理、检查、验收。

4.9.4 水文地质测绘与调查工作布置应符合下列要求：

1 在实测水文地质基准剖面的基础上，系统布置观测线、点；

1) 沿地貌变化显著的方向，垂直和平行河谷的方向；

2) 垂直地层、主要构造线的走向，沿含水层、含水带的走向；

3) 穿越自然露头较多的地带；

4) 地表水系、破碎带、含水层与隔水层或不同地貌单元分界部位。

2 观测点可分为地质点、地貌点、水文地质点。地质点宜布置在地层界面、断裂带、褶皱变化剧烈、裂隙、岩溶发育部位等，地貌点宜布置在地形控制点、地貌成因类型控制点、各种地貌分界线等，水文地质点宜布置在泉、井、渗水点、湿润带、钻孔、地表水体、地表水渗漏地段等重要水文地质点上；

3 自然露头较少时可结合岩土工程勘察工作适当布置钻孔、探槽、探井等人工揭露点，不得遗漏重要的水文地质现象；

4 观测线的布置宜结合地质、地貌条件，一般宜穿越含水层（带）和主要构造线等。沿河沟、溪沟、冲沟、山间洼地、坳谷及天然排水沟等有水文地质特征的露头点应

进行追索。

4.9.5 水文地质测绘与调查应包括下列内容：

1 宜调查场地及附近区域的气象和水文条件，地形地貌、地层岩性、地质构造与水文地质环境；

2 宜调查天然露头、人工露头及地表水体的分布，常水位与洪水位标高，洪水淹没范围和淹没时间，水深、面积与水量，相互间的水力联系；

3 应调查泉水的类型、位置、出露地层、水温、流量、浑浊度及随季节变化情况；

4 应调查地下水的类型，含隔水层特征，补给、径流、排泄条件，水位及变化情况，物理性质与化学成分，各含水层间及与地表水的水力联系，对地下水位的影响，径流引起的渗透变形；

5 应调查地表水、地下水的污染源及其污染程度；

6 人类活动对地下水动态变化、水质等影响情况，水文地质条件变化对工程建设的影响情况；

7 测绘与调查记录可采用观察卡片、图件、影像资料等形式。

4.9.6 沟谷场地水文地质测绘与调查应包括降雨量、最大降雨量及其分布，暴雨强度和持续时间，排水、降水入渗条件，堆场区流域地表水汇水面积、流量及坝址区最大流量；岩溶区应包括水文地质单元内岩溶水的流动系统、水位、流量、水质及其动态规律。

4.9.7 比例尺大于等于 1:25000 时观测点宜采用全仪器法测定，其精度应达到同比例尺地形测量地物点的精度要求；小于 1:25000 的可采用半仪器法测定，图上的点位误差不应大于 1mm。需测算坐标点时，其精度应达到同比例尺地形测量测图点的要求。

4.9.8 水文地质测绘与调查成果整理及检查应符合下列规定：

1 测绘和调查成果应当日检查整理，发现疑问、错误、异常或遗漏时，应及时现场更正和补测。试验样品采取和保存应符合本规程第 7 章规定；

2 报告内容包括文字报告、地下水及地表水体的调查统计资料、水文地质图、实测水文地质基准剖面、水文地质剖面、综合水文地质柱状图及其它所需图表；

3 工程有要求时，应编制单独的水文地质测绘与调查报告。

4.9.9 水文地质测试应符合下列规定：

1 水文地质测试应包括地表水和地下水水位测量、流速及流向测定、渗透性、水理性质，宜采用抽水试验、注水试验、压水试验、连通试验、弥散试验、室内渗透试验、水质分析、岩石水理性质、含水层颗分试验等获取；

2 测试的水文地质参数宜包括水位、渗透系数、导水系数、给水度、释水系数、

越流系数、越流因数、单位吸水率及毛细水上升高度；

3 水文地质参数测定方法可按表 4.9.9 的方法测定。

表 4.9.9 水文地质参数测定方法

参数	测定方法
水位	钻孔、探井或测压管观测
渗透系数、导水系数	抽水试验、注水试验、压水实验、室内渗透试验
给水度、释水系数	单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、地下水位长期观测、室内试验
越流系数、越流因数	多孔抽水试验（稳定流或非稳定流）
单位吸水率	注水试验、压水实验
毛细水上升高度	试坑观测、室内试验

4.9.10 水试样的采取和试验应符合下列规定：

1 水试样应在天然条件下采取，按水文地质单元分别采取地下水和地表水不少于 1 件，并按勘察技术要求和采样规定进行封装。多层地下水应分层采取水样；

2 清洁水试样保存及试验时间不得超过 72h，稍受污染的水试样保存及试验时间不宜超过 48h，受污染的水试样保存及试验时间不宜超过 12h；

3 地表水、地下水宜进行污染和腐蚀性试验分析；

4 有特殊技术要求的水试样采取和试验按相关要求规定执行。

4.9.11 地下水流向测定可采用几何法，同一含水层量测点呈三角形分布，且不应少于 3 个测孔或井，测点间距宜为 50m~100m。各测点应同时量测各孔或井内水位，并绘制等水位线图和确定地下水流向。地下水流速测定可采用指示剂法或充电法，指示剂严禁使用有毒有害物质。废渣堆场场地有构造破碎带或有强透水层分布，对地下水可能造成污染或者为岩溶区时，宜采用指示剂法测定地下水的流向、流速。

4.9.12 采用抽水试验查明和测定岩土层的渗透性、富水性，测定渗透系数、影响半径及有关水文地质参数时，可采用钻孔或探井简易抽水、不带观测孔抽水或带观测孔抽水方法，试验数量应满足参数测定和地下水评价要求。抽水试验应按现行相关规范进行，并符合下列规定：

1 抽水试验方法和应用范围可按下表 4.9.12 选用；

表 4.9.12 抽水试验方法和应用范围

试验方法	应用范围
钻孔或探井简易抽水	粗略估算弱透水层的渗透系数
不带观测孔抽水	初步测定含水层的渗透系数
带观测孔抽水	较准确测定含水层的各种参数

2 稳定流抽水试验宜进行 3 次降深，最大降深应接近工程设计所需的地下水位降深或每次降深差值宜大于 1m；非稳定流抽水试验，应保持其出水量为常量；

3 带观测孔抽水的观测孔应垂直和平行地下水流向各布一条观测线，每条观测线宜布置 1~3 个观测孔。观测孔与抽水试验孔的距离应根据含水层的厚度、透水性能等综合确定；

4 试验应在单一含水层中进行，试验时应按规定时间同步量测水位和出水量；存在多个含水层且富水性较强时，尚应进行分层抽水试验以求得各含水层的水文参数；

5 水位量测应采用同一方法和仪器，抽水孔水位读数单位应为厘米，观测孔水位读数单位应为毫米；

6 涌水量与时间关系曲线或动水位与时间的关系曲线在一定范围波动，且无持续上升或下降，可视为已稳定；

7 试验结束应量测恢复水位至初始水位。

4.9.13 抽水试验成果应包括但不限于下列内容：

1 钻孔平面位置分布图；

2 钻孔柱状图及抽水钻孔结构图；

3 涌水量 Q 与时间 t 关系曲线， $Q=f(t)$ ；

4 水位降深 S 与时间 t 关系曲线， $S=f(t)$ ；

5 涌水量 Q 与水位降深 S 关系曲线， $Q=f(S)$ ；

6 单位涌水量 q 与水位降深 S 关系曲线， $q=f(S)$ ；

7 根据上述成果及水文地质条件，计算影响半径和渗透系数。

4.9.14 当地下水位埋藏较深或无法进行抽水试验时，宜采用压水试验，压水试验应符合现行国家相关规范及规程的要求。压水试验应根据工程要求，结合工程地质测绘和钻探资料，确定试验孔位。按岩土层渗透特性划分试验段，确定试验的起始压力、最大压力和压力级数，试验结束后绘制压力与压入水量的关系曲线，计算试段的透水率，确定 $p-Q$ 曲线的类型。

4.9.15 压水试验按试验段可分为分段压水试验、综合压水试验和全孔压水试验，根据工程需要选择相适宜的试验方法。

4.9.16 钻孔压水试验应分段采用单栓塞或双栓塞隔离进行，压水试验栓塞长度应大于试验钻孔直径的 8 倍。

4.9.17 压水试验前宜采用压水法进行钻孔冲洗，洗孔钻具应下至孔底，流量应大于钻孔供水量。

4.9.18 试验段长度宜为 5m，相邻试验段应互相衔接；如遇断层破碎带，岩溶洞穴等特殊孔段，应根据具体情况确定试验段长度。

4.9.19 应至少进行三个压力段的压水试验，一般分别为 0.3MPa、0.6MPa 和 1.0MPa。当试验段埋深小于 30m 或岩体软弱破碎时，应适当降低试验压力。

4.9.20 压水试验成果应包括但不限于下列内容：

- 1 校核原始记录；
- 2 绘制 $p\sim Q$ 曲线,并划分 $p\sim Q$ 曲线类型，选择相适宜的计算公式；
- 4 进行试验段透水率的计算，估算岩体渗透系数近似值；
- 5 按透水率推算岩体裂隙系数及岩体完整性评价。

4.9.21 注水试验宜在试坑或钻孔中进行，分别为钻孔注水试验和试坑注水试验两种。对砂土和粉土可采用试坑单环法，对黏性土可采用试坑双环法，对无地下水或地下水位埋藏较深抽水试验不能实施时，可采用钻孔注水试验，根据岩土渗透性选择降水头注水试验或常水头注水试验。

4.9.22 钻孔注水试验常用于地下水位埋藏较深或在土的透水岩、土层中；包括常水头法和变水头法。常水头法适用于砂、卵石、砾石等强透水层；变水头法适用于粉砂、粉土及黏性土等弱透水层，可细分为升水头法和降水头法。

4.9.23 试坑注水试验是野外测定包气带非饱和岩、土层渗透系数的简易方法，常用试坑法、单环法或双环法。

4.9.24 注水试验应根据实际情况选择适宜的方法进行，并应符合现行相关规范的要求。

4.9.25 注水试验成果应包括但不限于下列内容：

- 1 试坑注水试验成果整理应绘制稳定流量 Q 与时间 t 关系曲线 $Q=f(t)$ ，并计算试验岩、土层的垂直渗透系数；
- 2 钻孔注水试验应根据各试验段的渗水方式和试验装置条件，计算试验段的水平或垂直渗透系数和平均有效渗透系数。

4.9.26 勘察中应对所有勘探点量测初见地下水水位和稳定水位，并应符合下列规定：

- 1 对工程有影响的多层含水层的水位量测，应采取止水措施，将被测含水层与其它含水层隔开，分层量测地下水水位；
- 2 初见水位和稳定水位可在钻孔、探井或测压管内直接量测，稳定水位的间隔时间按地层的渗透性确定，对砂土和碎石土不得少于 0.5h，对粉土和黏性土不得少于 8h，并宜在勘察结束后统一量测稳定水位；
- 3 水位量测读数至厘米，精度为 $\pm 2\text{cm}$ 。

4.9.27 地下水动态观测应符合下列规定：

- 1 无常年地下水位监测资料的地区，一级工程初步勘察时宜对相关层位的地下水

设置观测孔进行观测；

- 2 动态观测时间不应少于 1 个水文年；
- 3 宜建立地下水长期观测系统。

4.9.28 孔隙水压力可采用埋测力计法或孔压静力触探仪测定，测定方法可按下表 4.9.28 确定。

表 4.9.28 孔隙水压力测定方法

仪器类型		测定方法	适用条件
测压计	立管式测压计	将带有过滤器的测压管打入土层，直接在管内量测	渗透系数大于 10^{-4} cm/s 的均匀孔隙含水层
	水压式测压计	用装在孔壁的小型测压计探头，地下水压力通过塑料管传导至水银压力计测定	渗透系数低的土层，量测由潮汐涨落、挖方引起的压力变化
	电测式测压计 (电阻应变式、钢弦应变式)	孔压通过透水石传导至膜片，引起挠度变化，诱发电阻片或钢弦变化，用接受仪测定	各种土层
	气动测压计	利用两根排气管使压力为常数，传来的孔压在透水元件中的水压阀产生压差测定	各种土层
孔压静力触探仪		在探头上装有多孔透水过滤器、压力传感器，在贯入过程中测定	各种土层

4.9.29 水文地质评价宜包括下列内容：

- 1 评价各含水层的富水性、透水性和隔水层的阻水性，各含隔水层间的水力联系，场地及地基土的渗透性，及其对工程建设的影响；
- 2 评价现状地下水开采情况和与地下水有关的环境地质条件；
- 3 划分水文地质单元或亚区，对水文地质单元边界、地下水补给、径流及排泄区，岩溶区应对地表和地下岩溶形态、富水性等进行划分和评价；
- 4 评价现状水文地质条件对工程建设的影响，分析评价水文地质条件改变对工程活动的影响；并提出防治建议；
- 5 评价工程活动对水文地质条件的影响；
- 6 应进行渗流计算，进行渗透变形分析，评价产生潜蚀、流土、管涌的可能性，对边坡和坝的稳定性的不利影响；
- 7 应根据岩土体的渗透性、地下水补给条件，估算涌水量，提出防治和降排水措施建议，设计所需的技术参数；
- 8 提出地下水位、渗透变形等的监测措施建议。

4.9.30 地下水物理、化学作用评价应包括下列内容：

- 1 地下水或土对混凝土、金属材料的腐蚀性；
- 2 地下水聚集和散失对软质岩石、强风化岩石、残积土、湿陷性土、膨胀岩土和

盐渍岩土的软化、崩解、湿陷、胀缩和潜蚀作用；

3 冻土地区地下水冻胀和融陷作用。

4.9.31 项目有专门要求或对水文地质问题进行专项研究时应开展专项水文地质勘察。并应符合下列要求：

1 查明含水层和隔水层的埋藏条件，地下水类型、流向、水位及其变化幅度，场区各含隔水层之间及与地表水的水力联系，相互之间的补给关系，分析评价对工程和工程建设、运营对地下水的影响，并提出防治建议；

2 查明场地地质条件对地下水赋存和渗流状态的影响；

3 岩溶区应查明地下河和岩溶水的补给来源、连通情况等，地表水网的分布、变迁及其和地下水网的关系，以及各级夷平面的分布高程及其与岩溶发育的关系，并应对场地的稳定性和渗漏稳定做出评价；

4 通过现场试验，测定地层渗透系数等水文地质参数。

4.9.32 运行期和闭库封场勘察堆场的水文地质条件改变，应对库区及上下游的地表水和地下水进行水质和各工业废渣有害成份分析，并与堆场水文本底值对比进行环境影响分析。

5 不良地质作用与地质灾害

5.1 一般规定

5.1.1 不良地质作用包括岩溶、冲刷和坍岸、场地和地基的地震效应、活动断裂，地质灾害包括滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、地裂缝、地面沉降等。对场地有影响的不良地质作用和地质灾害发育地段及其影响和危害范围，应对其进行勘察，满足场地稳定性和适宜性评价要求。

5.1.2 对场地有影响的不良地质作用与地质灾害宜在初步设计阶段完成达到施工图勘察要求。

5.1.3 勘察应采取收集资料、工程地质测绘与调查、钻探、物探、槽探、井探、洞探和钎探等多种手段相结合的综合勘察方法，查明不良地质作用与地质灾害的类型、规模、范围、形成条件、危害对象、危害程度，预测其发展趋势，分析评价其对工程建设的影响，提出防治措施建议。

5.1.4 勘察应采用原位测试、室内试验获取岩土物理力学参数，综合统计分析并结合地区经验提出物理力学指标建议值，条件复杂时应结合反演分析确定相关指标。

5.1.5 应根据不良地质作用和工程地质水文地质条件的复杂程度选择适宜勘察手段和钻探工艺，必要时应采取干作业、无泵反循环或双层岩芯管钻探等工艺，严格控制回次进尺。

5.2 岩 溶

5.2.1 工业废渣堆场岩溶勘察宜采用下列一种或几种勘察手段相结合的勘察方法：

1 工程地质测绘和调查：

- 1) 地表岩溶类型、形态、分布及发育规律；
- 2) 岩溶发育与地貌、地质构造及地下水的关系；
- 3) 当地有无治理岩溶和塌陷的相关经验。

2 地球物理勘探：

- 1) 使用地球物理勘探时应注意其适用条件，未加验证的物探成果不可直接作为最终成果使用，应尽量采取多种方法相互印证，综合判译；
- 2) 探测岩溶洞隙的分布、位置及相关的地质构造、基岩面的起伏，可采用浅层地震法、高密度电法及地质雷达等；
- 3) 探测岩溶洞穴的位置、形态大小及充填状况，可采用无线电波透视法、孔间 CT 法、孔中电视等。

3 钻探:

- 1) 用于直接揭露地层岩性、厚度和埋深, 溶洞或裂隙的位置和充填物性质;
- 2) 验证工程地质测绘和物探成果对岩溶状况的判断及采取试样进行室内试验。

4 地表浅部可采用井探、槽探和洞探等方法。

5.2.2 可行性研究勘察应符合下列规定:

1 宜采用工程地质测绘和物探为主的勘察手段, 必要时辅以钻探。工程地质测绘比例尺宜选用 1:2000~1:10000; 同时应对物探异常地段或初步圈定的规模较大的岩溶发育地段布置钻孔进行验证; 钻孔应穿过岩溶发育带;

2 调查岩溶洞隙、土洞的发育条件, 并对其危害程度和发展趋势作出判断, 对场地的稳定性和工程建设的适宜性作出初步评价, 为堆场选址提供建设性方案。

5.2.3 初步勘察勘探线和勘探点的布置应符合本规程第 4.3 节的相关要求, 并符合下列规定:

1 初步查明岩溶的发育程度、基本形态、规模大小、分布规律及其与地层岩性、地质构造、地表及地下水的关系;

2 初步查明岩溶水的埋藏特点、富水程度、补给、径流、排泄条件及地下水位特征;

3 初步查明土洞及塌陷的发育程度、分布规律和规模大小;

4 对初步圈定的岩溶发育地段及规模较大的地下洞隙地段应增加勘探孔; 勘探孔深度应穿过岩溶发育带;

5 对场地的稳定性和适宜性进行分区和评价。

5.2.4 详细勘察勘探线和勘探点的布置应符合本规程第 4.3 节的相关要求, 并符合下列规定:

1 查明工业废渣堆场范围及有影响地段的各种岩溶洞隙和土洞的位置、形态、规模、埋深, 岩溶堆填物性状;

2 查明岩溶水的埋藏特点、富水程度、补给、径流、排泄条件及地下水位特征;

3 对工业废渣堆场坝址区及其附属设施设备提供岩土参数和物理力学指标;

4 当采用桩基础时, 应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 和《建筑地基基础设计规范》GB50007 的相关规定执行;

5 对工业废渣堆场的设计、施工和岩溶的治理提出方案建议。

5.2.5 岩溶勘察的测试和监测应符合下列要求:

1 当追索隐伏洞隙的联系时, 可进行连通试验;

2 评价洞隙稳定性时,可采取洞体顶板岩样和充填物土样进行物理力学性质试验,必要时可进行现场顶板岩体载荷试验;

3 需查明地下水动力条件、潜蚀作用、地表水与地下水之间的联系,预测土洞和塌陷的发生、发展时,可进行流速、流向测定和水位、水质的长期观测。

5.2.6 洞体稳定性分析应符合下列规定:

- 1 顶板不稳定,但洞内为密实堆积物充填且无流水活动时,可认为堆填物受力;
- 2 有工程经验的地区,可按类比法进行稳定性评价;
- 3 在有岩溶溶洞、裂隙和临空面发育地段,且承受附加应力时,应验算倾覆或滑移的可能性。

5.2.7 对地质条件复杂或尚有不明岩溶等问题时,应进行施工勘察,并符合下列要求:

- 1 在土洞、塌陷地段,可在已开挖的基槽内布置触探或钎探;
- 2 对重要或荷载较大的工程,可采用小口径钻探进行检测;
- 3 对大直径嵌岩桩,勘探点应逐桩布置,勘探深度在洞隙底面以下应不小于 3 倍桩径,且不小于 5m,相邻桩底基岩面起伏较大时应加深。

5.2.8 当场地存在下列情况之一时,可判定为未经处理不宜作为堆场的不利地段:

- 1 浅层洞体或溶洞群,洞径大,且不稳定的地段;
- 2 土洞或塌陷成群发育地段;
- 3 场地可能暂时淹没的地段。

5.2.9 岩溶勘察报告除应符合本规程第 9.7 节的规定外,尚应包括下列内容:

- 1 岩溶发育的地质背景和形成条件;
- 2 洞隙、土洞、塌陷的形态,平面位置和顶底标高;
- 3 岩溶稳定性分析;
- 4 岩溶治理和监测的建议。

5.3 滑 坡

5.3.1 拟建工业废渣堆场或其附近存在对堆场安全有影响的滑坡隐患时,应根据滑坡的规模和危害程度判断是否应进行避让。当受场地及周边条件限制无法避让的,应对滑坡进行勘察和治理。

5.3.2 滑坡可根据滑坡体物质成分、滑体厚度、滑体体积、诱发因素等按本规程附录 B 表 B.0.1 进行分类。

5.3.3 滑坡勘察前应搜集以下资料:

- 1 区域地质、工程地质及水文地质、气象水文、地震、人类工程活动、遥感影像、

航片、地形图等资料；

2 堆场及附属设施的性质、规模、荷载、结构、基础形式及深度、运行情况等资料；

3 滑坡特征、造成的危害及已采取的治理措施；

4 当地滑坡勘察、防治经验。

5.3.4 滑坡勘察应查明下列内容：

1 查明滑坡区的地形地貌、地层岩性、地质构造、工程地质及水文地质条件、植被、周边环境条件；

2 查明滑坡范围、规模、类型、性质、成因、诱发因素、边界条件、物质组成、厚度和体积、变形特征及其危害；

3 查明滑床、滑动面或滑动带的特征；

4 滑坡区应进行现状地形图及剖面实测，比例尺不宜小于 1：1000；

5 分析滑坡原因，判断稳定程度、预测发展趋势，评价滑坡对拟建堆场及设施的影响，并提出滑坡防治措施建议。

5.3.5 滑坡勘察应采用工程地质测绘与调查、地球物理勘探、钻探、井探、槽探、原位测试和室内试验等手段和方法。并应符合下列要求：

1 工程地质测绘和调查；

1) 滑坡勘察应进行工程地质测绘和调查，调查范围应包括滑坡及其影响区域。比例尺可选用 1:200~1:1000。用于滑坡整治设计时比例尺应选用 1:200 ~1:500；

2) 查明滑坡分布范围、滑带部位、滑痕指向、倾角以及滑带和岩土组成；对滑坡边界、裂缝、软弱层或软弱带、剪出口等关键位置应进行追索，并布置地质点或勘探点；

3) 对滑坡的重点部位、变形特征应摄影或录像，圈定滑坡周界；

4) 地表水、地下水、泉和渗水等的分布；

5) 树木的异态、工程设施、地面的变形等；

6) 当地治理滑坡的经验。

2 地球物理勘探：

1) 电磁法勘探：探测滑坡区含水层、富水带的分布和埋藏深度，了解下伏基岩的起伏、岩性变化及断裂破碎带范围等；

2) 地震勘探：探测滑坡区基岩的埋深、滑面位置和形状。

3 钻探：查明滑坡体范围、厚度、物质组成和滑动面（带）个数、形态及物质组成。

查明滑坡体内地下水含水层、分布、来源、动态及各含水层间的水力联系等；

4 井探、槽探；

- 1) 用于确定滑坡周界和滑坡壁、前缘产状，现场大型剪切试验试坑；
- 2) 用于观测滑坡体的变化，滑动带特征及采取不扰动土试样等。

5.3.6 勘探线、勘探点的布置和深度应根据现场调查、地下水情况、地质环境条件、滑坡特征、废渣堆场运营和人类工程活动情况综合确定，并应符合下列规定：

1 勘探线应与滑动方向平行布置，每个滑坡勘探线不应少于 3 条，应在滑坡后缘、滑体、滑坡前缘和治理工程拟布位置布置勘探点，每条勘探线的勘探点数量不应少于 3 个。勘探点、勘探线间距宜按表 5.3.6 确定；

表 5.3.6 勘探点线间距 (m)

地质环境条件	主辅勘探线间距	主勘探线勘探点间距	辅勘探线勘探点间距
简单	30~120	30~60	60~120
复杂	20~80	20~40	40~80

注：地质条件中等复杂的勘探点、线间距可介于地质条件简单和复杂之间，具体间距可依据现场情况确定。

2 勘探孔的深度应穿过最下一层滑面进入稳定地层不少于 5m，且应满足治理工程的需要；

3 滑坡防治工程位置勘探点间距可按表 5.3.6 主勘探线勘探点间距中的小值确定，如有需要可按一桩一孔进行勘察；

4 钻探难以确定滑面、滑动带位置时，可综合工程物探、波速测试、深层位移监测、连续动探、连续取样、反演分析等方法判定。

5.3.7 滑坡勘察的取样、试验、测试工作应满足以下规定：

1 取样位置应布置在滑坡体、滑动带及可能设置支挡工程的部位，取样统计数量各层滑体土层不应少于 6 件，滑带土或软弱夹层不宜少于 9 件，滑床岩土层不应少于 6 件；

2 应在钻孔、探槽、探井揭露的滑带土、软弱夹层中采取 I 级、II 级试样；

3 应采用滑面重合剪切试验，滑带土宜进行原状土或重塑土多次剪切试验；

4 有地下水作用时应测定地下水的水位，必要时还宜测定地下水流向、流量、流速、水压。

5.3.8 滑坡的稳定性计算应符合下列要求。

1 定量分析宜采用极限平衡法和数值分析方法，计算模型应根据滑动模式合理选取；

2 应选择与滑动方向一致的分析断面，划分牵引段、主滑段和抗滑段；

3 有地下水时，应计入浮托力和水压力；

4 根据滑动面（带）条件，按平面、圆弧或折线，选用正确的计算模型；存在局部滑动时，除验算整体稳定外，尚应验算局部稳定，并取最不利滑面验算结果；

5 当有地震、冲刷、人类活动等影响因素时，应计入这些因素对稳定的影响。

5.3.9 滑坡稳定性应结合定性、定量分析结果进行综合分析评价，应包括下列内容：

1 滑坡的规模、滑坡的地质背景、主导因素及形成条件、机理；

2 滑坡区的工程地质和水文地质条件；

3 提供滑坡的平面图，剖面图和岩土工程特性指标；

4 应选用符合实际的滑坡计算模型，进行滑坡稳定性验算和分析；当有地震和人类活动等影响因素时，应计算这些因素对滑坡稳定性的影响；

5 滑坡发展趋势和危害程度；

6 提出防治方案和监测的建议。

5.3.10 勘察报告应符合本规程第 9.5 节、第 9.7 节的规定外，尚应包括下列内容：

1 滑坡的地质背景和工程地质及水文地质条件，滑坡体的形成条件、形态要素、规模、类型、结构、机理及其演化；

2 滑坡体、滑带、滑床岩土层的物理力学指标；

3 滑坡分析及稳定性评价，滑坡发展趋势和对工业废渣堆场及其附属设施的危害程度；

4 提出滑坡防治方案和监测建议；

5 滑坡综合工程地质图、平面图、工程地质剖面图、稳定性计算断面图及计算成果表。

5.4 危岩和崩塌

5.4.1 工业废渣堆场危岩和崩塌勘察前应搜集下列资料：

1 地形图、区域地质、气象、水文、地震、人类活动、遥感影像、航片等资料；

2 危岩体和崩塌堆积体、造成的损失及危害情况；

3 已采取的治理措施和当地防治经验。

5.4.2 危岩和崩塌勘察宜在可行性研究或初步勘察阶段进行，应查明产生崩塌的条件及其规模、类型、范围，并对工业废渣堆场建设适宜性进行评价，提出避让或防治方案的建议。

1 危岩和崩塌可根据其发生地层的岩土物质组成，分为土体崩塌和岩体崩塌；

2 根据崩塌规模体积按表 5.4.2 划分灾害等级；

表 5.4.2 崩塌灾害等级

灾害等级	特大型	大型	中型	小型
体积 V (10^4m^3)	$V \geq 100$	$100 > V \geq 10$	$10 > V \geq 1$	$V < 1$

3 崩塌（危岩体）按附录 B 表 B.0.2 进行分类。

5.4.3 危岩和崩塌地区工程地质测绘的比例尺宜采用 1:500~1:1000；崩塌方向主剖面的比例尺宜采用 1:200~1:500。除应符合本规程第 4.2 节的规定外，尚应查明下列内容：

- 1 地形地貌及崩塌类型、规模、范围、崩塌体的大小和崩落方向、距离；
- 2 岩体基本质量等级、岩性特征和风化程度；
- 3 地质构造，岩体结构类型，结构面的产状、组合关系、闭合程度、力学属性、延展及贯穿情况；
- 4 气象、水文、地震活动；
- 5 崩塌前迹象和崩塌原因；
- 6 当地防治崩塌经验。

5.4.4 宜对危岩张裂缝进行监测。对有较大危害的大型危岩，应结合监测结果，对可能发生崩塌的时间、规模、滚落方向、途径、危害范围等做出预测。

5.4.5 危岩和崩塌的岩土工程评价应符合下列规定。

- 1 应对危岩和崩塌堆积体的稳定性进行定性、定量分析评价，并提出防治工程设计参数；
- 2 规模大，破坏后果很严重，难于治理的，不宜作为堆场建设场地，应予以避让；
- 3 规模较大，破坏后果严重的，应对可能产生崩塌的危岩进行加固处理，并采取必要的防护措施；
- 4 规模小，破坏后果不严重的，可作为工业废渣堆场场地，但应对危岩采取治理措施；
- 5 评价方法主要采用工程地质类比法和力学分析法。

5.4.6 勘察报告应符合本规程第 9.7 节的规定，尚应包括下列内容：

- 1 崩塌的地质背景和形成条件，危岩体和崩塌堆积体范围、规模、类型、性质、成因、危害及其演化；
- 2 危岩体结构、失稳、运动特征；
- 3 危岩体、坡面危石、崩塌堆积体稳定性评价，治理设计所需参数；
- 4 危岩和崩塌堆积体防治方案和监测建议；
- 5 综合工程地质图、典型危岩块体立面图、剖面图和运动轨迹分析图。

5.5 泥石流

5.5.1 拟建工业废渣堆场或其附近存在对堆场安全有影响的泥石流，应根据泥石流的规模和危害程度判断是否应进行避让。当受场地及周边条件限制无法避让的，应对泥石流进行勘察和治理。

5.5.2 泥石流勘察应查明下列内容：

- 1 场地地形地貌、地层岩性、地质构造、新构造运动与地震、气象和水文条件、植被与土壤、水土流失、不良地质体与松散固体物质；
- 2 历次泥石流的类型、分布、规模、活动特征、成因、发生的时间及频率，流体性质、物质组成、冲刷深度和堆积厚度，泥石流的流量、过程总量、冲起高度、爬高、冲淤情况；
- 3 泥石流沟谷的纵横断面形态、沟槽宽度、粗糙程度和汇水面积；
- 4 泥石流形成区、流通区不良地质作用的发育情况及固体物质的来源和储量；泥石流冲淤情况、流动痕迹、沟谷转弯及沟道狭窄处最高泥痕的位置、标高；
- 5 拟建防治工程区的工程地质和水文地质条件；
- 6 泥石流危害及发展趋势；
- 7 生产、生活、弃土、弃渣等人类活动情况，既有防治工程情况及防治经验。

5.5.3 泥石流勘察应在可行性研究或初步勘察阶段进行，应查明泥石流的形成条件、类型、规模、发育阶段、活动规律，并对建设工业废渣堆场的适宜性做出评价，提出防治方案的建议。

5.5.4 泥石流勘察应以工程地质测绘和调查为主，测绘范围应包括沟谷至分水岭的全部地段和可能受泥石流影响的地段。全流域测绘比例尺宜采用 1:50000，中下游测绘比例尺可采用 1:2000~1:10000，并应调查下列内容：

- 1 冰雪融化和暴雨强度一次最大降雨量、平均及最大流量、地下水活动等情况；
- 2 泥石流沟谷的发育程度、地形切割情况、坡度、弯曲、粗糙程度，划分泥石流的形成区、流通区和堆积区，圈绘整个沟谷的汇水面积；
- 3 形成区的水源类型、水量、汇水条件、山坡坡度、坡面侵蚀，地层岩性和风化程度；查明断裂、滑坡、崩塌、岩堆等不良地质作用的发育情况及可能形成泥石流固体物质的分布范围、储量；
- 4 流通区的沟床纵横坡度、跌水、急弯等特征；查明沟床两侧山坡坡度、稳定程度、沟床的冲淤变化和泥石流的痕迹；
- 5 堆积区的堆积扇分布范围，表面形态，纵坡，植被，沟道变迁和冲淤情况；查

明堆积物的性质、层次、厚度、一般粒径和最大粒径；判定堆积区的形成历史、堆积速度，估算一次最大堆积量；

6 泥石流灾害历史，历次泥石流的发生时间、频数、规模、形成过程、历时、流体性质、暴发前的降雨情况和暴发后产生的灾害情况；

7 人工弃渣、修路切坡、砍伐森林、陡坡开荒和过度放牧等人类活动情况；当地泥石流的防治经验。

5.5.5 泥石流可按水源和物源成因、集水区地貌特征、识别条件、流体性质按附录 C 表 C.0.1 进行泥石流类型划分；根据泥石流的致灾情况按附录 C 表 C.0.2-1、C.0.2-2 进行危害性和危险性等级划分；根据泥石流的基本特征及危害程度按附录 C 表 C.0.3 进行发育阶段划分。

5.5.6 当需要对泥石流采取防治措施时，应进行勘探测试，查明泥石流特征及堆积物的性质、结构、厚度、固体物质含量、最大粒径、流速、流量、冲出量和淤积情况。在拟布防治工程等设施的位置应按工程结构和设计要求进行地基勘察。

5.5.7 泥石流应根据地质环境条件进行泥石流形成区、流通区和堆积区以及工程地质与水文地质特征评价，分析泥石流成因、规模、活动特征、危险性、危害程度及发展趋势，进行危险性分区；分析评价泥石流治理工程区的工程地质和水文地质条件、治理工程基础及边坡稳定性，提出泥石流治理设计所需的岩土物理力学参数和治理方案建议。

5.5.8 泥石流地区废渣堆场建设适宜性评价，应考虑到泥石流的危害性，根据泥石流的规模、对废渣堆场及其附属设施危害程度等因素进行综合评价，并应符合下列要求：

1 I_1 类和 II_1 类泥石流沟谷不应作为工业废渣堆场建设场地；

2 I_2 类和 II_2 类泥石流沟谷不宜作为工业废渣堆场建设场地，当必须利用时应采取治理措施；

3 I_3 类和 II_3 类泥石流沟谷可利用其堆积区作为工业废渣堆场建设场地，但应避开沟口，不宜改沟、并沟；

4 当上游大量弃渣或进行其他工程建设，改变了原有供排平衡条件时，应重新判定产生新的泥石流的可能性；

5 沟谷型泥石流特征及工程分类按附录 C.0.4 表进行分类。

5.6 采空区

5.6.1 拟建工业废渣堆场及其周边有可能存在采空区，应进行采空区勘察，查明采空区及上覆地层的稳定性，预测采空区的地表移动、变形特征和规律；判定作为工程场地的适宜性。

5.6.2 采空区的勘察宜以搜集资料、调查访问为主，当工程地质调查不能查明采空区的特征时，应进行物探和钻探，应查明下列内容：

- 1 原矿层的分布、层数、厚度、深度、埋藏特征和上覆岩土层的地层岩性特征、构造等；
- 2 矿层开采的范围、深度、厚度、时间、方法和顶板管理，采空区的塌落、密实程度、空隙和积水等；
- 3 地表变形特征和分布，包括地表塌陷、台阶、裂缝的位置、形状、大小、深度、延伸方向及其与地质构造、开采边界、工作面推进方向等的关系；
- 4 地表移动盆地的特征，划分中间区、内边缘区和外边缘区，确定地表移动和变形的特征值；
- 5 抽水和排水情况及其对采空区稳定的影响；
- 6 采空区作为废渣堆场再次发生塌陷的可能性及发生塌陷对地下水和环境的影响评价。

5.6.3 对采空区，应通过计算预测地表移动和变形的特征值，计算方法可按现行国家标准《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》（安监总煤装〔2017〕66号）执行。

5.6.4 采空区宜根据开采情况，地表移动盆地特征和变形情况，划分为不宜场地和相对稳定的场地，并应符合下列规定。

- 1 下列地段不应作为工业废渣堆场场地：
 - 1) 地表移动活跃的地段；
 - 2) 一段时期内下伏有开采价值的矿层地段；
 - 3) 由于地表移动和变形引起边坡失稳和山崖崩塌的地段；
- 2 下列地段作为工业废渣堆场场地时，应评价其适宜性：
 - 1) 采空区采深采厚比小于 30 的地段；
 - 2) 采深小且上覆岩层极坚硬，并采用非正规开采方式采矿的地段。

5.6.5 采深小、地表变形剧烈且为非连续变形的小窑采空区，应通过搜集资料、调查、物探和钻探等工作，查明采空区和巷道的位置、大小、埋藏深度、开采时间、开采方式、回填塌落和充水等情况；并查明地表裂缝、陷坑的位置、形状、大小、深度、延伸方向及其与采空区的关系。

5.7 地面沉降

5.7.1 地面沉降主要类型有构造沉降、抽水沉降、采空沉降及大面积堆载沉降等。对已发生地面沉降的地区，地面沉降勘察应查明其原因和现状，并预测其发展趋势，提出控制和治理方案。

5.7.2 掌握地面沉降区的影响范围及形态、沉降中心的地理位置、各压缩层的地层结构及相对压缩量、主要压缩层位等，综合分析地面沉降的诱发因素，并结合区域水文地质、工程地质条件及人类工程活动，分析总结地面沉降的发育特征、影响规律和成因机制。

5.7.3 地面沉降原因调查应包含下列内容。

- 1 场地区域地质构造、地形地貌及地面沉降伴生的地裂缝；
- 2 第四纪堆积物的年代、成因、厚度、埋藏条件和土性特征，硬土层和软弱压缩层的分布；
- 3 地下水位以下可压缩层的固结状态和变形参数；
- 4 含水层和隔水层的埋藏条件和承压性质，含水层的渗透系数、单位涌水量等水文地质参数；
- 5 地下水的补给、径流、排泄条件、含水层间或地下水与地面水的水力联系；
- 6 地面沉降对周边已有建（构）筑物和环境的影响；
- 7 人类工程活动可能引发的地面沉降。

5.7.4 对地面沉降现状的调查，应符合下列要求。

- 1 按精密水准测量要求进行长期监测，并按不同的结构单元设置高程基准标、地面沉降标和分层沉降标；
- 2 对地下水的水位变化，化学成分，污染情况和孔隙水压力消散、增长情况进行监测；
- 3 应调查地面沉降对建筑物的影响，包括建筑物的沉降、倾斜、裂缝及其发生时间和发展过程；
- 4 对缺少资料的地区，宜布设勘探测试钻孔查明场地工程地质、水文地质条件；
- 5 绘制不同时间的地面沉降等值线图，并分析地面沉降与地质构造、地下水位下降、地下采空及软土地区堆载的关系；
- 6 绘制以地面沉降为特征的工程地质分区图。

5.7.5 对抽吸地下水引发地面沉降的地区，可根据工程地质和水文地质条件，建议采取下列控制和治理方案。

- 1 减少或停止地下水开采量和水位降深，调整开采层次，合理开发地下水；

2 必要时，可对地下水进行人工补给，回灌时应控制回灌水源的水质标准，以防止地下水被污染。

5.7.6 对可能发生地面沉降的地区应预测地面沉降的可能性并估算沉降量，可采取下列预测、监测和防治措施。

- 1 根据场地工程地质、水文地质条件，预测可压缩层的分布；
- 2 根据抽水压密试验、渗透试验、先期固结压力试验、流变试验、载荷试验等的测试成果和沉降观测资料，计算分析地面沉降量和发展趋势；
- 3 限制人工降低地下水位；评价最低允许开采水位；
- 4 在地面沉降区内进行工业废渣堆场建设应采取监测和防治措施的建议。

5.8 场地和地基的地震效应

5.8.1 抗震设防烈度等于或大于 6 度的地区，应进行场地和地基地震效应的岩土工程勘察，提出勘察场地的抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计特征周期。

5.8.2 在抗震设防烈度等于或大于 6 度的地区进行勘察时，应划分场地类别和对抗震有利、一般、不利和危险的地段。对于不利地段应尽量避免，当无法避开时应采取有效抗震措施；位于抗震危险地段时应根据现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T50011 的要求提出专门研究的建议。

5.8.3 对需要采用时程分析的废渣堆场，应根据设计要求，提供土层剖面、覆盖层厚度和剪切波速等有关参数。任务需要时，可进行地震安全性评估或抗震设防区划，提出地震动加速度时程曲线及反应谱。

5.8.4 划分场地类别布置的勘探孔，当缺乏资料时，其深度应大于覆盖层厚度。当覆盖层厚度大于 80m 时，勘探孔深度应大于 80m，并分层测定剪切波速。

5.8.5 抗震设防烈度为 6 度时，可不考虑液化的影响，但对于一等～三等工业废渣堆场，应按 7 度进行液化判别，场地地震液化判别应先进行初步判别，当初步判别有液化可能时，应再作进一步判别。液化的判别宜采用多种方法，综合判定液化的可能性和液化等级。

5.8.6 液化初步判别除按现行国家规范《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 进行外，尚应包括下列内容进行综合判别；

- 1 分析场地地形、地貌、地层、地下水等与液化有关的场地条件；
- 2 当场地及其附近存在历史地震液化遗迹时，宜分析液化重复发生的可能性；
- 3 原始地形倾斜的废渣堆场场地或液化层倾向水面、临空面时，应评价液化引起土体滑移的可能性。

5.8.7 地震液化的进一步判别除应按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T50011 的规定执行外, 尚可采用其他方法进行综合判别。应在建基面以下 20m 的范围内进行; 进行液化判别的勘探点不应少于 3 个, 勘探孔深度应大于液化判别深度。

5.8.8 当采用标准贯入试验判别液化时, 应按每个试验孔的实测击数进行。在需作判定的土层中, 试验点的竖向间距宜为 1.0m~1.5m, 每层土的试验点数不宜少于 6 个。

5.8.9 勘察报告除应阐明可液化的土层、各孔的液化指数外, 尚应根据各孔液化指数综合确定场地液化等级, 并结合工程分项进行液化分区评价。

5.8.10 抗震设防烈度等于大于 7 度的厚层软土分布区, 宜判别软土震陷的可能性和估算震陷量。

5.8.11 工业废渣堆场场地或附近有威胁废渣堆场安全的滑坡、滑移、崩塌、塌陷、泥石流、采空区等不良地质作用时, 应进行专门勘察, 分析评价在地震作用时的稳定性。

