

云南省工程建设地方标准

DB

DBJ 53/T—XXX—2026

## 盾构法电缆隧道工程设计标准

Standard for design of shield cables tunnel engineering

(征求意见稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

云南省住房和城乡建设厅 发布



云南省工程建设地方标准

# 盾构法电缆隧道工程设计标准

Standard for design of shield cables tunnel engineering

DBJ 53/T—XXX—2026

主编单位：中铁四院集团西南勘察设计有限公司

云南电网有限责任公司昆明供电局

云南省市政工程协会

批准单位：云南省住房和城乡建设厅

施行日期：2026年X月X日

XX 出版集团

XXXXX 出版社

2025 昆明



# 前 言

根据《云南省住房和城乡建设厅关于印发 2023 年工程建设地方标准编制计划的通知》的要求，规范编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考现行国家、行业标准，充分考虑盾构法电缆隧道的特点，编制本标准。

本标准共分 13 章，主要技术内容包括：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 盾构隧道总体设计；5. 设计荷载；6. 管片结构计算；7. 管片构造；8. 防水防腐设计；9. 地层加固及施工辅助措施；10. 附属结构设计；11. 周边环境及风险控制；12. 附属设施设计；13. 工程监测。

本规程由云南省住房和城乡建设厅负责管理，由中铁四院集团西南勘察设计有限公司负责具体技术内容的解释。请各单位在执行过程中，结合工程实践，不断积累经验和资料，并将意见和建议寄送至中铁四院集团西南勘察设计有限公司技术中心（地址：云南省昆明市官渡街道办事处官渡镇广福路 5349 号银海樱花语幸福广场 F 幢，邮编：650206，E-mail: 004897@crfsdi.com）以供今后修订时参考。

**本标准主编单位：** 中铁四院集团西南勘察设计有限公司  
云南电网有限责任公司昆明供电局  
云南省市政工程协会

**本标准参编单位（排名不分先后）：**  
中铁十六局集团有限公司  
中铁十一局集团有限公司  
中铁二十一局集团有限公司  
昆明供电设计院有限责任公司

主要起草人：

主要审查人：

# 目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本规定	4
3.1	一般规定	4
3.2	工程材料	4
3.3	耐久性设计	6
3.4	盾构选型	6
4	盾构隧道总体设计	8
4.1	一般规定	8
4.2	隧道横断面	8
4.3	隧道平面	8
4.4	隧道纵断面	9
5	设计荷载	11
5.1	荷载分类及效应组合	11
5.2	设计荷载选取	12
6	管片结构计算	13
6.1	一般规定	13
6.2	结构内力计算	13
6.3	结构变形计算	14
6.4	结构抗浮验算	14
6.5	管片接头设计	15
6.6	抗震设计	17
7	管片构造	19
7.1	一般规定	19
7.2	管片构造要求	19
8	防水防腐设计	24
8.1	防水设计	24
8.2	防腐蚀设计	25
9	地层加固及施工辅助措施	26

9.1	一般规定 .....	26
9.2	壁后注浆加固 .....	26
9.3	洞内加固 .....	27
9.4	地面加固 .....	29
9.5	降水设计 .....	29
10	附属结构设计 .....	31
10.1	盾构井 .....	31
10.2	工作井 .....	32
10.3	附属结构建筑.....	34
10.4	电缆支架 .....	34
11	周边环境及风险控制 .....	36
11.1	一般规定 .....	36
11.2	周边环境调查.....	36
11.3	风险控制 .....	38
12	附属设施设计 .....	40
12.1	消防系统 .....	40
12.2	通风系统 .....	41
12.3	动力照明系统.....	43
12.4	监控与报警系统.....	45
12.5	给排水系统 .....	46
12.6	标识系统 .....	47
13	工程监测 .....	48
13.1	一般规定 .....	48
13.2	监测范围及项目 .....	49
13.3	监测布点及频率.....	49
13.4	监测控制值 .....	50
附录 A	工程周边环境调查样表.....	52
	本规程用词说明 .....	56
	引用标准名录 .....	57
	条文说明.....	59