6 特殊性岩土

6.1 一般规定

6.1.1 特殊性岩土包括湿陷性土、红黏土、软土、混合土、填土、膨胀岩土、盐渍岩土、风化岩和残积土、污染土、季节性冻土、尾矿、磷石膏、赤泥。

6.1.2 工业废渣堆场场地及其附近存在对堆场建设有影响的特殊性岩土时，应对其进行专门勘察，满足场地稳定性和适宜性评价要求。

6.1.3 特殊性岩土的勘察宜在可行性研究阶段或初步设计阶段完成。

6.1.4 勘察应采取收集资料、调查访问、工程地质测绘与调查、钻探、物探、槽探、井探、洞探等多种方法，查明特殊性岩土的类型、规模、范围、危害对象、危害程度，预测其发展趋势，分析评价其对工业废渣堆场建设的影响，提出防治方案建议。

6.1.5 勘察应采用原位测试、室内试验获取岩土物理力学参数，综合统计分析并结合地区经验提出物理力学指标建议值。

6.1.6 应根据特殊性岩土特征、工程地质和水文地质条件复杂程度选择适宜的钻探工艺，必要时应采取干作业、无泵反循环或双层岩芯管钻探等方法，严格控制钻进速度和回次进尺。

6.1.7 特殊性岩土应进行工程地质测绘和调查，查明其平面分布范围和变形特征。

6.1.8 对人体健康有害或对机具仪器有腐蚀性的污染土勘探测试时，应采取必要的防护措施。

6.2 湿陷性土

6.2.1 湿陷性土是指非饱和、结构不稳定，在一定的压力作用下受水浸湿后，结构迅速破坏，并产生显著的附加下沉的土。在山前洪、坡积扇中常遇到湿陷性碎石土、湿陷性砂土等。

6.2.2 当不能取试样做室内湿陷性试验时，应采用现场载荷试验确定湿陷性。在 200kPa 压力下浸水载荷试验的附加湿陷量与承压板宽度之比等于或大于 0.023 的土，应判定为湿陷性土。

6.2.3 湿陷性土工业废渣堆场勘察应符合下列要求：

- 1** 勘探线、勘探点的间距应符合本规程第 4.3 节的规定；
- 2** 一般性勘探孔应穿透湿陷性土层，控制性勘探孔深度宜穿透湿陷性土层并进入 3.0m~5.0m；
- 3** 应查明湿陷性土的年代、成因、分布和其中的夹层、包含物、胶结物的成分和

性质；

- 4 湿陷性碎石土、砂土宜采用动力触探试验或标准贯入试验确定力学特性；
- 5 原状土试样应在探井中采取；除测定一般物理力学性质外，尚应作土的湿陷性和湿化试验。

6.2.4 湿陷性土的岩土工程评价应符合下列规定：

- 1 湿陷性土的湿陷程度划分应符合表 6.2.4 的规定；
- 2 湿陷性土的地基承载力宜采用载荷试验或其他原位测试确定；
- 3 对湿陷性土边坡，当浸水因素引起湿陷性土本身或其与下伏地层接触面的强度降低时，应进行稳定性评价。

表 6.2.4 湿陷程度分类

湿陷程度 \ 试验条件	附加湿陷量 ΔF_s ΔF_s (cm)	
	承压板面积 (0.25m ²)	承压板面积 (0.50m ²)
轻微	1.1 < ΔF_s ≤ 2.3	1.6 < ΔF_s ≤ 3.2
中等	2.3 < ΔF_s ≤ 5.3	3.2 < ΔF_s ≤ 7.4
强烈	5.3 < ΔF_s	7.4 < ΔF_s

注：对能用取土器取得原状试样的湿陷性粉砂，其试验方法和评定标准按现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB50025 执行。

6.2.5 湿陷性土地基受水浸湿至下沉稳定为止的总湿陷量 ΔS ，应按下列式计算：

$$\Delta S = \sum_{i=0}^n \beta \Delta F_{si} h_i \quad (6.2.5)$$

式中： ΔS ——总湿陷量 (cm)

ΔF_{si} ——第 i 层土浸水荷载试验的附加湿陷量 (cm)；

h_i ——第 i 层土的厚度 (cm)，从地面下 1.5m 算起， $\Delta F_{si} / b < 0.023$ 的不计入；

β ——修正系数 (cm)⁻¹。承压板面积为 0.50m² 时， $\beta = 0.014$ ；承压板面积为 0.25m² 时， $\beta = 0.020$ 。

6.2.6 湿陷性土地基的湿陷等级应按表 6.2.6 判定。

表 6.2.6 湿陷性土地基的湿陷等级

总湿陷量 Δs (cm)	湿陷性土总厚度 (m)	湿陷等级
5 < Δs ≤ 30	> 3	I
	≤ 3	II
30 < Δs ≤ 60	> 3	
	≤ 3	III
60 < Δs	> 3	
	≤ 3	IV

6.3 红黏土

6.3.1 本节适用于原生红黏土与次生红黏土的岩土工程勘察。颜色为棕红或褐黄,覆盖于碳酸盐岩系之上,其液限大于或等于 50% 的高塑性黏土,应判定为原生红黏土,原生红黏土经搬运、沉积后仍保留其基本特征,且其液限大于 45% 的黏土,可判定为次生红黏土。

6.3.2 红黏土地区的岩土工程勘察,应着重查明其状态分布、裂隙发育特征及地基的均匀性。

- 1 红黏土的状态除按液性指数判定外,尚可按表 6.3.2-1 判定;
- 2 红黏土的结构可根据其裂隙发育特征按表 6.3.2-2 分类;
- 3 红黏土的复浸水特性可按表 6.3.2-3 分类;
- 4 红黏土地基均匀性可按表 6.3.2-4 分类。

表 6.3.2-1 红黏土状态分类

状态	含水比 α_w
坚硬	$\alpha_w \leq 0.55$
硬塑	$0.55 < \alpha_w \leq 0.70$
可塑	$0.70 < \alpha_w \leq 0.85$
软塑	$0.85 < \alpha_w \leq 1.00$
流塑	$1.00 < \alpha_w$

注: $\alpha_w = \omega / \omega_L$

表 6.3.2-2 红黏土结构分类

土体结构	裂隙发育特征
致密状	偶见裂隙 (<1 条/m)
巨块状	较多裂隙 (1~2 条/m)
碎块状	富裂隙 (>5 条/m)

表 6.3.2-3 红黏土复浸水特性分类

类别	I_r 与 I'_r 关系	复浸水特性
I	$I_r \geq I'_r$	收缩后复浸水膨胀,能恢复到原位
II	$I_r < I'_r$	收缩后复浸水膨胀,不能恢复到原位

注: $I_r = \omega_L / \omega_p$, $I'_r = 1.4 + 0.0066\omega_L$

表 6.3.2-4 红黏土地基均匀性分类

地基均匀性	地基压缩层范围内岩土组成
均匀地基	全部由红黏土组成
不均匀地基	由红黏土和岩石组成

6.3.3 红黏土地区的工程地质测绘和调查应查明下列内容:

- 1 不同地貌单元红黏土的分布、厚度、物质组成、土性等特征及其差异;

- 2 下伏基岩岩性、岩溶发育特征及其与红黏土土性、厚度变化的关系；
- 3 裂隙分布、发育特征及其成因，土体结构特征，土体中裂隙的密度、深度、延展方向及其发育规律；
- 4 地表水体和地下水的分布、动态及其与红黏土状态垂向分带的关系；
- 5 现有建筑物开裂原因分析，当地勘察、设计、施工经验等。

6.3.4 工业废渣堆场位于红黏土地区时，应查明红黏土厚度和状态的变化。其勘探线、勘探点间距和勘探孔的深度宜按本规程第 4.3 节的要求执行。厚度和状态变化大的地段，勘探点间距可适当加密。

6.3.5 当岩土工程评价需要详细了解地下水埋藏条件、运动规律和季节变化时，应在测绘调查的基础上补充进行地下水的勘察、试验和观测工作。

6.3.6 红黏土的室内试验除应满足本规程第 8 章的规定外，对裂隙发育的红黏土应进行三轴剪切试验或无侧限抗压强度试验；评价边坡稳定性时，宜进行多次剪切试验。

6.3.7 红黏土的岩土工程评价应符合下列要求：

- 1 工业废渣堆场应避免跨越地裂密集带或深长地裂地段；
- 2 建构筑物的基础埋深应大于大气影响急剧层的深度；
- 3 分析地基的均匀性，提出地基持力层和基础形式建议；
- 4 分析评价基础施工，提出措施建议。

6.4 软 土

6.4.1 天然孔隙比大于或等于 1.0，且天然含水量大于液限的细粒土应判定为软土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土、流泥等。

6.4.2 软土勘察应查明下列内容：

- 1 成因类型、成层条件、分布规律、层理特征、水平向和垂直向的均匀性、土的物理力学性质；
- 2 地表硬壳层的分布与厚度、下伏硬土层或基岩的埋深和起伏；
- 3 固结历史、应力水平和结构破坏对强度和变形的影响；
- 4 微地貌形态和暗埋的塘、浜、沟、坑穴的分布、埋深及其填土的情况；
- 5 开挖、回填、支护、工程降水等对软土应力状态、强度和压缩性的影响；
- 6 当地工程经验。

6.4.3 软土地区勘察宜采用钻探取样与静力触探结合的手段。勘探点布置应根据土的成因类型和地基复杂程度确定。当坝址区和堆场附属设施地段土层变化较大或有暗埋的塘、浜、沟、坑、穴时应予以加密。

6.4.4 软土试样应采用薄壁取土器采取，并满足勘察对土样质量的要求。

6.4.5 软土原位测试宜采用静力触探试验、旁压试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验和螺旋板载荷试验。

6.4.6 软土的力学参数宜采用室内试验、原位测试，结合当地经验确定。有条件时，可根据堆载试验、原型监测反分析确定。

6.4.7 抗剪强度指标宜采用室内三轴试验，原位测试宜采用十字板剪切试验。压缩系数、先期固结压力、压缩指数、回弹指数、固结系数，可分别采用常规固结和高压固结试验等方法确定。

6.4.8 软土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 判定工业废渣堆场产生失稳和不均匀变形的可能性，并应验算其稳定性；
- 2 软土地基承载力应根据室内试验，原位测试和当地经验，并结合下列因素综合确定：
 - 1) 软土成层条件、应力历史、结构性、灵敏度等力学特性和排水条件；
 - 2) 工业废渣堆场的设计高度、荷载性质和分布，对不均匀沉降的敏感性；
 - 3) 基础的类型、尺寸、埋深和刚度；
 - 4) 堆填施工方法。
- 3 当堆场周边有建筑时，应分析对相邻建筑物的不利影响。

6.5 混合土

6.5.1 由细粒土和粗粒土混杂且缺乏中间粒径的土应定名为混合土。当碎石土中粒径小于 0.075mm 的细粒土质量超过总质量的 25%时，应定名为粗粒混合土；当粉土或黏性土中粒径大于 2mm 的粗粒土质量超过总质量的 25%时，应定名为细粒混合土。

6.5.2 混合土的勘察应符合下列要求：

- 1 查明地形和地貌特征，混合土的成因、分布、下卧土层或基岩的埋藏条件；
- 2 查明混合土的组成，均匀性及其在水平方向和垂直方向上的变化规律；
- 3 应布置一定数量的探井，并应采取大体积土试样进行颗粒分析和物理力学性质测定；
- 4 对粗粒混合土宜采用动力触探试验，并应布置一定数量的钻孔或探井检验；
- 5 现场载荷试验的承压板直径和现场直剪试验的剪切面直径应大于试验土层最大粒径的 5 倍，载荷试验的承压板面积不应小于 0.5m^2 ，直剪试验的剪切面面积不宜小于 0.25m^2 。

6.5.3 混合土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 混合土的承载力应采用载荷试验、动力触探试验，并结合当地经验确定；
- 2 混合土边坡的放坡坡率可根据现场调查和当地经验确定。

6.6 填 土

6.6.1 填土根据物质组成和堆填方式，可分为以下四类：

- 1 素填土：由碎石土、砂土、粉土和黏性土等一种或几种材料组成，不含杂物或含杂物很少的人工填土；
- 2 杂填土：含有大量建筑垃圾、工业废料或生活垃圾等杂物的人工填土；
- 3 冲填土：由水力冲填泥砂形成填土；
- 4 压实填土：按一定标准控制材料成分、密度、含水量、分层压实或夯实而成填筑土。

6.6.2 填土勘察应包括下列内容：

- 1 搜集资料，调查地形和地物的变迁，填土的来源、堆积年限和堆积方式；
- 2 查明填土分布、厚度、物质成分、颗粒级配、均匀性、密实性、压缩性和湿陷性。

6.6.3 填土勘察应在本规程第 4 章规定的基础上加密勘探点，确定暗埋的塘、浜、坑的范围，勘探孔的深度应穿透填土层，勘探方法应根据填土性质确定。对由粉土或黏性土组成的素填土，可采用钻探取样、轻型钻具与原位测试相结合的方法；对含较多粗粒成分的素填土和杂填土宜采用动力触探、钻探，并应有一定数量的探井。

6.6.4 填土的工程特性指标宜采用下列测试方法确定：

- 1 填土的均匀性和密实度宜采用触探法，并辅以室内试验；
- 2 填土的压缩性、湿陷性宜采用室内固结试验或现场载荷试验；
- 3 杂填土的密度试验宜采用大容积法；
- 4 对压实填土，在压实前测定填料的最优含水量和最大干密度，压实后应测定干密度，计算压实系数；
- 5 对复合地基，宜进行大面积载荷试验。

6.6.5 填土的岩土工程评价应符合下列要求：

- 1 阐明填土的成分、分布和堆积年代，判定其均匀性、压缩性和密实度；必要时应按厚度、强度和变形特性分层或分区评价；
- 2 对堆积年限较长的素填土、冲填土和由建筑垃圾等组成的杂填土，当较均匀和较密实时可作为天然地基土；
- 3 当填土底面的天然坡度大于 20% 时，应验算稳定性；

4 填土作为堆场及其附属设施地基的可行性评价及处理方法。

6.6.6 采用矿石、煤的开采过程中产生的矿渣回填形成的填土除按本节第 6.6.4 条规定进行工程特性指标测试外，还应对可能产生环境污染的有害成分和有害元素进行测试，同时应采取淋溶浸出液测定特征污染物浓度、pH 值等，分析其潜在污染特征和对环境的影响。

6.7 膨胀岩土

6.7.1 含有大量亲水矿物，湿度变化时有较大体积变化，变形受约束时产生较大内应力的岩土，应判定为膨胀岩土。具有下列特征的土可以初步判定为膨胀岩土：

- 1 多分布在二级或二级以上的阶地、山前丘陵和盆地边缘；
- 2 地形平坦，无明显自然陡坎；
- 3 常见浅层滑坡、地裂，新开挖的路堑、边坡、基槽易发生坍塌；
- 4 裂缝发育，方向不规则，常有光滑面和擦痕，裂缝中常充填灰白、灰绿色黏土；
- 5 干时坚硬，遇水软化，自然条件下呈坚硬或硬塑状态；
- 6 自由膨胀率大于 40%；
- 7 未经处理的建筑物成群破坏，低层较多层严重，刚性结构较柔性结构严重；
- 8 建筑物开裂多发生在旱季，裂缝宽度随季节变化。

6.7.2 对初判为膨胀岩土的场地应按现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 和地方标准《云南省膨胀土地区建筑技术规程》DBJ 53/T-83 规定进行勘察、采取试样和试验。计算膨胀岩土的膨胀变形量、收缩变形量和胀缩变形量，划分胀缩等级，对膨胀岩土特性及破坏机制进行分析评价。

6.7.3 膨胀岩土地区的工程地质测绘和调查应包括下列内容：

- 1 查明膨胀岩土的岩性、地质年代、成因、产状、分布、颜色、节理、裂缝等特征；
- 2 划分地貌单元和场地类型，查明有无浅层滑坡、地裂、冲沟及微地貌形态和植被情况；
- 3 调查地表水的排泄和汇集情况，以及地下水类型、水位和变化规律；
- 4 搜集当地降水量、蒸发量、气温、地温、干湿季节、干旱持续时间等气象资料，查明大气影响深度；
- 5 调查当地建筑经验。

6.7.4 膨胀岩土的勘察应符合下列规定：

- 1 勘探线、勘探点宜结合地貌单元和微地貌形态布置；勘探点应加密，采取试样

的勘探点应不少于勘探点总数的 1/2；

2 勘探孔的深度除应满足基础埋深和附加应力的影响深度外，尚应超过大气影响深度；控制性勘探孔不应少于 8m，一般性勘探孔不应少于 5m；

3 在大气影响深度内，每个控制性勘探孔均应采取 I、II 级土试样，取样间距应不大于 1.0m，在大气影响深度以下，取样间距可为 1.5m~2.0m；一般性勘探孔从地表下 1m 开始至 5m 深度内，可取 III 级土试样，测定天然含水量。

6.7.5 膨胀岩土室内试验，除应遵守常规土工试验的规定外，尚应测定自由膨胀率、一定压力下的膨胀率、收缩系数、膨胀力指标。

6.7.6 现场宜进行浸水载荷试验、剪切试验或旁压试验。对膨胀岩土宜进行黏土矿物成分、体膨胀量和无侧限抗压强度试验。对各向异性的膨胀岩土应测定其不同方向的膨胀率、膨胀力和收缩系数。

6.7.7 膨胀岩土的岩土工程评价应符合下列规定：

1 地基承载力宜采用浸水载荷试验、饱和状态下不固结不排水三轴剪切试验计算或根据已有经验确定；

2 根据试验成果，计算膨胀岩土的膨胀变形量、收缩变形量和胀缩变形量，划分胀缩等级，对膨胀岩土特性及破坏机制进行分析评价；

3 膨胀岩土大气影响进行分析评价；

4 边坡工程应进行稳定性计算；具有胀缩裂缝和地裂缝的膨胀土边坡，应进行沿裂缝滑动的验算；

5 应进行地基基础施工、地基处理、施工和维护评价，提出措施建议。

6.8 盐渍岩土

6.8.1 岩土中易溶盐含量大于 0.3% 并具有溶陷、盐胀、腐蚀等工程特性时应判定为盐渍岩土。

6.8.2 盐渍岩按主要含盐矿物成分可分为石膏盐渍岩、芒硝盐渍岩等。盐渍土根据其含盐化学成分和含盐量可按表 6.8.2-1 和 6.8.2-2 分类。

表 6.8.2-1 盐渍土按含盐化学成分分类

盐渍土名称	$\frac{c(\text{Cl}^-)}{2c(\text{SO}_4^{2-})}$	$\frac{2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{Cl}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-})}$
氯盐渍土	>2	—
亚氯盐渍土	2~1	—
亚硫酸盐渍土	1~0.3	—
硫酸盐渍土	<0.3	—
碱性盐渍土	—	>0.3

注：表中c(Cl⁻)为氯离子在100g土中所含毫摩尔数，其他离子相同。

表 6.8.2-2 盐渍土按含盐量分类

盐渍土名称	平均含盐量 (%)		
	氯及亚氯盐	硫酸及亚硫酸盐	碱性盐
弱盐渍土	0.3~1.0	—	—
中盐渍土	1.0~5.0	0.3~2.0	0.3~1.0
强盐渍土	5.0~8.0	2.0~5.0	1.0~2.0
超盐渍土	>8.0	>5.0	>2.0

6.8.3 盐渍岩土地区的调查应包括以下内容：

- 1 盐渍岩土的成因、分布和特点；
- 2 含盐化学成分、含盐量及其在岩土中的分布；
- 3 盐溶蚀洞穴发育程度和分布；
- 4 搜集气象和水文资料；
- 5 地下水的类型、埋藏条件、水质、水位及其季节变化；
- 6 植物生长状况；
- 7 含石膏为主的盐渍岩石膏的水化深度，含芒硝较多的盐渍岩，工程地段的地温情况。

6.8.4 盐渍岩土的勘探测试应符合下列规定：

- 1 除应遵守本规程第4章规定外，勘探点布置尚应满足查明盐渍岩土分布特征的要求；
- 2 采取岩土试样宜在干旱季节进行；
- 3 应根据盐渍土的岩性特征，选用载荷试验等适宜的原位测试方法，对于溶陷性盐渍土尚应进行浸水载荷试验确定其溶陷性；
- 4 对盐胀性盐渍土宜现场测定有效盐胀厚度和总盐胀量，当土中硫酸钠含量不超过1%时，可不考虑盐胀性；
- 5 除进行常规室内试验外，尚应进行溶陷性试验和化学成分分析，必要时可对岩土的结构进行显微结构鉴定；
- 6 溶陷性指标的测定可按湿陷性土的湿陷试验方法进行。

6.8.5 盐渍岩土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 岩土中含盐类型、含盐量及主要含盐矿物对岩土工程特性的影响；
- 2 岩土的溶陷性、盐胀性、腐蚀性和场地工程建设的适宜性；
- 3 盐渍土地基承载力宜采用载荷试验确定，当采用其他原位测试方法时，应与载荷试验结果进行对比；

- 4 确定盐渍岩地基的承载力应考虑盐渍岩土的水溶性影响；
- 5 盐渍岩边坡的坡度宜比非盐渍岩的软质岩石边坡适当放缓，对软弱夹层、破碎带应部分或全部加以防护；
- 6 对盐渍岩地基基础施工评价，提出防治措施建议。

6.9 风化岩和残积土

6.9.1 岩石在风化营力作用下，其结构、成分和性质已产生不同程度的变异，应定名为风化岩。已完全风化成土而未经搬运的应定名为残积土。

6.9.2 风化岩和残积土的勘察应查明下列内容：

- 1 母岩地质年代和岩石名称；
- 2 按表 6.9.2 划分岩石的风化程度；
- 3 风化程度、风化状态及分布情况；
- 4 岩土的均匀性、破碎带和软弱夹层的分布；
- 5 地下水赋存条件。

表 6.9.2 岩石按风化程度分类

风化程度	野外特征	风化程度参数指标	
		波速比 K_v	风化系数 K_f
未风化	岩质新鲜，偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0
微风化	结构基本未变，仅节理面有渲染或略有变色，有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9
中等风化	结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块。用镐难挖掘，岩芯钻可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8
强风化	结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙很发育，岩体破碎，用镐可挖掘，干钻不易	0.4~0.6	<0.4
全风化	结构基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，可用镐挖，可干钻进	0.2~0.4	—
残积土	结构全部破坏，已风化成土状，用镐易挖掘，干钻易钻进	<0.2	—

注：1 可采用标准贯入试验划分花岗岩类风化程度。 $N \geq 50$ 为强风化； $50 > N \geq 30$ 为全风化； $N < 30$ 为残积土；

2 泥岩和半成岩可不进行风化程度的划分。

6.9.3 风化岩和残积土的勘探测试应符合下列要求：

- 1 勘探点间距应取本规程第 4 章规定的小值；
- 2 应有一定数量的探井；
- 3 宜在探井中或用双重管、三重管采取试样，每一风化带不应少于 3 组；
- 4 宜采用原位测试与室内试验相结合，原位测试可采用圆锥动力触探、标准贯入试验、波速测试和载荷试验；
- 5 室内试验除应按本规程第 8.10 节规定执行外，对相当于极软岩和极破碎的岩体，可按土工试验要求进行，对残积土，必要时应进行湿陷性和湿化试验。

6.9.4 花岗岩残积土应测定其中细粒土的天然含水量、塑限、液限。

6.9.5 花岗岩类残积土的地基承载力和变形模量应采用载荷试验确定。有成熟地方经验时，可根据标准贯入试验等原位测试资料，结合当地经验综合确定。

6.9.6 风化岩和残积土的岩土工程评价应符合下列要求：

1 对于厚层强风化和全风化岩石，宜结合当地经验进一步划分为碎块状、碎屑状和土状；厚层残积土可进一步划分为硬塑残积土和可塑残积土，也可根据含砾或含砂量划分为黏性土、砂质黏性土和砾质黏性土；

2 在软硬互层或风化程度不同地基上建设的工业废渣堆场及附属设施，应分析不均匀沉降对工程的影响；

3 基坑开挖后应及时检验，易风化岩类应及时砌筑基础或采取防风化措施；

4 对差异风化进行分析评价，提出施工措施建议。

6.10 污染土

6.10.1 致污物质侵入导致土的物理、力学、化学性质发生变异的土，应判定为污染土。污染土的定名可在原分类名称前冠以“污染”二字。

6.10.2 本节适用于工业废渣污染土和渗滤液污染土的勘察，应根据任务要求评价污染土对环境的影响。

6.10.3 污染土地地的勘察应根据工程特点和设计要求选择适宜的勘察手段，并应符合下列要求：

1 以现场调查为主，应调查污染源、污染史、污染途径、污染物成分、污染影响及周边环境，工业废渣不同矿物种类和化学成分，了解产生工业废渣的工艺、添加剂及其化学性质和成分。应调查污染源的组成成分、堆积容量、使用年限、防渗结构、变形要求及周边环境等；

2 应查明污染土的分布范围和深度，采用钻探或坑探采取土试样，现场鉴别记录污染土颜色、状态、气味和外观结构；

3 取样设备应严格保持清洁，每次取样后均应用清洁水冲洗后再进行下一个样品的采取；对易分解或易挥发等不稳定组分的样品，装样时应减少土样与空气的接触时间；土样采集后宜按规定进行封装、保存、运输和试验；

4 钻芯取样的过程中，应采用专用取土器单独采取试样，取土器将柱状的钻探岩芯取出后，应先单独采集用于检测 VOCs 的土壤样品。分析土壤中金属含量的试样不得使用金属取土器取样，不允许对样品进行均质化处理，也不得采集混合样；

5 检测含水率、重金属等指标的土试样，可用采样铲将土壤转移至广口样品瓶内，

装满填实。采样时应剔除石块等杂质，保持采样瓶口螺纹清洁，密封；

6 样品应填写样品标签、采样记录，标签上应有采样时间、地点、样品编号、检测项目、采样深度等。

6.10.4 污染土的勘察宜分为初步勘察和详细勘察两个阶段。条件简单时，可直接进行详细勘察。

1 初步勘察应以现场调查为主，配合少量勘探测试，查明污染源性质、污染途径，并初步查明污染程度；

2 详细勘察应结合工程特点、可能采用的处理措施布置勘察工作量，查明污染土的分布范围、污染程度、物理力学和化学指标，为污染土处理提供参数。

6.10.5 勘探测试工作量布置应结合污染源和污染途径的分布进行，近污染源处勘探点间距宜加密，远离污染源勘探点间距可适当加大。为查明污染土分布的勘探孔深度应穿透污染土。详细勘察时，采取污染土试样的间距应根据其厚度及可能采取的处理措施等综合确定。确定污染土与非污染土界限段取土间距不宜大于 1m。

6.10.6 有地下水的勘探孔应采取不同深度地下水试样，查明污染物在地下水中的空间分布。同一钻孔内采取不同深度的地下水试样时，应采用防污染隔离措施，不宜采取混合水试样。

6.10.7 污染土和水的室内试验，应根据污染场地和任务要求进行下列试验：

1 污染土和水的化学成分检测包括但不限于下列指标：pH 值、有机质、阳离子交换量，以及污染源特性相关指标；

2 污染土的物理力学性质、腐蚀性和环境影响指标；

3 污染土试样应进行湿化、湿陷性、膨胀试验等与污染土的特殊性质有关的试验；

4 必要时进行专门的研究。

6.10.8 污染土及场地地基评价应符合下列要求：

1 污染源的位置、成分、性质、污染史及对周边的影响；

2 污染土分布的平面范围和深度、地下水受污染的空间范围；

3 污染土的物理力学性质，污染对土的工程特性指标的影响程度；

4 提供地基承载力和变形参数，预测地基变形特征；

5 污染土和水对环境的影响，预测污染发展趋势；

6 对已建项目的危害或拟建项目适宜性的综合评价。

6.10.9 污染对土的工程特性的影响程度可按表 6.10.9 划分，根据项目的具体情况，可采用强度、变形、渗透等工程特性指标进行综合评价。

表 6.10.9 污染对土的工程特性的影响程度

影响程度	轻微	中等	大
工程特性指标变化率 (%)	<10	10~30	>30

注：“工程特性指标变化率”是指污染前后工程特性指标差值的绝对值与污染前指标之百分比。

6.10.10 污染土和水对环境影响评价的评价应结合工程具体要求进行，无明确要求时可按现行国家标准《土壤环境质量标准》GB15618、《地下水质量标准》GB/T 14848 和《地表水环境质量标准》GB3838 进行评价。

6.11 季节性冻土

6.11.1 冻结状态持续时间不到 1 年、零温度及以下的含有冰的岩土，应判定为季节性冻土。

6.11.2 季节性冻土的勘察方法应根据设计要求、冻土类型和特征进行，岩土工程勘察应查明下列内容：

1 搜集场区气象资料，获取场区有记录的极端最低气温，近十年来的平均气温、最大冻结深度值；

2 查明分布范围及上限深度，类型、厚度、总含水量、构造特征、物理力学和热学性质，冻胀特性，标准冻结深度；

3 查明季节性冻土层上水、层间水和层下水的赋存形式，地下水补给、径流、排泄条件与地表水的关系，及其对工程的影响；

4 季节性冻土的融沉性分级和冻胀性分级厚层地下冰、冰椎、冰丘、冻土沼泽、热融滑塌、热融湖塘、融冻泥流等不良地质作用的形态特征、形成条件、分布范围、发展规律及其对工程的危害程度；

5 调查既有建构筑物的运行情况及其收冻土环境影响情况。

6.11.3 季节性冻土勘察应符合下列要求：

1 工程地质测绘应符合以下要求：

1) 宜结合遥感工程地质解译开展工程地质测绘，辅以挖探、地球物理勘探手段进行；

2) 地貌单元边界、冻土界线，热融湖塘、滑坡，融冻泥流、冻土沼泽、冻胀丘、冰锥等不良地质、构造地热异常区、融陷区、井泉等地下水露头的位置等应布点测绘；

2 勘探点的布置和勘探点间距除应满足本规程第 4 章要求外，尚应适当加密。勘探孔深度应大于最大冻结深度；

3 勘探测试宜按多年冻土的勘探测试要求进行，盐渍化冻土、泥炭化冻土应采取代表性土样，测试物质成分。

6.11.4 季节性冻土的冻胀性可根据土的种类、冻前天然含水率、冻前地下水位至地表的距离和平均冻胀率进行评价。

6.11.5 季节性冻土地基的场地冻结深度 Z_d 应按下列公式计算：

$$Z_d = Z_0 \psi_{zs} \psi_{zw} \psi_{ze} \quad (6.11.5-1)$$

式中 Z_d ——场地冻结深度 (m)，当地有实测资料时，按 $Z_d = h' - \Delta z$ 计算；

h' ——最大冻深出现时场地最大冻土层厚度 (m)；

Δz ——最大冻深出现时场地地表冻胀厚度 (m)；

Z_0 ——标准冻结深度 (m)，系地下水位与冻结锋面之间的距离大于 2m，非冻胀黏性土，地表平坦、裸露、城市之外的空旷场地中，不少于 10 年实测最大冻深平均值；

ψ_{zs} ——土的种类对冻结深度的影响系数，按表 6.11.5-1 采用；

ψ_{zw} ——土的冻胀性对冻结深度的影响系数，按表 6.11.5-2 采用；

ψ_{ze} ——环境对冻结深度的影响系数，按表 6.11.5-3 采用。

表 6.11.5-1 土的种类对冻结深度的影响系数

土的种类	影响系数 ψ_{zs}	土的种类	影响系数 ψ_{zs}
黏性土	1.00	中、粗、砾砂	1.30
细砂、粉砂、粉土	1.20	大块碎石土	1.40

表 6.11.5-2 土的冻胀性对冻结深度的影响系数

冻胀性	影响系数 ψ_{zw}	冻胀性	影响系数 ψ_{zw}
不冻胀	1.00	强冻胀	0.85
弱冻胀	0.95	特强冻胀	0.80
冻胀	0.90	/	/

表 6.11.5-3 环境对冻结深度的影响系数

周围环境	影响系数 ψ_{ze}	周围环境	影响系数 ψ_{ze}
村、镇、旷野	1.00	城市市郊	0.95

6.11.6 季节性冻土的岩土工程评价应符合下列要求：

1 季节性冻土的地基承载力，应结合当地经验用载荷试验或其它原位测试方法综合确定，对次要建筑物可根据邻近工程经验确定；

2 除次要工程外，建筑物宜避开季节性冻土，宜选择坚硬岩层、冻胀类别为不冻胀或弱冻胀、地下水位或冻土层上水位低的地段和地形平缓的高地；

3 应评价地基的场地冻结深度、冻胀性，进行融沉性和冻胀性分级。

6.12 细粒工业废渣

6.12.1 尾矿、灰渣、磷石膏和赤泥为细粒工业废渣，根据其粒度成分和塑性指数可划分为砂性废渣、粉性废渣和黏性废渣三类。废渣的分类和定名应按表 6.12.1 确定，并在定名土名前冠以“尾、灰、磷石膏、赤泥”。

表 6.12.1 细粒工业废渣分类和定名

类别	定名	分类标准
砂性废渣	尾砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量的 25%~50%
	尾粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
	尾中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
	尾细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量的 85%
	尾粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
粉性废渣	尾粉土	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%，且塑性指数不大于 10
黏性废渣	尾粉质黏土	塑性指数大于 10，且小于或等于 17
	尾黏土	塑性指数大于 17

注：1 定名时应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定，定名土名前冠以“尾、灰、磷石膏、赤泥废渣名”，

磷石膏和赤泥根据其胶结固化程度可划分为胶结、未胶结两类；

2 塑性指数应由相应于 76g 圆锥仪沉入土中深度为 10mm 时测定的液限计算而得。

6.12.2 尾矿土、磷石膏、赤泥勘察应查明下列内容：

- 1 查明堆放和筑坝方式、堆积体组成、堆积厚度、密实程度、堆积规律及其分布特征；
- 2 查明堆积体的物理力学性质、化学性质、PH 值、渗透性，总坝高应力状态下强度指标及变形特性，分析固结规律；
- 3 需进行动力稳定性分析时，应提供动力稳定性分析所需的参数；
- 4 查明堆积体内浸润线位置，提供渗透系数；
- 5 尾矿、磷石膏、赤泥在地震作用下的液化可能性；
- 6 当地工程经验。

6.12.3 勘察宜采用钻探取样与静力触探结合的手段。勘探点布置应根据尾矿土、磷石膏、赤泥类型确定。

6.12.4 采取岩土试样应符合下列规定：

- 1 所有钻孔和探井均应取样，取不扰动试样的垂直间距宜为 1.0m~3.0m；
- 2 对以粉性和黏性为主的尾矿、磷石膏、赤泥应采用薄壁取土器或双管单动取土器采取不扰动试样，对砂性为主的尾矿、磷石膏、赤泥应采用取砂器采取不扰动试样，扰动样宜在贯入器采取；
- 3 软黏性和软土状尾矿、磷石膏、赤泥宜采用薄壁取土器静压法取样，胶结的尾

矿、磷石膏、赤泥宜采用三重管回转取土器取样；

4 每一主要尾矿、磷石膏、赤泥层的不扰动试样数量应满足试验项目和统计分析的需要；

5 对软弱夹层，特别是可能产生滑动的夹层，应采取不扰动试样或进行原位测试；

6 所有标准贯入试验孔均应在贯入器中采取扰动试样；

7 采取土试样进行土对建筑材料腐蚀性的试验，土试样数量不宜少于3件。

6.12.5 原位测试宜采用静力触探试验、旁压试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验和螺旋板载荷试验。

6.12.6 土的力学参数宜采用室内试验、原位测试，结合当地经验确定。有条件时，可根据堆载试验、反分析确定。

6.12.7 抗剪强度指标宜采用室内三轴试验，原位测试宜采用十字板剪切试验。压缩系数、先期固结压力、压缩指数、回弹指数、固结系数，可分别采用常规固结和高压固结试验等方法确定。

6.12.8 岩土工程评价应包括下列内容：

1 阐明堆放和筑坝方式、堆积体组成、堆积厚度、密实程度、堆积规律、沉积规律及其分布特征，判定其均匀性、压缩性和密实度；必要时应按厚度、强度和变形特性分层或分区评价；

2 评价物理力学特性、化学特性、渗透性、腐蚀性，总坝高应力状态下强度指标及变形特性，分析固结规律；

3 提供动力稳定性分析所需的参数；

4 进行渗透变形分析，提供渗透系数；

5 在地震作用下的液化可能性分析，必要时进行分区评价；

6 判定工业废渣堆场产生失稳和不均匀变形的可能性，并应验算其稳定性；

7 对周边环境的影响分析。

7 勘探与取样

7.1 一般规定

7.1.1 钻进工艺应满足采取试样、孔内原位测试、岩性鉴别和编录的要求。

7.1.2 正在运行和闭库封场的工业废渣堆场勘探作业时，应对已有防渗层、反滤层、排水棱体、排渗褥垫、水平排渗管沟、垂直排渗井等设施 and 自然环境采取保护措施。

7.1.3 试样质量等级的划分、取样器具和方法的选用应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 和行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T87 的规定。

7.1.4 勘探、取样、原位测试作业应符合现行国家标准《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585 的有关规定。

7.2 勘探

7.2.1 勘探方法应根据工程特点及勘察目的进行选择，以钻探为主，辅以井探、槽探，静力触探、动力触探、工程物探应与钻探等其他勘探方法配合使用。

7.2.2 钻探工作应根据勘探技术要求、地层类别、场地及环境条件，选择合适的钻机、钻具和钻进方法。钻探方法的适用范围可按表 7.2.2 选用。

表 7.2.2 钻探方法的适用范围

钻探方法		废渣地层类别				勘察要求	
		黏土类工业废渣	粉土类工业废渣	砂土类工业废渣	粗颗粒工业废渣	直观鉴别、采取不扰动试样	直观鉴别、采取扰动试样
回转	无岩芯钻探	++	++	++	+	-	-
	岩芯钻探	++	++	++	+	++	++
冲击	冲击钻探	-	+	++	++	-	-
	锤击钻探	++	++	++	+	++	++
振动钻探		++	++	++	+	+	++
冲洗钻探		+	++	++	-	-	-

注：++：适用；+：部分适用；-：不适用；

7.2.3 钻探口径和钻具规格应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021和行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T87的规定。

7.2.4 钻孔深度量测应符合下列规定：

1 钻进深度和岩土层分层深度的量测精度陆域最大允许偏差为 $\pm 0.05\text{m}$ ，水域最大允许偏差为 $\pm 0.2\text{m}$ ；

2 每钻进 25m 和终孔后，应校正孔深，并宜在变层处校核孔深。

7.2.5 钻孔的垂直度或预计的倾斜度与倾斜方向应符合下列规定：

1 对于垂直钻孔，每 50m 应测量一次垂直度，每 100m 的允许偏差为 $\pm 2^\circ$ ；

2 当钻孔斜度及方位偏差超过规定时，应立即采取纠偏措施；当勘探任务有要求时，应根据勘探任务要求测斜。

7.2.6 钻探过程中，岩芯采取率应按逐回次逐次计算。砂性废渣岩芯采取率应不小于75%，黏性废渣应不小于85%；黏性土、砂类土、碎石土按现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T87执行。

7.2.7 破碎带、滑动带应根据工程技术要求提高取芯率，并宜连续取芯。

7.2.8 钻进回次进尺应根据岩土地层情况、钻进方法及工艺要求、工程特点等确定，并应符合下列规定：

1 满足鉴别厚度小于0.2m的薄层的要求；

2 在黏性土中，回次进尺不宜超过2.0m；在粉土、饱和砂土中，回次进尺不宜超过1.0m，且不得超过螺纹长度或取土筒（器）长度；在预计的地层界线附近及重点探查部位，回次进尺不宜超过0.5m；采取原状土样前用螺旋钻头清土时，回次进尺不宜超过0.3m；

3 在岩层中钻进时，回次进尺不得超过岩芯管长度；在软质岩层中，回次进尺不得超过2.0m；在破碎岩石或软弱夹层中，回次进尺应为0.5m~0.8m。

7.2.9 鉴别土样及岩芯的保留与存放应符合下列规定：

1 鉴别土样及岩芯应存放于平整场地或岩芯盒内，并按钻进回次先后顺序排列，注明回次、深度、进尺、岩芯长度和岩土名称，且每一回次应用岩芯牌隔开；

2 存放土样及岩芯的场地或岩芯盒应平稳，不得日晒、雨淋和融冻；

3 岩芯应保留至工程野外工作检查验收完成，并宜拍摄照片保存。

7.2.10 勘探浅部地层、破碎带、结构面、滑面宜采用井探、槽探。且应符合下列规定：

1 探井深度不应超过地下水位，并应采取井壁支护措施，井内采取通风、照明措施；

2 探井断面可采用圆形或矩形，且圆形探井直径不宜小于0.8m；矩形探井不宜小于1.0m×1.2m；当根据土质情况需要放坡或分级开挖时，井口宜加大；

3 探槽挖掘深度不宜大于3.0m，并应采取支护措施；

4 探井井口、探洞的洞口位置宜选择在稳定的部位，作业时井口不应少于2名工作人员。

7.2.11 污染场地勘探除应满足现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T87规定外，钻进工艺应根据污染物特征、环境敏感性等因素确定，并应满足污染场地地层鉴别与采样的要求。污染场地勘探应采取隔离措施，防止扩散、交叉污染，以

及对环境造成二次污染。

7.2.12 污染场地钻探应采用跟管钻进或其它隔离措施，应采用无污染冲洗液，钻进应符合下列要求：

- 1 每回次钻至预定位置提钻取出土样时，应采用直径大于开孔孔径的钢套管通过锤击或静压至当前钻进深度；
- 2 采用螺旋钻具或取土器清理当前钻进深度以上进入钢套管内的残土；
- 3 下一回次钻进前应采用无污染水清洗钻具；
- 4 钻孔终孔后应采用无污染、低渗透性材料回填；
- 5 钻进工程中及结束后应将废弃土、水分别收集，并按规定处置。

7.3 取 样

7.3.1 采取土试样应符合下列规定：

1 对以粉性和黏性为主的工业废渣应采用薄壁取土器或回转取土器采取不扰动试样；对砂性为主的工业废渣应采用取砂器采取不扰动试样。在钻孔内采取原状堆积体试样时，砂性废渣和黏性废渣试样的采取宜分别采用原状取砂器和双管单动薄壁取土器；取样的垂直间距宜为 1.0m~3.0m，且宜连续取样；浅层废渣原状样可在布置的人工取土探井中采用标准环刀刻取；

- 2 每一主要工业废渣层和土层的试样数量应满足试验项目和统计分析的需要；
- 3 砂性废渣标准贯入试验点均应采取扰动试样；
- 4 为评价堆场内地表、地下水对建筑材料的腐蚀性及其腐蚀程度，应分别采取地表、地下水试样，试样数量不宜少于 3 件。

5 污染土样采取、封装、运输中严禁二次污染和污染物损失。

7.3.2 在钻孔中采取 I、II 级试样时，应符合下列规定：

- 1 采用套管护壁时，取样位置应低于套管底 3 倍孔径的距离；
- 2 放置取土器前应仔细清孔，清除扰动土，孔底残留的浮土厚度不得大于取土器上端废土段长度；
- 3 取土器应缓慢匀速下放，不得冲击孔底；
- 4 不得使用刃口卷折、内壁锈蚀或活塞不灵的取土器；
- 5 取土器提出孔口后，不得敲打和水冲，应使用专用工具取出试样，并应及时密封和妥善存放。

7.3.3 在探井中采取不扰动样，应在井壁 15cm 外人工刻取 I 级土样。

7.3.4 I、II、III 级土试样应密封保存，不得在阳光直射下保存，不得扰动，搬运时应

采取防震措施，保存时间不宜超过 3 周。对易振动液化和水土离析的土试样宜就近进行试验；必要时可采取冷冻保存和搬运。

7.3.5 岩石试样可利用钻探岩芯制作或在探井、探槽、竖井或平硐中刻取。采取试样应符合下列规定：

1 采取的毛样尺寸应满足试块加工的要求，数量应符合试验目的要求。试验方法有要求时，试样形状、尺寸和方向应按试验要求确定；

2 软岩和极软岩试样宜按土样封装。

7.3.6 水试样采取应符合下列规定：

1 工业废渣场地应分层采取水、土试样，并进行水、土对建筑材料腐蚀性的试验，水、土试样数量分别不宜少于 3 件；

2 水试样容器应使用无色玻璃瓶或聚乙烯小口瓶，当水中可能含有机质污染成份时，应采用玻璃瓶；

3 采样前应用水源水洗涤采样容器及瓶塞不少于 3 次；

4 水样采好后应立即用瓶塞盖严，并用胶带或蜡封口；

5 不同水试样应按规定存放，并不得超过水试验保存期限。

7.3.7 特殊试验样和专项工作试验样应采用专用工具采取，并按相关技术要求进行取样、封装、保存和运输。

7.3.8 试样应标识样签，样签内容应包括工程名称、勘探点及试样编号、取样深度、试样等级、试样目测定名、取样日期和取样人等内容。

7.4 现场编录

7.4.1 每个钻孔、探井、探槽、探洞、露头 etc 勘探点或地质点，均应进行详细的记录，并应符合下列规定：

1 可选择文字、图像、磁带、磁盘（光盘）等适用的信息记录手段进行；

2 应包括所揭露岩体、岩石、土、水的描述，各种地质事件形迹等，以及勘探点编号、位置或坐标、时间、天气状况、操作方法、进度、事故等内容；

3 工具应具备防水浸、日晒而模糊、褪色、破损的功能；

4 格式应清晰、整洁，用词应准确、规范。

7.4.2 野外记录应真实反映实际，字迹应清楚端正，钻孔应按回次逐次编录，不得事后追记或涂改。原始记录签署应齐全。

7.4.3 钻进过程中应填写原始钻探记录，各项深度均应进行量测，允许累计误差应为 $\pm 5\text{cm}$ 。钻进和取样过程记录应包括以下内容：

- 1 钻进方法、钻具名称、规格、护壁方式、钻进回次、进尺、深度、水位；
- 2 钻进的难易程度、进尺速度、操作手感、钻进参数的变化情况；
- 3 掉钻、卡钻、缩径、地下水位或冲洗液位及其变化等孔内异常情况、事故情况；
- 4 取样及原位测试的编号、深度位置、取样方法、取样工具名称规格、原位测试类型及其结果。

7.4.4 岩性描述应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 和行业标准《岩土工程勘察现场描述规程》YS/T 5205 的规定，厚度大于或等于 30cm 的软弱夹层应单独描述。

7.4.5 所有钻孔均应按回次依次进行描述编录、拍摄岩芯照片，检查、核对岩芯和原始钻探记录。

7.4.6 对井探、槽探除文字描述记录外，尚应以剖面图、展示图反映井、槽壁和底部的岩性、地层分界、构造特征、取样和原位试验位置，并宜辅以代表性部位的彩色照片。

7.4.7 岩土 BIM 分析的工程宜采用数字化记录。

8 原位测试与室内试验

8.1 一般规定

8.1.1 原位测试和室内试验的设备、试验操作应符合现行国家标准《土工试验标准》GB/T 50123 及行业相关标准的规定。

8.1.2 原位测试与室内试验应根据工业废渣特征、试验项目、勘察技术要求和测试方法的适用性选用。

8.1.3 原位测试的仪器设备应定期检验和标定，测试前应根据现场地质环境条件进行校核。

8.2 标准贯入试验

8.2.1 标准贯入试验适用于黏性类、砂性类工业废渣及黏性土、粉土、砂类土。

8.2.2 标准贯入试验应符合下列技术规定：

1 应采用自动脱钩自由落锤装置，锤击时导向杆和钻杆应保持竖直，锤击速率不应超过 30 击/min；

2 标准贯入试验应与钻探配合进行，在孔壁不稳定时宜采取套管护壁或泥浆护壁的回转钻进法钻进，钻至试验标高以上 15cm 处，应清除孔底残土再进行试验；

3 试验时应先预打 15cm，并记录锤击数，正式试验记录每贯入 10cm 的锤击数，累计贯入 30cm 的锤击数为标准贯入试验锤击数 N ；

4 当锤击数超过 50 击或自由落锤出现反弹，而贯入深度未达到 30cm 时，可中止试验，记录实际贯入深度，按下列公式换算相当于 30cm 的标准贯入试验锤击数 N 。

$$N=30n/s \quad (8.2.2)$$

式中： s ——实际贯入深度（cm）；

n ——贯入 s 深度的锤击数（击）。

8.2.3 试验结束提出并打开贯入器，应对贯入器土样进行鉴别和描述，必要时采取标准贯入试验扰动土样。

8.2.4 标准贯入试验成果应包括下列内容：

1 绘制单孔标准贯入锤击数与深度关系的直方图或将锤击数直方图标注在钻孔柱状图及工程地质剖面图的相应深度上；

2 分层统计标准贯入锤击数 N 值的平均值，统计时应剔除临界深度以内的数值、超前和滞后影响范围内的异常值。

8.2.5 标准贯入试验成果可用于判定工业废渣的均匀性和土层划分，确定砂土、粉土和

黏性土的状态或密实度，判别饱和砂土和粉土的液化可能性，以及估算土的强度、变形参数、地基承载力、单桩承载力。

8.3 圆锥动力触探试验

8.3.1 圆锥动力触探试验可用于碎石类工业废渣及碎石土、强风化岩层等的测试。可根据岩土的不同类型分别采用轻型、重型和超重型试验。

8.3.2 圆锥动力触探试验技术要求应符合下列规定：

- 1 应采用自动脱钩落锤装置；
- 2 触探杆最大偏斜度不应超过 2%，锤击贯入应连续进行，试验过程中应控制探杆的偏斜和侧向晃动，锤击速率宜为 15 击/min~30 击/min；
- 3 轻型圆锥动力触探试验以每贯入 30cm 的锤击数为试验指标，记为 N_{10} ；
- 4 重型、超重型圆锥动力触探试验，以每贯入 10cm 的的锤击数为试验指标，记为 $N'_{63.5}$ 和 N'_{120} ；
- 5 对轻型动力触探，当 $N_{10} > 100$ 或贯入 15cm 锤击数超过 50 时，可停止试验，并按规范《岩土工程勘察规范》GB 50021 换算试验锤击数；对重型动力触探，当连续三次 $N'_{63.5} > 50$ 时，可停止试验或改用超重型动力触探。

8.3.3 重型、超重型圆锥动力触探试验的锤击数应根据一阵击的锤击数和贯入量，按下式换算成每贯入 10cm 的锤击数 $N'_{63.5}$ 和 N'_{120} 。

$$N'_{63.5} = n \times 10 / \Delta S \quad (8.3.3-1)$$

$$N'_{120} = n \times 10 / \Delta S \quad (8.3.3-2)$$

式中： n ——每阵击锤击数；

ΔS ——每阵击的贯入量（m）；

$N'_{63.5}$ 或 N'_{120} ——实测重型或超重型圆锥动力触探试验锤击数。

8.3.4 重型、超重型圆锥动力触探试验的锤击数应进行探杆长度校正，宜按下式进行修正。

$$N_{63.5} = \alpha \times N'_{63.5} \quad (8.3.4-1)$$

$$N_{120} = \alpha \times N'_{120} \quad (8.3.4-1)$$

式中： $N_{63.5}$ 或 N_{120} ——重型或超重型圆锥动力触探锤击数修正值；

α ——触探杆长修正系数，按《圆锥动力触探试验规程》YS/T5219

附录 B、附录 C 确定。

8.3.5 圆锥动力触探试验成果应包括下列内容。

- 1 绘制单孔触探试验锤击数与贯入深度关系曲线；

2 分层统计触探贯入锤击数的平均值，统计时应剔除临界深度以内的数值、超前和滞后影响范围内的异常值。

8.3.6 圆锥动力触探试验成果可用于工业废渣及场地地层分层，结合地区经验评价岩土的状态、密实度、强度、变形参数、承载力、动力特性等。

8.4 现场直接剪切试验

8.4.1 现场直剪试验可用于工业废渣及软弱夹层接触面、岩土体本身、岩土体沿软弱结构面和岩体与其他材料接触面的剪切试验。

8.4.2 现场直剪试验按试验方法可分为抗剪断试验和残余抗剪试验。

8.4.3 现场直剪试验可在试洞、试坑、探槽或大口径钻孔内进行。当剪切面水平或近于水平时，可采用平推法或斜推法；当剪切面较陡时，可采用楔形体法。

8.4.4 现场直剪试验的技术要求应符合下列规定：

1 同一组试验体的岩性应基本相同，受力状态应与岩土体在工程中的实际受力状态相近；

2 试验应根据工程地质条件和建构筑物的荷载分布特点等选择试验地段和地层，同一地层，试验组数不应少于 3 组，每组岩体直剪试验不宜少于 5 个试块，每组土体直剪试验不少于 4 个试块；

3 开挖试坑时应避免对试体的扰动和引起含水量的显著变化；在地下水位以下试验时，应避免水压力和渗流对试验的影响；

4 施加的法向荷载、剪切荷载应位于剪切面、剪切缝的中心；或使法向荷载与剪切荷载的合力通过剪切面的中心，并保持法向荷载不变；

5 试验前和试验后应现场采取岩土体试样进行含水率、密度测试。

8.4.5 法向荷载的确定应符合下列规定：

1 法向荷载应满足设计要求；

2 最小法向荷载不应小于剪切面以上地层的自重压力，并不应小于 50kPa；

3 最大法向荷载应大于拟建构筑物设计荷载或堆填体荷载，并不应小于 400kPa；

4 每组试验中每个试块的法向荷载应为不同等级，等级划分宜根据最大、最小法向荷载按试块的个数进行等分，也可按照 50kPa、100kPa、200kPa、300kPa、400kPa、600kPa、800kPa 等级加载。

8.4.6 试样制备应根据试验岩土体内结构面的发育特征或土体的均匀程度和颗粒组成，确定试样规格；岩、土体试样宜制成方形，试样的制作应符合下列规定：

1 土体试样的剪切面积不得小于 0.25m^2 ，碎石土或混合土试样的边长不应小于最

大粒径的 5 倍，高度不宜小于 0.20m 或为最大粒径的 4 倍~8 倍；

2 岩体试样的剪切面积不得小于 0.25m^2 ，最小边长不宜小于 0.50m，高度不宜小于最小边长的 0.5 倍；

3 试块之间的净间距应大于最小边长的 1.5 倍；

4 测试岩土饱和状态下的强度时，试验前应将试样浸水并达到饱和状态，浸水时间不宜少于 48h。

8.4.7 当出现下列情况之一时，可终止试验：

1 抗剪断试验，随着剪切变形不断增加，当压力表数值下降或横向位移与试样宽度之比达到 1/10 时，应判定为剪切破坏，可终止试验；

2 残余抗剪试验，当满足同一级垂直荷载作用下相邻两次剪应力差值不大于 10% 时，可终止试验。

8.4.8 试验结束后，应将试样翻起，应量测剪切面剪损状态，绘制剪切面的缺损、起伏情况，宜对试样剪切面进行描述、拍照，计算试验后剪切面面积，并宜采取剪切面土试样进行含水率测试。。

8.4.9 现场直剪试验成果分析应包括下列内容：

1 绘制剪切应力与剪切位移曲线、剪应力与垂直位移曲线，确定比例强度、屈服强度、峰值强度、剪胀点和剪胀强度；

2 绘制法向应力与比例强度、屈服强度、峰值强度、残余强度的曲线，确定相应的强度参数；

3 测试报告。

8.4.10 试验成果报告应由文字和图表两部分组成，并宜符合下列规定：

1 文字部分宜包括下列内容：

1) 工程概况；

2) 试验场地工程地质条件；

3) 试验依据的技术标准；

4) 试验方法、目的；

5) 试验仪器设备；

6) 内摩擦角 φ 和黏聚力 c 值及确定方法；

7) 试验点的位置，岩性描述，剪切面产状及相关情况说明；

8) 试验结果及建议。

2 图表部分宜包括下列内容：

- 1) 试验段工程地质图、平面布置图、试体地质素描图；
- 2) 试验地段的地质剖面图、室内土工试验成果；
- 3) 试验设备安装示意图；
- 4) 剪应力、剪切位移成果表及关系曲线；
- 5) 现场影像资料。

8.5 载荷试验

8.5.1 载荷试验可用于测定承压板下应力主要影响范围内岩土体的承载力和变形模量。浅层平板载荷试验适用于确定浅部地基土层承压板下应力主要影响范围内的承载力和变形参数；深层平板载荷试验适用于深层地基土和大直径桩桩端土层在承压板下应力主要影响范围内的承载力及变形参数，适用于埋深等于或大于 5.0m 和地下水位以上的地基土；螺旋板载荷试验适用于深层地基土或地下水位以下的地基土，可测求地基土的压缩模量、固结系数、饱和软黏土的不排水抗剪强度、地基土的承载力等。

8.5.2 载荷试验的技术要求应符合下列规定：

1 载荷试验应布置在有代表性的地点，每个场地不宜少于 3 个，当场地内岩土体分布和性质不均匀时，宜增加不同深度、层位的试验；

2 载荷试验宜采用圆形刚性承压板，根据土的软硬或岩体裂隙密度选用合适的尺寸；岩石载荷试验承压板的面积不宜小于 0.07m^2 ；

3 当试井直径大于承压板直径时，紧靠承压板周围土的高度不应小于承压板直径；

4 试坑或试井底的岩土应避免扰动，保持其原状结构和天然湿度，并在承压板下铺设不超过 20mm 的砂垫层找平，尽快安装试验设备；

5 载荷试验加荷方式应采用分级维持荷载、沉降相对稳定法(常规慢速法)；有地区经验时，可采用分级加荷沉降非稳定法(快速法)或等沉降速率法；加荷等级宜取 10~12 级，并不应少于 8 级，荷载量测精度不应低于最大荷载的 $\pm 1\%$ ；

6 承压板的沉降可采用百分表或电测位移计量测，其精度不应低于 $\pm 0.01\text{mm}$ ；

7 对慢速法，当试验对象为土体时，每级荷载施加后，间隔 5min、5min、10min、10min、15 min、15min 测读一次沉降，以后间隔 30min 测读一次沉降，当连续两小时每小时沉降量小于等于 0.1mm 时，可认为沉降已达相对稳定标准，施加下一级荷载；当试验对象是岩体时，间隔 1min、2min、2min、5min 测读一次沉降，以后每隔 10min 测读一次，当连续三次读数差小于等于 0.01mm 时，可认为沉降已达相对稳定标准，施加下一级荷载；

8 当出现下列情况之一时，可终止试验：

- 1) 承压板周边的土出现明显侧向挤出，周边岩土出现明显隆起或径向裂缝持续发展；
- 2) 本级荷载的沉降量大于前级荷载沉降量的 5 倍，荷载与沉降曲线出现明显陡降；
- 3) 在某级荷载下 24h 沉降速率不能达到相对稳定标准；
- 4) 总沉降量与承压板直径或宽度之比超过 0.06。

8.5.3 浅层平板载荷试验技术要求：

1 承压板：浅层平板载荷试验的试坑宽度或直径不应小于承压板宽度或直径的三倍；承压板面积一般采用 $0.25\text{m}^2\sim 0.5\text{m}^2$ ，对均质、密实以上的老堆积土、砂土地基土可采用 0.1m^2 ，对新近填土、软土和粒径较大的填土不应小于 0.5m^2 ；

2 试坑要求：试验标高处的试坑宽度不应小于承压板宽度或直径的三倍；浅层平板载荷试验应布置在基础底面标高处；

3 试验土层：应保持试验土层的原状结构和天然湿度，在试坑开挖时，应在试验点位置周围预留一定厚度的土层，在安装承压板前再清理至试验标高；

4 承压板与土层接触处的处理：对软塑、流塑状态的黏性土或松散砂，承压板周围应铺设 200mm~300mm 厚的原土作为保护层；

5 试验标高低于地下水的处理：当试验标高低于地下水时，应先将水位降至试验标高以下，并在试坑底部铺设一层厚 50mm 左右的中、粗砂，安装设备，待水位恢复后再加荷试验；

6 加载分级：最大加载量不应小于设计要求的两倍，荷载按等量分级施加，每级荷载增量为预估极限荷载的 $1/10\sim 1/8$ ；

7 试验精度：荷载量测精度不应低于最大荷载的 $\pm 1\%$ ，承压板的沉降可采用百分表或电测位移计量测，其精度不应低于 $\pm 0.01\text{mm}$ ；

8 加荷方式及相应稳定标准：

1) 沉降相对稳定法(常规慢速法)：每级加荷后，按间隔 5min、5min、10min、10min、15min、15min 测读一次沉降，以后间隔 30min 测读一次沉降，当连续两小时每小时沉降量小于等于 0.1mm 时，可认为沉降已达相对稳定标准，施加下一级荷载；当试验对象是岩体时，间隔 1min、2min、2min、5min 测读一次沉降，以后每隔 10min 测读一次，当连续三次读数差小于等于 0.01mm 时，可认为沉降已达相对稳定标准，施加下一级荷载；

2) 沉降非稳定法(快速法)：自加荷操作历时一半开始，每隔 15min 观测一次沉降，每级荷载保持 2h，即可施加下一级荷载；

3) 等沉降速率法: 控制承压板以一定的沉降速率沉降, 测读与沉降对应的所施加的荷载, 直至试验达到破坏状态。

9 回弹观测: 分级卸载, 观测回弹值。分级卸荷量为分级加荷量的 2 倍, 15min 观测一次, 1h 后再卸下一级荷载, 荷载完全卸除后, 应继续观测 3h。

8.5.4 深层平板载荷试验技术要求:

1 承压板面积: 承压板宜选用面积为 0.5m^2 的刚性板;

2 试坑、试井要求: 深层平板载荷试验的试坑、试井直径应等于承压板直径; 当试坑、试井直径大于承压板直径时, 紧靠承压板周围土的高度不应小于承压板直径。深层平板载荷试验的试验深度不应小于 5m;

3 试验土层: 试坑试井底的岩土应避免扰动, 保持其原状结构和天然湿度;

4 承压板与土层接触处的处理: 在承压板下铺设不超过 20mm 的中、粗砂找平层;

5 加载分级: 每级荷载增量为预估极限荷载的 $1/10\sim 1/5$ 施加;

6 试验精度: 位移量测的精度不应低于 $\pm 0.01\text{mm}$; 荷载量测精度不应低于最大荷载的 $\pm 1\%$;

7 稳定标准: 采用沉降相对稳定法 (常规慢速法) 时, 每级加荷后, 每一小时内按间隔 5min、5min、10min、10min、15min、15min 测读沉降, 以后每半小时测读一次沉降。当在连续两小时内, 每小时的沉降量小于 0.1mm 时, 则认为沉降已趋稳定, 可施加下一级荷载。

8.5.5 螺旋板载荷试验技术要求:

1 螺旋板载荷试验应在钻孔中进行, 钻孔钻进时应在离试验深度 20cm~30cm 处停钻, 并清除孔底受扰动土层;

2 螺旋板入土时, 应按每转一圈下入一个螺距进行操作, 减小对土的扰动;

3 同一试验孔在垂直方向的试验间距一般应大于或等于 1m, 结合土层变化和均匀性布置;

4 加载分级及稳定标准:

1) 沉降相对稳定法 (常规慢速法): 用油压千斤顶分级加荷, 每级荷载对于砂土、中低压缩性的黏土、粉土宜采用 50kPa, 对于高压缩性土宜采用 25kPa; 每级加荷后, 按间隔 5min、5min、10min、10min、15min、15min, 以后每隔半小时读一次承压板沉降量, 当连续两小时, 每小时的沉降量小于 0.1mm 时, 达到相对稳定标准, 可以施加下一级荷载。

2) 等沉降速率法: 用油压千斤顶分级加荷, 加荷速率对于砂土、中低压缩性土宜采

用 1mm/min~2mm/min，每下沉 1mm 测读压力一次；对于高压缩性土宜采用 0.25mm/min~0.5mm/min，每下沉 0.25mm~0.5mm 测读压力一次，直至破坏为止。

5 试验精度：位移量测的精度不应低于 $\pm 0.01\text{mm}$ ；荷载量测精度不应低于最大荷载的 $\pm 1\%$ 。

8.5.6 测试岩土饱和状态下地基土承载力和变形参数的载荷试验时，应将试样浸水达到饱和状态，浸水时间不宜少于 48h。

8.5.7 根据载荷试验成果分析要求，应绘制荷载 (p) 与沉降 (s) 曲线，必要时绘制各级荷载下沉降 (s) 与时间 (t) 或时间对数 (lgt) 曲线。

应根据 $p-s$ 曲线拐点，必要时结合 $s-lgt$ 曲线特征，确定比例界限压力和极限压力。当 $p-s$ 呈缓变曲线时，可取对应于某一相对沉降值 s/d (d 为承压板直径) 的压力评定地基土承载力。

8.5.8 土的变形模量应根据 $p-s$ 曲线的初始直线段，可按均质各向同性半无限弹性介质的弹性理论计算。

浅层平板载荷试验的变形模量 $E_0(\text{MPa})$ ，可按下式计算：

$$E_0 = I_0 (1 - \mu^2) pd/s \quad (8.5.8-1)$$

深层平板载荷试验和螺旋板载荷试验的变形模量 $E_0(\text{MPa})$ ，可按下式计算：

$$E_0 = \omega pd/s \quad (8.5.8-2)$$

式中 I_0 ——刚性承压板的形状系数，圆形承压板取 0.785；方形承压板取 0.886；

μ ——土的泊松比；碎石土取 0.27，砂土取 0.30，粉土取 0.35，粉质黏土取 0.38，黏土取 0.42；

d ——承压板直径或边长 (m)；

p —— $p-s$ 曲线线性段的压力；

s ——与 p 对应的沉降 (mm)；

ω ——与试验深度和土类有关的系数，可按表 8.5.8 选用。

表 8.5.8 深层载荷试验计算系数 ω

土类 d/z	碎石土	砂土	粉土	粉质黏土	黏土
0.30	0.477	0.489	0.491	0.515	0.524
0.25	0.469	0.480	0.482	0.506	0.514
0.20	0.460	0.471	0.474	0.497	0.505
0.15	0.444	0.454	0.457	0.479	0.487
0.10	0.435	0.446	0.448	0.470	0.478
0.05	0.427	0.537	0.439	0.461	0.468
0.01	0.418	0.429	0.431	0.452	0.459

注： d/z 为承压板直径和承压板底面深度之比。

8.5.9 基准基床系数 K_v 可根据承压板边长为 30cm 的平板载荷试验，按下式计算：

$$K_v = p/s \quad (8.5.9)$$

8.6 静力触探试验

8.6.1 静力触探试验适用于软土、一般黏性土、尾矿、赤泥、粉煤灰、磷石膏。静力触探可根据工程需要采用单桥探头、双桥探头或带孔隙水压力量测的单、双桥探头，可测定比贯入阻力 (p_s)、锥尖阻力 (q_c)、侧壁摩阻力 (f_s) 和贯入时的孔隙水压力 (u)。

8.6.2 静力触探试验的技术要求应符合下列规定：

1 探头圆锥锥底截面积应采用 10cm^2 或 15cm^2 ，单桥探头侧壁高度应采用 57mm 或 70mm，双桥探头侧壁面积应采用 $150\text{cm}^2 \sim 300\text{cm}^2$ ，锥尖锥角应为 60° ；

2 探头应匀速垂直压入土中，贯入速率应为 $1.2\text{m} / \text{min}$ ；

3 探头测力传感器应连同仪器、电缆进行定期标定，室内探头标定测力传感器的非线性误差、重复性误差、滞后误差、温度漂移、归零误差均应小于 $1\%FS$ ，现场试验归零误差应小于 3% ，绝缘电阻不小于 $500M\Omega$ ；

4 深度记录的误差不应大于触探深度的 $\pm 1\%$ ；

5 当贯入深度超过 30m，或穿过厚层软土后再贯入硬土层时，应采取措施防止孔斜或断杆，也可配置测斜探头，量测触探孔的偏斜角，校正土层界线的深度；

6 孔压探头在贯入前，应在室内保证探头应变腔为已排除气泡的液体所饱和，并在现场采取措施保持探头的饱和状态，直至探头进入地下水位以下的土层为止；在孔压静探试验过程中不得上提探头；

7 当在预定深度进行孔压消散试验时，应量测停止贯入后不同时间的孔压值，其计时间隔由密而疏合理控制；试验过程中不得松动探杆；

8 试验设备应具备量测孔斜的功能。

8.6.3 静力触探试验成果分析应符合下列规定：

1 应绘制 p_s 、 q_c 、 f_s 、 u 等测定参数与深度关系曲线，以及摩阻比 R_f 、 f_s/q_c 等其它参数与深度关系曲线。单桥和双桥探头应绘制 p_s-z 曲线、 q_c-z 曲线、 f_s-z 曲线、 R_f-z 曲线；孔压探头尚应绘制 u_1-z 曲线、 q_t-z 曲线、 f_t-z 曲线、 B_q-z 曲线和孔压消散曲线： $u_t-\log t$ 曲线；

其中 R_f ——摩阻比；

u_1 ——孔压探头贯入土中量测的孔隙水压力（即初始孔压）；

q_t ——真锥头阻力（经孔压修正）；

- f_t ——真侧壁阻力（经孔压修正）；
- B_q ——静探孔压系数， $B_q = (u_t - u_0) / (q_t - \sigma_{v0})$ ；
- u_0 ——试验深度处静水压力（kPa）；
- u_t ——孔压消散过程时刻 t 的孔隙水压力（kPa）；
- σ_{v0} ——试验深度处土的总上覆压力（kPa）。

2 根据贯入曲线的线型特征，结合相邻钻孔资料和地区经验，划分土层和判定土类；计算各土层静力触探有关试验数据的平均值，或对数据进行统计分析，提供静力触探数据的空间变化规律。

8.6.4 根据静力触探资料，结合地区经验，可进行力学分层，估算土的塑性状态或密实度、强度、压缩性、地基承载力、单桩承载力、沉桩阻力，进行液化判别等。根据孔压消散曲线可估算土的固结系数和渗透系数。

8.6.5 根据单桥探头静力触探资料确定混凝土预制桩单桩竖向极限承载力标准值时，如无当地经验，可按下式计算：（字母斜体）

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + a p_{sk} A_p \quad (8.6.5-1)$$

当 $p_{sk1} \leq p_{sk2}$ 时

$$p_{sk} = 1/2 (p_{sk1} + \beta \cdot p_{sk2}) \quad (8.6.5-2)$$

当 $p_{sk1} > p_{sk2}$ 时

$$p_{sk} = p_{sk2}$$

式中 Q_{sk} 、 Q_{pk} ——分别为总极限侧阻力标准值和总极限端阻力标准值；

u ——桩身周长；

q_{sik} ——用静力触探比贯入阻力值估算的桩周第 i 层土的极限侧阻力；

l_i ——桩周第 i 层土的厚度；

a ——桩端阻力修正系数，可按表 8.6.5-1 取值；

p_{sk} ——桩端附近的静力触探比贯入阻力标准值（平均值）；

A_p ——桩端面积；

p_{sk1} ——桩端全截面以上 8 倍桩径范围内的比贯入阻力平均值；

p_{sk2} ——桩端全截面以下 4 倍桩径范围内的比贯入阻力平均值，如桩端持力层为密实的砂土层，其比贯入阻力平均值超过 20MPa 时，则需乘以表

8.6.5-2 中系数 C 予以折减后，再计算 p_{sk} ；

β ——折减系数，按表 8.6.5-3 选用。

表 8.6.5-1 桩端阻力修正系数 α 值

桩长 (m)	1 < 15	15 ≤ 1 ≤ 30	30 ≤ 1 ≤ 60
α	0.75	0.75 ~ 0.90	0.9

注: 桩长 15 ≤ 1 ≤ 30m, α 值按 1 值直线内插; 1 为桩长 (不包括桩尖高度)

表 8.6.5-2 桩端阻力修正系数 C 值

p_{sk}	20 ~ 30	35	> 40
系数 C	5/6	2/3	1/2

表 8.6.5-3 桩端阻力修正系数 β 值

p_{sk1}/p_{sk2}	≤ 5	7.5	12.5	≥ 15
β	1	5/6	2/3	1/2

注: 表 8.6.5-2、表 8.6.5-3 可内插取值。

8.6.6 当根据双桥探头静力触探资料确定混凝土预制桩单桩竖向极限承载力标准值时, 对于黏性土、粉土和砂土, 如无当地经验时可按下式计算: 字母斜体

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum l_i \beta_i f_{si} + \alpha p_{sk} A_p \quad (8.6.6-1)$$

式中 f_{si} ——第 i 层土的探头平均侧阻力 (kPa);

q_c ——桩端平面上、下探头阻力, 取桩端平面以上 $4d$ (d 为桩的直径或边长)

范围内按土层厚度的探头阻力加权平均值 (kPa), 然后再和桩端平面以下 $1d$ 范围内的探头阻力进行平均;

α ——桩端阻力修正系数, 对于黏性土、粉土取 2/3, 饱和砂土取 1/2;

β_i ——第 i 层土桩侧阻力综合修正系数, 黏性土、粉土: $\beta_i = 10.04 (f_{si})^{-0.55}$;

砂土: $\beta_i = 5.05 (f_{si})^{-0.45}$ 。

注: 双桥探头的圆锥底面积为 15cm^2 , 锥角 60° , 摩擦套筒高 21.85cm , 侧面积 300cm^2 。

8.7 十字板剪切试验

8.7.1 十字板剪切试验可用于测定饱和软黏性土、黏性尾矿、赤泥、磷石膏 ($\varphi \approx 0$) 的不排水抗剪强度和灵敏度。

8.7.2 十字板剪切试验点的布置, 对均质土竖向间距可为 1m , 对非均质或夹薄层粉细砂的软黏性土, 宜先作静力触探, 结合土层变化, 选择软黏土进行试验。

8.7.3 十字板剪切试验应符合下列规定:

- 1 十字板板头形状宜为矩形, 径高比 1:2, 板厚宜为 $2\text{mm} \sim 3\text{mm}$;
- 2 十字板头插入钻孔底的深度应不小于钻孔或套管直径的 3 倍 ~ 5 倍;
- 3 十字板插入至试验深度后, 应静止不少于 2min , 方可开始试验;
- 4 扭转剪切速率宜采用 $(1^\circ - 2^\circ) / 10\text{s}$, 并应在测得峰值强度后应继续测记 1min ;
- 5 在峰值强度或稳定值测试完后, 应顺扭转方向连续转动 6 圈, 测定重塑土的不

排水抗剪强度；

6 对开口钢环十字板剪切仪，应修正轴杆与土间的摩阻力的影响。

8.7.4 十字板剪切试验成果分析应包括下列内容：

1 应计算各试验点土的不排水抗剪强度、残余强度、重塑土强度和灵敏度；

2 应绘制单孔十字板剪切试验土的不排水抗剪强度、残余强度、重塑土强度和灵敏度随深度的变化曲线，需要时绘制抗剪强度与扭转角度的关系曲线；

3 应根据土层条件和地区经验，对实测的十字板不排水抗剪强度进行修正。

8.7.5 十字板剪切试验成果可按地区经验，确定地基承载力、单桩承载力，计算边坡稳定，判定软黏性土的固结历史。

8.8 扁铲侧胀试验

8.8.1 扁铲侧胀试验适用于软土、一般黏性土、粉土、黄土、松散~中密的砂土、尾矿、赤泥、粉煤灰、磷石膏。

8.8.2 扁铲侧胀试验应符合下列规定：

1 扁铲侧胀试验探头长 230mm~240mm、宽 94mm~96mm、厚 14mm~16mm；探头前缘刃角 $12^\circ\sim 16^\circ$ ；探头侧面钢膜片的直径 60mm；

2 每孔试验前后均应进行探头率定，取试验前后的平均值为修正值；膜片的合格标准为：

率定时膨胀至 0.05mm 的气压实测值， $\Delta A=5\text{kPa}\sim 25\text{kPa}$ ；

率定时膨胀至 1.10mm 的气压实测值， $\Delta B=10\text{kPa}\sim 110\text{kPa}$ ；

3 试验时，应以静力匀速将探头贯入土中，贯入速率宜为 2cm/s；试验点间距可取 20cm~50cm；

4 探头达到预定深度后，应匀速加压和减压测定膜片膨胀至 0.05mm、1.10mm 和回到 0.05mm 的压力 A、B、C 值；

5 扁铲侧胀消散试验，应在需测试的深度进行，测读时间间隔可取 1min、2min、4min、8min、15min、30min、90min，以后每 90min 测读一次，直至消散结束。

8.8.3 扁铲侧胀试验成果分析应包括下列内容。

1 对试验的实测数据进行膜片刚度修正：

$$p_0 = 1.05(A - z_m + \Delta A) - 0.05(B - z_m + \Delta B) \quad (8.8.3-1)$$

$$p_1 = B - z_m - \Delta B \quad (8.8.3-2)$$

$$p_2 = C - z_m + \Delta A \quad (8.8.3-3)$$

式中 p_0 ——膜片向土中膨胀之前的接触压力 (kPa)；

p_1 —膜片膨胀至 1.10mm 时的压力 (kPa);
 p_2 —膜片回到 0.05mm 时的终止压力 (kPa);
 z_m —调零前的压力表初读数 (kPa)。

2 根据 p_0 、 p_1 和 p_2 计算下列指标:

$$E_D = 34.7(p_1 - p_0) \quad (8.8.3-4)$$

$$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma_{v0} \quad (8.8.3-5)$$

$$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0) \quad (8.8.3-6)$$

$$U_D = (p_2 - u_0) / (p_0 - u_0) \quad (8.8.3-7)$$

式中 E_D —侧胀模量 (kPa);

K_D —侧胀水平应力指数;

I_D —侧胀土性指数;

U_D —侧胀孔压指数;

u_0 —试验深度处静水压力 (kPa);

σ_{v0} —试验深度处中上覆压力 (kPa)。

3 绘制 E_D 、 I_D 、 K_D 和 U_D 与深度的关系曲线。

8.8.4 根据扁铲侧胀试验指标和地区经验, 可判别土类, 确定黏性土的状态、静止侧压力系数、水平基床系数等。

8.9 波速测试

8.9.1 波速测试适用于测定各类岩土体的压缩波、剪切波或瑞利波的波速, 可根据任务要求, 采用单孔法、跨孔法或面波法。

8.9.2 单孔法波速测试的技术要求应符合下列规定:

1 测试孔应垂直;

2 将三分量检波器固定在孔内预定深度处, 并紧贴孔壁;

3 可采用地面激振或孔内激振;

4 应结合土层布置测点, 测点的垂直间距宜取 1m~3m。层位变化处加密, 并宜自下而上逐点测试。

8.9.3 跨孔法波速测试的技术要求应符合下列规定:

1 振源孔和测试孔, 应布置在一条直线上;

2 测试孔的孔距在土层中宜取 2m~5m, 在岩层中宜取 8m~15m, 测点垂直间距宜取 1m~2m; 近地表测点宜布置在 0.4 倍孔距的深度处, 震源和检波器应置于同一地层的相同标高处;

3 当测试深度大于 15m 时，应进行激振孔和测试孔倾斜度和倾斜方位的量测，测点间距宜取 1m。

8.9.4 面波法波速测试可采用瞬态法或稳态法，宜采用低频检波器，道间距可根据场地条件通过试验确定。

8.9.5 测试钻孔波速应采取该钻孔岩样进行岩块波速测试。

8.9.6 波速测试成果分析应包括下列内容：

- 1 在波形记录上识别压缩波和剪切波的初至时间；
- 2 计算由振源到达测点的距离；
- 3 根据波的传播时间和距离确定波速；
- 4 计算岩土小应变的动弹性模量、动剪切模量和动泊松比。

8.10 室内试验

8.10.1 室内试验包括土、岩、水的物理、力学、化学、水理性质试验。土工试验及水、土腐蚀性分析应按现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 及行业标准的相关规定进行；岩石试验应按现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 及行业标准的相关规定进行。特殊性岩、土试验尚应符合国家现行相关技术规范及标准的规定。室内试验应符合下列规定：

1 砂性废渣应进行颗粒分析试验，绘制颗粒粒径分布曲线、天然密度、天然含水量、比重、黏粒含量、相对密度、自然休止角及水平和竖向渗透系数等试验；

2 黏性废渣应进行天然密度、天然含水量、比重、液限和塑限、水平向和竖向渗透系数、固结度等试验；

3 尾矿、磷石膏、赤泥的抗剪强度试验除常规的直剪快剪试验外，尚应进行三轴固结不排水剪切试验和固结快剪试验；

4 当需进行沉降变形计算时，应进行高压固结试验。

8.10.2 试验项目和试验方法应根据工程特点、岩土特性和工程分析计算需要确定，同时还应结合场地岩土的原位应力场和应力历史、工程活动引起的新应力场和新边界条件综合确定。特殊试验项目应制定专门试验方案。

8.10.3 制备试样前应对岩土的性状进行肉眼鉴定和描述记录。

8.10.4 试验所用仪器设备应符合现行国家标准《岩土工程仪器基本参数及通用技术条件》GB/T 15406 的有关规定，并应进行检定或校准。

8.10.5 除常规物理力学试验外，场地内各岩、土层尚应进行渗透性及化学分析试验，必要时进行水质全分析。

8.10.6 工业废渣的固结试验最大荷重应根据渣场堆填高度综合确定，提供 $e \sim P$ 曲线及各压力段的压缩系数及压缩模量；当需要进行沉降历时分析时，应进行固结系数试验，提供相关土层的固结系数。

8.10.7 工业废渣物理性质指标试验项目及试验方法应符合下列规定：

1 工业废渣样品应进行土的分类指标和物理性质指标试验，应包括颗粒级配、液限、塑限、比重、含水率、密度；

2 颗粒分析试验最小粒径应至 0.002mm，并提供平均粒径、有效粒径、不均匀系数、曲率系数。

8.10.8 工业废渣的固结试验应根据工程要求确定试验方法，并应满足下列要求：

1 进行压缩试验时，最大压力应与最终坝高相适应，并提供 $e-p$ 曲线；

2 进行先期固结压力试验时，最大压力应满足绘制完整的 $e-lgp$ 曲线，为计算回弹指数时，应在估计的先期固结压力之后，进行一次卸荷回弹，再继续加荷，直至完成预定的最后一级压力；

3 需要进行沉降历时分析时，应进行固结系数试验，并提供相关土层的固结系数。

8.10.9 工业废渣直接剪切试验，应根据稳定性分析的要求选用固结快剪、慢剪或反复直剪，并应符合下列要求：

1 最大垂直压力不宜小于土样所在位置的自重应力；

2 提供抗剪强度与垂直压力关系曲线及抗剪强度指标。

8.10.10 当设计需要进行三轴压缩试验时，应根据计算分析模型选择适宜的试验方法，应符合下列要求。

1 当采用总应力法时，应采用固结不排水剪试验（ CU ）；当按有效应力法时，应采用固结不排水剪试验测孔压（ CU ）或固结排水剪试验（ CD ）；

2 试验应采用不低于 3 个小主应力，其中最大的小主应力应与拟分析的渣场最大堆填高度自重应力相当；

3 应根据分析计算的要求提供应力应变曲线和强度包络线、相应的强度指标以及计算模型所需要的其他各项参数。

8.10.11 工业废渣的垂直、水平渗透试验，应分别沿垂直、平行尾矿自然沉积层理的方向进行，测定尾矿的垂直渗透系数和水平渗透系数。

8.10.12 当筑坝材料为细粒土或细粒混合土时，应根据勘察阶段的需要进行相应的击实试验，求得最大干密度及最优含水率。并根据设计需要提供不同压实度下的固结特性、

抗剪强度特性及渗透特性指标。

8.10.13 滑带土或潜在滑移面试样抗剪强度试验应进行残余强度试验。

8.11 室内动力特性试验

8.11.1 测定小应变范围内的动力特性参数时宜采用共振柱试验，测定较大应变范围的动力特性参数时宜采用振动三轴试验。其试验应按现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的相关规定进行。

8.11.2 试样可采用扰动样进行制备，制备时试样的干密度、含水率应根据原状样的试验成果确定。

8.11.3 动力特性试验成果应根据委托要求提供以下内容：

- 1 动弹性模量、动剪切模量、阻尼比、动强度、动液化应力比等参数；
- 2 动弹性模量、阻尼比与动应变的关系曲线，不同固结比和振次的动应力和动应变关系曲线，饱和土的液化应力比与振次的关系曲线等；
- 3 共振柱试验提供小应变时的动剪切模量、动弹性模量和阻尼比。

8.11.4 测定工业废渣的动力学参数应采用固结不排水试验，并应符合下列规定：

- 1 工业废渣的试样宜采用不扰动样，取不扰动样有困难时，可采用扰动土制备试样。扰动土试样制备时采用的干密度、含水率应根据不扰动样的试验成果确定；
- 2 测定 10^{-6} ~ 10^{-4} 应变范围内的动剪切模量和阻尼比可采用共振柱试验；测定大于 10^{-4} 应变的动力学参数可采用动三轴试验或动扭剪三轴试验。

8.11.5 动力力学参数试验应符合下列规定：

- 1 固结应力比 k_c 可采用 1.0、1.5、2.0；振动破坏周次可采用 10 周、20 周、30 周；
- 2 试验应采用不少于 3 个不同的围压，最大围压宜与工业废渣取样点侧向压力的大小相适应。

8.11.6 工业废渣的动力学参数宜包括下列内容：

- 1 动三轴试验应提供不同固结应力比和不同围压下的初始动弹性模量、初始动剪切模量、参考应变、最大阻尼比；5%和 10%应变下破坏时的动应力、动剪应力比、液化应力比、动黏聚力和动内摩擦角；
- 2 动三轴试验应提供不同固结应力比和不同围压下的动应力和动应变关系曲线，动弹性模量与动应变的关系曲线，动剪切模量与动剪应变的关系曲线，阻尼比与动剪应变的关系曲线，动强度与破坏振次的关系曲线，饱和土的液化应力比与破坏振次关系曲线，动孔压比与振次的关系曲线，破坏动孔压比与破坏振次的关系曲线，不同振次下动抗剪强度包络线图；