# 1 总 则

1.0.1 为了适应城市电力电缆线网建设发展和电缆隧道设计需要，使电缆隧道设计符合安全可靠、技术先进、经济合理、环境保护的要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于市政领域的电力隧道工程，主要适用于敷设电压等级不大于500kV、隧道直径6m级以下的盾构法电缆隧道工程。

1.0.3 电缆隧道应符合电缆敷设、检修及运行维护要求，并具有必要的安全防控设施。

1.0.4 盾构法电缆隧道工程设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 电缆隧道 cable tunnel

容纳电缆、有供安装和巡视的通道、全封闭型的专用隧道。

### 2.0.2 围岩 surrounding rock

隧道工程开挖作业影响范围内的岩土体。

### 2.0.3 盾构法 shield

采用盾构主机和后配套设备实现全断面推进，在钢壳体保护下完成隧道掘进、出渣、管片拼装等作业的隧道修建方法。

### 2.0.4 盾构隧道 shield tunnel

采用盾构掘进并拼装预制管片衬砌的隧道。

### 2.0.5 盾构始发 shield launch

盾构开始掘进的施工过程。

### 2.0.6 盾构接收 shield arrival

盾构到达接收位置的施工过程。

### 2.0.7 管片 segment

组成盾构隧道衬砌结构的基本单元，抵抗盾构隧道外力的结构构件。是一种在工厂制作的板状钢筋混凝土、钢、铸铁或多种材料复合的预制构件。

### 2.0.8 标准环 standard ring

两侧环面平行的管片衬砌环。

### 2.0.9 楔形环 tapered ring

基于隧道最小转弯半径要求两侧环面考虑楔形量的管片衬砌环，也称转弯环。

### 2.0.10 楔形量 taper

楔形环最大环宽与最小环宽之差。

### 2.0.11 通用环 universal ring

一种通用的楔形环，可以通过该楔形环的不同旋转组合形成直线隧道和不同

半径的曲线隧道。

#### 2.0.12 盾构井 shield shaft

盾构组装、解体、调头、空推、吊运管片和输送渣土等使用的竖井，包括盾构始发井、盾构接收井等。

#### 2.0.13 工作井 working shaft

结合人员通行、电缆敷设及安装通风、动力照明、给排水、监控设备等在隧道纵向每隔一定距离设置的地下构筑物。

#### 2.0.14 附属设施 accessorial works

为隧道内电缆安全运行及维保提供保障的附属系统，主要包括：消防、通风、动力照明、通信、监控、报警、排水、标识系统等。

#### 2.0.15 集水井 sump pit

用来收集电缆隧道内部渗漏水、隧道冲洗用水及外部滴漏雨水等的构筑物。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

3.1.1 隧道设计应依据基础资料，根据不同设计阶段的任务、目的和要求，针对电缆隧道的特点和规模，确定搜集、调查基础资料的内容和范围，并进行调查、测绘、勘探和试验。基础资料齐全、准确，满足对应各阶段设计要求。

3.1.2 隧道工程开展各阶段设计前，必须按基本建设程序进行岩土工程勘察，勘察相关要求应满足《工程勘察通用规范》GB 55017 及《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定。

3.1.3 隧道设计应考虑隧道施工期和运维期对环境造成的不利影响，并应根据规划条件计及未来周边环境发生改变时对隧道结构的影响。

3.1.4 隧道及附属结构设计应采用以概率论为基础的极限状态法，并应在建设阶段和正常使用阶段分别对承载能力极限状态和正常使用极限状态进行验算。

3.1.5 盾构管片及盾构井、工作井等附属结构设计计算宜采用荷载结构模型，并采用弹性地基梁法模拟地层抗力效应；有可靠经验时也可采用地层结构模型进行计算。

3.1.6 电缆隧道的结构设计工作年限应为 100 年，耐火等级为一级。

3.1.7 隧道的耐久性应根据隧道结构的设计工作年限、隧道所处的环境类别及作用等级进行设计。隧道所处环境类别及作用等级应符合现行标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的规定。