3 共振柱试验应提供初始动剪切模量和初始动弹性模量；并提供动剪切模量与动剪应变的关系曲线，阻尼比与动剪应变的关系曲线；

4 对于Ⅲ级及Ⅲ级以上的废渣堆积坝应提供残余体应变和残余轴应变与振次关系曲线，一定振次下的残余体应变和残余轴应变与动剪应力比（动剪应力）的关系曲线；

5 岩土工程分析计算模型所需的其他参数。

8.12 室内中型剪切试验

8.12.1 重塑土室内中型剪切试验适用于测定以黏性土、粉土、砂土、碎石土为填料的重塑土黏聚力 C 值和内摩擦角 φ 值，试验可分为未浸水、浸水两种状态。

8.12.2 每组土体试验不宜小于 3 组，每组试验样品数不宜少于 4 个。剪切面积不宜小于 0.1m^2 ，高度不宜小于 20cm 或为最大粒径的 4~6 倍，剪切面开缝应为最小粒径的 $1/3\sim 1/4$ 。

8.12.3 同一组试验体重塑土料的级配、含水量、密实度应基本相同，施加的法向应力应与工程中的实际受力状态相近。

8.12.4 试验前应先对选用的重塑土料进行击实试验，测定重塑土的最大干密度和最优含水量。

8.12.5 重塑土室内中型剪切试验的技术要求应符合下列规定：

1 将配制好的试验样品在切盒内用压力机静压成型，未浸水、浸水状态的试块均静压 24 小时；

2 施加的法向荷载、剪切荷载应位于剪切面、剪切缝的中心；或使法向荷载与剪切荷载的合力通过剪切面的中心，并保持法向荷载不变；

3 最大法向荷载应大于设计荷载，并按等量分级；荷载精度应为试验最大荷载的 $\pm 2\%$ ；

4 每一试体的法向荷载可分为 4~5 级施加，施加法向压力后，让土体在此压力下进行压缩，并用百分表量测法向变形量。当法向变形量每小时小于 0.01mm 时，即认为法向变形达到相对稳定，可施加剪切荷载；

5 剪切时，施加剪应力的速率应适当选择。每级剪切荷载可按预估最大荷载的 $8\%\sim 10\%$ 分级等量施加，或按法向荷载的 $5\%\sim 10\%$ 分级等量施加；每 30s 施加一级剪切荷载；

6 在施加每一级剪应力时，均应测记剪切力和试块的剪向位移量及法向位移量。位移量应在加下一级剪应力前测试，当剪切变形急剧增长或测微表不进或后退或剪切位移大于 $1/10$ 试体尺寸时，即认为土体已经破坏，可结束试验；

7 试验停止后，掀开剪切盒及试样土块，记录剪切面的形态、土体的结构特征，进行素描或照相，并测定试块含水量、湿密度；

8 根据剪切位移大于 10mm 时的试验成果确定残余抗剪强度，需要时可沿剪切面继续进行摩擦试验。

8.12.6 重塑土室内中型剪切试验成果分析应包括下列内容：

1 绘制剪应力与剪切位移曲线，应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 的规定，确定比例强度、屈服强度和峰值强度；

2 根据不同垂直压力的试验，以峰值抗剪强度为纵坐标，垂直压力为横坐标，绘制抗剪强度与垂直压力关系曲线，确定相应的强度参数 C 、 φ ，或以最小二乘法回归分析计算 C 、 φ 值。

9 岩土工程分析评价

9.1 一般规定

9.1.1 岩土工程分析评价应根据收集资料，工程地质测绘、勘探、测试成果，结合工程特点和要求，以及相关工程经验综合评价。

9.1.2 岩土工程分析评价依据的资料应真实、准确、完整，分析评价合理，结论正确。

9.1.3 岩土工程分析评价应符合下列规定：

1 根据场地的地质背景，分析场地地质构造、地貌单元、地层岩性、水文地质等条件，进行场地的工程地质分区评价和水文地质作用及影响；

2 根据工程结构类型、特点、荷载情况和变形要求，以及渗透变形控制等进行分析评价；

3 分析岩土体的非均匀性、各向异性和随时间的变化的特点，确定岩土参数值；

4 利用已有类似工程经验，对可能出现的岩土工程问题和环境问题做出分析、预测；

5 尚无实践经验的疑难岩土工程问题，宜通过现场模型试验成果进行综合分析评价。

9.1.4 岩土工程分析评价应采用定性、定量综合分析。场地的适宜性和场地地质条件稳定性可仅作定性分析；对岩石的强度和变形、边坡稳定性、围岩稳定性、坝体的静、动力稳定性和岸坡稳定性等应定量分析；对影响场地的不良地质作用应进行定量分析或半定量分析。

9.1.5 岩石的物理力学参数应按划分的工程地质单元或层位按最小二乘法分别进行统计，并提供各项参数的平均值、最大值、最小值、标准差、变异系数、修正值；工程有要求时还应提供大值平均值、小值平均值或其他统计值；按承载能力极限状态计算或稳定性计算的参数应提供标准值。

9.1.6 岩土工程分析评价宜选用适宜的计算分析模型和匹配的计算参数，对于复杂岩土计算问题应进行专门研究。

9.1.7 根据坝址区地下水的类型、赋存条件、水位、分布特征及其补排条件，含水层和相对隔水层埋深、厚度、连续性、渗透性，进行岩土渗透性分级，评价坝基、坝肩渗漏的可能性、渗透稳定性和渗控工程条件。岩土体渗透性分级应符合本规范附录 D 的规定，土的渗透变形判别应符合本规范附录 E 的规定。

9.1.8 岩土工程勘察报告应根据任务书要求、勘察阶段、工程特点、岩土工程条件，现

场勘察工作和各项资料的整理、归纳、检查、分析进行编制。

9.2 数据处理及分析

9.2.1 岩土工程勘察中获得的各种参数值应进行统计, 按要求分别根据工程特点和地质条件选用, 并按下列内容评价其可靠性和适用性。

- 1 取样方法和其他因素对试样的影响;
- 2 试验方法和取值标准;
- 3 不同测试方法所得结果的分析比较;
- 4 测试结果的离散程度;
- 5 试验、测试方法与分析评价方法的相符性。

9.2.2 岩土物理力学参数的统计应在剔除不可靠或不适用数据后, 按已划分的工程地质单元或层位, 对岩土的主要参数进行数理统计, 统计时还应舍弃异常值, 说明舍弃方法。并且根据不同的勘察阶段和建筑物等级, 提供相应的岩土参数。主要工程地质单元或层位的数据在剔除不可靠和舍弃异常值后不应少于 6 件 (组)。

9.2.3 岩土参数统计应符合下列要求:

- 1 岩土的物理力学指标, 应按场地的工程地质单元和层位分别统计;
- 2 应按下列公式计算平均值、标准差和变异系数:

$$\phi_m = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i}{n} \quad (9.2.3-1)$$

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n \phi_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n \phi_i)^2}{n} \right]} \quad (9.2.3-2)$$

$$\delta = \frac{\sigma_f}{\phi_m} \quad (9.2.3-3)$$

式中: ϕ_i —岩土参数的平均值;

σ_f —岩土参数的标准差;

δ —岩土参数的变异系数。

- 3 分析数据的分布情况并说明数据的取舍标准。

9.2.4 主要参数宜绘制沿深度变化的图件, 并按变化特点划分为相关型和非相关型。需要时应分析参数在水平方向上的变异规律。

相关型参数宜结合岩土参数与深度的经验关系, 按下式确定 剩余标准差, 并用剩余标准差计算变异系数。

$$\sigma_r = \sigma_f \sqrt{1 - \gamma^2} \quad (9.2.4-1)$$

$$\delta = \frac{\sigma_r}{\phi_m} \quad (9.2.4-2)$$

式中： σ_r —剩余标准差；

γ —相关系数；对非相关型， $\gamma = 0$ 。

9.2.5 岩土参数的标准值 ϕ_k 可按下列方法确定：

$$\phi_k = \gamma_s \phi_m \quad (9.2.5-1)$$

$$\gamma_s = 1 \pm \left\{ \frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right\} \delta \quad (9.2.5-2)$$

式中： γ_s —统计修正系数。统计修正系数 γ_s 也可按岩土工程的类型和重要性、参数的变异性和统计数据个数，根据经验选用。

注：式中正负号按不利组合考虑，如抗剪强度指标的修正系数应取负值。

9.2.6 大型原位测试获得的岩土参数值的数据不应少于 6 个（组），当数据的极差不大于平均值的 30% 时应取平均值。

9.2.7 用于岩土工程分析计算的岩土物理力学参数值应以数理统计获得的平均值或标准值为基础，并应视岩土体的不均一性、试样代表性、实际工况与试验条件的差异等因素，结合工程经验综合确定。对滑坡或斜坡稳定性评价，宜通过反演分析提出分析计算采用的参数值。

9.3 坝体坝坡稳定性分析

9.3.1 工业废渣堆坝坝坡稳定性分析之前，应确定坝坡稳定性分析范围、边界条件，分析破坏形式和失稳的方向。

9.3.2 坝坡稳定性宜采用圆弧形滑面进行计算；沿结构面失稳时，应根据结构面形态采用平面或折线形滑面计算。

9.3.3 坝体的静力稳定性分析应采用极限平衡法，并宜采用瑞典圆弧法或简化毕肖普法进行稳定性分析。工业废渣堆场等别为二等及以上的坝体尚宜采用数值分析方法进行应力和变形分析，当其空间效应明显时，应采用三维数值分析方法。坝体稳定性宜采用极限平衡法与数值分析方法相结合的方法综合确定。

9.3.4 工业废渣堆坝坝体稳定性评价时应分正常运行、洪水运行和特殊运行三种不同条件分别计算，也可根据坝坡在整个生命周期内的运行情况适当组合。

9.3.5 工业废渣堆坝坝坡采用极限平衡法计算稳定系数，工业废渣堆坝坝坡抗滑稳定系数不应小于表 9.3.5-1 至表 9.3.5-4 规定的抗滑稳定最小安全系数数值。

表 9.3.5-1 尾矿坝坝坡抗滑稳定最小安全系数

计算条件 \ 堆场等别	一	二	三	四、五
正常运行	1.35	1.30	1.25	1.20
洪水运行	1.25	1.20	1.15	1.10
特殊运行	1.15	1.10	1.05	1.05

注：分析评价现状坝体稳定性时坝坡抗滑稳定最小安全系数宜根据现状总库容及现状坝高确定堆场等别。

表 9.3.5-2 排土场坝坡整体安全稳定性最小安全系数

计算条件 \ 堆场等别	一	二	三	四
正常运行	1.3	1.25	1.2	1.15
洪水运行	1.25	1.2	1.15	1.1
特殊运行	1.2	1.15	1.1	1.1

注：自然工况条件指重力、稳定地下水位、正常施工荷载的组合。

表 9.3.5-3 磷石膏坝坡抗滑稳定最小安全系数

计算条件 \ 堆场等别	一	二	三	四、五
正常运行	1.3	1.25	1.2	1.15
洪水运行	1.2	1.15	1.1	1.05
特殊运行	1.1	1.05	1.05	1.05

表 9.3.5-4 灰渣坝坡抗滑稳定最小安全系数

计算条件 \ 堆场等别	一	二	三	四
正常运行	1.35	1.30	1.25	1.20
特殊运行	1.15	1.10	1.05	1.05

9.3.6 工业废渣堆坝坝体的动力稳定性评价可采用拟静力法；二等及以上的工业废渣堆坝坝体尚宜采用动力时程法。

9.3.7 当采用有限元法进行工业废渣堆坝坝体稳定性分析计算时，单元划分除应考虑概化废渣土层界面外，还应考虑浸润线位置，荷载中还应考虑渗透压力，选择的计算模型应与试验统计模型相对应。

9.3.8 坝体应进行渗透计算与渗流稳定性分析，应确定坝体渗流特性与水力坡降，满足允许临界坡降和渗透稳定的要求，防止发生流土和管涌。

9.3.9 当工业废渣堆坝坝坡可能存在多个滑动面时，对各个可能的滑动面均应进行稳定性计算。

9.3.10 计算分析应包括定性分析与定量计算，定量计算可采用极限平衡法与数值分析方法相结合的方法综合确定。

9.3.11 动力分析应符合下列规定：

1 对一等和二等工业废渣堆场堆积坝的抗震设防烈度宜根据场地地震安全性评价结果确定；对三等及以上的废渣堆场堆积坝可采用现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 中地震基本烈度作为抗震设防烈度；

2 位于抗震设防烈度为Ⅶ度的地区，稳定性分析可采用拟静力法；

3 位于抗震设防烈度为Ⅸ度地区的各级工业废渣堆积坝或抗震设防烈度为Ⅷ度地区的Ⅲ级及Ⅲ级以上的废渣堆积坝，抗震稳定性分析除采用拟静力法外，尚应采用时程法进行分析；

4 采用时程分析法计算地震作用效应时，地震加速度时程应按现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 选取。

9.3.12 对地震设计烈度小于等于Ⅵ度地区的五等废渣堆场堆积坝，当坝外坡比小于 1:4 时，除尾黏土和尾粉质黏土组成的堆积物及软弱坝基外，可不进行稳定性计算。

9.3.13 对一等～三等工业废渣堆场宜采用有限元数值法进行静力、动力应力变形分析。

9.3.14 静力分析应模拟筑坝过程和闭库后稳定状态，分析结果应包括坝坡的应力场、变形场及应力水平分布；动力分析结果宜包括残余变形、有效应力场、孔压比、液化区域和塑性区范围。

9.3.15 采用有限元数值法进行坝坡拟静力或动力的应力应变分析时，单元划分除应按概化渣堆分层界面外，还应结合监测成果和浸润线位置，荷载中还应计入渗透压力；选择的计算模型应与试验统计模型相适应。

9.3.16 应根据极限平衡法和有限元数值法计算所得的以下控制性参数对稳定性进行判定。

1 极限平衡法计算的稳定性系数小于等于稳定安全系数应判定为失稳破坏的坝坡或极限平衡；

2 有限元数值计算不能收敛时的坝坡判定为失稳破坏坝坡。

9.3.17 动力分析坝坡存在砂土液化时，应进行液化指数和液化等级计算、风险评价，工业废渣堆场应分区进行液化评价。

9.3.18 存在渗透变形破坏风险的废渣堆场应进行渗透变形分析。

9.3.19 应根据地层岩性、废渣类型、水文地质条件分析坝体、坝基、坝肩、库区和邻谷渗漏的可能性，并应分析渗流稳定性和沉降变形。

9.3.20 分析地基岩土体的渗透性、临界水力比降和允许水力比降，评价地基产生渗漏的条件、渗漏途径、渗漏形式及渗漏量；评价地基产生渗透变形的条件和渗透变形形式，提出防渗、排水及地下水动态监测的建议。

9.3.21 岩土体渗透性分级应符合本规程附录E的规定，土的渗透变形判定应符合本规程附录F的规定。

9.4 边坡稳定性分析

9.4.1 边坡工程应按其破坏后可能造成的破坏后果的严重性、边坡类型、坡高等因素确定拟建工程边坡的安全等级。

9.4.2 边坡稳定性分析应查明工程水文地质条件和环境条件，根据边坡类型、潜在滑移体的形态特征确定破坏模式，选择相应的计算方法。边坡稳定性应根据边坡变形破坏形态、边坡安全等级及勘察阶段的要求，采用工程地质类比、图解分析、极限平衡计算及数值模拟等方法，采用定性和定量分析相结合的综合分析评价。

9.4.3 边坡稳定性分析宜采用极限平衡法，对岩质边坡要结合极射赤平投影法、实体比例投影法综合分析。高度大于 30m 的岩质边坡宜进行数值模拟分析法分析。

9.4.4 边坡稳定性计算应符合下列规定。

1 计算采用的强度指标宜根据原位测试、室内试验、可能失稳边坡的不同工况反演分析成果，结合当地经验综合确定；

2 边坡应按不同工况及荷载组合进行边坡稳定性计算，地震荷载可采用拟静力法确定；

3 存在二种或二种以上破坏模式或二个及二个以上潜在滑动面的边坡，应对各种破坏模式或滑动面进行稳定性计算。

9.4.5 坝坡稳定性计算应根据不同运行条件选择相应的抗剪强度指标。土质边坡按水土合算原则计算，地下水位以下的土宜采用土的饱和自重固结不排水抗剪强度指标；按水土分算原则计算，地下水位以下及以下的土均宜采用土的有效应力抗剪强度指标。

9.4.6 填土边坡的力学参数宜根据原位和室内试验，并结合当地工程经验确定，试验方法应根据工程要求、填料的性质和压实度等确定。

9.4.7 岩体结构面的抗剪强度参数宜根据室内剪切试验、现场原位试验确定，试验方法应符合现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T50266 的有关规定。当无条件进行试验时，对安全等级为二、三级的边坡，可采用反演分析、经验类比及按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330 的有关规定确定。

9.4.8 边坡稳定安全系数和边坡稳定状态应符合下列规定：

1 不同工况边坡稳定安全系数 F_{st} 应符合表 9.4.8-1 的规定，边坡稳定性系数小于边坡稳定安全系数时，应对边坡进行治理。

表 9.4.8-1 不同工况边坡稳定安全系数 F_{st}

边坡类型		边坡工程勘察等级			
		I	II	III	
永久边坡	工况 1	自重作用	1.35	1.30	1.25
	工况 2	自重和地下水作用组合	1.25	1.20	1.15
	工况 3	自重、暴雨和地下水作用组合	1.15	1.10	1.05
	工况 4	自重、地下水和地震力作用组合	1.15	1.10	1.05
临时边坡			1.25	1.20	1.15

注：边坡工程勘察等级按现行行业标准《边坡工程勘察规范》YS/T5230 根据边坡高度等级、工程重要性、边坡安全等级和场地等级进行确定。

2 边坡稳定性状态可划分为稳定、基本稳定、欠稳定和欠稳定四种状态，可根据边坡稳定性系数按表 9.4.8-2 确定。

表 9.4.8-2 边坡稳定性状态划分

边坡稳定性系数 F_s	$F_s < 1.00$	$1.00 \leq F_s < 1.05$	$1.05 \leq F_s < F_{st}$	$F_s \geq F_{st}$
边坡稳定性状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定

9.4.9 处于稳定状态易风化软岩、极软岩边坡，土质边坡和破碎岩体边坡应采取坡面防护措施；基本稳定、欠稳定和欠稳定的边坡应采取治理措施。

9.4.10 边坡治理应选择技术先进、可行的支护结构进行支护，对支护边坡坡面进行绿化，边坡景观与自然及周边环境和谐。

9.5 场地地基岩土特性评价

9.5.1 工业废渣堆场工程的选址适宜性和场地稳定性评价应包括下列内容：

1 应根据场地条件划分场地有利、不利和危险的地段，评价场地类别、建设场地的适宜性和稳定性；

2 应按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011、《构筑物抗震设计规范》GB50191的有关规定判定场地土的液化、震陷等地震效应、活动断裂，并进行分析评价；对需要进行地震时程分析计算的建（构）筑物地基，应根据设计需要提供相应的岩土动力参数；

3 对影响场地安全的滑坡、泥石流、岩溶土洞及采空塌陷区等，应在详细调查研究的基础上，通过经济技术比较，提供防治和避让措施建议；

4 场地分布有特殊岩土时，应分析工程特性，评价对工程的影响，结合当地经验，通过综合分析研究，提出处置措施建议。

9.5.2 工业固体废物贮存场的岩土工程评价应包括下列内容：

1 场区、坝址区场地的地质构造，不良地质作用，软弱地层及其对工程的影响；

2 水土腐蚀性库岸、坝肩、坝基的稳定性分析及治理建议；

- 4 场区、坝址区的渗透性及其引起的问题分析及治理建议；
- 5 大面积堆载和截排水、拦挡构筑物的地基条件；
- 6 工程可能引起的各类岩土工程和环境地质问题的预测；
- 7 地表水侧蚀对工程的影响及防治建议；
- 8 地基基础分析和建议。工业固体废物贮存场排弃、堆置废渣的工程措施建议。

9.5.3 工业固体废物贮存场堆积坝的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 坝体的浸润线、等势线、流线及下游可能出逸点的位置；计算坝体和坝基的渗流量、流速、水力坡降；判定渗透变形类型；
- 2 坝坡稳定性应分析坝体静力、动力稳定性和液化；
- 3 坝体应力变形分析。

9.5.4 排洪隧洞的岩土工程评价，应包含下列内容：

- 1 井口、洞口分析评价；
- 2 围岩的分类、分级、围岩压力和稳定性分析；
- 3 水文地质条件分析及涌水量预测；
- 4 隧洞支护与衬砌方法的建议。

9.5.5 线路工程的岩土工程评价，应包含下列内容：

- 1 线路边坡稳定性分析和支护方法建议；
- 2 不良地质作用、特殊性岩土地段稳定性分析和防治建议；
- 3 地基基础和穿跨越评价。

9.5.6 附属设施工程的岩土工程分析评价应包括下列内容：

- 1 场地、地基和边坡稳定性评价；
- 2 不良地质作用对工程建设的影响和治理方案的建议；
- 3 地基基础分析和建议。

9.5.7 天然建筑材料场的岩土工程分析评价应包括下列内容：

- 1 天然建筑材料场位置、运输条件；
- 2 天然建筑材料场储量计算，初步勘察储量不应少于设计需要量的3倍、详细勘察储量不应少于设计需要量的2倍；
- 3 对材料质量、料场开采技术条件进行评价。

9.6 环境影响分析

9.6.1 根据废渣堆场区域自然环境、地质结构、地形地貌、水文地质条件、气象与土地利用和生态现状，对工业废渣堆场废物及渗漏、渗滤液等特征污染物进行识别，分析其

对地表水、地下水和土壤的环境影响，提出防治措施建议；

1 对工业废渣种类、属性、放射性、PH 值、有机质含量、水溶盐含量、S 含量、有毒有害气体等进行识别和分析；

2 对工业废渣的铅、汞、镉、铬、砷、铜、锌、铊、锑及其化合物，无机氟化物（不包括氟化钙）、氰化物等污染因子进行识别和分析；

3 煤矸石等废渣进行自燃倾向性识别，分析废渣易燃影响，提出易燃废渣处置措施建议；

4 生态环境敏感因素进行识别，评估废渣堆场引发次生灾害的可能性及危险性，分析渣场因压占、污染对生态环境敏感目标的影响，提出防范次生灾害、环境修复的措施建议。

5 分析所采取的工程措施是否满足堆场防流失、防扬尘、防冲刷、防淋滤、防渗漏需要，以及突发环境事件应急处置和环境监测等工作需要。

9.6.2 工业废渣场周边敏感目标应进行综合分析，明确环境敏感区、敏感点，在建项目的应分析拟建工程对目标的影响，已建项目应分析现状对目标影响。

9.6.3 对施工、运行、闭库与封场的工业废渣场，应分析原设计边界条件与现状周边敏感因素变化情况。

9.6.4 环境影响分析宜结合堆场的环境影响评价文件、闭库（封场）文件、环境风险管控、突发环境事件应急预案和污染治理方案开展。

9.6.5 环境影响分析还应符合相关政策文件和行业环境影响标准规定。

9.7 成果报告编制

9.7.1 编制工业废渣场岩土工程勘察报告所依据的原始资料应进行整理、检查、分析，确认无误后方可使用。

9.7.2 工业废渣场岩土工程勘察报告应资料完整、真实准确、数据无误、图表清晰、结论有据、建议合理、便于使用和适宜长期保存,并应因地制宜，重点突出，有针对性。

9.7.3 工业废渣场岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、工程特点和地质条件等具体情况编写，并应包括下列内容：

- 1 勘察目的、任务要求和依据的技术标准；
- 2 工业废渣场工程概况；
- 3 勘察方法和勘察工作布置；
- 4 区域地质概况及气象水文条件；

5 工业废渣场地形、地貌、地层、地质构造、渣场基底岩土性质、工业废渣岩土性质及其均匀性；

6 工业废渣及基底岩土性质指标，岩石的强度参数、变形参数、承载力推荐值；

7 地下水埋藏情况、类型、水位及其变化，水文地质参数，水质参数；

8 工业废渣矿物成分、化学成分、有毒有害物质污染因子指标；

9 可能影响工业废渣场安全的不良地质作用、地质灾害的描述和对工程危害程度的分析评价；

10 各建构筑物的岩土工程分析与评价；

11 废渣场稳定性和适宜性的分析评价，渗流计算和渗透变形分析评价；

12 周边环境影响分析评价；

13 结论与措施建议。

9.7.4 工业废渣堆场专项勘察宜根据相关标准和技术要求提交专项勘察报告。

9.7.5 工业废渣场岩土工程勘察报告应对废渣堆场新建、改扩建、闭库与封场和整治的方案进行分析，提出建议；对废渣场建设和运营期间可能发生的岩土工程问题和环境影响问题提出监控和预防措施的建议。

9.7.6 成果报告应附下列图件：

1 勘探点主要数据一览表；

2 勘探点平面布置图；

3 工程地质柱状图；

4 工程地质剖面图；

5 原位测试成果图表；

6 室内试验成果图表；

7 稳定性分析计算图表及计算书。

9.7.7 勘察报告除应提供本规程 9.7.5 条要求的图表外，尚可根据需要提供下列图表：

1 区域地质图；

2 综合工程地质图；

3 工程物探测试成果图；

4 照片、视频及其他数字化成果。

9.7.8 勘察报告应附工程勘察任务书，并可根据需要提供下列附件：

1 重要的函电；

2 审查会会议纪要及审查意见；

- 3 专门性试验、专题研究报告或监测报告；
- 4 其他需要的报告及资料。

9.7.9 任务需要时，可提交下列专题专项报告：

- 1 工业废渣堆场工程测试报告；
- 2 工业废渣堆场工程检验或监测报告；
- 3 工业废渣堆场事故调查与分析报告；
- 4 工业废渣堆场工程污染专项分析评价报告；
- 5 专项勘察报告。

10 岩土工程设计

10.1 一般规定

10.1.1 岩土工程设计应依据勘察成果、设计条件、环境条件，结合工程特点分析后进行。

10.1.2 岩土工程设计时，所采用的作用效应与相应的抗力限值应符合下列规定：

1 按地基承载力确定基础底面积及埋深时，传至基础面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的标准组合；相应的抗力应采用地基承载力特征值；

2 计算地基变形时，传至基础底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的准永久组合，不应计入风荷载和地震作用；相应的限值应为地基变形允许值；

3 计算挡土墙、地基或滑坡稳定以及基础抗浮稳定时，作用效应应按承载能力极限状态下作用的基本组合，其分项系数均为 1.0；

4 在确定基础高度、支挡结构截面、计算基础或支挡结构内力、确定配筋和验算材料强度时，上部结构传来的作用效应和相应的基底反力、挡土墙土压力以及滑坡推力，应按承载能力极限状态下作用的基本组合，采用相应的分项系数；当需要验算基础裂缝宽度时，应按正常使用极限状态下作用的标准组合；

5 基础设计安全等级、结构设计使用年限、结构重要性系数应按有关规范的规定采用。

10.1.3 岩土设计应在勘察成果的基础上，结合现场调查和地区经验进行设计，对坝基的稳定性和渗透变形进行验算，并分析渗透变形类型。

10.1.4 岩土工程设计使用年限不应小于建构筑物结构的设计使用年限。

10.1.5 岩土工程设计应遵循动态设计原则。

10.1.6 地基的承载力、变形、渗透稳定不能满足设计要求时，应对地基进行处理。地基处理方案选择，应符合以下要求：

1 搜集详细的岩土工程勘察、上部结构及基础设计资料；

2 结合工程情况，了解当地地基处理经验和施工条件，对于有特殊要求的地基处理工程，尚应收集同类工程的地基处理经验和处理效果检测资料；

3 根据工程的技术要求和地基存在的主要问题，确定地基处理的目的是处理后要求达到的各项技术经济指标。

10.1.7 处理后的地基应满足建（构）筑物地基承载力、变形和稳定性要求，地基处理的设计应符合下列规定：

- 1 在地基受力层范围内仍存在软弱下卧层时，应进行软弱下卧层承载力验算；
- 2 按地基变形设计或应作变形验算的建（构）筑物，应对处理后的地基进行变形验算；
- 3 受较大水平荷载或位于斜坡上的建构筑物，应对处理后的地基进行稳定性验算；
- 4 处理后地基应进行地基承载力、稳定性计算及最大堆填高度验算，应同时满足轴心荷载作用和偏心荷载作用的要求；
- 5 地基处理所用的材料应满足现行有关标准和设计文件对耐久性的要求。

10.1.8 采用多种地基处理方法综合处理的地基检测，荷载试验宜采用大尺寸承压板进行，安全系数不应小于 2.0；碾压和强夯工程质量检验可采用压实系数、静力触探、动力触探或标准贯入试验等方法。

10.2 坝基岩土工程设计

10.2.1 坝基处理应满足静力和动力稳定、变形、渗透稳定和渗流量控制等要求，处理的标准与要求应根据工程实际情况确定。

10.2.2 当坝基中遇到下列情况时，应进行专项岩土工程设计。

- 1 软土、膨胀土、盐渍土等特殊土；
- 2 岩溶、断层、破碎带发育地段，透水性强或有软弱夹层的基岩分布地段；
- 3 场区附近存在井、洞等情况；
- 4 其它有特殊要求的。

10.2.3 坝基防渗处理措施应与坝体及防渗结构形成整体，并宜与其他堆场建筑物地基防渗措施统一考虑。

10.2.4 砂砾石坝基渗流控制可选择垂直防渗、水平排渗、下游排水及排水盖重层等一种或多种处理形式组合。

10.2.5 坝址区分布有岩溶时，宜根据岩溶发育特征、充填物及性质、坝址区水文地质条件等，选择一种或多种组合处理措施：

- 1 浅层的溶洞宜挖除或只挖除洞内的破碎岩石和充填物，采用混凝土或毛石混凝土堵塞；
- 2 深层的溶洞，可采用灌浆方法处理，或设混凝土防渗体；
- 3 库岸岸坡宜设防渗措施隔离。

10.2.6 当岩石坝基透水率不满足要求时应设置灌浆帷幕，灌浆帷幕的设计标准应按灌浆后的基岩透水率控制。

10.2.7 对地震区的坝基中可能发生液化的无黏性土和少黏性土，应按现行国家标准《水

利水电工程地质勘察规范》GB50487 进行地震液化处理。对可能液化的土层，宜挖除、换填，在挖除困难或不经济时，宜采取挤密措施，挤密措施可采用振冲、强夯等方法，可同时设置砂石桩等措施，加强坝基排水。

10.3 渗流计算与防渗设计

10.3.1 计算的主要任务是确定坝体浸润线的位置、坝体和坝基的渗流量以及坝体出逸段的水力坡降，作为坝体稳定计算和排渗设施设计的依据。

10.3.2 渗流计算分析应根据固体废渣堆存方式，宜采用平面渗流计算公式计算，也可采用二维或三维数值分析方法或渗流模拟试验，1级、2级坝还应根据地形条件做专门渗流模拟试验。

10.3.3 渗流计算参数宜根据现场试验、室内试验和工程类比法、反演分析法进行确定。渗流计算时应分析渗流系数的各向异性对计算结果的影响。

10.3.4 应依据堆存方式、降水和地震等因素确定坝坡浸润线。当坝坡设置有排渗设施时，渗流计算应分析排渗设施有效和失效对渗流场的影响。

10.3.5 渗流计算宜包括以下内容：

- 1 渗流计算应包括坝基渗漏、绕坝渗流和库区渗流；
- 2 坝坡的浸润线、等势线、流线及下游可能出逸点的位置；
- 3 坝坡和坝基的渗流量、流速、水力坡降；
- 4 评价产生管涌、流土渗透变形的可能性。

10.3.6 防渗设计应符合以下规定：

1 根据建设、运行、封场等污染控制技术要求不同，工业废渣贮存场、填埋场分为I类场和II类场；

2 贮存场、填埋场的防洪标准应按重现期不小于 50 年一遇的洪水位设计，国家已有标准提出更高要求的除外；

3 贮存场及填埋场渗滤液收集池的防渗要求应不低于对应贮存场、填埋场的防渗要求；

4 贮存场除应符合本规程规定污染控制技术要求之外，其设计、施工、运行、封场等还应符合相关行政法规规定、国家及行业标准要求；

5 应考虑地下水对防渗工程的影响。

10.3.7 I 类场防渗技术要求：

1 当天然基础层饱和渗透系数不大于 1.0×10^{-5} cm/s，且厚度不小于 0.75m 时，可以采用天然基础层作为防渗衬层；

2 当天然基础层不能满足第 1 款防渗要求时,可采用改性压实黏土类衬层或具有同等以上隔水效力的其他材料防渗衬层,其防渗性能应满足渗透系数不大于 $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$,且厚度为 0.75 m 的天然基础层。

10.3.8 II 类场防渗技术要求:

1 II 类场应采用单人工复合衬层作为防渗衬层,并符合以下技术要求:

- 1) 人工合成材料应采用高密度聚乙烯膜,厚度不小于 1.5mm,并满足现行国家标准《土工合成材料聚乙烯土工膜》GB/T 17643 规定的技术指标要求。采用其他人工合成材料的,其防渗性能应达到 1.5mm 高密度聚乙烯膜的防渗性能;
- 2) 黏土衬层厚度应不小于 0.75m,且经压实、人工改性等措施处理后的饱和渗透系数不应大于 $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 。使用其他黏土类防渗衬层材料时,应具有同等以上隔水效力;

2 II 类场基础层表面应与地下水年最高水位保持 1.5m 以上的距离。当场区基础层表面与地下水年最高水位距离不足 1.5m 时,应建设地下水导排系统。地下水导排系统应确保 II 类场运行期地下水水位维持在基础层表面 1.5m 以下;

3 II 类场应设置渗漏监控系统,监控防渗衬层的完整性。渗漏监控系统的构成包括但不限于防渗衬层渗漏监测设备、地下水监测井;

4 人工合成材料衬层、渗滤液收集和导排系统的施工不应破坏黏土衬层。

10.3.9 土工材料界面的抗剪强度指标应采用大尺寸界面直剪试验或斜坡试验及工程类比等方法确定。三等及以上工业废渣堆场采取防渗措施的,渣堆场边坡土工材料界面抗剪强度指标宜采用试验方法确定;其余工业废渣堆场采取防渗措施的,渣堆场边坡土工材料界面抗剪强度指标可按工程类比确定。

10.3.10 试样应采用在工程中实际使用的土工材料,试样平面尺寸不宜小于 $30\text{cm} \times 30\text{cm}$,试验所施加的应力范围应根据土工材料界面的实际受力确定。

10.3.11 土工材料界面的抗剪强度指标应包括峰值抗剪强度指标及残余抗剪强度指标。

1 峰值抗剪强度可按下式 10.3.11-1 计算:

$$\tau_p = c_p' + (\sigma - u) \tan \phi_p' \quad (10.3.11-1)$$

式中: τ_p —土工材料界面的峰值抗剪强度 (kPa);

c_p' —土工材料界面的峰值抗剪强度对应的有效黏聚力 (kPa);

u —孔隙水压力 (kPa);

ϕ_p' —土工材料界面的峰值抗剪强度对应的有效摩擦角 ($^\circ$)。

2 残余抗剪强度可按下式计算：

$$\tau_r = c_r' + (\sigma - u) \tan \phi_r' \quad (10.3.11-2)$$

式中： τ_r ——土工材料界面的残余抗剪强度（kPa）；

c_r' ——土工材料界面的残余抗剪强度对应的有效黏聚力（kPa）；

ϕ_r' ——土工材料界面的残余抗剪强度对应的有效摩擦角（°）。

10.3.12 稳定分析时，复合衬垫系统中土工材料界面强度指标取值宜符合下列要求：宜取最小峰值界面对应的强度指标，库区基底坡度大于 10°区域宜采用其残余强度指标，库区基底坡度小于 10°区域宜采用其峰值强度指标。

10.4 地质灾害与边坡治理设计

10.4.1 对工业废渣堆场安全有影响的边坡及地质灾害治理时应进行治理工程设计，治理工程处于堆场覆盖范围，后期会被堆积体覆盖的边坡工程和地质灾害，可按照临时边坡工程进行设计。

10.4.2 对堆场存在影响的周边滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害，应根据灾害范围、规模、性质，结合对堆场的影响程度采取有效措施进行治理。

10.4.3 滑坡治理工程设计，按照现行国家标准《滑坡防治设计规范》CB/T 38509 执行；泥石流灾害防治工程设计，按照现行《泥石流灾害防治工程设计规范》DZ/T 0239 执行。

10.4.4 工业废渣堆场边坡安全等级按照现行行业标准《边坡工程勘察规范》YS/T5230 划分，边坡稳定安全系数按照本规程第 9.4.8 条表 9.4.8-1、表 9.4.8-2 确定。

10.4.5 边坡稳定计算宜采用刚体极限平衡法；对土质边坡、极软岩边坡、破碎或极破碎岩质边坡，可采用圆弧形潜在滑面；对稳定受结构面或软弱夹层控制的边坡，宜采用直线或折线型潜在滑面；当边坡破坏机制复杂时，可采用数值极限分析法分析。

10.4.6 边坡治理方法应结合边坡周边环境条件、保护对象性质、工程地质和水文地质条件，经技术经济对比，选取支挡、锚固、抗滑、放坡等措施，对于情况复杂的边坡工程，可组合两种以上方法进行治理。

10.4.7 边坡支挡结构上的侧向岩土压力计算，宜按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定执行；边坡治理工程设计，宜按现行行业标准《边坡工程勘察规范》YS/T5230 的规定执行；边坡锚固工程设计，宜按现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》CB 50086 的规定执行。

10.4.8 边坡应按正常使用极限状态进行永久性边坡设计，应对拟建场地边坡的整体稳定性和局部稳定性进行验算。

10.4.9 边坡工程的设计应包括支护结构的选型、计算和构造，并对施工、监测和质量验收提出要求。

10.4.10 边坡治理工程设计应做好坡面防护，坡面防护措施应选择绿色环保、生态美观的方法。

10.4.11 边坡治理设计应根据地形地貌，边坡周边环境条件，采取可靠的地表水截排，地下水疏排措施。

10.5 隐患治理设计

10.5.1 隐患治理遵循治早、治小的原则。废渣堆场自身存在影响安全运行和威胁周边环境的隐患，以及废渣堆场周边斜坡存在危险堆场安全运行的地质灾害隐患，应采取排查、治理措施，并根据安全标准和环境要求，隐患的类型、性质、规模及危害程度立即开展隐患治理设计进行治理。

10.5.2 废渣堆场隐患治理应满足废渣堆场现行有关标准规范、稳定安全运营和堆场设施设计技术要求。

10.5.3 隐患治理设计方案应针对废渣堆场的特性、隐患产生的原因、安全性和环境影响进行技术经济论证。

10.5.4 治理工程应结合主体结构进行设计，结构应与主体工程相适应。

10.5.5 隐患治理设计应进行堆场稳定性、渗流稳定性验算和行洪验算。

10.5.6 坝址区出现坝基、坝体流土、管涌、坝体变形、浸润线高、冲槽、坝基拉裂隐患应立即进行治理设计和处置。

11 岩土工程施工

11.1 一般规定

11.1.1 岩土工程施工前必须具备完整的勘察设计资料，并应按施工图设计文件实施。

11.1.2 工业废渣堆场岩土工程施工前，施工单位应对场地地质环境和周边环境进行调查，并搜集以下资料：

- 1 搜集详细的岩土工程勘察资料、上部结构及基础设计资料等；
- 2 现场地形地貌、建构筑物、各种管线和其它设施情况；
- 3 气象、工程地质和水文地质资料；
- 4 工程用地、交通条件及排水条件；
- 5 施工条件，地区同类工程施工经验；
- 6 工程材料、施工机械供应条件；
- 7 结合工程特点和现场条件的其它情况和资料。

11.1.3 工业废渣堆场施工前应结合工程特点和周边环境编制工程施工组织设计、施工方案和应急预案，施工前应进行技术安全交底。

11.1.4 超高边坡和隧道井巷工程等危大工程和超过一定规模危险性较大的分部分项工程施工前应编制专项施工方案，并组织论证。

11.1.5 工业废渣堆场工程应采取信息化施工。

11.1.6 工业废渣堆场施工前应根据工业废渣堆场的特点和技术要求，堆场等别、堆填成分，以及防渗等级要求确定施工试验项目。

11.1.7 施工前应按设计要求对废渣堆场库区及坝基范围内的植被、植物层进行清除，对坟墓、建筑物、地质灾害体等进行清理和处置。

11.1.8 岩土工程施工应按设计要求进行各道工序检验和竣工验收检测，宜包含以下检测内容：

- 1 基槽（坑）开挖检验；
- 2 地基处理中和处理后的承载力；
- 3 基础自身质量和承载力；
- 4 竣工验收应满足相关规范要求。

11.2 地基处理工程

11.2.1 工业废渣堆场地基处理应结合工程特点、地基土特性及地区工程经验，并根据勘察成果、场地周边环境条件、在建构筑物结构及基础设计资料、工程特点及地基处理

设计文件编制地基处理施工方案。

11.2.2 处理后的地基应进行地基承载力和变形评价、处理范围和有效加固深度内地基均匀性评价。

11.2.3 采用多种地基处理方法综合处理的地基应按设计要求进行工程验收检验。

11.2.4 地基施工中应有专人负责质量控制和监测，并做好施工记录；当出现异常时，应及时会同有关责任主体单位妥善解决；施工结束后应进行工程质量检验和验收。

11.3 防渗工程

11.3.1 工业废渣堆场应按设计文件和相关法律法规要求进行防渗处理。

11.3.2 防渗工程施工前应编制施工组织方案。内容主要包括工程概况、场地布置、工序安排、施工进度计划、施工方法、材料、主要机械设备供应、环境保护、保障施工质量、安全、工期、降低成本和提高经济效益的技术组织措施等。

11.3.3 防渗体施工应与坝体、反滤料同步，按顺序铺设各种材料，搭接应满足设计要求；防渗层的地基和垫层应平整、均匀密实，坡面稳定，过渡平缓，压实系数应满足设计要求。

11.3.4 利用天然黏土层进行人工改良作为防渗体时，不仅其压实改性后的渗透性应满足设计防渗要求，且其承载力、变形也应满足设计要求。许利东

11.3.5 防渗材料进场时应提供产品技术文件和复验报告，采用的防渗材料及施工工艺应符合健康、安全、环保的要求。

11.3.6 防渗工程应严格按照施工图、施工技术要求和现行相关标准进行施工，应严格按照施工组织设计的工艺流程进行实施，施工过程中应有专人负责质量控制，并做好施工记录。

11.3.7 施工过程中每道工序均应进行检查验收，上一道工序检验合格后方可进行下一道工序，并对防渗材料按技术要求进行抽样检测。

11.4 地质灾害与坝坡治理工程

11.4.1 工业废渣堆场灾害与坝坡治理应根据治理设计文件编制施工组织设计，应积极采用和推广先进技术、先进工艺和先进材料，并报监理工程师审批；属于危险性较大部分项工程应编制专项施工方案组织专家论证，并严格按设计施工。

11.4.2 临时设施应满足施工要求，临时设施不得布置在山洪、泥石流、坍塌及滑坡等自然灾害威胁地段和低洼积水区域，以及存在安全风险、造成水源地污染地段。

11.4.3 应制定施工质量控制措施，保证施工质量符合设计和验收要求。应严格按照施工组织设计的施工工序实施，施工过程中应有专人负责质量控制，并做好施工记录，每

道工序完工后应进行检查验收，上一道工序应检查验收合格后方可进行下一道工序。

11.4.4 应识别治理工程危险源和重要环境因素，制定安全控制措施，确保施工和周边环境安全。

11.4.5 施工过程中应确保治理地质灾害体和坝坡的稳定，不得因治理工程施工降低地质灾害体和坝坡的稳定性。

11.4.6 抗滑支挡工程应分段施工，宜避开雨季施工，控制施工用水，做好降水、截排水措施；

11.4.7 抗滑桩施工应符合下列规定：

1 抗滑桩应从滑坡体两端向主轴方向分段间隔跳槽式施工，滑坡稳定性较差时，应采取二桩跳挖或多桩跳挖施工，不应通槽开挖或钻孔施工；

2 抗滑桩成孔成桩过程中，应保证施工工序的衔接，保持施工的连续性，成孔成桩后应及时安装钢筋笼和浇筑混凝土，混凝土浇筑应连续进行，单桩混凝土应一次浇筑完成；

3 施工过程中应同步开展施工地质编录工作，应核实滑动面位置和特征，并应及时报告监理单位及设计单位与勘察资料吻合情况；

4 施工过程中不宜在灾害体上加载，应采取措施保持地质灾害体的稳定；

5 抗滑桩施工属于隐蔽工程，施工过程中应做好各种施工和检验记录；

6 抗滑挖孔桩桩深超过 35m，桩截面大于 10m²，以及超深超大截面钻孔桩的施工，应进行专家评审论证。

11.4.8 应根据治理工程的安全等级编制工程监测方案进行监测，保持监测记录，必要时采取应急措施。

11.4.9 施工材料和分部分项过程产品应按相关标准和设计技术要求采取试样检测，施工完成后应对施工质量进行检验检测，并对工程实体进行验收。

11.5 隐患应急治理

11.5.1 当堆场及坝体出现重大险情时，生产经营单位应启动相应的应急预案，进行应急处理。

11.5.2 堆场及坝体出现裂缝时应通过观测、开挖探坑（槽）、物探等勘测手段，查明裂缝的部位、形状、宽度、长度、深度、错距、延伸情况，以及发展趋势等综合分析，针对裂缝的成因和形式采取以下治理措施：

1 对裂缝的位置、分布、走向和长度进行观测和地质测绘，在裂缝两端划出标志，注明观测日期；

2 浅部裂缝可采用开挖回填法处理，开挖深度应超过裂缝最大深度 0.3m~0.5m，开挖长度应超出裂缝两端不小于 2m，回填土料宜与原土料相同，回填应分层夯实；

3 深部裂缝可采用灌浆法处理或上部开挖回填、下部灌浆的方法处理，灌浆的浆液可采用纯黏土浆或黏土水泥浆。

11.5.3 渗透变形引起的坝体塌坑应先对渗透变形进行治理，再回填夯实处理。

11.5.4 坝坡冲刷沟槽应及时分层夯实填平，并完善坝坡排水沟。

10.5.5 坝体出现变形迹象时，宜采取下列治理措施：

- 1 降低坝体内浸润线；
- 2 反压固脚、削坡减载、放缓坝坡坡比；
- 3 截、排水措施；
- 4 其他措施。

10.5.6 当废渣堆场坝体或坝肩出现流土、管涌、沼泽化、湿润带、渗水量增大或渗水变浑、坝体浸润线出逸或实测浸润线高于设计控制浸润线等现象时，应进行排渗加固治理，宜采取下列治理措施：

- 1 在坝坡面上设置反滤层进行滤土排水；
- 2 在坝体内设置排渗设施；
- 3 降低堆场内水位，增加干滩长度；
- 4 废渣堆积体坡脚与山坡接触带设置贴坡排渗体或排渗盲沟等。

11.5.7 废渣堆场坝体抗震能力不足时，必须进行抗震加固治理，并宜采取以下措施提高坝体的抗震性能：

- 1 在下游坡坡脚增设土石料压坡；
- 2 对坝坡进行削坡、放缓坝坡；
- 3 提高坝体密实度；
- 4 降低堆场内水位、增设排渗设施，降低坝体浸润线。

11.5.8 坝体存在砂土液化可能时，可采用下列治理措施：

- 1 对液化段坝体采用加固处理；
- 2 增设排渗设施，加强排水，降低水位；
- 3 对表层液化土层进行置换。

11.5.9 渗漏隐患可采用下列治理措施：

- 1 集中渗漏通道可采取回填封堵、灌浆封堵等措施；
- 2 坝基及库区邻谷渗漏，可设置垂直防渗墙以及防渗帷幕等隔水措施；

3 淹没区可综合设置水平防渗铺盖。

11.5.10 当废渣堆场出现下列情况之一时，应采取应急处置措施：

1 坝体出现严重的渗漏、管涌、流土等现象，威胁坝体安全的；

2 坝体出现严重裂缝、坍塌和滑动迹象的；

3 调洪库容严重不足，在设计洪水位时，安全超高和干滩长度均不满足设计要求，将可能出现洪水漫顶的；

4 排水井显著倾斜，有倒塌迹象的；排洪系统严重堵塞或者坍塌，不能排水或排水能力急剧降低；

5 干式堆存废渣的含水量过大，且没有设置可靠的防范措施；

6 其他危及堆场安全的重大险情。

11.5.11 坝体洪水漫顶预警时，应采取抢筑子堤、应急排洪等应急处置措施。

11.5.12 坝体发生严重渗漏应采取堵排结合的应急处置措施；坝体发生严重管涌或流土应采取反滤导渗的应急处置措施。

11.5.13 废渣堆场隐患抢险的应急处理措施，可采用水利工程中有关土石坝和堤防工程抢险的工程技术措施。

12 检测与监测

12.1 一般规定

12.1.1 工业废渣堆场应进行现场巡查和监测工作，监测分为人工监测和在线监测，并应按照设计定期进行各项监测。

12.1.2 监测项目和要求应根据废渣类型，堆场的规模、设施、污染物排放状况及对周边环境质量的影响确定。监测内容宜包括：位移、渗流、干滩、库水位、降水量、地下水以及岸坡不良地质体监测等。

12.1.3 监测数据应及时整理、分析，并按档案管理规定，建立记录档案，如有异常必须及时报告，并应采取相应的对策措施。

12.1.4 人工监测内容应根据工业废渣堆场等别确定，宜包括下列内容：

- 1 浸润线、库内水位、干滩长度、排渗井水位、坝趾水位；
- 2 坝体渗流量、渗流水浑浊度；
- 3 坝体表面沉降和水平位移；
- 4 坝顶高程及干滩坡度；
- 5 尾矿库水环境。

12.1.5 在线监测内容宜包括下列内容：

- 1 浸润线、库内水位、干滩长度、排渗井水位、坝趾水位；
- 2 坝体渗流量、渗流水浑浊度，坝体孔隙水压力；
- 3 坝体表面位移及内部位移，排洪设施的变形、位移；
- 4 降雨量；
- 5 视频监控；
- 6 堆场水环境；
- 7 影响堆场安全的库岸滑坡等隐患。

12.1.6 监测线、监测点的布置，监测频次、监测精度应根据废渣类型、运行维护管理要求确定。

12.1.7 采用监测新技术新方法时，应与成熟可靠监测方法进行比对。

12.2 检测

12.2.1 生产经营单位应根据废渣堆存方式和筑坝方式配备必要的检测设施和人员，满足对入场废渣相应指标定期检测的需要。

12.2.2 堆场废渣应按照设计文件要求的指标检测内容进行检测，指标检测应包括以下

内容:

- 1 排放尾矿的比重、浓度、粒度;
- 2 干式尾矿库入库尾矿的比重、含水率及碾压后的压实度;
- 3 废渣的含水率、有机质含量、水溶性盐总量、浸出液中有害成分浓度、PH 值。

12.2.3 入场堆存废渣的填埋要求应符合现行国家标准《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598 和《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB 18599 的有关规定。

12.2.4 湿式尾矿库入库尾矿指标检测频率应不少于每周一次,干式尾矿库入库尾矿指标检测频率应不少于每天一次,设计文件中对检测频率有明确要求的,检测频率还应满足设计要求。当检测指标与设计指标偏差超过 5%时,应增加检测次数并分析原因、及时解决存在问题。检测指标与设计指标偏差超过 10%时,应先停止排放,待问题解决后方可恢复排放。

12.3 人工监测(巡查)

12.3.1 巡查应包括下列内容:

- 1 坝坡坡面的沉陷、裂缝、表面冲蚀等异常变形;
- 2 库水位的变化,浸润线出逸、管涌、流土、坡面沼泽化;
- 3 排渗流量和浑浊度变化;
- 4 排洪设施、监测设施及其他安全设施的运行状况;
- 5 影响尾矿库安全的库岸滑坡、泥石流;
- 6 坝面排水沟畅通及渗漏;
- 7 其他影响尾矿库安全的现象。

12.3.2 每次现场巡查应详细作出记录,宜采用绘制草图、拍照、摄像等手段进行记录,发现异常现象时,应立即采取应急避险措施,并上报主管部门。

12.3.3 堆场应每日进行现场巡查,大雨、暴雨期间或坝体出现重大隐患时应增加巡查频次。

12.4 位移变形监测

12.4.1 坝体表面位移监测剖面与监测点布置应符合下列规定:

- 1 监测横剖面宜选择在最大坝高、有排洪设施通过、地质条件变化较大及有异常反应处;
- 2 初期坝顶及堆积坝顶宜各布设 1 条监测纵剖面,且每 30m~60m 高差宜布设 1 条监测纵剖面,监测纵剖面不宜少于 3 条;
- 3 监测纵剖面的测点间距,坝长小于 300m 时,宜取 20m~100m;坝长为 300m~

1000m 时，宜取 50m~200m；坝长大于 1000m 时，宜取 100m~300m。

12.4.2 坝体内部位移监测剖面与监测点布置应符合下列规定：

- 1 监测横剖面宜选在最大坝高、地质条件变化较大及有异常反应处；
- 2 每个堆场可设 1 条~3 条监测横剖面，每个监测横剖面上可布设 1 条~3 条监测垂线，其中 1 条宜布设在最大坝高处；
- 3 每条监测垂线上宜布置 3 个~15 个监测点，监测点的间距宜为 1m~10m，最下一个监测点宜设置于坝基表面，最上一个监测点宜与坝体表面位移监测点重合。

12.4.3 堆积坝坡比监测剖面与监测点布置应符合下列规定：

- 1 监测横剖面宜布设在堆坝最大坝高处及堆积坝外坡最大坡度地段；
- 2 每 100m 坝长应不少于 2 条监测横剖面；
- 3 监测点应布置在各变坡点处，且监测点间距不应大于 10m。

12.5 浸润线与渗流监测

12.5.1 坝体浸润线监测剖面与监测点布置应符合下列规定：

- 1 浸润线监测横剖面宜选在能反映整体渗流情况的坝体剖面上及渗流异常剖面上，宜与表面位移监测横剖面相结合，横剖面不宜少于 3 个；
- 2 监测孔布置应根据坝型结构、筑坝材料和渗流场特征确定。宜在堆积坝坝顶、初期坝上游坡底、下游排水棱体前缘各布置 1 个监测孔，监测孔间距宜为 20m~40m，每个横剖面的监测孔不宜少于 3 个，监测孔深度应根据设计控制浸润线深度确定；
- 3 在渗流进、出口段，渗流各向异性的土层中，以及浸润线变化处，应根据预计浸润线的最大变幅沿不同高程布设监测点，同一监测孔内的测点不宜少于 2 个。

12.5.2 渗流量及渗流水浑浊度监测设施布置应符合下列规定：

- 1 监测设施布置应根据坝型和坝地质条件、渗漏水出流和汇集条件确定，对排渗异常的部位应专门监测；
- 2 坝体渗流、绕流及导流的渗流量应分区、分段监测；
- 3 当坝体下游有渗漏水出逸时，应在坝址下游设导渗沟，应在导渗沟出口处设置监测设施；
- 4 当渗流水位低于自然地表时，应在坝下游河床中布设渗流量监测设施。

12.6 环境监测

12.6.1 废渣堆场水环境监测应包括酸碱度、浑浊度和选矿添加物成分监测，其他监测内容宜根据尾矿成分和选矿工艺确定。

12.6.2 监测点应布置在废渣堆场上游、堆场两侧受到影响的范围及坝下游处，且不应

少于 5 个点。

12.6.3 地下水监测设施布置应符合下列规定：

- 1 废渣堆场投入使用之前，企业应监测地下水本底水平；
- 2 在地下水渗流场上游应布置 1 个监测井，在可能出现污染扩散区域各至少应布置 1 个监测井，废渣堆场下游 30m~50m 布设 1 个监测井；
- 3 设置有地下水收集导排系统的，应在地下水主管出口处至少设置 1 个取样井，用于监测地下水收集导排系统的水质；
- 4 监测井应设置在地下水上下游相同水力坡度上；
- 5 监测井的位置、深度应根据场区水文地质特征进行针对性布置。

12.6.4 地表水监测断面不得少于 2 个，应在受废渣堆场区域污染的上游地段布设背景断面 1 个，在废渣堆场排污口下游污水与河水基本混匀处布设控制断面不少于 1 个。

12.6.5 监测频次应满足下列要求：

- 1 地表水应每月一次；
- 2 地下水每年按枯水期、平水期、丰水期每期应监测一次；
- 3 出现隐患时应加密监测。

12.6.6 突发环境污染事件，应按规定启动应急预案，应采取应急措施。

附录 A 工业废渣堆场岩土工程勘察任务书

表 A 工业废渣堆场岩土工程勘察任务书

建设单位			
工程名称			
废渣类型	排土场 <input type="checkbox"/> 尾矿 <input type="checkbox"/> 磷石膏 <input type="checkbox"/> 赤泥 <input type="checkbox"/> 粉煤灰 <input type="checkbox"/> 其它: _____		
勘察类别	新建勘察 <input type="checkbox"/> 运行期勘察 <input type="checkbox"/> 改扩建勘察 <input type="checkbox"/> 封场闭库勘察 <input type="checkbox"/> 专项勘察 <input type="checkbox"/>		
拟(已)建 初期坝	坝型:	坝体结构:	坝体材料:
	坝高: m	顶宽: m	底宽: m
	坝顶高程: m	坝基底面高程: m	坝基埋深: m
	坝坡比: 上游		下游
设计 堆积坝	堆坝方法:	上游式 <input type="checkbox"/> 中线式 <input type="checkbox"/> 下游式 <input type="checkbox"/> 干式堆存 <input type="checkbox"/>	
	总坝高: m	总库容: m ³	堆坝材料:
	最终坝顶高程: m	相邻马道高差: m	马道宽度: m
	堆积坝坡比:	堆积速率: m/a	
拟(已)建 堆积坝	堆积高度: m	堆积坝顶高程: m	马道宽度: m
	堆积坝坡比:	堆积速率: m/a	相邻马道高差: m
排水 构筑物			
随任务书 提供资料			
勘察要求	<input type="checkbox"/> 1.调查坝址区工程地质和水文地质条件; <input type="checkbox"/> 2.查明堆积坝及其上游一定范围内已有堆积物的成分、颗粒组成、密实度、沉积规律; <input type="checkbox"/> 3.查明堆积物的岩土工程特性; <input type="checkbox"/> 4.查明坝体浸润线及变化规律,评价反滤层、排渗设施的可靠性; <input type="checkbox"/> 5.分析评价现状坝高和最终坝高时的渗透稳定性和静力稳定性; <input type="checkbox"/> 6.分析评价在地震设计烈度为____度时的现状坝高和最终坝高的稳定性,并进行液化分析; <input type="checkbox"/> 7.分析评价堆积坝运行中的环境问题; <input type="checkbox"/> 8.对堆积坝的运行、管理、监测提出建议,对堆积坝存在的病患提出防治建议; <input type="checkbox"/> 9.其他特殊要求(可另附页);		
要求提交成果日期:	年 月 日	要求提交成果份数:	份

委托单位(盖章):

设计单位(盖章):

联系人:

填任务书人:

电 话:

电 话:

附录 B 滑坡、崩塌（危岩体）分类

B.0.1 滑坡应根据物质组成、滑体厚度、滑体体积等因素按表 B.0.1 进行分类。

表 B.0.1 滑坡分类表

划分依据	名称类别	特征说明
物质组成	土质滑坡	发生在冲积、洪积、坡积、崩积、残积等松散层中的滑坡
	岩质滑坡	发生在基岩中的滑坡
滑面与岩层面关系	顺层滑坡	沿层面滑动的滑坡，发生在岩层倾向与坡向一致，且倾角<坡角；残、坡积物顺着下部基岩层面滑动的滑坡，亦属顺层滑坡。
	切层滑坡	滑动面与岩层面相切，常沿倾向山外的一组软弱结构面发生，多分布在逆向坡或近水平岩层的斜坡。
滑体厚度	浅层滑坡	滑坡体厚度<10m
	中层滑坡	滑坡体厚度 10m~25m
	深层滑坡	滑坡体厚度 25m~50m
	超深层滑坡	滑坡体厚度≥50m
始滑部位及运移形式	推移式滑坡	始滑部位位于滑坡后缘，主要动力来自滑坡后部的加载
	牵引式滑坡	始滑部位在滑坡前缘，主要原因是坡脚受河流冲刷或人工开挖
	复合式滑坡	后部推移、前缘牵引的共同作用下发生
诱发因素	工程滑坡	由施工开挖、建筑物加载和水库蓄水等工程活动引起的滑坡
	自然滑坡	由自然地质作用产生的滑坡
形成年代	新滑坡	现今正在发生滑动的滑坡
	老滑坡	全新世以来发生滑动，现今整体稳定的滑坡
	古滑坡	全新世以前发生滑动，现今整体稳定的滑坡
滑体体积	小型滑坡	$<10 \times 10^4 \text{ m}^3$
	中型滑坡	$10 \times 10^4 \text{ m}^3 \sim 100 \times 10^4 \text{ m}^3$
	大型滑坡	$100 \times 10^4 \text{ m}^3 \sim 1000 \times 10^4 \text{ m}^3$
	特大型滑坡	$1000 \times 10^4 \text{ m}^3 \sim 10000 \times 10^4 \text{ m}^3$
	巨型滑坡	$\geq 10000 \times 10^4 \text{ m}^3$

B.0.2 根据崩塌（危岩体）的破坏方式和体积按表 B.0.2 进行分类。

表 B.0.2 崩塌（危岩体）分类表

划分依据	类型	特征说明
破坏方式	滑移式崩塌	危岩沿软弱面滑移，于陡崖（坡）处塌落
	倾倒式崩塌	危岩转动倾倒塌落
	坠落式崩塌	受自重引起的剪切力作用发生的塌落
崩塌（危岩体）体积	小型	$<1 \times 10^4 \text{ m}^3$
	中型	$10 \times 10^4 \text{ m}^3 \sim 1 \times 10^4 \text{ m}^3$
	大型	$100 \times 10^4 \text{ m}^3 \sim 10 \times 10^4 \text{ m}^3$
	特大型	$1000 \times 10^4 \text{ m}^3 \sim 100 \times 10^4 \text{ m}^3$
	巨型	$\geq 1000 \times 10^4 \text{ m}^3$

附录 C 泥石流的分类

C.0.1 泥石流分类应按表 C.0.1 执行。

表 C.0.1 泥石流分类

分类指标	分类	特征
水源类型	暴雨型泥石流	由暴雨因素激发形成的泥石流
	溃决型泥石流	由水库、湖泊等溃决因素激发形成的泥石流
	冰雪融水型泥石流	由冰、雪消融水流激发形成的泥石流
	泉水型泥石流	由泉水因素激发形成的泥石流
流域形态	沟谷型泥石流	流域呈扇形或狭长条形，沟谷地形，沟长坡缓，规模大，一般能划分出泥石流的形成区、流通区和堆积区
	山坡型泥石流	流域呈斗状，无明显流通区，形成区与堆积区直接相连，沟短坡陡，规模小
物质组成	泥流	由细粒径土组成，偶夹砂砾，粘度大，颗粒均匀
	泥石流	由土、砂、石混杂组成，颗粒差异较大
	水石流	由砂、石组成，粒径大，堆积物分选性强
固体物质提供方式	滑坡泥石流	固体物质主要由滑坡堆积物组成
	崩塌泥石流	固体物质主要由崩塌堆积物组成
	沟床侵蚀泥石流	固体物质主要由沟床堆积物侵蚀提供
	坡面侵蚀泥石流	固体物质主要由坡面或冲沟侵蚀提供
流体性质	粘性泥石流	层流，有阵流，浓度大，破坏力强，堆积物分选性差
	稀性泥石流	紊流，散流，浓度小，破坏力较弱，堆积物分选性强
发育阶段	发育期泥石流	山体破碎不稳，日益发展，淤积速度递增，规模小
	旺盛期泥石流	沟坡极不稳定，淤积速度稳定，规模大
	衰败期泥石流	沟坡趋于稳定，以河床侵蚀为主，有淤有冲，由淤转冲
	停歇期泥石流	沟坡稳定，植被恢复，冲刷为主，沟槽稳定
暴发频率 (n)	极高频泥石流	$n \geq 10$ 次/年
	高频泥石流	1 次/年 $\leq n < 10$ 次/年
	中频泥石流	0.1 次/年 $\leq n < 1$ 次/年
	低频泥石流	$n < 0.1$ 次/年
堆积物体积 (v)	特大型泥石流	$v \geq 50 \times 10^4 \text{ m}^3$
	大型泥石流	$20 \times 10^4 \text{ m}^3 \leq v < 50 \times 10^4 \text{ m}^3$
	中型泥石流	$2 \times 10^4 \text{ m}^3 \leq v < 20 \times 10^4 \text{ m}^3$
	小型泥石流	$v < 2 \times 10^4 \text{ m}^3$

C.0.2 泥石流灾害危害性等级划分：

1 根据泥石流灾害一次造成的死亡人数或直接经济损失，可按表 C.0.2-1 划分危害性等级。

表 C.0.2-1 泥石流灾害危害性等级划分

危害性灾度等级	特大型	大型	中型	小型
死亡人数 (人)	>30	30~10	10~3	<3
直接经济损失 (万元)	>1000	1000~500	500~100	<100

注：灾度的两项指标不在一个级次时，按从高原则确定灾度等级。

2 对潜在可能发生的泥石流，根据受威胁人数或可能造成的直接经济损失，可按表 C.0.2-2 划分潜在危险性等级。

表 C.0.2-2 泥石流潜在危险性等级划分

潜在危险性等级	特大型	大型	中型	小型
直接威胁人数 (人)	>1000	1000~500	500~100	<100
直接经济损失 (万元)	>10000	10000~5000	5000~1000	<1000

注：灾度的两项指标不在一个级次时，按从高原则确定灾度等级。

C.0.3 泥石流发育阶段划分标准可按表 C.0.3 规定执行。

表 C.0.3 泥石流发育阶段划分标准

发育阶段	发展期	旺盛期	衰退期	停歇期
形态特征	山坡以凸型为主，形成区分散，并见逐步扩大，流通区较短，扇面新鲜，淤积较快。	山坡从凸型坡转为凹形坡，沟槽堆积和堵塞现象严重，形成区扩大，流通区向上延伸，扇面新鲜，漫流现象严重。	山坡以凹型为主，形成区减少，流通区向上延伸，沟槽逐渐下切，扇面陈旧，生长植物，植被较好。	全沟下切，沟槽稳定，形成区基本消失，逐渐变为普通洪流，植被良好。
山坡块体运动	发展明显，多见新生沟谷，有少量滑坡、崩塌等。	严重发展，供给物主要来自崩塌、滑坡、错落等，片蚀、侧蚀也很发育。	明显衰退，坍塌渐趋稳定，以沟槽搬运及侧蚀供给为主。	山坡块体运动基本消失。
塌方面积率(%)	1~10	≥10	10~1	<1
单位面积固体物质储量 (10 ⁴ m ³ /km ²)	1~10	≥10	10~1	<1
冲淤性质与趋势	以淤为主，淤积速度加快	以淤为主，淤积值大	有冲有淤，淤积速度减小	冲刷下切
危害程度	较大	最大	较大	小

C.0.4 泥石流可依据泥石流的特征按表 C.0.4 进行工程分类

表 C.0.4 泥石流特征及工程分类

类别	泥石流特征	流域特征	亚类	严重程度	流域面积 (km ²)	固体物质一次冲出量 (×10 ⁴ m ³)	流量 (m ³ /s)	堆积区面积 (km ²)
I 高频率泥石流沟谷	基本每年均有泥石流发生。固体物质来源于沟谷的滑坡、崩塌。爆发雨强小于 4mm/10min。除岩性因素外，滑坡、崩塌严重的沟谷多发生黏性泥石流，规模大，反之多发生稀性泥石流，规模小	多位于强烈抬升区，岩层破碎，风化强烈，山体稳定性差。泥石流堆积新鲜，无植被或仅有稀疏草丛。稀性泥石流沟中下游沟床坡度大于 4%	I ₁	严重	>5	>5	>100	>1
			I ₂	中等	1~5	1~5	30~100	<1
			I ₃	较轻	<1	<1	<30	/
II 低频率	爆发周期一般在 10 年以上。固体物质主要来源于沟沟床。泥石流发生时“揭床”现象明显。暴雨	山体稳定性相对较好，无大型活动性滑坡、崩塌。沟床和扇形地上巨砾遍	II ₁	严重	>10	>5	>100	>1
			II ₂	中等	1~10	1~5	30~100	<1

泥石流沟谷	时坡面产生的浅层滑坡往往是激发泥石流形成的重要要素。爆发雨强大于4mm/10min。规模一般较大，性质有黏有稀	布。植被较好。沟床内灌木丛密布，扇形地多已垦为农田。黏性泥石流沟中下游沟床坡度小于4%	II ₃	较轻	<1	<1	<30	/
-------	---	---	-----------------	----	----	----	-----	---

注：1 表中流量对高频率泥石流沟指百年一遇流量；对低频率泥石流沟指历史最大流量；

2 泥石流的工程分类宜采用野外特征与定量指标相结合的原则，定量指标满足其中一项即可。

附录 D 岩土体渗透性分级

D.0.1 岩土体渗透性分级按表 D.0.1 执行。

表 D.0.1 岩土体渗透性分级

渗透性等级	标准	
	渗透系数 $K(\text{cm/s})$	透水率 q (Lu)
极微透水	$K < 10^{-6}$	$q < 0.1$
微透水	$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	$0.1 \leq q < 1$
弱透水	$10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	$1 \leq q < 10$
中等透水	$10^{-4} \leq K < 10^{-2}$	$10 \leq q < 100$
强透水	$10^{-2} \leq K < 1$	$q \geq 100$
极强透水	$K \geq 1$	

附录 E 土的渗透变形判定

E.0.1 土的渗透变形特征应根据土的颗粒组成、密度和结构状态等因素综合分析确定。

- 1 土的渗透变形宜分为流土、管涌、接触冲刷和接触流失四种类型。
- 2 黏性土的渗透变形主要是流土和接触流失两种类型。
- 3 对于重要工程或不易判别渗透变形类型的土，应通过渗透变形试验确定。

E.0.2 土的渗透变形判别应包括下列内容：

- 1 判别土的渗透变型类型。
- 2 确定流土、管涌的临界水力比降。
- 3 确定土的允许水力比降。

E.0.3 土的不均匀系数应采用下式计算：

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (\text{E.0.3})$$

式中 C_u ——土的不均匀系数；

d_{60} ——小于该粒径的含量占总土重 60% 的颗粒粒径(mm)；

d_{10} ——小于该粒径的含量占总土重 10% 的颗粒粒径(mm)。

E.0.4 细颗粒含量的确定应符合下列规定：

1 级配不连续的土：颗粒大小分布曲线上至少有一个以上粒组的颗粒含量小于或等于 3% 的土，称为级配不连续的土。以上述粒组在颗粒大小分布曲线上形成的平缓段的最大粒径和最小粒径的平均值或最小粒径作为粗、细颗粒的区分粒径 d ，相应于该粒径的颗粒含量为细颗粒含量 P 。

2 级配连续的土：粗、细颗粒的区分粒径为：

$$d = \sqrt{d_{70} \cdot d_{10}} \quad (\text{E.0.4})$$

式中 d_{70} ——小于该粒径的含量占总土重 70% 的颗粒粒径(mm)。

E.0.5 无黏性土渗透变形类型的判别可采用以下方法：

- 1 不均匀系数小于等于 5 的土可判为流土。
- 2 对于不均匀系数大于 5 的土可采用下列判别方法：

1) 流土：

$$P \geq 35\% \quad (\text{E.0.5-1})$$

2) 过渡型取决于土的密度、粒级和形状：

$$25\% \leq P < 35\% \quad (\text{E.0.5-2})$$

3) 管涌：

$$P < 25\% \quad (\text{E.0.5-3})$$

3 接触冲刷宜采用下列方法判别:

对双层结构地基,当两层土的不均匀系数均等于或小于 10,且符合下式规定的条件时,不会发生接触冲刷。

$$\frac{D_{10}}{d_{10}} \leq 10 \quad (\text{E.0.5-4})$$

式中 D_{10} 、 d_{10} ——分别代表较粗和较细一层土的颗粒粒径(mm),小于该粒径的土重占总土重的 10%。

4 接触流失宜采用下列方法判别:

对于渗流向上的情况,符合下列条件将不会发生接触流失。

1) 不均匀系数等于或小于 5 的土层:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5 \quad (\text{E.0.5-5})$$

式中 D_{15} ——较粗一层土的颗粒粒径(mm),小于该粒径的土重占总土重的 15%;

d_{85} ——较细一层土的颗粒粒径(mm),小于该粒径的土重占总土重的 85%。

2) 不均匀系数等于或小于 10 的土层:

$$\frac{D_{20}}{d_{70}} \leq 7 \quad (\text{E.0.5-6})$$

式中 D_{20} ——较粗一层土的颗粒粒径(mm),小于该粒径的土重占总土重的 20%;

d_{70} ——较细一层土的颗粒粒径(mm),小于该粒径的土重占总土重的 70%。

E.0.6 流土与管涌的临界水力比降宜采用下列方法确定:

1 流土型宜采用下式计算:

$$J_{\text{cr}} = (G_s - 1)(1 - n) \quad (\text{E.0.6-1})$$

式中 J_{cr} ——土的临界水力比降;

G_s ——土粒比重;

n ——土的孔隙率(以小数计)。

2 管涌型或过渡型可采用下式计算:

$$J_{\text{cr}} = 2.2(G_s - 1)(1 - n)^2 \frac{d_5}{d_{20}} \quad (\text{E.0.6-2})$$

式中 d_5 、 d_{20} ——分别为小于该粒径的含量占总土重的 5% 和 20% 的颗粒粒径(mm)。

3 管涌型也可采用下式计算:

$$J_{\text{cr}} = \frac{42d_3}{\sqrt{\frac{K}{n^3}}} \quad (\text{E.0.6-3})$$

式中 K ——土的渗透系数(cm/s);

d_3 ——小于该粒径的含量占总土重 3%的颗粒粒径(mm)。

E.0.7 无黏性土的允许比降宜采用下列方法确定:

1 以土的临界水力比降除以 1.5~2.0 的安全系数;当渗透稳定对水工建筑物的危害较大时,取 2 的安全系数;对于特别重要的工程也可用 2.5 的安全系数。

2 无试验资料时,可根据表 E.0.7 选用经验值。

表 E.0.7 无黏性土允许水力比降

允许水力 比降	渗透变形类型					
	流土型			过度型	管涌型	
	$C_u \leq 3$	$3 < C_u \leq 5$	$C_u \geq 5$		级配连续	级配不连续
$J_{允许}$	0.25~0.35	0.35~0.50	0.50~0.80	0.25~0.40	0.15~0.25	0.10~0.20

注:本表不适用于渗流出口有反滤层的情况

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 规程中指明应按其他有关标准执行时的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《岩土工程勘察规程》 GB 50021
- 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 《建筑抗震设计标准》 GB/T 50011
- 《构筑物抗震设计规程》 GB 50191
- 《中国地震动参数区划图》 GB 18306
- 《尾矿堆积坝岩土工程技术标准》 GB 50547
- 《水利水电工程地质勘察规范》 GB 50287
- 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规程》 GB 51108
- 《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330
- 《土壤环境质量标准》 GB 15618
- 《地表水环境质量标准》 GB 3838
- 《危险废物贮存污染控制标准》 GB18597
- 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》 GB18599
- 《工程岩体试验方法标准》 GB/T 50266
- 《岩土工程勘察安全标准》 GB/T 50585
- 《地下水质量标准》 GB/T 14848
- 《岩土工程仪器基本参数及通用技术条件》 GB/T 15406
- 《滑坡防治设计规范》 CB/T 38509
- 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》 JGJ/T 87
- 《岩土工程勘察现场描述规程》 YS/T 5205
- 《边坡工程勘察规范》 YS/T 5230
- 《土工试验规程》 YS/T 5225

云南省工程建设地方标准

云南省工业废渣堆场岩土工程技术规程

DBJ 53/T-××- 202×

条文说明

制订说明

本规程是根据《云南省住房和城乡建设厅关于印发 2020 年工程建设地方标准编制计划（第一批）的通知》的要求，由中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司主编，会同 11 个有关勘察、设计、科研和施工单位编制完成。《云南省工业废渣堆场岩土工程技术规程》（DBJ 53/T-××- 202×），经云南省住房和城乡建设厅 2022 年 X 月 X 日以云建科〔2022〕? 号通知批准发布。

云南素有“有色金属王国”之称，已发现矿藏 120 种，探明储量 77 种，54 种储量居全国前十名，工业废渣堆场众多，工业废渣的长期堆存不仅占用大量土地，毁坏了大片的农田和森林，有害物质污染地下水、土壤和环境。云南山高坡陡，地域差异大，地貌类型多，地形地貌复杂，地层岩性和地质构造复杂，不良地质作用、地质灾害与特殊性岩土发育，地质环境条件复杂，废渣堆场安全稳定运行也是社会重点关注的问题。为反映和总结云南省工业废渣堆场岩土工程技术水平、研究成果和成功经验统一云南省工业废渣堆场岩土工程技术要求、标准及内容等，编制一项突出地方和专业特色的废渣堆场岩土工程技术规程，规范云南省工业废渣堆场岩土工程技术工作，本规程的指导性和可操作性。

本规程编制过程中充分搜集、参考了国内相关规范、规程，编制组进行了广泛深入的调查研究，并开展了“云南省工业废渣储存特性研究”专题研究，总结了云南省计国内工业废渣堆场工程建设、运营管理的实践和研究成果，以国家法律法规为依据，以相关国家标准为基础和指导，与国家、行业及地方标准相协调，完成本规程的制订。

为便于过大勘察、设计、施工、运营管理、科研、院校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，编制组按照章、节、条顺序编织了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需注意的有关事项进行了说明。条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

条文说明

1 总 则.....	126
2 术语与符号.....	126
3 基本规定.....	127
4 工程勘察技术要求.....	129
4.1 一般规定.....	129
4.2 工程地质测绘与调查.....	130
4.3 新建工程勘察.....	130
4.4 运行期勘察.....	133
4.5 改扩建工程勘察.....	134
4.6 闭库与封场勘察.....	134
4.7 综合利用工程专项勘察.....	134
4.8 隐患综合治理专项勘察.....	135
4.9 水文地质勘测.....	135
5 不良地质作用与地质灾害.....	136
5.1 一般规定.....	136
5.2 岩溶.....	136
5.3 滑 坡.....	137
5.4 危岩和崩塌.....	138
5.5 泥石流.....	139
5.6 采空区.....	140
5.7 地面沉降.....	141
5.8 场地与地基地震效应.....	142
6 特殊性岩土.....	144
6.1 一般规定.....	144
6.2 湿陷性土.....	144
6.3 红黏土.....	145
6.4 软 土.....	145
6.5 混合土.....	147
6.6 填 土.....	147
6.7 膨胀岩土.....	147
6.8 盐渍岩土.....	148
6.9 风化岩和残积土.....	149
6.10 污染土.....	150
6.11 季节性冻土.....	151
6.12 细粒工业废渣.....	153
7 勘探与取样.....	153
7.1 一般规定.....	153
7.2 勘 探.....	153
7.3 取 样.....	154
7.4 现场编录.....	155

8	原位测试与室内试验	155
8.1	一般规定	155
8.2	标准贯入试验	155
8.3	圆锥动力触探试验	156
8.4	现场直接剪切试验	157
8.5	载荷试验	157
8.6	静力触探试验	158
8.7	十字板剪切试验	158
8.8	扁铲测胀试验	159
8.9	波速测试	159
8.10	室内试验	159
8.11	室内动力特性试验	160
8.12	室内中型剪切试验	161
9	岩土工程分析评价	161
9.1	一般规定	161
9.2	数据处理及分析	162
9.3	坝体坝坡稳定性分析	162
9.4	边坡稳定性分析	164
9.5	场地地基岩土特性评价	164
9.6	环境影响分析	165
9.7	成果报告编制	165
10	岩土工程设计	165
10.1	一般规定	165
10.2	坝基岩土工程设计	166
10.3	渗流计算与防渗设计	166
10.4	地质灾害与边坡治理设计	170
10.5	隐患治理设计	170
11	岩土工程施工	171
11.1	一般规定	171
11.2	地基处理工程	172
11.3	防渗工程	173
11.4	地质灾害与坝坡治理工程	173
11.5	隐患应急治理	174
12	检测与监测	174
12.1	一般规定	174
12.2	检测	175
12.3	人工监测（巡查）	175
12.4	位移变形监测	175
12.5	浸润线与渗流监测	175
12.6	环境监测	176

1 总 则

1.0.1 云南素有“有色金属王国”之称，矿山、冶炼等工业生产产生的工业废渣堆场众多，工业废渣的长期堆存不仅占用大量土地，毁坏了大片的农田和森林，有害物质污染地下水、土壤和环境。云南自然资源富饶，但地质环境条件复杂，废渣堆场安全稳定运行也是社会重点关注的问题。同时，工业废渣堆场的安全运营和管理历来被各级政府主管部门和生产企业关心和重视，在总结近几十年的工程实践和技术经验，为反映和总结云南省工业废渣堆场岩土工程技术水平、研究成果和成功经验，统一云南省工业废渣堆场岩土工程技术要求、标准及内容等，为合理有效利用土地，规范尾矿的排放，有效防范尾矿堆积坝的安全事故和环境事故的发生，规范云南省工业废渣堆场岩土工程技术工作。因此，编制一项突出地方和专业特色的工业废渣堆场岩土工程技术规程很有必要。

本规程是根据云南实际情况而编写的工业废渣堆场岩土工程技术规范，是适用于云南实际的地方性规范。

1.0.2 本条对本规程所涵盖的行业专业范畴进行了规定，主要涉及采矿废渣（矿山的剥离废石、掘进废石、煤矸石、选矿废石、选洗废渣、各种尾矿）、冶金废渣（高炉矿渣、钢渣、各种有色金属渣、铁合金渣、化铁炉渣，以及各种粉尘、污泥）、燃料炉渣（煤渣、锅炉渣、火电厂灰渣）、化工废渣（化学工业生产中排出的工业废渣）。涉及到核工业、危废渣的岩土工程勘察、设计、施工、检测与监测需按相关行业及专业规定进行。

1.0.3 工业废渣堆场的建设与一般工程建设管理流程一样，其全生命周期均需进行相应的勘察、设计工作，确保整个工业废渣堆场运维过程中的安全。

1.0.4 本规范是针对工业废渣堆场制定，本岩土工程技术规程不能涵盖所有的岩土工程技术问题。工程技术人员在进行工作时，还需遵守其他规范规程的规定。

2 术语与符号

2.1.1 本规程工业废渣是工业固体废物，为一般工业固体废物，是企业在工业生产中产生且不属于危险废物的工业固体废物，一般工业固体废物又划分为第 I 类一般工业固体废物和第 II 类一般工业固体废物，一般工业固体废物贮存场和填埋场又分为 I 类场、II 类场。本规程的工业废渣主要是针对大宗工业固体废物和对环境和安全影响较大的固体废物堆场的岩土工程技术问题进行规定，主要包括矿山的废石（矸石）、尾矿，冶炼废渣，铝厂的赤泥，化工厂的废渣（磷石膏），火力发电厂的灰渣，电石渣等。在具体项目的应用中还应依据现行的法律法规和项目实际开展工作。

2.1.2 工业废渣堆场一般以山谷、露天采场采空区和天然凹地作为贮存设施或场所，采用拦挡和围挡构筑物拦挡形成堆场；随着企业的发展，有企业将工业废渣的临时贮存设

施为仓储式建筑物，本规程不涉及仓储式建筑物的混凝土结构。

2.2 本节将本规程中出现频率较高的符号作出规定，针对工业废渣堆场特殊性符号在规范条文中也作了说明。

3 基本规定

3.0.1 任务书是开展各项岩土工程工作的要求，是技术服务单位开展工作的依据。本规程提供了勘察工作的勘察任务书格式，可作为相应工程的任务书样本。涉及到设计、施工、检测及监测的任务书，参考时按实际情况采用。

3.0.2 工业废渣场的建设，应符合国家相应产业政策、国土空间规划等的要求，不能孤立进行。废渣场的建设本身是对废弃物的处置，不能因此而产生另外的不利影响。此规定了一般的选址避让要求，有其他要求时也应采取措施或进行避让。

3.0.3 场地地质环境复杂条件是开展、制定岩土工程工作内容和工作量的依据。场地的地质环境条件复杂程度、岩土介质的复杂程度划分，是确定岩土工程勘察等级的依据之一，十分重要和必要的工作，本规程从场地对建（构）筑物抗震影响、不良地质作用、地形地貌、地质构造、工程地质条件、水文地质条件、人类工程活动对地质环境影响 7 个因素进行地质环境条件复杂程度分级，分级采取就高一级确定。

3.0.4~3.0.7 尾矿库、磷石膏库和赤泥堆场的等别确定该废渣堆场的防洪标准和各主要、次要、临时构筑物的级别。由于坝高与库容是逐年增加的，重要性和危险性亦随之加大，因此堆场在各不同运行期的等别有所不同。本条规定按不同运行期的全库容和坝高分期确定堆场等别，由低等向高等过渡，可使坝和排水设施的设计更经济、合理。

对于经论证可以储存废渣的露天废弃采坑及凹地，当周边未建拦挡坝时，所储存的工业废渣不会溢出原地面，故不定等别；建坝时，一旦发生溃坝，只有原地面以上废渣可能溢出地面，故根据坝高及其对应的库容确定库的等别。废渣堆场附属设施的勘察等级与废渣堆场勘察一致，是为了主体与附属设施的协调统一，确保勘察质量的一致性。

水工建筑物结构设计的安全系数与构筑物级别有关，堆场各构筑物均应属水工建筑物。为便于其使用水工建筑物的有关规范，如现行行业标准《碾压式土石坝设计规范》SL274、《水工混凝土结构设计规范》SL191、《水工隧洞设计规范》SL279 等，结合堆场构筑物的特点编制了表 3.0.7-2。