3.1.8 电缆隧道主体及盾构井、工作井等附属结构的安全等级为一级，结构重要性系数不小于 1.1。

### 3.2 工程材料

3.2.1 工程材料应根据结构类型、受力条件、使用要求和所处环境选用，并符合

可靠性、耐久性和经济性的要求。

3.2.2 隧道的受力结构宜采用钢筋混凝土材料，也可采用优质结构钢材、球墨铸铁、型钢混凝土组合材料和钢纤维混凝土材料。

3.2.3 混凝土管片应采用防水混凝土，混凝土强度等级不应低于 C50，当采用双层管片衬砌结构时，二次衬砌混凝土强度等级不应低于 C35，尚应满足耐久性设计要求。

3.2.4 附属结构采用防水混凝土，强度等级除满足受力变形要求，尚应满足耐久性设计要求。

3.2.5 混凝土的材料性能设计参数应符合现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

3.2.6 防水混凝土不应采用高水化热水泥，宜掺入高效减水剂、粉煤灰或磨细矿渣，并按现行标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的规定控制水泥用量，限制水胶比，以及控制混凝土入模温度。

3.2.7 钢筋、预埋件的材料性能和设计参数应符合现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

3.2.8 钢筋材料性能应符合下列规定：

- 1 受力主筋宜采用 HRB400、HRB500 钢筋。
- 2 箍筋宜采用 HPB300、HRB400 钢筋。

3.2.9 进行抗震设计时，结构纵向受力钢筋材料性能尚应符合下列规定：

- 1 钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25。
- 2 钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于 1.30。
- 3 钢筋最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%。

3.2.10 型钢及螺栓的材料性能和设计参数应满足现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

3.2.11 钢材应为镇静钢，宜采用 Q235、Q355 或 Q390，其质量等级不应低于 B 级，其材质与材料应符合现行标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的规定。

- 1 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85。
- 2 钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于 20%。
- 3 钢材应有良好的焊接性和合格的冲击韧性。

### 3.3 耐久性设计

3.3.1 混凝土结构耐久性设计应包括以下内容：

- 1 明确隧道结构的设计工作年限、环境类别和环境作用等级。
- 2 提出对混凝土材料的耐久性基本要求。
- 3 确定构件中钢筋的混凝土保护层厚度。
- 4 提出构件的裂缝控制要求。
- 5 确定结构防水构造及防水材料要求。
- 6 提出结构所处环境条件下的耐久性技术措施。
- 7 提出结构施工阶段的养护及质量验收要求。
- 8 提出结构使用阶段的检测和维护要求。

3.3.2 盾构隧道内支架宜采用预埋件连接方式，不宜大量采用植筋和后锚固方式。

3.3.3 钢结构构件防腐蚀设计应符合现行标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的规定。钢管片与空气、土壤或地下水接触的部分及连接螺栓应进行长效防腐蚀处理。

3.3.4 结构混凝土耐久性设计应符合现行标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的规定。

### 3.4 盾构选型

3.4.1 盾构类型应根据工程地质与水文地质条件、周边环境、隧道设计方案，以及施工安全、环境保护和工期要求，并结合地区以往施工经验等因素综合确定。

3.4.2 当掘进区段地层较均匀且无地下水或含少量地下水、地层透水性较弱、地层以黏性土为主或隧道埋深较浅时，宜采用土压平衡盾构，并宜配备向开挖面添加泥浆或泡沫的设备。