各类废渣场的等别划分在不同行业有不同的划分标准，如，《有色金属矿山排土场设计标准》GB 50421 与《冶金矿山排土场设计规范》GB 51119 对排土场等别的划分就有差异，结合国家对工业废渣的管控要求，本规程排土场等别参照最新的《有色金属矿山排土场设计标准》GB 50421 进行排土场等别确定。因此，本规程是综合性的地方标

准，把各种废渣场的划分标准按不同类别予以划分，有利于技术人员在实施过程中的使用。

岩土工程勘察等级是各项岩土工程勘察制定勘察方案的依据，制定方案的前提是正确确定项目的勘察等级。勘察等级与项目重要性、场地复杂程度、岩土介质复杂程度有关，必须在综合分析的基础上确定勘察等级。以便在勘察工作中抓住重点、区别对待，保证勘察质量。

3.0.8 各个设计阶段需要关注及解决的地质问题、岩土工程问题是不一样的。勘察阶段的划分是针对性极强的一项工作，有利于优化技术方案、经济方案，分阶段进行岩土工程勘察是十分必要的工作。

3.0.9 明确基本的工作范围，有利于开展工作。此为一般规定的范围，工作时应根据实际情况确定工作范围，包括但不限于此范围。

3.0.11 工业废渣堆场是工矿企业生产过程中形成的重大危险源，近年来，国内外工业废渣堆积坝溃坝事故屡见不鲜，造成的损失触目惊心，其中一个重要的原因工业废渣堆积过程中未进行必要的勘察评价工作。为防范工业废渣堆场安全环保事故的发生，动态掌握工业废渣堆积坝的稳定性，确保工业废渣堆积坝的安全正常运行。因此，在工业废渣运行过程中需按照现行相关管理规定、国家现行标准和现行行业标准进行安全现状评价。

如，国家安全生产监督管理总局《尾矿库安全监督管理规定》（2011年5月4日国家安全生产监督管理总局令第38号，根据2015年5月26日国家安全生产监督管理总局令第78号修正）第十九条“尾矿库应当每三年至少进行一次安全现状评价。上游式尾矿坝堆积至二分之一至三分之二最终设计坝高时，应当对坝体进行一次全面勘察，并进行稳定性专项评价”、第二十八、二十九条“尾矿库运行到设计最终标高或者不再进行排尾作业的，应当在一年内完成闭库。尾矿库运行到设计最终标高的前12个月内，生产经营单位应当进行闭库前的安全现状评价和闭库设计，闭库设计应当包括安全设施设计”。

按不同渣场类型，在建设期、改建扩建期、运维过程中进行必要的岩土工程工作，是保障废渣堆场能正常运维的重要技术手段，十分必要。此条规定了各项工作开展的时间节点，是根据工业废渣堆场运维的一般情况来规定的，对于具有特别管理需求的项目，不限于此时间节点。

3.0.12 改建和扩建勘察，只要针对的是废渣堆积坝的加高扩容，目的是评价废渣堆积坝的现状稳定性，为加高扩容提供相关的设计参数，评价加高扩容的可行性，提出相应

的工程措施。当工业废渣的性质或放矿方式与初步设计相差较大或其他原因导致工业废渣堆场改建扩建时，需对工业废渣堆积坝进行岩土工程勘察，取得相应的勘察资料和评价参数。因此，在工业废渣改建和扩建时需根据安全要求，按照现行相关管理规定、国家现行标准和现行行业标准进行安全现状评价。

3.0.13 工业废渣堆场对地质环境造成一定的破坏，同时堆场闭库封场后要确保长期永久稳定，按照相关管理规定工业废渣堆场所属企业应该确保堆场的稳定，并对破坏的生态环境进行修复和复垦，因此，在工业废渣堆场封场闭库前，需按照现行相关管理规定、国家现行标准和现行行业标准进行安全现状评价。

3.0.14 随着新发展理念的贯彻落实，工业废渣资源的再利用技术得到了快速发展，工业废渣回采越来越普遍。回采会形成临时边坡，威胁人员和回采设备的安全，在雨季也会造成工业废渣坝的不稳定甚至产生事故。因此，工业废渣综合利用需按现行国家标准和现行行业标准要求在综合利用前进行岩土工程勘察工作，对工业废渣综合利用进行稳定性分析。

3.0.15 水文地质条件是关系到废渣堆场建设及运维的重要因素，在进行岩土工程勘察时必须进行水文地质勘察，综合进行评价。

3.0.16~3.0.21 施工是设计意图的具体体现，而监测、检测则是检验施工是否达到设计标准的具体手段，施工、检测需按建设流程进行，确保工程质量。

4 工程勘察技术要求

4.1 一般规定

4.1.1 勘察任务书是工业废渣堆场岩土工程勘察的依据，通常根据勘察任务书，按照设计要求，依据项目的具体条件进行针对性编制勘察纲要，指导勘察工作，勘察纲要是勘察工作的具体实施方案。本规程附录 A 是对勘察任务书的基本要求，任务书内容可根据项目地理位置、地质环境条件和实际情况进行增减。

4.1.2~4.1.3 勘察方法、试验方法是保障勘察工作顺利完成及质量保证的具体载体，依据具体的渣场类别、条件采取合适的方法，并正确予以实施。

4.1.4~4.1.5 不良地质作用和地质灾害、特殊土是构成渣场能否建设及运维的重要影响因素，对此开展必要的勘察工作，评价其对渣场建设及运维的影响程度。

4.1.6 勘察钻孔、探坑、试坑、探井（槽）不封堵会导致废渣堆场的污染水下渗，对渣场环境构成影响，对人、畜安全形成隐患，一般在勘察工作结束后除有特殊要求的以外，须采用黏土或混凝土、或与勘探所揭露地层一致的材料等材料予以封堵，减少环境影响及安全影响。

4.1.7 工业废渣含有有害物质时，会对环境和地下水造成污染，需对于含有有害成分的废渣、水应该进行有害成分检测，以便后续针对性进行处理。

4.1.8 废渣的土性定义，现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 是成熟的技术标准，按国家标准执行，同时也可依据现行行业标准执行。

4.2 工程地质测绘与调查

4.2.1 工程地质测绘采用的手段决定了其使用阶段主要集中于需要解决的地质问题为相对宏观问题，可行性研究阶段及初勘设计阶段的主要工作手段，详细勘察阶段工程地质测绘是解决具体专门性问题。

4.2.2 工程前期资料的搜集，是了解项目区基本概况的重要手段，只有充分搜集了解项目区的资料，方能做到有的放矢，确保工程地质测绘工作的质量。

4.2.4 本条规定工程地质测绘的基本内容，在实际工作中应根据项目实际情况，在包涵基本内容的基础上，内容以解决实际问题为导向，不仅限于这些内容。

4.2.5 工程地质测绘的范围，是以项目影响区域为依据确定，一般考虑的是以水文地质单元及地形地貌单元为依据划分。以及项目影响范围或对项目有影响的范围综合进行确定。

4.2.7 地质点的布设数量，是精度控制的具体体现，在实际工作中，只有具体的实物工作量满足要求了，方能体现测绘精度，所以，本条对地质观测点的布置、密度做出具体规定。

4.2.9 现场工作实物指标，是工程地质测绘工作是获取基础资料的关键环节，要求在现场进行地质信息实地绘制，客观反映实际情况；采用铅笔勾画是为了便于保存，记录内容的要求是力求完整、真实，便于后续查阅、检查。

4.2.10 成果资料是工程地质测绘工作体现和最终总结，要有反映实际工作的文字、图件等内容；本条为基本规定，根据实际要求，实际工作可以不限于这些内容，成果资料能够充分反映实际情况即可。

4.3 新建工程勘察

4.3.1 先勘察，后设计、再施工，是所有建设工程遵守的基本程序，是国家一再强调的十分重要的基本政策。但现在仍有一些工程未按建设程序就进行设计及施工的，造成工程安全事故或隐患，因此，本条根据各个设计阶段开展勘察工作，但也可以结合地质环境条件复杂程度和项目的重要性合并勘察工作。

4.3.3 在确定场址时应避开不良地质作用发育地段，此处所指不良地质作用是指场地及其邻近有活动性断层通过、位于岩溶区、场地为泥石流危害严重区、场地位于滑坡、崩

塌区等对场地稳定性有影响的问题。需要查明的基本地质环境条件是稳定性评价需要的基本内容，也是场地选址需要考虑的水文地质、工程地质、环境等问题。

4.3.4 初步勘察是在场址选定以后对场地基本地质条件的勘察，需要基本查明场地岩土工程条件，勘察手段应在地质测绘、水文地质调查的基础上结合必要的勘探及测试，获取基本的岩土参数，指导下一阶段的工作。

4.3.5 初步勘察要解决场地稳定性评价问题，不能留到详细勘察时，因此规定中要求对影响稳定性、环境影响较大的因素在初勘时要加以查明及进行评价。通过初勘初步查明场地的工程地质及水文地质条件，对拟建场地的岩土工程问题进行初步分评价，为渣场建设选型提供依据，并为详勘时能进行针对性勘察提供良好基础。

4.3.6~4.3.8 关于勘探点和勘探线的间距，是根据《岩土工程勘察规范》GB50021 规范的规定，依据场地复杂程度、工程重要性等级、场地岩土介质复杂程度等划分为三级。勘探点的深度与间距一致，也划分为三级。设置了一般性钻孔和控制性钻孔两类，目的是全面掌握场地深部地层结构，为适应多种平面配置方案和多种地基基础比较方案。

4.3.9 隧洞工程是渣场建设中的重要设施，初步勘察主要通过少量钻探工作，配合地质测绘和物探，在隧洞沿线地质勘探已有较大范围较详细的资料时.本阶段勘察也可简化，可通过较大比例尺工程地质测绘进行初步分析。

钻孔深度的控制应满足隧洞围岩稳定评价要求，因为各地区的实际条件不同，根据不同地质条件和工作程度，只能提出普遍性的规定，围岩评价建议选用不连续面组合关系分析、弹塑性理论或粘弹性理论分析、散体理论或块体理论分析、数值计算分析等方法。

取样及试验满足评价要求，是一般性规定。勘探孔封堵是确保后期隧洞施工中的安全需要，预防地表水进入隧洞中产生涌水情况。

规定物探的方法，是确保勘探中因地制宜进行，能最大限度配合其他勘探手段查明隧洞沿线的地质条件。物探方法应根据实际情况选择合适的方式及设备仪器。

4.3.10 渣场（库）对环境因素影响较为敏感及环保要求较高，需要针对防渗条件进行重点勘察，本条给出渣场渗漏的初勘要求，目的是满足环保评价的渗漏分析评价。

4.3.11 渣场的建设坝型选型是重点，选型的主要条件除了地质条件外，筑坝材料也是重点，需要查明筑坝材料的相关条件，提供相关参数依据。

4.3.12 初步勘察为查明场地岩、土、水的性质，需要布置一定的原位测试及土工试验获取相关岩土特性资料，以综合分析场地岩、土、水的物理力学性质、工程性能。本条对对原位测试、岩土水试样和试验项目等做出了规定，指导勘察工作的实施。

4.3.13 为了使勘察工作的布置及评价具有针对性，解决工程设计及施工中的实际问题，规定详细勘察按本条规定的各项要求提供详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数，进行岩土工程分析，提出相应的建议。

4.3.14~4.3.15 渣场的勘探点不论何种条件的场地和地基，都应按渣场主要构筑物位置结合地形、地貌条件布置。勘探点的间距按岩土介质的复杂程度分成三档，主要考虑到勘探点的疏密与场地岩土介质的复杂程度有关，总体思想与国标《岩土工程勘察规范》GB50021 一致。在具体确定各档间距时，考虑岩土介质的复杂程度来确定，目的是使更多的勘探点直接布置于建设范围内，能更准确的反映建设位置的岩土性能，在具体工作中，应根据项目重要性及岩土复杂程度，布孔时按上述原则综合考虑。库区勘探点的布置应根据场地复杂条件、工程重要性综合考虑，一般岩土工程问题在初勘时已经予以解决，此处不宜规定过细。详细勘察勘探点深度规定按渣场等级、坝高来考虑，主要是考虑一般坝体地基压缩层深度影响原则。当地层性能良好，且透水性小，勘探深度可取小值；在岩溶地区，或有抗稳定性差或渗漏性强的地层分布时，勘探点深度应取大值。在预定深度范围内遇见稳定基岩或分布稳定的弱渗透性岩土层时，除部分勘探点应进入稳定基岩中等风化层外，其余勘探点可适当减小深度。库区存在不良地质作用时，应进行勘察，勘探点的布置满足查明不良地质作用及按相关规范标准执行。

4.3.16 此条的规定是在初勘的基础上应重点进行的工作作了规定。目的是满足施工图设计及施工，确保安全及质量。围岩的划分标准根据使用的普遍性情况，按水利水电标准及《工程岩体分级标准》GB50218 的规定结合采用。对于埋藏深度大于 300m 以上的隧洞，应考虑地温和地应力探测。

4.3.17 对于配套设施中单独的重要构筑物和重要设施，如排洪井、溢洪井等，由于荷重大、重心高，要防止其整体倾斜超过允许范围，因此本条进行专门的规定。影响变形控制最主要的因素是地层在水平方向上的空间展布变化或土的不均匀压缩变形，当岩土变化大时应进加密勘探点。

4.3.18 取样及原位测试的数量和位置的确定，是从岩土体的非均质性的实际情况出发，平面上规定取样和试验点的数量不少于三分之二，布置时应均匀分布，才能满足随机抽样的原则，以达到控制岩土体性质变化趋势的要求。对取样易产生扰动的岩土，建议从探井中取样，与钻孔取样进行对比分析，以确定切合实际的物理力学参数。对于重点构筑物和需要采用荷载试验确定承载力的工程体，以及用一般方法难以确定其物理力学参数的特殊土，规定进行原位测试，这是精度和可靠度的需要。

4.3.19 筑坝材料的试验除满足一般土工试验规定外，针对筑坝材料颗粒较大的情况，

应进行坝材适宜性试验，抗剪强度宜进行中型以上剪切试验，是力求接近实际施工条件及精度要求。

4.3.20 岩土工程勘察是对地质环境的不断认识的过程，由于经济投资的控制，勘察的普遍方法总体上是以点带面，难免存在差异。当差异变化大而原有勘察不能满足评价时，应进行必要的补充勘察或施工勘察，进一步加深认识。

4.4 运行期勘察

4.4.1 本条规定了在进行勘察前需搜集的主要技术资料。这里主要规定工业废渣处理工程运行期勘察所需的专门性资料，与一般场地勘察要求相同的资料未列入。各阶段资料搜集的重点亦不相同。

4.4.2 本条强调了工业废渣堆场运行期的岩土工程勘察需要重点查明的主要问题。堆场在建成后运行期间对场地及周边环境均会产生较大程度的改变，堆场的稳定性和对周边环境的污染程度是本阶段勘察的主要任务；由于堆场在运行期间对场地及周边地质环境的影响，造成不良地质作用发育、环境受到污染；工程建设对场地稳定及水文地质条件产生的不利影响等。需要重点查明和评价这些问题，为采取有效的治理措施提供依据。

4.4.3 与渗漏有关的水文地质问题，是检验防渗帷幕、截污坝、截水墙等已建工程有效性的主要依据，测绘和调查时应着重查明。

4.4.4 对建筑于地质条件简单、地基土性能好，且无潜在渗漏和管涌的小型库，勘探线数量可根据实际情况合理布设。勘探点间距规定“宜为 25~50m”，范围较大，是考虑到山区与平地的差异性大，应视建设场地的现场条件合理选用。当基岩面起伏大、岩性变化大或位于与稳定、渗漏有关的关键性地段时，勘探点的间距应适当加密，或采用物探方法，以控制地层变化。

4.4.6 力学稳定和环境污染是工业废渣处理工程评价的两大主要问题，故条文对评价内容作了具体规定。

过大的变形也会影响工程的安全和正常使用。坝体的差异沉降可导致坝身开裂；废弃物和地基土体的过量变形，可造成底部密封系统失效和封盖裂缝。

坝基和库区的渗漏，不仅对坝体的稳定性影响很大，而且还会影响水源、农业及生态环境，造成严重污染。因此应对坝区和库区的渗漏及污染情况进行分析，对污染物的性质、成分，污染程度等进行评价。

4.4.7 在线监测勘察是专项工作，是针对具体的监测项目和工业废渣类型开展的，其勘察工作应该监测项目和监测设施设置进行勘察工作布设，选择适宜的勘察方法和手段，满足监测技术要求和目的。

4.5 改扩建工程勘察

4.5.3 本条强调了固体工业废渣堆场改扩建期间的岩土工程勘察需要重点查明的事项和主要问题。

已建成堆场在改扩建后将对场地及周边环境产生较大程度的改变，加高坝的适宜性及稳定性和对周边环境的污染程度是本阶段勘察的主要任务；由于堆场经过改扩建后打破了原有平衡，造成不良地质作用发育、环境污染加剧。需要重点查明和评价这些问题，为采取有效的防治措施提供依据。

4.5.4 工业废渣堆场改扩建勘察的工作量布置需满足本规程第 4.1 节的要求。由于已建成堆场坝体的高度和宽度、分布范围都很大，勘察过程中采用的钻孔比较深、范围亦较大。钻孔深度及间距是否适当，将极大地影响到勘察质量、费用和周期。为此，本条对改扩建工程勘察点的布置作了规定，以满足岩土工程评价和地基基础设计的要求。

控制性钻孔的深度，需满足加高坝及堆场内地基变形计算、地基承载力、软弱下卧层验算的要求。

4.5.5 改扩建过程中水文地质条件的改变对工程 and 环境影响重大，特别是堆场内有积水的对浸润线影响更大，需进行地下水的动态分析，并对有库水位的渣场坝体的静水压力、浮托作用及对施工的影响进行分析评价。

4.6 闭库与封场勘察

4.6.2 部分废渣由于其成分的特殊性，在堆积后往往发生胶结作用，形成胶团、胶结透镜体、夹层，胶结作用一般对矿渣的强度、变形和渗透性指标会产生影响，有必要采取措施对其性质和影响加以查明，并评价其影响程度。需与堆场水、土本底值进行对比分析，分析对土壤、水环境和周边环境的影响。

4.6.7 闭库与封场勘察要查明堆场的截排洪和浸润线，并进行评价，为设计提供可靠的库区外围排洪措施和库区地表排水措施建议，确保闭库后堆场的浸润线逐渐下降，杜绝因排水措施不到位导致浸润线上升降低堆场稳定性。

4.7 综合利用工程专项勘察

4.7.1 本规程规定的综合利用工程是资源综合利用、和土地开发利用项目，资源综合利用主要是工业废渣再次作为有用资源进行开采、开发利用，如，尾矿再次开采选取有价值的稀有金属元素，或作为建筑材料利用等等，可利用资源的品位和开采技术条件均需做出评价；土地利用开发是将工业废渣堆场作为工业和民用建设项目的场地或景观项目建设使用，开发前需对渣场进行勘察，对堆场的稳定性和有害组分影响等进行评价，

为综合利用提供地质资料。

4.8 隐患综合治理专项勘察

4.8.1~4.8.5 当工业废渣堆场存在渗漏变形、裂缝、滑坡、塌陷等隐患问题时，对工业废渣堆场的安全稳定性构成影响，会导致堆场失稳滑坡、塌陷、渗透变形（流土、管涌）危及堆场和堆场下方人民生命财产的安全，同时也会引发环境事件，因此，废渣堆场有隐患存在时，需及时进行勘察查明隐患的特征，采取有针对性的措施进行防治。

4.9 水文地质勘测

4.9.5 测绘与调查记录宜填写观察卡片，绘制素描图或摄影。地下水露头点宜描述出露位置、地形、地层结构和岩性、构造部位，泉点的成因、类型、流量、水温、水的物理性质，动态变化与利用情况；人工揭露点宜描述所揭露的地质剖面，含水层的位置、厚度、岩性、富水性，并观测记录水位、水量、水的物理性质及其动态变化。

河流宜描述名称、源头、河道特征、水流特性、流量等，湖泊沼泽等天然出水点、人工贮水池宜描述所在地、面积、水深、水位标高、蓄水量、水的物理化学性质、补给来源及渗漏情况等。

与地下水活动有关的岩溶裂隙、塌陷、滑坡等观测点及其它类型观测点按现行相关标准要求详细描述。

4.9.12 在工业废渣堆场勘察工作中，一般采用 3 次降深的稳定流试验；当水位埋藏较深水量较小，3 次降深稳定流抽水试验无法实施时，工程上采用抽筒提水的简易抽水试验方法。根据经验，当抽水试验孔的有效孔径小于 150mm 时，过滤器的安装及潜水泵型号的选择不易实现，但在地下水位较浅时，也可选用吸水泵等抽水设备。

4.9.13 抽水试验成果计算包括影响半径 R 和渗透系数 k 值，并根据水文地质条件和抽水情况选择计算方法。

4.9.16 压水试验常用的试段隔离方法有单栓塞和双栓塞隔离，单栓塞隔离主要用于随着钻孔的加深逐段钻进、逐段压水试验的试段。双栓塞进行压水试验多用于岩体完整、孔壁稳定的孔段，连续钻进深度后的试验。在采用双栓塞进行压水试验时，下栓塞的止水可靠性不易检查，因而为了确保压水试验成果的准确性，下栓塞的长度要适当加长，同时可采用传感器进行检查。

4.9.17 由于钻孔施工过程中产生的岩粉、泥浆会堵塞裂隙和孔隙，影响试验成果，因此，压水试验前需进行钻孔清洗，本条对清洗试验钻孔做出规定。

4.9.21 注水试验分为试坑注水和钻孔注水，在工业废渣堆场勘察中岩土工程师根据地下水的埋藏条件和废渣渗透性强弱选择相应的试验方法。

4.9.22 浸润线以上工业废渣堆积体的渗透系数，一般采用试坑注水或钻孔注水试验可获得较满意的结果，注水试验简单，在野外易进行，是一种常用的测试方法。

5 不良地质作用与地质灾害

5.1 一般规定

5.1.1 本规程针对云南省地质环境条件对常见且分布较多岩溶、冲刷和坍岸、场地和地基的地震效应等不良地质作用，以及滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、地裂缝、地面沉降等常见的地质灾害的勘察工作及范围做出明确规定，因在实际工作中常出现勘察范围不足的问题，需重点关注不良地质作用和地质灾害体和威胁影响范围。

5.1.3 不良地质作用和地质灾害成因机理复杂，影响因素较多，需采取搜集项目及区域工程地质、水文地质气象等资料和多种勘察手段相结合的综合方法进行勘察，目的是更加全面、准确地查明产生的条件、机理，对分析评价具有重要作用。

5.2 岩溶

5.2.1 可溶性岩石包括碳酸盐类岩石（石灰岩、白云岩）、硫酸盐类岩石和卤素类岩石。我省碳酸盐类岩石分布占有绝对优势。

本条规定了岩溶的勘察的技术手段及其相应工作内容和要求。岩溶勘察的工作方法和程序，强调下列各点：

- 1** 重视工程地质研究，在工作程序上必须坚持以工程地质测绘和调查为先导；
- 2** 岩溶规律研究和勘探应遵循从面到点、先地表后地下、先定性后定量、先控制后一般以及先疏后密的工作准则；
- 3** 应有针对性地选择勘探手段，如为查明浅层岩溶，可采用槽探，为查明浅层土洞可用钎探，为查明深埋土洞可用静力触探等；
- 4** 采用综合物探，用多种方法相互印证，但不宜以未经验证的物探成果作为施工图设计和地基处理的依据；
- 5** 岩溶地区有大片非可溶性岩石存在时，勘察工作应与岩溶区段有所区别，可按一般岩质地基进行勘察；
- 6** 本条规定了岩溶场地工程地质测绘应着重查明的内容，都与岩土工程分析评价密切相关。岩溶洞隙、土洞和塌陷的形成和发展，与岩性、构造、土质、地下水等条件有密切关系。因此，在工程地质测绘时，不仅要查明形态和分布，更要注意研究机制和规律。只有做好了工程地质测绘，才能有的放矢地进行勘探测试，为分析评价打下基础；
- 7** 土洞的发展和塌陷的发生，往往与人工抽吸地下水有关。抽吸地下水造成大面

积成片塌陷的例子屡见不鲜，进行工程地质测绘时应特别注意。

5.2.4 详勘阶段，勘探点应沿工业废渣堆场中轴线布置。对地质条件复杂的场地应适当加密勘探点间距；当在预定深度内遇见洞体时，应将部分钻孔钻入洞底以下。如有必要，局部地段可进行施工勘察，以查明特殊地段的特殊地质作用。

5.2.7 土洞与塌陷对工程的危害远大于岩体中的洞隙，查明其分布尤为重要。但是，对单个土洞一一查明，难度及工作量都较大。土洞和塌陷的形成和发展，是有规律的。本条根据实践经验，提出在岩溶发育区中，土洞可能密集分布的地段，在这些地段上重点勘探，使勘察工作有的放矢。

5.2.8 当前岩溶评价仍处于经验多于理论、宏观多于微观、定性多于定量阶段。本条根据已有经验，提出几种对工程不利的情况。当遇所列情况时，宜建议绕避或舍弃，否则将会增大处理的工程量，在经济上是不合理的。

5.3 滑 坡

5.3.1 拟建工业废渣堆场场地存在滑坡或有滑坡可能时，应进行滑坡勘察；如拟建工业废渣堆场场地附近存在滑坡或有滑坡可能，如危及堆场安全，也应进行滑坡勘察。这是因为，滑坡是一种对工程安全有严重威胁的不良地质作用和地质灾害，可能造成重大人员伤亡和经济损失，产生严重后果。考虑到滑坡勘察的特点，故本条指出，“应进行专门的滑坡勘察”。

滑坡勘察阶段的划分，应根据滑坡的规模、性质和对拟建工程的可能危害确定。例如，有的滑坡规模大，对拟建工程影响严重，即使为初步设计阶段，对滑坡也要进行详细勘察，以免等到施工图设计阶段再由于滑坡问题否定场址，造成浪费。

5.3.4 有些滑坡勘察对地下水问题重视不足，如含水层层数、位置、水量、水压、补给来源等未搞清楚，给整治工作造成困难甚至失败。

5.3.5 本条规定了滑坡勘察的技术手段及其相应工作内容和要求。滑坡勘察，布置适量的探井以直接观察滑动面，并采取包括滑面的土样，是非常必要的。动力触探、静力触探常有助于发现和寻找滑动面，适当布置动力触探、静力触探孔对搞清滑坡是有益的。

5.3.6 滑坡勘察的工作量布置，由于滑坡的规模不同，滑动面的形状不同，很难做出统一的具体规定。因此，应由勘察人员根据实际情况确定。对规模小的滑坡，勘探点的间距应慎重考虑，以查清滑坡为原则。

5.3.7 本条规定采用室内或野外滑面重合剪切试验，或取滑带土作重塑土或原状土多次重复剪切试验，求取抗剪强度。试验宜采用与滑动条件相类似的方法，如快剪、饱和快剪等。当用反分析方法检验时，采用滑动后实测主断面计算。

5.3.8 对正在滑动的滑坡，稳定系数 F_s 可取 0.95~1.00，对处在暂时稳定的滑坡，稳定系数 F_a 可取 1.00~1.05。可根据经验，给定 c 、 φ 中的一个值，反求另一值。

当滑动面为折线形时，滑坡稳定性分析可以采用《岩土工程勘察规范》GB 50021 中规定的方法计算稳定安全系数。

滑坡推力的计算，是滑坡治理成败以及是否经济合理的重要依据，也是对滑坡的定量评价。因此，计算方法和计算参数的选取都要十分慎重。

5.3.9 由于影响滑坡稳定的因素十分复杂，计算参数难以选定，故不建议单纯依靠计算，需进行定性、定量综合评价。

5.4 危岩和崩塌

5.4.1 在山区选择场址时，应判定山体的稳定性，查明是否存在危岩和崩塌。实践证明，这些问题如不在选择场址阶段及早发现和解决，会给工程建设造成巨大的损失。因此，本条规定危岩和崩塌勘察应在选择场址阶段进行。

危岩和崩塌的涵义有所区别，前者是指岩体被结构面切割，在外力作用下产生松动和塌落，后者是指危岩的塌落过程及其产物。

5.4.3 危岩和崩塌勘察的主要方法是进行工程地质测绘和调查，着重分析研究形成崩塌的基本条件，这些条件包括：

1 地形条件：斜坡高陡是形成崩塌的必要条件，规模较大的崩塌，一般产生在高度大于 30m，坡度大于 45° 的陡峻斜坡上；而斜坡的外部形状，对崩塌的形成也有一定的影响；一般在上陡下缓的凹坡和凹凸不平的陡坡上易发生崩塌；

2 岩性条件：坚硬岩石具有较大的抗剪强度和抗风化能力，能形成陡峻的斜坡，当岩层节理裂隙发育，岩石破碎时易产生崩塌；软硬岩石互层，由于风化差异，形成锯齿状坡面，当岩层上硬下软时，上陡下缓或上凸下凹的坡面亦易产生崩塌；

3 构造条件：岩层的各种结构面，包括层面、裂隙面、断层面等都是抗剪性较低，对边坡稳定不利的软弱结构面。当这些不利结构面倾向临空面时，被切割的不稳定岩块易沿结构面发生崩塌；

4 其他条件：如昼夜温差变化、暴雨、地震、不合理的采矿或开挖边坡，都会促使岩体产生崩塌。

危岩和崩塌勘察的任务就是要从上述形成崩塌的基本条件着手，分析产生崩塌的可能性及其类型、规模、范围，提出防治方案的建议，预测发展趋势，为评价场地的适宜性提供依据。

5.4.4 危岩的观测可以通过下列步骤实施：

- 1 对危岩及裂隙进行详细编录；
- 2 在岩体裂隙主要部位要设置伸缩仪，记录其水平位移量和垂直位移量；
- 3 绘制时间与水平位移、时间与垂直位移的关系曲线；
- 4 根据位移随时间的变化曲线，求得移动速度；

5 必要时可在伸缩仪上联接警报器，当位移量达到一定值或位移突然增大时，即可发出警报。

5.4.5 危岩和崩塌区的岩土工程评价应在查明形成崩塌的基本条件的基础上，圈出可能产生崩塌的范围和危险区，评价作为工程场地的适宜性，并提出相应的防治对策和方案的建议。

工程地质类比法是对已有的崩塌或附近崩塌区以及稳定区的山体形态，斜坡坡度，山体构造，结构面分布、产状、闭合及填充情况进行调查对比，分析山体的稳定性，危岩分布，判断产生崩塌落石的可能性及其破坏力；

力学分析法是在分析可能崩塌体积落石受力条件的基础上，用“块体平衡理论”计算其稳定性。计算时应考虑地震作用、风作用、爆破力，地表水和地下水冲刷力以及冰冻力等的影响。

5.5 泥石流

5.5.1 泥石流对工程设施和生命财产的威胁很大。泥石流问题若不在拟建工程前期发现和解决，会给工程建设造成被动或在经济上损失，故本条规定泥石流勘察应该在可行性研究或初步勘察阶段完成。

泥石流虽然有其危害性大，但并不是所有泥石流沟谷都不能作为工程场地，而决定于泥石流的类型、规模，目前所处的发育阶段，暴发的频繁程度和破坏程度等，因而勘察的任务需认真做好调查研究，做出准确的评价，正确判定作为工程场地的适宜性和危害程度，并提出防治方案的建议。

5.5.4 泥石流勘察在一般情况下，工程地质测绘和调查为主，辅以必要的勘探或测试。测绘和调查的范围应包括沟口至分水岭的全部地段，即包括泥石流的形成区、流通区和堆积区。现将工程地质测绘和调查中的几个主要问题说明如下：

1 泥石流沟谷在地形地貌和流域形态上往往有其独特反映，典型的泥石流沟谷，形成区多为高山环抱的山间盆地；流通区多为峡谷，沟谷两侧山坡陡峻，沟床顺直，纵坡梯度大；堆积区则多呈扇形或锥形分布，沟道摆动频繁，大小石块混杂堆积，垄岗起伏不平；对于典型的泥石流沟谷，这些区段均能明显划分，但对不典型的泥石流沟谷，则无明显的流通区，形成区与堆积区直接相连；研究泥石流沟谷的地形地貌特征，可从

宏观上判定沟谷是否属泥石流沟谷，并进一步划分区段；

2 形成区应详细调查各种松散碎屑物质的分布范围和数量；对各种岩层的构造破碎情况、风化层厚度、滑坡、崩塌、岩堆等现象均应调查清楚，正确划分各种固体物质的稳定程度，以估算一次供给的可能数量；

3 流通区应详细调查沟床纵坡，因为典型的泥石流沟谷，流通区没有冲淤现象，其纵坡梯度是确定“不冲淤坡度”的重要计算参数；沟谷的急湾、基岩跌水陡坎往往可减弱泥石流的流通，是抑制泥石流活动的有利条件；沟谷的阻塞情况可说明泥石流的活动强度，阻塞严重者多为破坏性较强的黏性泥石流，反之则为破坏性较弱的稀性泥石流；固体物质的供给主要来源于形成区，但流通区两侧山坡及沟床内仍可能有固体物质供给，调查时应予注意；

4 泥石流痕迹是了解沟谷在历史上是否发生过泥石流及其强度的重要依据，并可了解历史上泥石流的形成过程、规模，判定目前的稳定程度，预测今后的发展趋势；

5 堆积区应调查堆积区范围、最新堆积物分布特点等；以分析历次泥石流活动规律，判定其活动程度、危害性，说明并取得一次最大堆积量等重要数据。

一般地说，堆积扇范围大，说明以往的泥石流规模也较大，堆积区目前的河道如已形成了较固定的河槽，说明近期泥石流活动已不强烈。从堆积物质的粒径大小、堆积的韵律，亦可分析以往泥石流的规模和暴发的频繁程度，并估算一次最大堆积量。

5.6 采空区

5.6.1 本规程把采空区划分为老采空区、现采空区和未来采空区三类，不同采空区的勘察内容和评价方法不同，对老采空区主要应查明采空区的分布范围、埋深、充填情况和密实程度等，评价其上覆岩层的稳定性；对现采空区和未来采空区应预测地表移动的规律，计算变形特征值。通过上述工作判定其作为工业废渣堆场场地的适宜性。

5.6.2 采空区勘察主要通过搜集资料和调查访问，必要时辅以物探、勘探和地表移动的观测，以查明采空区的特征和地表移动的基本参数；当工程地质调查不能查明采空区的特征时，需进行物探和钻探。

5.6.3 由地下采煤引起的地表移动有下沉和水平移动，由于地表各点的移动量不相等，由此产生三种变形：倾斜、曲率和水平变形。过大的不均匀下沉和水平移动，就会对场地稳定造成破坏。

《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》（安监总煤装〔2017〕66号）附录四列出了地表移动与变形的三种计算方法：典型曲线法、负指数函数法（剖面函数法）和概率积分法，可根据需要选用。

5.6.5 小窑一般是手工开挖,采空范围较窄,开采深度较浅,一般多在 50m 深度范围内,但最深也可达 200m~300m,平面延伸达 100m~200m,以巷道采掘为主,向两边开挖支巷道,一般呈网格状分布或无规律,单层或 2~3 层重叠交错,巷道的高宽一般为 2m~3m,大多不支撑或临时支撑,任其自由垮落。

5.7 地面沉降

5.7.1 从沉降原因来说,主要有以下几种原因造成:

- 1 常年抽吸地下水引起水位或水压下降而造成的地面沉降;
- 2 地质构造运动所造成的地面沉降;
- 3 地下水位上升造成的黄土自重湿陷;
- 4 地下洞穴或采空区的塌陷;
- 5 欠压密土的自重固结;
- 6 地震、滑坡等造成的地面陷落。

本节规定适用于较大范围的地面沉降,不适用于局部范围由于抽吸地下水引起水位下降造成的地面沉降。

5.7.3 地面沉降原因的调查包括三个方面的内容。即场地工程地质条件,场地地下水埋藏条件和地下水变化动态。

在调查地面沉降原因时,应首先查明场地的沉积环境和年代,冲积、湖积或盆地中第四纪松散堆积物的岩性、厚度和埋藏条件,查明硬土层和软弱压缩层的分布,分出不同的地面沉降地质结构区。

从岩土工程角度,研究地面沉降机制与产生沉降的土层的地质成因、固结历史、固结状态、孔隙水的赋存形式及其释水机理等有密切关系。

抽吸地下水引起水位或水压下降,使上覆土层有效自重压力增加,所产生的附加荷载使土层固结,是产生地面沉降的主要原因。因此,对场地地下水埋藏条件和历年来地下水变化动态进行调查分析,对于研究地面沉降来说是至关重要的。

5.7.4 对地面沉降现状的调查主要包括下列三方面内容:

- 1 地面沉降量的观测;
- 2 地下水的观测;
- 3 对地面沉降范围内或周边已有建筑物的调查。

地面沉降量的观测是以高精度的水准测量为基础的。由于地面沉降的发展和变化一般都较缓慢,用常规水准测量方法难以满足不了精度要求。因此本条要求地面沉降观测应满足专门的水准测量精度要求。

进行地面沉降水准测量时一般需要设置三种标点。高程基准标，也称背景标，设置在地面沉降所不能影响的范围，作为衡量地面沉降基准的标点。地面沉降标用于观测地面升降的地面水准点。分层沉降标，用于观测某一深度处土层的沉降幅度的观测标。

地面沉降水准测量的方法和要求需按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 规定执行。一般在沉降速率大时可用 II 等精度水准，缓慢时要用 I 等精度水准。

对已发生地面沉降的地区进行调查研究，其成果可综合反映到以地面沉降为主要特征的专门工程地质分区图上。从该图可以看出地下水开采量、回灌量、水位变化、地质结构与地面沉降的关系。

5.7.6 地面沉降勘察有两种情况，一是勘察地区已发生了地面沉降；一是勘察地区有可能发生地面沉降。两种情况的勘察内容是有区别的，对于前者，主要是调查地面沉降的原因，预测地面沉降的发展趋势，并提出控制和治理方案；对于后者，主要应预测地面沉降的可能性和估算沉降量。

可能发生地面沉降的地区，一般是指具有以下情况的地区：

- 1 具有产生地面沉降的地质环境模式，如冲积平原和断陷盆地等；
- 2 具有产生地面沉降的地质结构，即第四纪松散堆积层厚度很大；
- 3 根据已有地面测量观测资料，随着地下水的进一步开采，有发生地面沉降的趋势。

对可能发生地面沉降的地区，主要是预测地面沉降的发展趋势，即预测地面沉降量和沉降过程。国内外有不少资料对地面沉降提供了多种计算方法。归纳起来大致有理论计算方法、半理论半经验方法和经验方法等三种。由于地面沉降区地质条件和各种边界条件的复杂性，采用半理论半经验方法或经验方法，经实践证明是较简单实用的计算方法。

5.8 场地与地基地震效应

5.8.1 本条规定在抗震设防烈度等于或大于 6 度的地区勘察时，应考虑地震效应问题，现作如下说明：

1 《建筑抗震设计标准》GB/T 50011-2010 规定了设计基本地震加速度的取值，6 度为 0.05g，7 度为 0.10（0.15）g，8 度为 0.20（0.30）g，9 度为 0.40g；为了确定地震影响系数曲线上的特征周期值，通过勘察确定建筑场地类别是必须做的工作；

2 饱和砂土和饱和粉土的液化判别，6 度时一般情况下可不考虑；

3 对场地和地基地震效应，不同的烈度区有不同的考虑，所谓场地和地基的地震

效应一般包括以下内容：

- 1) 相同的基底地震加速度，由于覆盖层厚度和土的剪切模量不同，会产生不同的地面运动；
- 2) 强烈的地面运动会造成场地和地基的失稳或失效，如地裂、液化、震陷、崩塌、滑坡等；
- 3) 地表断裂造成的破坏；
- 4) 局部地形、地质结构的变异引起地面异常波动造成的破坏。

国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306-2015 中提供了“中国地震动峰值加速度区划图”、“中国地震动反应谱特征周期区划图”和“关于地震基本烈度向地震动参数过渡的说明”等内容。《建筑抗震设计标准》GB/T 50011-2010 规定了我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计特征周期分区。勘察报告需提供上述基本数据。

5.8.2~5.8.4 对这几条做以下说明：

1 划分建筑场地类别，是岩土工程勘察在地震烈度等于或大于 6 度地区必须进行的工作，现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011-2010 根据土层等效剪切波速和覆盖层厚度划分为四类，当有可靠的剪切波速和覆盖层厚度值而场地类别处于类别的分界线附近时，可按插值方法确定场地反应谱特征周期；

2 勘察时应有一定数量的勘探孔满足上述要求，其深度需大于覆盖层厚度，并分层测定土的剪切波速；当场地覆盖层厚度已大致掌握并在以下情况时，为测量土层剪切波速的勘探孔可不必穿过覆盖层。

如果建筑场地类别处在两种类别的分界线附近，需要按插值方法确定场地反应谱特征周期时，勘察时应提供可靠的剪切波速和覆盖层厚度值；

3 测量剪切波速的勘探孔数量不少于 3 个；

4 划分对抗震有利、不利或危险的地段，《建筑抗震设计标准》GB/T 50011-2010 有明确规定，需遵照执行。

5.8.5 地震液化的岩土工程勘察包括三方面的内容，一是判定场地土有无液化的可能性；二是评价液化等级和危害程度；三是提出抗液化措施的建议。

5.8.6 主要强调三点：

1 液化判别应先进行初步判别，当初步判别认为有液化可能时，再作进一步判别；

2 液化判别宜用多种方法综合判定，这是因为地震液化是由多种内因（土的颗粒组成、密度、埋藏条件、地下水位、沉积环境和地质历史等）和外因（地震动强度、频谱特征和持续时间等）综合作用的结果；例如，位于河曲凸岸新近沉积的粉细砂特别容

易发生液化，历史上曾经发生过液化的场地容易再次发生液化等；目前各种判别液化的方法都是经验方法，都有一定的局限性和模糊性，故强调“综合判别”；

3 河岸和斜坡地带的液化，会导致滑坡失稳，对工程的危害很大，应予特别注意；目前尚无简易的判别方法，应根据具体条件专门研究。

5.8.7 关于液化判别的深度问题，地震液化主要发生在浅层，参加现行国家强制性标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002-2021 第 3.2.2 条对抗震设防烈度不低于 7 度的建筑与市政工程，当地面下 20m 范围内存在饱和砂土和饱和粉土时，进行液化判别的規定，确定本规程进行液化判别深度为建基面一下 20m 范围内；存在液化土层的地基，根据工程的抗震设防类别、地基的液化等级，结合具体情况提出相应的抗液化措施建议。

5.8.9 评价液化等级的基本方法是：按照每个标准贯入试验点判别液化可能性逐点判别，按每个试验孔计算液化指数；按照每个孔的计算结果，结合场地的地质地貌条件进行综合评价，综合确定场地液化等级，结合各分项工程开展液化分区评价。

5.8.10 强烈地震时软土发生震陷，不仅被科学实验和理论研究证实，而且在宏观震害调查中，也证明它的存在，但研究成果尚不够充分，较难进行预测和可靠的计算，当地基承载力特征值或剪切波速大于表 5.8-1 数值时，可以不考虑震陷影响。

表 5.8-1 临界承载力特征值和等效剪切波速

抗震设防烈度	7 度	8 度	9 度
承载力特征值 f_a (kPa)	>80	>100	>120
等效剪切波速 V_{se} (m/s)	>90	>140	>200

6 特殊性岩土

6.1 一般规定

6.1.1 特殊性岩土包含湿陷性土、红黏土、软土、混合土、填土、膨胀岩土、季节性冻土、尾矿、磷石膏、赤泥等。特殊性岩土是指在特定的地理环境或人为条件下形成的具有特殊的物理力学性质和工程特殊性岩土，以及特殊的物质组成、结构构造的岩土。存在常规勘察达不到工程要求，为了安全和经济，需要在岩土工程勘察中采取特殊的方法研究和处理，否则会给工程带来不良后果，特殊性岩土的种类很多，其分布一般具有明显的地域性，需在工程建设中高度重视。

6.2 湿陷性土

6.2.1 在我省干旱和半干旱地区，特别是在山前洪、坡积扇（裙）中常遇到湿陷性碎石土、湿陷性砂土等。这种土在一定压力下浸水也常呈现强烈的湿陷性。

6.2.2 这类非黄土的湿陷性土的勘察评价首先要判定是否具有湿陷性。由于这类土不能如黄土那样用室内浸水压缩试验，在一定压力下测定湿陷系数 δ_s ，并以 δ_s 值等于或大于 0.015 作为判定湿陷性黄土的标准界限。本规程规定采用现场浸水载荷试验作为判定湿陷性土的基本方法，并规定以在 200kPa 压力作用下浸水载荷试验的附加湿陷量与承压板宽度之比等于或大于 0.023 的土应判定为湿陷性土。

6.2.3~6.2.4 主要突出强调了以下内容：

1 湿陷性土分布的勘察场地，其地貌、地质条件比较特殊，土层较复杂，勘探点间距不能过大；

2 控制性勘探孔深度需穿透湿陷土层；

3 对于碎石土和砂土，可以采用动力触探试验和标准贯入试验确定力学特性；

4 不扰动土试样需在探井中采取；

5 增加了对厚度较大的湿陷性土，需在不同深度处分别进行浸水载荷试验的要求。

6.3 红黏土

6.3.1 红黏土，即母岩为碳酸盐岩系（包括间夹其间的非碳酸盐岩类岩石），经湿热条件下的红土化作用形成的特殊土类。本条明确了红黏土包括原生红黏土与次生红黏土。

6.3.2 红黏土的主要特征是：上硬下软、表面收缩、裂隙发育。地基是否均匀也是红黏土分布区的重要问题。本节以后各条的规定均针对这些特征作出。红黏土状态的划分可采用一般黏性土的液性指数划分法，也可采用红黏土特有含水比划分法。为反映红黏土裂隙发育的特征，应根据野外观测的裂隙密度对土体结构进行分类。红黏土中的裂隙会影响土的整体强度，降低其承载力，是土体稳定的不利因素。

6.3.3 红黏土地区的工程地质测绘和调查，是在一般性的工程地质测绘基础上进行的。其内容与要求可根据工程和现场的实际情况确定。条文中提及的五个方面，工作中可以灵活掌握，有所侧重，或有所简略。

6.3.5 水文地质条件对红黏土评价是非常重要的因素。仅仅通过地面的测绘调查往往难以满足岩土工程评价的需要。此时补充进行水文地质勘察、试验、观测工作是必要的。

6.3.6 裂隙发育是红黏土的重要特性，故红黏土的抗剪强度应采用三轴试验。红黏土有收缩特性，收缩再浸水（复水）时又有不同的性质，故必要时可做收缩试验和复浸水试验。

6.4 软 土

6.4.1 软土中淤泥和淤泥质土，现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 已有明确定义。泥炭和泥炭质土中含有大量未分解的腐殖质，有机质含量大于 60%

为泥炭；有机质含量 10%~60%为泥炭质土。

6.4.2 从岩土工程的技术要求出发，对软土的勘察需特别注意查明下列问题：

1 对软土的排水固结条件、沉降速率、强度增长等起关键作用的薄层理与夹砂层特征；

2 土层均匀性，即厚度、土性等在水向和垂直向的变化；

3 软土的固结历史，确定是欠固结、正常固结或超固结土，是十分重要的。先期固结压力前后变形特性有很大不同，不同固结历史的软土的应力应变关系有不同特征；要很好确定先期固结压力，必须保证取样的质量；另外，应注意灵敏性黏土受扰动后，结构破坏对强度和变形的影响；

4 软土地区微地貌形态与不同性质的软土层分布有内在联系，查明微地貌、旧堤、堆土场、暗埋的塘、浜、沟、穴等，有助于查明软土层的分布。

6.4.3 软土勘察需考虑下列问题：

1 对勘探点的间距，提出了针对不同成因类型的软土和地基复杂程度采用不同布置的原则；

2 勘探手段以钻探取样与静力触探相结合为原则；在软土地区用静力触探孔取代相当数量的勘探孔，不仅减少钻探取样和土工试验的工作量，缩短勘察周期，而且可以提高勘察工作质量；静力触探是软土地区十分有效的原位测试方法。

6.4.5 本条规定了软土地区适用的原位测试方法，这是几十年经验的总结。静力触探最大的优点在于精确的分层，用旁压试验测定软土的模量和强度，用十字板剪切试验测定内摩擦角近似为零的软土强度，实践证明是行之有效的。扁铲侧胀试验和螺旋板载荷试验，虽然经验不多，但最适用于软土也是公认的。

6.4.7 试验土样的初始应力状态、应力变化速率、排水条件和应变条件均应尽可能模拟工程的实际条件。故对正常固结的软土应在自重应力下预固结后再作不固结不排水三轴剪切试验。

6.4.8 软土的岩土工程分析与评价应考虑下列问题：

1 分析软土地基的均匀性，包括强度、压缩性的均匀性，注意边坡稳定性；

2 注意不均匀沉降和减少不均匀沉降的措施；

3 对评定软土地基承载力强调了综合评定的原则，不单靠理论计算，要以当地经验对软土地基承载力的评定；

4 软土地基的沉降计算仍推荐分层总和法，一维固结沉降计算模式并乘经验系数的计算方法，但也可采用其他新的计算方法，以便积累经验，提高技术水平。

6.5 混合土

6.5.1 混合土在颗粒分布曲线形态上反映出呈不连续状。主要成因有坡积、洪积、冰水沉积。

专门研究和工程经验表明：黏性土、粉土中的碎石组分的质量只有超过总质量的 25% 时，才能起到改善土的工程性质的作用；而在碎石土中，黏粒组分的质量大于总质量的 25% 时，则对碎石土的工程性质有明显的影响，特别是当含水量较大时。

6.5.2 本条是从混合土的特点出发，提出了勘察时应重点注意的问题。混合土大小颗粒混杂，故应有一定数量的探井，以便直接观察，采取试样。动力触探对粗粒混合土是很好的手段，但应有一定数量的钻孔或探井配合。

6.6 填 土

6.6.3 填土的勘察方法，应针对不同的物质组成，采用不同的手段。轻型动力触探适用于黏性土、粉土素填土，静力触探适用于冲填土和黏性土素填土，动力触探适用于粗粒填土。杂填土成分复杂，均匀性很差，单纯依靠钻探难以查明，应有一定数量的探井。

6.6.4 素填土和杂填土可能有湿陷性，如无法取样作室内试验，可在现场用浸水载荷试验确定。本条的压实填土指的是压实黏性土填土。

6.6.6 在各矿石、煤的开采过程中产生的矿渣往往含有重金属等有害成分，以及硫等有害元素，而且溶于水后淋溶浸出液中含有特征污染物等，勘察时需获取淋溶浸出液，测定特征污染物浓度、pH 值等，以及煤矸石的自然倾向性。因此，采用煤矸石、采矿废石进行回填形成的回填土，需要对有害成分、有害元素、特征污染物浓度、PH 值进行测试，分析其潜在污染特征和对环境的影响。

6.7 膨胀岩土

6.7.2 膨胀岩土包括膨胀岩和膨胀土。由于膨胀岩的资料较少，故本节只作了原则性的规定，尚待以后积累经验。膨胀岩土的判定，目前尚无统一的指标和方法，多年来采用综合判定。本规程仍采用这种方法，并分为初判和终判两步。对膨胀土初判主要根据地貌形态、土的外观特征和自由膨胀率；终判是在初判的基础上结合各种室内试验及邻近工程损坏原因分析进行，这里需说明三点：

- 1 自由膨胀率是一个膨胀性判定指标，但不能作为惟一依据，否则易造成误判；
- 2 从实用出发，以是否造成工程的损害为最直接的标准；
- 3 初判和终判不是互相分割的，应互相结合，综合分析，工作的次序是从初判到终判，但终判时仍应综合考虑现场特征，不宜只凭个别试验指标确定。但是，最终判定

时岩石膨胀性的指标还是膨胀力和不同压力下的膨胀率，这一点与膨胀土相同。

6.7.3 工程地质测绘和调查规定的五项内容，是为了综合判定膨胀土的需要设定的。即从岩性条件、地形条件、水文地质条件、水文和气象条件以及当地建筑损坏情况和治理膨胀土的经验等诸方面判定膨胀土及其膨胀潜势，进行膨胀岩土评价，并为治理膨胀岩土提供资料。

6.7.4 勘探点的间距、勘探孔的深度和取土数量是根据膨胀土的特殊情况规定的。大气影响深度是膨胀土的活动带，在活动带内，应适当增加试样数量。我省平坦场地的大气影响深度一般不超过 5m，故勘察孔深度要求超过这个深度。

采取试样要求从地表下 1m 开始，这是因为在计算含水量变化值 Δw 仍需要地表下 1m 处土的天然含水量和塑限含水量值。

6.7.5 本条提出的四项指标是判定膨胀岩土，评价膨胀潜势，计算分级变形量和划分地基膨胀等级的主要依据，勘察工作中需重视这四项指标测定。

6.7.6 膨胀岩土性质复杂，不少问题尚未搞清。因此对膨胀岩土的测试和评价，建议采用多种方法，在多种测试数据的基础上进行综合分析和评价。

膨胀岩土常具各向异性，有时侧向膨胀力大于竖向膨胀力，故需测定不同方向的胀缩性能，从安全考虑，可选用最大值。

6.7.7 膨胀岩土的承载力一般较高，承载力问题不是主要问题，但应注意承载力随含水量的增加而降低。膨胀岩土裂隙很多，易行成密集贯通裂隙面，并沿裂隙面破坏，故不应采用直剪试验确定强度，应采用三轴试验方法。

膨胀岩土由于受气候影响反复胀缩的影响往往在坡度很小时就发生滑动，故坡地场地应特别重视稳定性分析。本条根据膨胀岩土的特点对稳定分析的做了规定。其中考虑含水量变化的影响十分重要，含水量变化的原因有：

- 1 挖方填方量较大时，岩土体中含水状态将发生变化；
- 2 坡面受多向蒸发，大气影响深度大于平坦地带；
- 3 坡地旱季出现裂缝，雨季雨水灌入，易产生浅层滑坡；久旱降雨造成坡体滑动。

膨胀岩土的胀缩性评价及大气影响评价对地基基础选型和埋深及其重要，因此，需根据膨胀岩土的特性对地基基础的施工、工程运营提出防治措施建议，很有必要。

6.8 盐渍岩土

6.8.1 关于易溶盐含量的标准，不少土样的易溶盐含量虽然小于 0.5%，但其溶陷系数却大于 0.01，最大的可达 0.09。因此，将易溶盐含量标准定为 0.3%。

6.8.2 盐渍岩当环境条件变化时，其工程性质亦产生变化。以含盐量指标确定盐渍岩，

有待今后继续积累资料。盐渍岩一般见于湖相或深湖相沉积的中生界地层。如白垩系红色泥质粉砂岩、三叠系泥灰岩及页岩。含盐化学成分、含盐量对盐渍土有下列影响：

1 含盐化学成分的影响；

- 1) 氯化盐类的溶解度随温度变化甚微，吸湿保水性强，使土体软化；
- 2) 硫酸盐类则随温度的变化而胀缩，使土体变软；
- 3) 碳酸盐类的水溶液有强碱性反应，使黏土胶体颗粒分散，引起土体膨胀。

2 含盐量的影响；

盐渍土中含盐量的多少对盐渍土的工程特性影响较为明显，表 6.8.2-2 是在含盐性质的基础上，根据含盐量的多少划分的。

6.8.3 盐渍岩土地区的调查工作是根据盐渍岩土的具体条件拟定的。

1 硬石膏 (CaSO_4) 经水化后形成石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)，在水化过程中体积膨胀；另外，在石膏—硬石膏分布地区，几乎都发育岩溶化现象，出现岩溶化洞穴；

2 芒硝 (Na_2SO_4) 的物态变化导致其体积的膨胀与收缩；芒硝的溶解度，当温度在 32.4°C 以下时，随着温度的降低而降低。因此，温度变化，芒硝将发生严重的体积变化。

6.8.4 盐渍土由于含盐性质及含盐量的不同，土的工程特性各异，地域性强，目前尚不具备以土工试验指标与载荷试验参数建立关系的条件，故载荷试验是获取盐渍土地基承载力的基本方法。

6.9 风化岩和残积土

6.9.1 本条阐述风化岩和残积土的定义。不同的气候条件和不同的岩类具有不同风化特征，湿润气候以化学风化为主，干燥气候以物理风化为主。花岗岩类多沿节理风化，风化厚度大，且以球状风化为主。层状岩，多受岩性控制，硅质比黏土质不易风化，风化后层理尚较清晰，风化厚度较薄。而残积土则已全部风化成土，矿物结晶、结构、构造不易辨认，成碎屑状的松散体。

6.9.3 对风化岩和残积土的划分，可用标准贯入试验或无侧限抗压强度试验，也可采用波速测试，同时也不排除用规定以外的方法，可根据当地经验和岩土的特点确定。

6.9.4 对花岗岩残积土，为求得合理的液性指数，在确定其中细粒土（粒径小于 0.5mm ）的天然含水量 w_f 、塑性指数 I_p 、液性指数 I_L ，试验需筛去粒径大于 0.5mm 的粗颗粒后再进行。细粒土的天然含水量可以实测，也可以采用《岩土工程勘察规范》GB 50021 中推荐的计算公式进行计算。

6.9.6 风化岩和残积土由于风化的差异性、不均匀性，对地基的稳定性影响较大。因此，同一岩性的风化岩、残积土强度差异大，评价时应予注意。

6.10 污染土

6.10.1 工业生产产生的废水、废渣和污染物对土壤造成的污染，因生产或储存中废水、废渣和油脂的泄漏，造成地下水和土中酸碱度的改变，重金属、油脂及其他有害物质含量增加，或对人体健康和生态环境造成严重影响。

废渣堆积造成的污染，主要体现在对地表水、地下水的污染以及周围土体的污染，与选矿方法、工艺及添加剂和堆存方式等密切相关。

垃圾填埋场渗滤液的污染，因许多生活垃圾未能进行卫生填埋或卫生填埋不达标，生活垃圾的渗滤液污染土体和地下水，改变了原状土和地下水的性质，对周围环境也造成不良影响。

因人类活动所致的地基土污染一般在地表下一定深度范围内分布，部分地区地下潜水位高，地基土和地下水同时污染。因此在具体工程勘察时，污染土和地下水的调查应同步进行。

6.10.3 污染土场地包括已受污染的拟建场地和可能受污染的拟建场地。污染土勘察包括：对建筑材料的腐蚀性评价、污染对土的工程特性指标影响程度评价以及污染土对环境的影响程度评价。考虑污染土对环境影响程度的评价需根据相关标准进行大量的室内试验，故可以根据任务要求进行。

污染土场地的勘察可分为两种类型，不同类型的勘察重点有所不同。已受污染的场地勘察，重点调查污染土强度和变形参数的变化、污染土和地下水对建筑材料的腐蚀性等。对可能受污染的场地勘察，则重点调查污染源和污染物质的分布、污染途径，判定土、水可能受污染的程度，为污染预防和拟建工业废渣堆场设计提供依据。

VOCs 是挥发性有机化合物(volatile organic compounds)的英文缩写，是指常温下饱和蒸汽压大于 70.91Pa、标准大气压 101.3kPa 下沸点在 50~260℃ 以下且初馏点等于 250 摄氏度的有机化合物，或在常温常压下任何能挥发的有机固体或液体。

6.10.4~6.10.6 这里列出污染土现场勘察的适用手段，其中现场调查和钻探（或坑探）取样分析是必要手段，强调污染土勘察以现场调查为主。根据已有工程经验，应先调查污染源位置及相关背景资料。

如不重视先期调查，按常规勘察盲目布置很多勘察工作量，则针对性差，并有可能遗漏和淡化严重污染地段，造成土、水试样采取量不足，以致影响评价结论的可靠性。

用于不同测试目的及不同测试项目的样品，其保存的条件和保存的时间不同。国家环保总局发布的现行《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166 中对新鲜样品的保存条件和保存的时间做了明确的规定。

根据国外文献资料，多功能静力触探在环境岩土工程中应用已较为广泛。需要时，也可采用地球物理勘探方法（如电阻率法、电磁法等），配合钻探和其他原位测试，查明污染土的分布。

为了查明污染物在地下水不同深度的分布情况，需要采取不同深度的地下水试样。不同深度的地下水试样可以通过布设不同深度的勘探孔采取；当在同一钻孔中采取不同深度的地下水样时，需要采取严格的隔离措施，否则所取水试样是混合水样，影响评价的正确性。

6.10.7 主要检测指标包含重金属（镉、铅、砷、铬、铜、锌、镍、锰、硒等）、氟化物、氰化物、多环芳烃、有机氯农药和氯苯类、挥发性有机物（VOCs）、丙烯腈和乙腈、酚类及苯类化合物、pH 值、有机质、阳离子交换量。

污染土和水的化学成分试验内容，应根据任务要求确定。有环境评价要求时，则应根据相关标准与任务委托时的具体要求，确定需要测试的内容。工程需要时，研究土在不同类型和浓度污染液作用下被污染的程度、强度与变形参数的变化以及污染物的迁移特征等。主要用于污染源未隔离或未完全隔离情况下的预测分析。

6.10.8 对污染土的评价，应根据污染土的物理、水理和力学性质，综合原位和室内试验结果，进行系统分析，用综合分析方法评价场地稳定性和适宜性。

污染土的岩土工程评价应突出重点：对基岩地区，岩体裂隙和不良地质作用要重点评价。如有些垃圾填埋场建在山谷中，垃圾渗滤液是否沿岩体裂隙特别是构造裂隙扩散或岩体滑坡导致污染扩散等；对松软土地区，渗透性、土的力学性（强度和变形）评价则相对重要。

评价需针对可能采用的处理方法突出重点，对需要提供污染土承载力的地基土，则其力学性质（强度和变形参数）评价应作为重点；对污染源未隔离或隔离效果差的场地，污染发展趋势的预测评价是重点。

6.11 季节性冻土

6.11.3 在冻土工程地质勘察中，采取保持天然冻结状态土、岩试样，供试验室分析试验，是勘探工作的主要目的之一，也是对冻土地基作出正确工程地质评价的基础。按工程要求和现场条件，还可采取保持天然含水率并允许融化的冻结土样以及不受冻融影响的扰动土样。

为取得保持天然冻结状态的土样，取样前应使孔底待取土样有恢复天然温度状态的时间（最好测量钻孔底部土壤温度），然后在接近取样深度时控制每一回次的进尺，以保证取出的土样仍保持冻结状态（粗颗粒土及大块碎石土除外）。取出的冻结土样应及

时装入具有保温性能的容器或专门的冷藏车内送验，如不能及时送验时，应在现场测定土样在冻结状态时的密度。

6.11.4 季节性冻土的冻胀性可以参照下表 6.11.4 进行划分评价。

表 6.11.4 季节性冻土冻胀性划分

土的名称	冻前天然含水率 w (%)	冻前地下水位至地表的距离 h_w (m)	平均冻胀率 η (%)	冻胀等级	冻胀性	
砂性废渣、碎石土、砾砂、粗砂、中砂 (粉黏粒含量 $\leq 15\%$)	不考虑	不考虑	$\eta \leq 1$	I	不冻胀	
砂性废渣、碎石土、砾砂、粗砂、中砂 (粉黏粒含量 $> 15\%$)	$w \leq 12$	$h_w > 1.5$	$\eta \leq 1$	I	不冻胀	
		$h_w \leq 1.5$	$1 < \eta \leq 3.5$	II	弱冻胀	
	$12 < w \leq 18$	$h_w > 1.5$		$3.5 < \eta \leq 6$	III	冻胀
		$h_w \leq 1.5$	$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀	
	$w > 18$	$h_w > 1.5$		$\eta \leq 1$	I	不冻胀
		$h_w \leq 1.5$	II		弱冻胀	
砂性废渣、粉砂、细砂	$w \leq 14$	$h_w > 1.0$	$1 < \eta \leq 3.5$	III	冻胀	
		$h_w \leq 1.0$		IV	强冻胀	
	$14 < w \leq 19$	$h_w > 1.0$	$3.5 < \eta \leq 6$	III	冻胀	
		$1.0 > h_w \geq 0.25$		IV	强冻胀	
	$19 < w \leq 23$	$h_w > 1.0$	$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀	
		$1.0 > h_w \geq 0.25$		V	特强冻胀	
	$w > 23$	$h_w > 1.0$	$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀	
		$h_w \leq 1.0$		V	特强冻胀	
	粉性废渣、粉土	$w \leq 19$	$h_w > 1.5$	$\eta \leq 1$	I	不冻胀
			$h_w \leq 1.5$		$1 < \eta \leq 3.5$	II
$19 < w \leq 22$		$h_w > 1.5$	$3.5 < \eta \leq 6$	III		冻胀
		$h_w \leq 1.5$		$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀
$22 < w \leq 26$		$h_w > 1.5$	$\eta > 12$		V	特强冻胀
		$h_w \leq 1.5$		V	特强冻胀	
$26 < w \leq 30$		$h_w > 1.5$	不考虑		V	特强冻胀
		$h_w \leq 1.5$				
黏性废渣、黏性土		$w \leq w_p + 2$	$h_w > 2.0$	$\eta \leq 1$	I	不冻胀
			$h_w \leq 2.0$		$1 < \eta \leq 3.5$	II
	$w_p + 2 < w \leq w_p + 5$	$h_w > 2.0$	$3.5 < \eta \leq 6$	III		冻胀
		$2.0 > h_w \geq 1.0$		$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀
		$0.5 > h_w \geq 0.25$			$12 < \eta \leq 18$	V
		$h_w \leq 0.25$		VI		极强冻胀
	$w_p + 5 < w \leq w_p + 9$	$h_w > 2.0$	$3.5 < \eta \leq 6$	III	冻胀	
		$2.0 > h_w \geq 1.0$		$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀
		$0.5 > h_w \geq 0.25$			$12 < \eta \leq 18$	V
		$h_w \leq 0.25$		VI		极强冻胀
	$w_p + 9 < w \leq w_p + 15$	$h_w > 2.0$	$6 < \eta \leq 12$	IV	强冻胀	
		$2.0 > h_w \geq 0.25$		$12 < \eta \leq 18$	V	特强冻胀
		$h_w \leq 0.25$			$\eta > 18$	VI
		$h_w > 2.0$		$12 < \eta \leq 18$		V
	$w_p + 15 < w \leq w_p + 23$	$h_w > 2.0$	$12 < \eta \leq 18$		V	特强冻胀
		$h_w \leq 2.0$		$\eta > 18$	VI	极强冻胀
$w > w_p + 23$	不考虑	$\eta > 18$	VI		极强冻胀	

注：1 w 为冻土层内冻前天然含水率的平均值；

2 工业废渣按类别确定岩土定名对应进行分析评价，盐渍化冻土不在表列。

6.11.5 场地季节冻结深度影响因素很多，最主要的是气温，除此之外尚有季节冻结层附近的土质系数、温度系数、环境系数、水分状况以及地貌特征等。标准冻深基础埋深

设计的主要参考指标，但还需要考虑土的类型、冻胀性和环境的影响来综合。

关于场地冻结深度的取值，尽量应用当地的实测资料，可以在冬季进行现场钻孔温度测量获取，但要注意个别年份，极少量的数据不能代表实测数据，多年实测资料（不少于 10 年）的平均值才能作为实测数据使用（个体不能代表均值）。

6.11.6 季节性冻土地基承载力目前尚无计算方法，只能根据载荷试验等其它原位测试并结合当地经验确定。除了次要的临时性的工程外，一定要避开不良地段，选择有利地段。

6.12 细粒工业废渣

6.12.1 本规程的细粒工业废渣是指以矿石为原料选矿和生产过程中产生的尾矿、灰渣、磷石膏和赤泥，可以用粒度成分和塑性指数按土进行分类和定名的废渣。由于矿种不同采取的选矿和生产工艺也有所不同，产生的废渣也有其不同特性，虽然与土性相似，但是其特殊性和环境影响不同。因此，需要对不同的细粒工业废渣进一步划分研究，针对其特殊性开展相应勘察工作进行分析评价。借鉴尾矿的 30 多年的分类方法进行细粒工业废渣的分类，根据粒度成分和塑性指数进行划分，定名时应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定，定名土名前冠以“尾、灰、磷石膏、赤泥”废渣简称名，磷石膏和赤泥还可以根据其胶结固化程度可划分为胶结、未胶结两类。

6.12.7 工业废渣取样困难，而且即使取到原状样，在运输和制样的过程中都存在对废渣样产生扰动，影响试验成果的真实性。采用三轴试验能更好模拟工业废渣堆存环境和受力状态等的室内试验方法，获取相对可信的废渣体强度指标，为坝坡的稳定性分析和坝体的应力应变分析提供分析可靠的计算参数。它具有受力状态明确，有效控制排水条件的特点，试验时根据不同的分析计算模型选择相应的试验方法。为了模拟坝体实际应力状态，三轴试验的最大围压要与试样的侧向压力相一致。

7 勘探与取样

7.1 一般规定

7.1.2 工业废渣堆场可能存在对环境产生危害的有害物质，勘探作业过程中如不采取保护措施，可能造成自然环境的破坏，这种破坏往往在短期内或局部范围内不易察觉，可能会引起严重后果。因此，在勘探作业中应采取有效的已有环境保护设施和自然环境保护措施。

7.2 勘 探

7.2.2 选择钻探方法需考虑的原则是：

- 1 工业废渣堆场的类型及钻探方法的有效性；
- 2 能保证以一定的精度鉴别地层，并了解地下水的情况；
- 3 尽量避免或减轻对取样段的扰动影响。

钻探单位应按任务书指定的方法钻进，提交成果中应包括钻进方法的说明。

7.2.4 工业废渣堆场的应用场景较多，如尾矿坝可能会遇到需要再尾矿库内进行钻探，属于水域钻探，钻孔深度测量精度因钻探目的的不同，会有差异，本条的规定是钻孔深度测量精度的基本要求。

7.2.5 钻孔倾斜会对地层的判断带来误差，孔深越大，误差越大，越不容忽视。本条参照地矿、铁道部门的有关规定提出钻孔测斜要求和偏差控制是深孔钻进应加强钻孔倾斜的预防，采取防止孔斜的各种措施。

目前相关规范对钻孔倾斜度有不同要求，如：地质矿业部《工程地质钻探规程》DZ/T 0017 钻孔顶角允许偏差，垂直孔 2° ，斜孔 4° ；对钻孔倾斜，重要的是采取有效措施加以防止。由于工程情况差异较大，本条规定是一个基本要求。

7.2.9 本条是有关钻探成果的标准化要求。钻探野外记录是项重要的基础工作，也是一项有相当难度的技术工作，因此应配备有足够专业知识和经验的人员来承担。野外描述一般以目测手触鉴别为主，结果往往因人而异。

为实现岩土描述的标准化，除本条的原则规定外，如有条件可补充一些标准化定量化的鉴别方法，将有助于提高钻探记录的客观性和可比性，这类方法包括：使用标准粒度模块区分砂类废渣类别，用孟塞尔（Munsell）色标比色法表示颜色；用微型贯入仪测定废渣的状态等。

岩芯盒是指装岩芯的箱（盒）子，或是将土样的盒子称为土芯盒，本标准统称为岩芯盒。岩芯牌要求用油漆或签字笔填写，防止字迹因雨水、日晒等原因褪色或消失。

7.3 取 样

7.3.1 取样和土工试验是取得岩土体分析计算参数的最重要手段，钻探是最主要的手段，但是也存在难以取得高质量原状样的难点，因此，必要时可在坝坡或干滩布设探井或探槽，开挖取样后必须及时夯实回填。

7.3.7 特殊试验样和专项工作试验样是指特殊性岩土，如污染土、尾矿、膨胀土、季节性冻土、污染水等，以及有特殊试验要求和专项工作需要而采取的岩土试样，要采用符合特殊试验要求的取样器或专用取样器，同时也需要采用专用的容器装样和封装，采取取样、封装、保存和运输措施，主要是防止样品的原状结构不被破坏，污染土污染物损失和二次污染，冰土样要保持冰冻状态，要采用冰冻运输。

7.4 现场编录

7.4.1~7.4.6 现场编录是获取的第一手资料，认真、细致、全面的进行编录很重要，是确保成果质量的关键，对现场编录工作和相关内容做出了规定，如尾矿、污染土等种特殊土，与一般土的描述内容有一定区别，应根据具体岩土的特点进行编录，同时也要符合目前现行国家《岩土工程勘察规范》GB50021、《土的工程分类标准》GB/T 50145，现行行业标准《岩土工程勘察现场描述规程》YS/T 5205 中对于尾矿的描述做了具体的规定。

7.4.7 岩土 BIM 技术是岩土工程发展趋势，采用数字化记录能够直接为岩土 BIM 分析提供基础资料，同时，数字化记录也是岩土工程技术的一个重要发展方向。

8 原位测试与室内试验

8.1 一般规定

8.1.1 本章规定仅涉及各种测试手段的适用范围、主要的技术要求和试验的主要成果，目的是供勘察项目技术负责人选择试验手段、试验项目和控制相应试验项目的试验条件时使用，对于各试验手段、项目的具体操作，则应按有关规范、规程执行。

8.1.2 原位测试和室内试验的项目、试验方法、试验条件是由岩土工程分析评价要求提供的计算参数决定。原位测试是十分重要的手段，尤其是对于难以获得高质量原状样的工业废渣，原位测试具有突出的优点，同时，应与钻探取样和室内试验配合使用。为使试验工作具有针对性，试验工作内容应根据勘察技术要求确定。

8.2 标准贯入试验

8.2.2 关于标准贯入试验的技术要求，说明如下：

1 根据欧洲标准，锤击速度不应超过 30 击/min；

2 宜采用回转钻进方法，以尽可能减少对孔底土的扰动。钻进时注意：

1) 保持孔内水位高出地下水位一定高度，保持孔底土处于平衡状态，不使孔底发生涌砂变松，影响 N 值；

2) 下套管不要超过试验标高；

3) 要缓慢地下放钻具，避免孔底土的扰动；

4) 细心清孔；

5) 为防止涌砂或塌孔，可采用泥浆护壁；

3 采用自动落锤法，该法可消除手拉落锤法的绳索与滑轮的摩擦阻力及运转中绳索所引起的张力，可较真实地反映土的性状；

4 传输给杆件系统的锤击能量受机具设备、钻杆接头的松紧、落锤方式、导向杆的摩擦、操作水平及其他偶然因素等支配；通过现场实测锤击应力波能量，可对不同锤击能量的 N 值进行修正。

8.2.4 关于标贯试验成果的分析整理，说明如下：

1 修正问题，国外对 N 值的传统修正包括：饱和粉细砂的修正、地下水位的修正、土的上覆压力修正；国内长期以来并不考虑这些修正，而着重考虑杆长修正；杆长修正是依据牛顿碰撞理论，杆件系统质量不得超过锤重二倍，限制了标贯使用深度小于 21m，但实际使用深度已远超过 21m，最大深度已达 100m 以上；通过实测杆件的锤击应力波，发现锤击传输给杆件的能量变化远大于杆长变化时能量的衰减，故建议不作杆长修正的 N 值是基本的数值；但考虑到过去建立的 N 值与土性参数、承载力的经验关系，所用 N 值均经杆长修正，而抗震规范评定砂土液化时， N 值又不作修正；故在实际应用 N 值时，应按具体岩土工程问题，参照有关规范考虑是否作杆长修正或其他修正；勘察报告应提供不作杆长修正的 N 值，应用时再根据情况考虑修正或不修正，用何种方法修正；

2 由于 N 值离散性大，故在利用 N 值解决工程问题时，应持慎重态度，依据单孔标贯资料提供设计参数是不可信的；在分析整理时，与动力触探相同，应剔除个别异常的 N 值；

3 依据 N 值提供定量的设计参数时，应有当地的经验，否则只能提供定性的参数，供初步评定用。

8.2.5 试验成果提供的 N 值是试验实测值，未作修正，因此应用 N 值进行工程评价时，必须选用相应的 N 值，即实测值或经过某一方法的修正值。

对实测值中的异常值应分析其原因，对操作或机具等人为因素产生的异常值应剔除。

8.3 圆锥动力触探试验

8.3.1 圆锥动力触探试验（Dynamic Penetration Test）是用一定质量的重锤，以一定高度的自由落距，将标准规格的圆锥形探头贯入工业废渣中，根据打入废渣中一定距离所需的锤击数，判定工业废渣的力学特性，具有勘探和测试双重功能。圆锥动力触探是一种重要的岩土工程原位测试方法，在工业废渣堆场的勘察中，尤其对不能取样做试验的工业废渣堆积体显得更重要，因此，本规程纳入这一测试方法。

8.3.2 圆锥动力触探试验的关键是保持锤击能量的恒定，采用自动脱钩落锤装置控制落锤的方法，能较好地使锤击能量比较恒定；保持探杆的垂直，防止偏心，减少探杆与地层之间的摩阻力，是保证试验准确的重要措施；试验终止条件和锤击速率的规定是确保

试验成果准确、可靠、真实的试验质量控制措施。

8.3.4 应用试验成果时， $N_{63.5}$ 或 N_{120} 值是否修正或如何修正，应根据建立统计关系时的具体情况确定；对试验成果中出现的异常值应分析其原因，对操作或机具等人为因素以及触探的界面效应等因素产生的异常值应剔除。

8.3.6 根据圆锥动力触探试验指标和地区经验可以进行力学分层，评定废渣的均匀性和物理性质（状态、密实度）、废渣的强度、变形参数、承载力，查明滑动面、软硬土层界面等。应用试验成果时是否修正或如何修正，应根据建立统计关系时的具体情况确定。

8.4 现场直接剪切试验

8.4.1 现场大面积剪切试验由于试验的岩土体比室内试样大，能包含宏观结构的变化，试验成果更接近工程的实际情况。因为试验场地选择的限制，不可能对埋深较大的工业废渣进行试验，所以需考虑试验成果的代表性。

8.4.4 对试验场地的选择，应考虑稳定性分析时坝体受力特征，选择有代表性的地段，剪切方向选择与岩土体实际受力方向一致，最大的法向应力大于最大预估应力值，使试验成果与稳定性分析更接近实际的受力情况。

8.4.8 这里强调的是现场直接剪切试验结束后，对剪切试块样要进行量测剪切破坏后的形态尺寸，记录剪切面反映的物质组成，特别是对强度指标有影响的不均匀和粗颗粒的包含情况，确定试样的代表性和数据的可靠性，并采取剪切试块的土试样进行含水率测试。

8.5 载荷试验

8.5.2 本规程对载荷试验的技术作出如下要求：

1 一般土层载荷试验的承压板，方形承压板边长为0.505m~0.707m，圆形承压板直径 ϕ 0.564m~0.798m，但如果为不均匀土层，则承压板的面积不宜小于0.50m²；

2 承压板的形状以圆形为宜；

3 试坑底部的试验面应平整，避免发生扰动，并确保承压板与试验土层之间有很好的接触；

4 一般要求荷载施加在半无限空间的表面，试坑底部的宽度均要求等于或大于承压板宽度的3倍；为了挖掘地基承载力的潜力，可模拟实际基础的埋深进行载荷试验。

8.5.5 螺旋板载荷试验的 $p\sim s$ 曲线或 $s\sim t$ 曲线与试验土层性质之间的理论关系和平板载荷试验有所不同，主要表现在：

(1) 螺旋板载荷试验 $p\sim s$ 曲线上的 P_0 压力之前没有或有极小的沉降；

(2) 螺旋板载荷试验 $p\sim s$ 曲线上的直线段可用弹性理论来分析荷载与沉降的关系。

载荷试验的成果分析，除可以确定地基土的承载力和变形模量外，也可利用快速载荷试验所得到的极限荷载反算地基土的不排水抗剪强度。

快速载荷试验过程一般为2个小时，即在试验过程中每隔15min加载一次，整个试验过程加荷8次，快速载荷试验主要适用于沉降速率快、容易稳定的地层，如碎石类土、砂类土及混合土等。可按下式估算地基土的不排水抗剪强度：

$$C_u = (P_u - P_0) / N_c$$

式中 C_u —地基土的不排水抗剪强度 (kPa)；

P_u —快速载荷试验法得到的极限荷载 (kPa)；

P_0 —承压板周边外的超载或土的自重应力 (kPa)；

N_c —计算系数。对于圆形或方形承压板，当周边无超载时， $N_c = 6.15$ ；当承压板埋深大于或等于四倍板的直径或宽度时， $N_c = 9.25$ 。

8.5.8 浅层平板载荷试验成果计算土的变形模量的计算公式的假设条件是荷载施加在弹性半无限空间的表面。深层平板载荷试验荷载作用在半无限体内部，不宜采用弹性理论公式，其计算变形模量的公式是在明德林解的基础上推算出来的，适用于地基内部垂直均布荷载下变形模量的计算。

8.6 静力触探试验

8.6.2 在工业废渣堆场岩土工程勘察中可根据需要选择单桥、双桥探头或带孔隙水压力量测的单桥探头、双桥探头，在触探过程中随着触探深度增加孔斜增大，因此，本条规定了试验设备量测孔斜的功能。攀枝花马家田尾矿堆积坝的勘察工程实践表明，增强探杆的刚度可有效的防止孔斜，工程中采用了合金钢 45 MnMoB 的 $\phi 42$ 探杆成功实现最大孔深 80.1m 的探测深度。

8.6.3 静力触探曲线间接的反映了细粒工业废渣的力学特性，工程上可以用于力学分层，而不能进行物性分层。因此，用静力触探进行分层及确定土的名称时，需结合相邻钻孔进行划分。

8.7 十字板剪切试验

8.7.1 十字板剪切试验适用于测定饱和软黏土性质的尾矿、赤泥、磷石膏的不排水抗剪强度，相当于摩擦角 $\varphi_{cu}=0$ 时的粘聚力 C_{cu} 值的测试。

8.7.2 软黏土的埋藏深度对试验位置的准确性十分重要，一般宜在拟进行十字板剪切试验的孔位旁预先做静探试验，结合静探孔的土层变化情况，选择软黏土分布的部位进行试验。拧紧接箍的目的是为了消除人为与机械误差。

8.7.4 当计算电测十字板剪切试验不排水抗剪强度时，可不对轴杆进行摩擦力校正，因为电测十字板直接测定的是施加于板头的扭矩。

8.8 扁铲测胀试验

8.8.1 扁铲侧胀试验是将带有膜片的扁铲压入土中预定深度，充气使膜片向孔壁土中侧向扩张，根据压力与变形关系，测定土的模量及其有关指标。扁铲侧胀试验适用于软弱、松散土层，当采用加强型薄膜片时，也可用于密实的砂土。工业废渣在堆积过程中，形成软弱的尾黏土和松散、稍密、中密的尾砂等，一般用扁铲侧胀试验测定压力与变形关系。

8.9 波速测试

8.9.1 波速测试的目的是通过测定弹性波在岩土体内的传播速度，计算出所测试层位在小应变条件下($E=10^{-4}\sim 10^{-6}$)的动力参数。

8.10 室内试验

8.10.1 工业废渣属于特殊土，现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 及行业标准《土工试验规程》YS/T 5225 对其试验方法作出明确的规定。因此，在进行尾矿的物理力学性质试验时需按上述标准、规程执行。

8.10.7 工业废渣的工程分类以颗粒组成为主要依据，细粒工业废渣还需考虑塑性指数，颗粒分析和可塑性试验是工业废渣室内试验的重要试验项目。而且现状选矿和生产工艺提升，以及回收率的提高，导致颗粒越来越细，细颗粒比例增大。不同类型的工业废渣比重差异较大，试验时要根据矿物中有机质、可溶盐、亲水性胶体的含量选用纯水或中性液体。

8.10.8 为了模拟工业废渣坝体实际应力状态，固结试验的试验压力要与上覆自重压力相一致，本条规定最大压力要与最终坝高相适应。

8.10.9 随着仪器设备的发展，现有的土工试验设备已具备施加大压力的直剪试验能力。因此本条规定了试验的最大垂直压力一般采用土样所在位置的自重应力。

8.10.10 工业废渣的三轴试验是为坝坡的稳定性分析和坝体的应力应变分析提供分析计算参数的室内试验方法。它具有受力状态明确，有效控制排水条件的特点，试验时根据不同的分析计算模型选择相应的试验方法。

排水状态对三轴试验成果影响较大，不同的排水状态所测得的 c 、 φ 值差别很大，故本条规定试验时的排水条件要接近工程实际。当计算模型需要有效应力参数时，对于黏性废渣因其排水条件较差，固结排水试验所需时间较长，一般采用固结不排水测孔压

试验来取得有效应力参数，对于砂性废渣因其排水条件较好，一般采用固结排水试验。

为了模拟坝体实际应力状态，三轴试验的最大围压要与试样的侧向压力相一致。

8.10.11 平行工业废渣沉积层理与垂直工业废渣沉积层理的渗透系数相差较大，而在坝体的数字模拟计算中又需要分别输入垂直、水平渗透系数。常采用的方法是在探井中用环刀取平行沉积层理和垂直沉积层理的试样，进行室内渗透性试验，分别提供垂直和水平渗透系数。

8.11 室内动力特性试验

8.11.4 动力试验条件应反映工业废渣实际应力状态，地震一般时间较短，在地震时工业废渣处于不排水的应力状态，故一般采用固结不排水动三轴试验。

工业废渣的砂性土或软黏性土，取样、包装、运输过程中对土样扰动较大，难于保证 I 级试样的要求；动力学参数试验设备精度要求高，无法在现场进行试验，试验室一般采用扰动土制备试样进行试验。制备试样时采用的干密度、含水率要求按尾矿天然状态的干密度和含水率控制。

测定工业废渣的动力力学参数采用的仪器有三种：共振柱仪、动扭剪仪和动三轴仪。测定小应变范围内（ 10^{-6} ~ 10^{-4} ）的动剪切模量和阻尼比采用共振柱仪，测定中等到大应变范围内动力力学参数一般采用动扭剪仪和动三轴仪。

8.11.5 动三轴试验前，先将试样进行固结，模拟实际地面下土体静应力状态确定固结比；试验的振动周次根据里氏震级相当的等效循环次数确定，里氏震级 7 级等效循环次数为 10 周，里氏震级 7.5 级等效循环次数为 20 周，里氏震级 8 级等效循环次数为 30 周。

当试验条件受限时，多数试验单位一般采用 100、200、400、600kPa 围压进行试验。这种试验围压不符合工程实际，对计算结果是有影响的。

8.11.6 为了反映工业废渣的动力学特性，首先要确定不同应力状态下初始动剪切模量、参考应变、最大阻尼比，然后依据工程需要确定破坏判断条件，再确定破坏时的动应力、动剪应力比、液化应力比、动粘聚力和动内摩擦角；

工业废渣的动力试验成果除提供动弹性模量、动剪切模量、阻尼比、动强度、动孔压比、液化应力比等相关关系曲线外，还可以分别绘制总应力及有效应力莫尔圆，求出相应的动强度指标；

岩土工程分析模型较多，主要有非线性弹性、弹塑性、粘弹-塑性模型，最常用的非线性弹性模型是邓肯-张等人提出的非线性弹性（E~B）模型，弹塑性模型主要是沈珠江提出的双屈服面弹塑性模型，非线性弹性修正的 K~G 模型。在进行岩土工程分析

时,根据不同的工程要求和工业废渣坝的实际情况,选用不同的动力计算模型,提供模型计算参数。

8.12 室内中型剪切试验

8.12.1~8.12.6 现场大型剪切试验和室内直剪试验、三轴试验是测定岩土体抗剪强度指标的基本方法。对于重塑土(岩土工程中的填土),进行现场填筑试验工作量大、试验周期长、费用高,室内试验由于试样体积小,对均匀性较差的重塑土,试验结果不能正确反映土层的抗剪强度指标(粘聚力 C 值、内摩擦角 φ 值)。采重塑土室内中型剪切试验方法及其专用设备对选用的重塑土进行击实试验,测定重塑土的最大干密度和最优含水率,将配制好的试验样品在剪切盒内用压力机静压成型,压力机静压 12 个小时,测量出垂向压力 σ , 测量出剪应力 τ , 每一个试验样品重复上述试验方法进行剪切试验,采用每组试验抗剪断峰值对应的垂向应力 σ 与剪应力 τ 进行最小二乘法回归分析计算内聚力 C 值、内摩擦角 φ 值。该试验方法工作量小,费用低,试验结果可靠真实,试验的数据精度比较高。

9 岩土工程分析评价

9.1 一般规定

9.1.1、9.1.2 这两条是岩土工程分析的最基本的要求。岩土工程分析评价是岩土工程勘察的灵魂。因此,规定了对搜集汇总资料的要求,不满足这些要求,则分析可能是片面的,甚至是错误的。本条要求岩土工程分析除了应结合工程特点和要求外还应结合相关工程经验,因为岩土工程分析的对象是各类不同地质构造、地形地貌、各类岩土分布及其不同工程性质条件下的地基、边坡、围岩等的不同问题,存在许多不均匀性和不确定性,即使是三维的数值分析,也未必都能获得能全面、准确、符合实际的结果。因此在岩土工程分析中相关工程经验是不可或缺的。

9.1.4 对项目进行可行性研究阶段勘察时,岩土工程问题可只进行定性分析或半定量分析。

9.1.3~9.1.6 这几条规定是具体进行岩土工程分析的要求,其根本点是应根据工程的实际条件和可能发生的时空变化切实地做出分析,满足工程的需要。

9.1.7 土体的透水性分级以渗透系数为依据,岩体的透水性分级以透水率为依据。但强透水~极强透水岩体宜采用渗透系数作为划分依据。渗透系数是通过室内试验或现场试验测定的岩土体透水性指标,其单位为 cm/s 或 m/d 。透水率是通过现场压水试验测定的岩体透水性指标,其单位为 Lu (吕荣)。

土体在渗流作用下发生破坏,由于土体颗粒级配和土体结构的不同,存在流土、管涌、接触冲刷和接触流失四种破坏形式。流土、管涌主要出现在单一土层中,接触冲刷和接触流失多出现在多层结构土层中。除分散性黏性土外,黏性土的渗透变形形式主要是流土。土的渗透变形判定主要适用于天然地基。

9.2 数据处理及分析

9.2.1、9.2.2 对岩土工程勘察中获得的各种试验、测试数据进行处理分析的要求。第 9.2.2 条规定了在数据统计时应两次筛选剔除不可靠和不适用数据,即由岩土工程师根据自身的工程经验分析判断,在统计前先按第 9.2.1 条的规定筛选出不可靠或不适用的数据并将其剔除在参与统计的数据以外,再在统计时按规定的舍弃方法舍弃异常值。这样做是为了使统计结果更可靠和符合实际。统计的舍弃方法常采用三倍标准差法,也可采用 Grubbs 法或 Chauvenet 法。

9.2.4~9.2.5 计算公式与《岩土工程勘察规范》GB50021 一致。

9.2.7 本条规定是要求分析计算采用的岩土参数值不宜简单地采用平均值或标准值,而应综合考虑各种因素后确定。对滑坡检算等,宜进行反演分析确定计算参数的取值。

9.3 坝体坝坡稳定性分析

9.3.3 目前国内在尾矿堆积坝稳定性分析中,通常采用本规程提出的简化毕肖普法与瑞典圆弧法进行计算,且常用两种计算方法进行对比,以验证其计算结果的可靠性。对 I 级、II 级堆积坝再采用二维或三维有限元进行应力与应变分析的也比较多,计算程序也不完全统一。为了使分析计算更符合坝体实际状态,使计算结果更可靠,本规程规定了 I 级~III 级坝体宜再采用二维或三维有限元法进行分析。据国内已有经验,推荐采用沈珠江的等价粘弹性模型或 Duncan-Chang (邓肯-张) 的非线性弹性模型。以往对 III 级坝很少采用有限元法分析,考虑到 III 级坝对尾矿堆积坝来说已是相当高的级别,为提高分析评价水平,本规程规定了 I 级~III 级坝宜采用有限元法进行分析。

9.3.4 工业废渣坝体稳定性取决于其本身的废渣类型、堆积物料的力学特性与堆积速率、工程地质条件、水文地质条件、动力荷载等多方面的因素。在计算过程中,计算工况也会随之变化,如:尾矿坝由于运行过程中坝体的浸润线可能比较高,堆积坝处于饱和状态,在此情况下,遭受地震可能在工程运维过程中出现概率虽较小,但仍可能出现,因此,根据情况需要验算洪水和地震同时作用下尾矿坝的稳定性;对于排土场,鉴于地震和降雨同时出现属极小概率事件,一般认为地震和洪水工况不组合符合实际工程特征。坝体的其他工况及其组合情况应结合工业废渣坝的类型、使用情况、工程环境条件综合确定,使得稳定性分析具有针对性,一般的原则认为出现的概率越小、持续的时间越短,

可以允许的安全系数应该更小。

9.3.5 本条将坝坡抗滑稳定最小安全系数按极限平衡法计算，但目前仍有采用简化毕肖普法和瑞典圆弧法计算，计算时根据正常运行、洪水运行和特殊运行三种不同条件按总应力法、有效应力法进行计算，采用简化毕肖普法和瑞典圆弧法计算时，坝坡抗滑稳定性安全系数列于表 9.3.5 规定的数值。并与现行国家标准《尾矿设施设计规范》GB 50863 进行了协调，将 IV 级、V 级堆积坝特殊运行的瑞典圆弧法最小安全系数提高到 1.05。

表 9.3.5 坝坡抗滑稳定最小安全系数

计算方法	坝的级别 计算条件	I	II	III	IV、V
	简化毕肖普法	正常运行	1.50	1.35	1.30
洪水运行		1.30	1.25	1.20	1.15
特殊运行		1.20	1.15	1.15	1.10
瑞典圆弧法	正常运行	1.30	1.25	1.20	1.15
	洪水运行	1.20	1.15	1.10	1.05
	特殊运行	1.10	1.05	1.05	1.05

注：分析评价现状坝体稳定性时坝坡抗滑稳定最小安全系数宜根据现状总库容及现状坝高确定坝的级别。

9.3.6 国内对 III 级~V 级堆积坝的动力稳定性评价通常采用拟静力法进行计算，此法国国内应用的比较多，有比较多的工程实例。对 I、II 级堆积坝的动力稳定性分析通常还采用二维或三维有限元方法进行计算分析。不过目前国内还没有统一的计算模型。但比较公认的是，二维或三维有限元动力稳定性分析的计算单元多，影响坝体稳定性因素考虑的也比较多，输入的地震曲线也考虑了其相似性，比拟静力法计算提高了一步。本规程根据国内许多专家的意见，将要求采用有限元法进行动力分析的坝的等级也从 II 级改为 III 级。

9.3.14 坝坡稳定性分析主要包括抗剪强度、计算方法和安全系数的选用等，而且彼此间有着相互联系，构成相当复杂的各种情况，因此需要结合静力分析的应力场、变形场和动力分析中的残余变形、有效应力场、孔压比、液化区域和塑性区范围等并进行相关已建工程判断。

9.3.16 坝坡的稳定性分析具有复杂性、不确定性，岩土体的特殊性和不同地区的差异性，同时也收到地下水渗流作用的影响，因此，坝坡稳定性分析也有多种不同的计算方法。从目前的计算方法来看，有限元法可作为一种更加严密的理论体系用于稳定性分析，这种方法可以不受几何形状的不规则和材料的不均匀的限制，能满足静力、应力相容和应力-应变、复杂本构关系，是比较理想的分析坝坡稳定性的手段。但是，作为稳定性

计算得到的结果是评价稳定性的控制性参数,本规程给出了可以判定稳定性的2个参数,即:

1 极限平缓的稳定性系数主要是参照边坡的稳定性,但这里要依据工业废渣堆场的等别、坝坡失稳的危害程度确定坝坡的级别,对应边坡的稳定安全系数进行稳定性评价;

2 本规程根据有限元计算结果,首先,以有限元数值计算的收敛性作为判据,有限元数值计算的原理归根结底是求解一个非线性代数方程,求解的非线性代数方程无法找到一个即满足应力-应变和强度准则的解又满足静力平衡的解,即方程无解,此时从力和位移的收敛标准来看,有限元计算均不能收敛,即处于极限坡环的潜在破裂面上的位移和塑性应变将产生突变,不再是一个定值,因此,将有限元计算是否收敛作为坝坡坡环的依据。

9.3.19 对防渗方式和不同长度条件下渗流场地下水等势线的分布情况和渗流要素的变化规律进行分析计算时,同时需根据已有的地勘资料,对坝基及下游地层进行渗透变形分析计算,提出允许坡降,选择经济可靠的垂直防渗措施的合理长度。

9.3.20 除了坝坡稳定性设计外,渗透比降也是其渗流压力的安全评价的重要指标,复核工程有关部位实际(包含推算至未来高水位情况)的渗透比降,与其允许值相比较,并结合工程的具体特点和运行工况等做全面论证。

9.4 边坡稳定性分析

9.4.2 本条强调“边坡的稳定性按评价重点是确定边坡破坏模式,不同的边坡有不同的破坏模式。如果破坏模式选错,计算结果就不能真实反映边坡的稳定性,所以边坡的破坏模式是正确评价边坡稳定性的关键。鉴于影响边坡稳定性的不确定因素很多,故本条建议用采用极限平衡法,对岩质边坡要结合极射赤平投影法、实体比例投影法综合分析。对于高度大于30m的岩质边坡建议进行数值模拟分析法分析等多种方法进行综合评价。

9.4.4 本条对边坡稳定性计算采用的强度指标确定需根据原位测试、室内试验、反演计算,并结合当地工程经验综合确定,这是岩土工程的区域性和特殊性对边坡的稳定性起到很重要的作用。当边坡存在多个软弱结构面或潜在破裂面对边坡的稳定性都有控制作用时,需对所有对边坡稳定性有控制作用的软弱结构面或潜在破裂面进行稳定性计算,找出最不利的结构面或多个潜在破裂面,对边坡进行有效治理。

9.5 场地地基岩土特性评价

本节规定都是针对各勘察阶段的岩土工程分析评价,每阶段对分析评价的程度要求是不同的。在可行性研究阶段多为定性或半定量的分析,在详细勘察阶段则多数为定量

的、准确的评价。对不同的场地条件和不同类别的工程，所列的内容是应各有侧重的，岩土工程师应准确地把握。

9.5.4 排洪隧洞埋深大于 500m、高地应力分布区或穿过坚硬岩地层施工时会产生岩爆的可能，建议开展地应力测试，并进行高地应力评价。

9.5.7 应根据试验成果、质量技术指标或工程设计要求进行材料质量评价；应根据料场地貌、地形、地质、水文地质条件，对料场开采技术条件、采场边坡、周围环境的影响进行分析评价。

9.6 环境影响分析

9.6.1~9.6.3 现状工业废渣总体利用率不高，因其受选矿等工艺的限制，重金属、有害物质不能彻底分离或进行无害化处理，同时收购使用价值不大，所以大部分企业依旧选用简单的填埋法。工业废渣含有有害的重金属元素、有毒有害的添加剂、淋滤液、渗滤液、扬尘、废气等，污染地表水、地下水、土壤、大气，在这类情况下，怎样做好工业固废处理，就是社会发展关心的聚焦点了。毕竟如果应急处理不恰当，就会引发环境污染，对地球的生态环境和每个人身体健康都是具有危害性的，而且还会进到恶性循环。因此针对不同类型的工业废渣的有害组分分析其对环境的影响，保护我们人类共同赖以生产的自然环境是很重要的。

9.7 成果报告编制

9.7.1、9.7.2 原始资料是岩土工程分析评价和编写岩土工程勘察报告的基础，故要求重视和加强对原始资料的整理。检查和分析是保证勘察文件编制工作和成品报告质量的基本条件，因此，本条强调了勘察文件的编制所依据的原始资料的重要性，只有在确定原始资料准确、完善的前提下，才能使勘察文件做到资料齐全、论证有据、评价正确、建议合理。

10 岩土工程设计

10.1 一般规定

10.1.1 岩土工程设计前收集的资料还包括堆场及周边的地形资料、周边环境资料、堆场的设计资料、结构特点、当地法规、标准及施工条件。

10.1.2 荷载值等于其标准值乘以荷载分项系数。在地基基础设计中，作用在基础上的各类荷载及其取值方法，可按下列各项规定或做法选取。

1 上部结构作用在基础上的永久荷载，其分项系数为1.2，而可变荷载的分项系数为1.4，当采用某些结构分析程序进行电算时，可取永久荷载和可变荷载的综合分项系数

为1.25;

2 按地基承载力确定基础面积及埋深时,传至基础顶面上的荷载应按标准组合的设计值计算;

3 计算地基、滑坡和挡土墙的稳定性和重力式挡土墙上土压力时,荷载应按基本组合,但荷载分项系数均为1.0;

4 计算基础的最终沉降量时,传至基础底面上的荷载应按长期效应组合,且不计入风荷载和地震作用,荷载采用标准值;

5 进行基础截面及配筋计算时,荷载均采用基本组合的效应设计值;

6 设计钢筋混凝土挡土墙结构时,剩余下滑力、土压力应按荷载基本组合的效应设计值计算,且所取分项系数不小于1.2。

10.1.3 勘察成果是坝基设计的基础,由于岩土工程具有特殊性和复杂性,设计时需对现场进行调查,以及当地地区经验,综合分析地质环境条件,并对坝基的稳定性和渗透变形进行验算,根据堆场的地形地貌、地质条件综合分析坝基渗漏、绕坝渗漏、库区渗漏和邻谷渗流,确定渗透变形模式。

10.1.6 地基是否需要进行处理,不仅与地基软弱程度有关,还与建筑物的性质、重要程度有关。建筑物很重要,对地基稳定和变形的要求很高,即便地基土的性质不很软弱,可能也要求对地基进行处理;相反,建筑物重要性低,对地基的要求不高,即便地基土比较软弱,也可能不必进行地基处理。地基处理是一个需要综合考虑岩土的特性和建筑物性质及重要程度的复杂问题。大量工程实例证,采用加强建筑物上部结构刚度和承载能力的方法,能减少地基的不均匀变形,取得较好的技术经济效果。因此,在选择地基处理方案时,应同时考虑上部结构、基础和地基的共同作用,尽量选用加强上部结构和处理地基相结合的整治方案,这样既可降低地基处理费用,又可收到满意的效果。

10.2 坝基岩土工程设计

10.2.1 坝基处理不仅是满足地基承载力和变形要求,还需满足静力和动力稳定、变形、渗透稳定和渗流量等控制因素的要求。

10.2.2 当坝基中分布有软土、膨胀土、盐渍土等特殊土,岩溶、断层、破碎带发育地段,透水性强或有软弱夹层的基岩分布地段等不良地质作用,场区附近存在井、洞等情况,或设计有特殊要求时,需进行地基处理专项岩土工程设计,确保地基满足设计要求。

10.2.3 坝基防渗处理措施需与坝体及防渗结构形成完整整体,能够起到很好的防渗效果,同时也便于工程同时施工,符合环保项目建设三同时要求。

10.3 渗流计算与防渗设计

10.3.2 工业固体废渣堆积坝作为均质坝是近似的，实际上沿冲积坡向内渗透性逐渐减小，又因垂直渗透性较水平方向渗透性小，一般采用平面渗流计算公式计算。更精确结果可以通过采用二维或三维数值分析方法或渗流模拟试验解决。

在二维稳定流场计算中，设水流运动符合达西定律：

$$V_x = -K_x \frac{\partial H}{\partial x} \quad (10.3.2-1)$$

$$V_y = -K_y \frac{\partial H}{\partial y} \quad (10.3.2-2)$$

式中： V_x 、 V_y 分别是在 x 、 y 方向上的渗透速度。 K_x 、 K_y 分别是在 x 、 y 方向上的渗透系数。 H 为水头值函数。

$$H = Z + P / \gamma_w \quad (10.3.2-3)$$

其中： Z 为所讨论点相对于基准线的高度。 P 为该处水压力。 γ_w 为水容重。

根据稳定条件可得到关于水头值 H 的准调和微分方程式：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + Q = 0 \quad (10.3.2-4)$$

式中： Q 为产生水的速率。

关于水头 H 的边界条件有：

$$H(x, y) |_{B_1} = H_0(x, y) \quad (10.3.2-5)$$

$$K_n \frac{\partial H}{\partial n} |_{B_2} = q(x, y) \quad (10.3.2-6)$$

式中： n 表示边界的法线方向，(10.3.2-5)式表示边界 B_1 上的水头值已知，(10.3.2-6)式表示边界 B_2 上的流量已知。

关于采用有限元法求解上述渗流场问题的方法，在许多有关文献上都有叙述，这里不再列出。采用有限元法可以得到计算剖面的浸润线，然后在浸润线的出逸点及其以下部位验算其水力坡度是否满足要求。对于尾矿坝在浸润线以下土体受力状态，当浮容重 γ' 与渗透力 $\gamma_w J$ 的合力克服摩擦阻力时，开始产生渗流失稳，若渗流流线与水平面之间的夹角为 θ ，坝坡坡角为 β ，故可写出斜坡表面单位土体的力的极限平衡方程式为：

$$\gamma' \sin \beta + \gamma_w J_c \cos(\beta - \theta) = [\gamma' \cos \beta - \gamma_w J_c \sin(\beta - \theta)] \tan \phi \quad (10.3.2-7)$$

式中： γ' 为尾矿土的浮容重， γ_w 为水的容重， ϕ 为尾矿土的内摩擦角， J_c 为临界坡降。在浸润线与坝坡的交点处，由于浸润线与坝坡相切，既流线平行于坝坡向下， $\theta = \beta$ ，故得临界坡降 J_c 为：

$$J_c = \frac{\gamma'}{\gamma_w} \cos \beta (\tan \phi - \tan \beta) \quad (10.3.2-8)$$

而渗流坡降 J 应小于允许渗流坡降 J_y ，在渗流出逸点以下部位，流线沿着坡面，因此 $J = \sin \beta$ ，而 J_y 按下式计算：

$$J_y = \frac{J_c}{F_s} \quad (10.3.2-9)$$

式中 F_s 为渗透安全系数，查得 I、II 级尾矿库的渗透安全系数为 2.5，即有：

$$J_y = 0.4 J_c = \frac{\gamma'}{2.5 \gamma_w} \cos \beta (\tan \phi - \tan \beta) \quad (10.3.2-10)$$

如果在浸润线的出逸点以下部分都满足水力坡降：

$$J < J_y \quad (10.3.2-11)$$

则认为满足渗透稳定性的要求，反之则不满足要求。因沿坡面有：

$$J = \sin \beta \quad (10.3.2-12)$$

联立式 (10.3.2-10)、式 (10.3.2-11) 和式 (10.3.2-12) 可得到：

$$\tan \beta < \frac{t}{1+t} \tan \phi \quad (10.3.2-13)$$

令 $t = \frac{\gamma'}{2.5 \gamma_w}$ ，即如果上式成立，就能够满足渗透稳定性的要求。

10.3.4 坝坡浸润线受堆存方式、降水、地震、库区渗漏、绕坝渗漏等因素的影响，需要综合进行分析确定浸润线。

10.3.5 对防渗方式和不同长度条件下渗流场地下水等势线的分布情况和渗流要素的变化规律进行分析计算。同时根据已有的地勘资料，对坝基及下游地层进行渗透变形分析计算，提出允许坡降，选择经济可靠的垂直防渗措施的合理长度。

10.3.6~10.3.8 堆存一般固体废物的渣场的防渗需符合现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599和相关法规的有关规定。一般工业固体废物又划分为第 I 类一般工业固体废物和第 II 类一般工业固体废物，一般工业固体废物贮存场和填埋场又分为 I 类场、II 类场，本规程的废渣堆场也按此进行划分堆成类别进行渗流计算和防渗设计。

10.3.9 与废渣相比，土工材料界面抗剪强度较低，是废渣堆体稳定的薄弱环节。根据美国规范、欧洲规范以及现有研究成果，确定土工材料界面抗剪强度指标的方法主要有两种，对于正应力较大的土工材料界面，为获得残余强度，应采用具有剪切位移达到 100mm 的大尺寸界面直剪仪；对于正应力较小的封场覆盖系统可采用斜坡试验。土工合成材料因生产厂家、生产工艺、种类及在现场应用条件不同，其强度指标差距较大，因

此条文要求一级、二级垃圾堆体边坡采用试验方法确定土工材料界面抗剪强度指标，三级垃圾堆体边坡可采用工程类比确定抗剪强度指标。表10.3.9-1列出了土工材料界面参数的取值范围，供设计人员参考采用，其中：①无经验时取表中的低值；②封场覆盖系统，摩擦角宜取高值；③当GCL水化时，土工膜/GCL界面摩擦角和黏聚力均应取低值。如果土工材料种类和材质已经确定，还可参考Koerner和Narejo（2005）的总结成果，如表10.3.9-2所示。

表10.3.9-1 各种典型土工材料界面的抗剪强度指标取值范围

界面类型	峰值强度指标		残余强度指标	
	有效摩擦角 φ_p' (°)	有效黏聚力 c_p' (kPa)	有效摩擦角 φ_r' (°)	有效黏聚力 c_r' (kPa)
光滑土工膜/土工织物	9~11	0	7~8	0
粗造土工膜/土工织物	20~30	0~5	12~15	0~2
光滑土工膜/黏土	9~12	2	7~9	1
粗造土工膜/黏土	22~32	0~20	12~18	0~10
光滑土工膜/GCL	9~10	0	8~9	0
粗造土工膜/GCL	22~32	0~5	9~16	0
土工织物/土工网	12~27	0	10~14	0
土工织物/土工织物	15~20	0~2	9~12	0~1

表10.3.9-2 土工材料界面剪切强度汇总表（Koerner and Narejo, 2005）

界面材料 1	界面材料 2	峰值强度指标				残余强度指标			
		φ_p' (°)	c_p' (kPa)	试验数	R ²	φ_r' (°)	c_r' (kPa)	试验数	R ²
光面 HDPE	砂性土	21	0.0	162	0.93	17	0.0	128	0.92
光面 HDPE	非饱和黏性土	11	7.0	79	0.94	11	0.0	59	0.95
光面 HDPE	无纺针刺土工布	11	0.0	149	0.93	9	0.0	82	0.96
光面 HDPE	土工网	11	0.0	196	0.90	9	0.0	118	0.93
光面 HDPE	土工复合排水网	15	0.0	36	0.97	12	0.0	30	0.93
光面 HDPE	砂性土	34	0.0	251	0.98	31	0.0	239	0.96
光面 HDPE	非饱和黏性土	19	23.0	62	0.91	22	0.0	35	0.93
光面 HDPE	无纺针刺土工布	25	8.0	254	0.96	17	0.0	217	0.95
光面 HDPE	土工网	13	0.0	31	0.99	10	0.0	27	0.99
光面 HDPE	土工复合排水网	26	0.0	168	0.95	15	0.0	164	0.94
光面 HDPE	无纺土工布 GCL	23	8.0	180	0.95	13	0.0	157	0.90
光面 HDPE	纺织土工布 GCL	18	11.0	196	0.96	12	0.0	153	0.92
光面 LLDPE	砂性土	27	0.0	6	1.00	24	0.0	9	1.00
光面 LLDPE	黏性土	11	12.4	12	0.94	12	3.7	9	0.93
光面 LLDPE	无纺针刺土工布	10	0.0	23	0.63	9	0.0	23	0.49
光面 LLDPE	土工网	11	0.0	9	0.99	10	0.0	9	1.00
光面 LLDPE	砂性土	26	7.7	12	0.95	25	6.2	12	0.95
光面 LLDPE	黏性土	21	6.8	12	1.00	13	7.0	9	0.98
光面 LLDPE	无纺针刺土工布	26	8.1	9	1.00	17	9.5	9	0.96
光面 LLDPE	土工网	15	3.6	6	0.97	11	0.0	6	0.98
光面 PVC	砂性土	26	0.4	6	0.99	19	0.0	6	0.99

界面材料 1	界面材料 2	峰值强度指标				残余强度指标			
		φ_p' (°)	c_p' (kPa)	试验数	R^2	φ_r' (°)	c_r' (kPa)	试验数	R^2
光面 PVC	黏性土	22	0.9	11	0.88	15	0.0	9	0.95
光面 PVC	无纺针刺土工布	20	0.0	89	0.91	16	0.0	83	0.74
光面 PVC	无纺热胶土工布	18	0.0	3	1.11	12	0.1	3	1.00
光面 PVC	纺织型土工布	17	0.0	6	0.54	7	0.0	6	0.93
光面 PVC	土工网	18	0.1	3	1.00	16	0.6	3	1.00
毛面 PVC	无纺针刺土工布	27	0.2	26	0.95	23	0.0	26	0.95
毛面 PVC	无纺热胶土工布	30	0.0	8	0.97	27	0.0	8	0.90
毛面 PVC	纺织型土工布	15	0.0	6	0.78	10	0.0	6	0.76
毛面 PVC	土工网	25	0.0	11	1.00	19	0.0	11	0.99
毛面 PVC	土工复合排水网	27	1.1	5	1.00	22	5.7	6	1.00
加筋型 GCL	GCL 内部强度	16	38.0	406	0.85	6	12.0	182	0.91
土工网	无纺针刺土工布	23	0.0	52	0.97	16	0.0	32	0.97
砂性土	无纺针刺土工布	33	0.0	290	0.97	33	0.0	117	0.96
砂性土	无纺热胶土工布	28	0.0	6	0.99	16	0.0	6	0.91
砂性土	纺织型土工布	32	0.0	81	0.99	29	0.0	28	0.98
砂性土	土工复合排水网	27	14.0	14	0.86	21	8.0	10	0.92
黏性土	无纺针刺土工布	30	5.0	79	0.96	21	0.0	28	0.79
黏性土	无纺热胶土工布	29	0.9	15	0.71	10	0.0	15	0.83
黏性土	纺织型土工布	29	0.0	34	0.94	19	0.0	16	0.86

10.3.11 土工材料界面的抗剪强度一般具有应变软化特征，因此根据现场剪切位移可能发生的大小，分别规定了峰值抗剪强度指标及残余抗剪强度指标，可以参照表10.3.9-1取值。计算公式引自《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》CJJ 176。

10.4 地质灾害与边坡治理设计

10.4.1 对工业废渣堆场安全有影响的边坡及地质灾害存在时，将威胁堆场的安全运营，对这些边坡和地质灾害需要进行治理，按照治理工程程序进行设计、审查、施工、验收，目的是依据充分、治理可靠。确保生命财产和环境安全。

对于水文地质条件复杂的工程，地质灾害与边坡治理工程设计工作要针对具体情况，做好地下水及地表水的疏排、截排工作，可靠消除地下水及地表水可能产生的不利影响。废渣堆场地下水位壅高会导致坝体浸润线太高，会降低堆积坝的稳定性，对废渣堆场的安全有较大的影响。

10.4.3 本条明确了滑坡和泥石流地质灾害治理工程设计按照现行国家标准《滑坡防治设计规范》CB/T 38509 和《泥石流灾害防治工程设计规范》DZ/T 0239 进行。

10.4.4 工业废渣堆场边坡治理根据堆场的等别及边坡失稳后的危害确定边坡的安全等级，本规程建议按《边坡工程勘察规范》YS/T5230 划分边坡稳定安全系数。

10.5 隐患治理设计

10.5.1~10.5.6 工业废渣堆场自身及堆场周边出现隐患会危及工业废渣堆安全和正常运营，甚至会造成一定的事故和重大环境影响，隐患治理遵循治早、治小的原则，尽早查明原因开展治理工作非常重要。工业废渣堆场出现下列隐患情况时，需立即对隐患进行隐患分析和方案论证，开展治理设计，采取相应的治理措施治理，确保工业废渣堆场的稳定、安全。

- 1 初期坝坝趾出现渗漏涌砂；
- 2 废渣堆积坝坝体、坝坡出现漏砂、管涌、流土等现象；
- 3 废渣堆积坝坝体、坝坡出现冲沟、裂缝、塌坑、滑动迹象；
- 4 浸润线埋深小于临界浸润线，出现渗透水高位出逸；
- 5 正在使用的排水井倒塌，或排水管、排水洞等坍塌堵塞；
- 6 场内水位超过警戒水位、渗漏，且安全超高和最小干滩长度不满足设计要求；库岸边坡不稳定；
- 7 其他危及坝体稳定性的现象。

工业废渣堆场的隐患治理需结合废渣堆场的特点、性质，隐患类型、规模、性质、产生原因及危害程度，在隐患分析和方案比选的基础上开展有针对性的治理设计，并进行针对废渣堆场的特性、隐患产生的原因、安全性和环境影响进行技术经济论证后及时采取工程治理措施进行隐患治理。

11 岩土工程施工

11.1 一般规定

11.1.1 工程勘察是查明场地或地区的工程地质条件和不良地质，以及影响工程安全和环境保护的地质问题，为工程设计、岩土施工提供地质、水文等资料；完整的勘察设计资料是进行岩土施工必要前提依据；工程建设中需遵循“先勘察，后设计、再施工”，这是一项必须遵守的工程建设程序，也是国家一再强调的十分重要的基本政策。岩土工程施工是对岩土体利用、整治和改造的技术实施，是一项工艺技术性很强的工作，岩土工程施工水平是社会文明和科学技术水平的综合体现，施工中依据施工图设计文件，需遵循安全、技术、经济、质量、节能环保。

11.1.2 工业废渣堆场岩土工程施工前要完成现场调查研究工作，了解当地施工经验和施工条件，调查场地邻近建筑、地下工程、管线和周边环境、交通等情况，以便施工时采取必要的保护措施。

11.1.3 施工组织设计方案内容一般包括工程概况、编制依据、施工计划、施工工艺技术、施工质量保证和施工质量控制内容、施工安全保证措施、文明施工、施工管理及作

业人员配备和分工、验收要求、应急处置措施，计算书及相应施工图纸。

11.1.4 对应力集中、防渗、安全要求高的超高边坡、隧道井巷工程、人工挖孔桩基等符合危大工程的设施及超过一定规模危险性较大的分部分项工程施工前需编制专项施工方案，并进行专家论证。

11.1.5 工业废渣堆场的岩土工程施工应该采取信息化施工，充分利用施工中在现场获取的地下水位、水质、岩土体的特性及变形、土压力等地质情况和监测数据，对地质结论、设计参数进行验证，对施工安全性进行判断，并及时修正施工方法和工艺流程，一方面可以保证施工安全，另一方面可以优化设计，使设计更加合理。

11.1.6 施工试验是施工前期的一项重要工作，是确定所选机械设备型号，验证、修正设计技术指标和施工工艺参数，提出有关质量控制技术要求和检验方法，制定有关施工技术措施的重要依据。施工试验一般有土料、砂砾料及石料的碾压试验；石料场的爆破试验；坝料加工试验；黏性土料含水量调整试验以及混凝土防渗墙、基础灌浆、震动水冲和砂井加固坝基、减压排水井和其他施工试验工作。

11.1.8 岩土工程施工属于隐蔽工程，又是经验性很强的技术工作，根据场地地质资料以及建筑物的地基要求进行设计，在现场实施中仍有许多与场地条件和设计要求不符合的情况；每一道工序都需进行质量控制，包括基础施工要进行验槽，地基持力层的承载力，以及各分项工程的质量均需按设计要求进行检测，检测达不到设计要求的需返工处理，直至满足设计要求。

11.2 地基处理工程

11.2.2 处理后的地基应满足建构筑物承载力、变形和稳定性、有效加固深度、均匀性等进行评价；稳定性、承载力、变形计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007中的有关规定。

11.2.3 处理后的地基应对其承载力、均匀性、加固效果进行检验；对于复合地基，还应对增强体的质量进行检验，需要时可采用钻芯取样对增强体强度进行复核。

11.2.4 地基处理施工结束后，可按工程的要求进行对处理后的地基工程质量检验验收；复合地基承载力一般通过载荷试验检验，每个单体工程不得少于3点；有充分试验论据及地区建筑经验时，也可以采用标准贯入试验、圆锥动力触探试验或静力触探试验等方法。换填分层压实施工的质量应使换填地基达到设计要求的密实度或压实系数，对于粉质黏土、灰土和砂石换填处理地基的施工质量检验可采用环刀法、静力触探、轻型动力触探或标准贯入试验等方法；对于砂石、矿渣换填处理地基可采用重型动力触探试验等。压实系数也可采用灌砂法、灌水法等方法检验。对增强体的质量进行检验，需要时可采

用钻芯取样对增强体强度进行复核。

11.3 防渗工程

11.3.1 防渗主要是通过堵塞、加固或隔离等技术手段，防止液体渗入地下或临谷的方式，某些工业废渣堆场弃渣物内含对人体、生态环境不利的有害物质，施工时应严格按照防渗设计要求编制防渗施工方案，严防有害渗滤液对地下水及土壤等生态环境造成污染。

11.3.2 工业废渣堆场防渗工程施工前应根据工程所在地区自然地理条件、工程地质和水文地质条件及防渗设计及相关要求认真编制专项施工组织技术方案，其内容应该包含材料、机械设备、工序安排、施工进度计划、施工方法、施工质量、安全等要求。

11.3.3 防渗层的地基和垫层应保持平整、稳定；防渗体施工应均匀铺筑、平整，铺筑厚度应根据压实试验确定。防渗体铺筑应平行坝轴线均匀铺筑、平整；防渗体的碾压应沿轴线方向进行，不应垂直坝轴线方向碾压，如必须垂直坝线方向碾压时，需经专门施工技术论证。库区内防渗体的碾压施工自库头向库尾方向逐级均匀推进，铺盖纵横向接缝的接合坡度不应陡于 1:3，与岸坡之接合坡度应符合设计规定；对死角部位或需保持的区域应采用羊足碾压，严防止欠压、漏压。施工过程中，对已成形的铺盖应加强维护，避免大面积挖填作业，压实机械及其他重型机械在已铺盖压实土层上行驶时，不宜来往同走一辙。防渗铺盖完成后应及时铺设防冲刷、冻结和干裂保护措施，其厚度与材料应符合设计规定。

11.3.4 对利用天然黏土层进行人工改良作为防渗体时，改良后的地层不仅渗透性要满足设计提出的防渗要求，且其地基承载力、拉伸变形破坏、稳定性等也要满足设计要求。

11.3.6、11.3.7 工业废渣堆场在施工完毕后应保存施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告、过程记录。采用高密度聚乙烯膜作为人工合成材料衬层的废渣堆场还要提交人工防渗衬层完整性检测报告。上述材料连同施工质量保证书整理后作为竣工验收的依据。

11.4 地质灾害与坝坡治理工程

11.4.2 施工现场办公及生活等临时设施布设不当可能会受地质灾害的危害，建议避开山洪、泥石流、坍塌及滑坡等地质灾害威胁范围和低洼积水区域，以及高压电线、水源保护区、水库泄洪区、病险工业废渣库下游地段、强风口和危房等影响范围，以及避免危险化学品、易燃易爆物、强噪声等对临时用房住地人员的影响的区域。

11.4.3 地质灾害与坝坡治理工程属于隐患治理工程，存在较大灾害隐患，所以在施工中需要严格按施工工序进行施工，不得随意改变施工工序，否则会加剧隐患的风险；治理工程也是以岩土工程为主，大多属于隐蔽工程，应在各分布分项工程施工完工后及时

进行检查验收转入下一道工序，如，抗滑桩桩孔成孔后就需及时验槽、验收，及时浇筑，确保成桩质量，并做好施工记录，每道工序完工后都需要进行检查、验收合格后方可进行下一道工序的施工。

11.4.4 作为地质灾害与坝坡治理工程需再次对治理工程的危险源和重要环境因素进行识别，同时在施工期间也要进行巡察、监测，制定有针对性的切实可行的安全风险控制措施，确保施工和周边环境安全，对顺利安全完成地质灾害和坝坡治理起到很重要的作用。

11.4.5 治理地质灾害体和坝坡的施工过程中要严格控制对地质灾害和坝坡稳定有影响的因素、环节和施工工序。如，不能在滑坡前缘大面积开挖、不能在灾害体和坝坡上大面积堆载、施工用水随意排放等都会影响到地质灾害体和坝坡的稳定，甚至由于治理工程施工反而降低了地质灾害体和坝坡稳定性，导致治理工程达不到预期目的，甚至还加大风险。

11.1.7 滑坡是一种复杂的地质灾害作用，滑坡治理抗滑桩施工中有可能导致滑体不稳定，因此根据施工现场的反馈信息应采用动态设计和信息法施工是必要的，本条文提出的几点要求，也是工程经验总结。

11.4.8 治理工程施工扰动会对地质灾害和坝坡的稳定性产生不利影响，需开展治理施工过程中的时时地质灾害等变形监测工作，制定防控措施。

11.5 隐患应急治理

当工业废渣堆场出现漏砂、管涌、流土、裂缝、坍塌、滑坡、浸润线快速升高、场内水位超警戒水位、场内渗漏、排水管（涵、洞）坍塌堵塞和渗漏、堆场岸坡失稳滑坡危及堆场安全运行的重大险情时，生产经营单位需停产启动应急预案，进行抢险。坝体洪水漫顶出现预警时，采取抢筑子堤和应急排洪等应急处置措施进行处置，抢筑子堤高度需满足防止洪水漫顶的要求，可以采用土袋筑坝或木板、埽捆子堤筑坝等方法；应急排洪可采取打开已封堵的斜槽盖板、排水井窗口或排水井拱板等，增加进水口泄流能力，降低库内水位。打开已建好的非常溢洪道或临时抢开非常溢洪道时，禁止任意在坝顶上开沟泄洪，这样会危及坝体的稳定。

12 检测与监测

12.1 一般规定

12.1.1 废渣堆场运行过程中，存在溃坝和渗漏的危险，既有可能造成重大人员伤亡，也可能对下游河流、农田等造成严重环境污染。时有发生废渣堆场安全事故给人民生

命财产和生态环境造成巨大的损失。因此废渣堆场设置监测设施意义重大，提前发现异常和隐患，及时采取相应的对策措施，遏制重特大事故的发生。

12.1.2 废渣堆场的监测包含安全和环保的监测，监测项目一般包含坝体位移、渗流、干滩、库水位、降水量、地下水、以及岸坡不良地质监测等。具体需要哪些监测项目，应根据堆场的规模、堆场设施、污染物排放状况及对周边环境质量的影响确定，并有针对性的选用适宜的观测手段。

12.1.3 每次监测工作完成后应对取样结果进行检测，对监测数据进行整理、分析和存档，对监测点的异常情况进行判断，保证监测结果的时效性。

12.1.6 工业废渣在线监测系统建议按照现行国家标准《尾矿库在线安全监测系统工程技术规程》GB 51108 的有关规定进行布设和监测。

12.2 检 测

12.2.2、12.2.3 工业废渣属于一般工业固体废物，需按《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598 和《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB 18599 的有关规定，对废渣的物质组成、比重、浓度、粒度、含水率及碾压后的压实度、有机质含量、水溶性盐总量、浸出液中有害成分浓度、PH 值等进行检测，并达标排放、处置。

12.3 人工监测（巡查）

12.3.1 现场巡查要根据堆场的具体情况和特点，明确巡查内容，坝体检查包括坝体轮廓、尺寸、变形、贯穿性横向裂缝、管涌、坡面沼泽化、坝体浸润线等；排洪设施检查包括排洪系统不能排水或排水能力急剧下降、排水井显著倾斜等；堆场区及周边环境检查包括影响堆场安全的违章爆破、违章取水，未经批准的外来尾矿、废石、废水和废弃物排放，放牧和开垦等。

12.3.2 每次巡查应做详细记录，重点部位应绘制草图、拍照、录像。

12.3.3 现场巡查周期可根据堆场的运行情况和对堆场不利因素进行调整。

12.4 位移变形监测

12.4.1~12.4.3 坝体位移变形监测包含初期坝、堆积坝、拦污坝、挡水坝的坝体表面位移和内部位移。

地质条件变化较大的地段是指工程地质勘察报告中描述的地质条件复杂的地段。堆场运行有异常反应处是指堆场运行过程中出现的坝体表面裂缝、剥落、滑坡、隆起、塌坑、渗流出逸的地方。

12.5 浸润线与渗流监测

12.5.1 渗流异常是指堆积坝的渗流状况不符合设计文件要求。

12.5.2 渗流监测要监测渗流量和浑浊度，并对水质进行检测，当流量和水质发生变化应加强监测，分析原因。

12.6 环境监测

12.6.4 环境监测主要是水环境监测，而地下水是主要监测对象，监测井数量、位置是根据环境影响评价结论和《地下水环境监测技术规范》(HJ 164-2020)进行布设，地下水按照《地下水环境监测技术规范》(HJ 164-2020)，最少布设 5 个监测点。

- 1 对照监测点布设 1 个，设置在废渣堆场影响区上游边界；
- 2 污染扩散监测点不少于 3 个，地下水下游及两侧的监测点均不得少于 1 个；
- 3 废渣堆场下游 30m~50m 设 1 个监测点，以评价废渣堆场对地下水的影响。

其次是地表水监测，地表水按照《地表水环境质量监测技术规范》(HJ91.2-2022)，最少布设 2 个监测断面。

- 1 背景断面 1 个，设在未受废渣堆场区域污染的上游河段；
- 2 控制断面最少 1 个，用来反映废渣堆场排污区（口）排放的污水对水质的影响，设置在废渣堆场排污区（口）的下游，污水与河水基本混匀处。