3.4.3 当掘进区段地层及环境条件复杂、地层透水性较强或需要精确控制开挖面压力时，宜采用泥水平衡盾构。

3.4.4 当掘进区段内地层岩石和土层交互分布、开挖面地层强度或稳定性差异较大时，宜采用复合盾构。

3.4.5 当掘进区段存在长距离的卵石、圆砾、漂石等地层及岩土复合地层时，应为盾构配备有利于实施刀具维修、换刀、土体改良等措施的设备。特殊地段可配备部分常压背装式刀具、全断面超前注浆、超前探测、刀具监测等设备。

3.4.6 当掘进区段存在长距离的微风化花岗岩、砾石等坚硬岩质地层（饱和单轴抗压强度大于 70MPa）及复合岩石地层时，宜采用全断面隧道掘进机（TBM）或包含 TBM 的双模式掘进机，同时应配备有利于实施刀盘维修、换刀等措施的设备。

3.4.7 盾构法电缆隧道连续掘进长度较长，盾构选型时应注重针对盾构机刀具形状和布置、盾尾密封等参数进行方案对比研究，并结合工程地质、水文地质条件合理选用。同时应充分考虑盾构长距离循环作业的功效及施工风、水、电等辅助设备组织。

3.4.8 盾构机的选型应与隧道平面最小转弯半径相适应，充分考虑小曲线转弯时的隧道轴线偏差、整体侧移及较大地面沉降。可采取在盾构主机中部增加铰接装置、采用早强浆液进行同步注浆及二次注浆等措施。

3.4.9 盾构机的选型应与隧道纵向最大纵坡相适应，充分考虑大坡度情况下隧道轴线偏差、盾构机运输设备制动性能、螺旋输送机喷涌、同步注浆流失等。可采取在运输轨道上安装挡轨、在台车多个部位安装阻轨器、使用足量高性能盾尾油脂、增加土仓内泡沫剂注入量、早强浆液进行同步注浆及二次注浆等措施。

## 4 盾构隧道总体设计

### 4.1 一般规定

- 4.1.1 电缆隧道的路径应根据电网及城市总体规划，综合地形、地质、对周围环境的影响等因素，经技术经济方案比较后确定。
- 4.1.2 电缆隧道工程应满足城市地下空间规划、管线综合规划及工程管线专项规划相的要求。
- 4.1.3 电缆隧道工程应坚持因地制宜、远近结合、统一规划、统筹建设的原则。
- 4.1.4 隧道工程总体布置应满足隧道正常使用功能、盾构施工工艺、运行管理与维护、防灾等要求。
- 4.1.5 隧道内净空尺寸应满足使用功能、施工工艺等要求，并应考虑施工误差、测量误差、结构长期变形、位移及工后沉降等影响。

### 4.2 隧道横断面

- 4.2.1 电缆隧道净空尺寸应同时满足电网近、远期规划要求，并根据隧道内电缆容量需求合理拟定断面尺寸，各类型电缆所需净空要求应符合现行标准《电力工程电缆设计规范》GB 50217 的规定，并应考虑施工工艺、结构变形和位移等因素的影响。
- 4.2.2 电缆隧道的截面尺寸除满足电缆敷设功能需求外，尚应满足日常维护、巡视等活动所需空间。
- 4.2.3 电缆隧道内运维要求的最小通道净宽为 800mm，条件允许时宜取 1000mm；最小通道净高为 1900mm，条件允许时宜取 2100mm。

### 4.3 隧道平面

- 4.3.1 依据隧道路径两侧的控制性详细规划情况，结合沿线道路、建构筑物限制

条件布设平面线位，满足电力隧道的布置条件要求。

4.3.2 隧道平面线位需穿越道路或布设于道路红线范围内时，应考虑电力隧道附属设施的布置位置，减少对现状道路及既有管线的影响。

4.3.3 电缆隧道沿线布置的工作井位置宜尽可能靠近道路，便于运输材料及方便日后检修。

4.3.4 电缆隧道内电力电缆转弯半径和分层布置，应符合现行标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217 及《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》GB 50168 的规定。

4.3.5 电缆隧道最小转弯半径宜满足 40~50 倍隧道结构外径，同时尚应能满足电缆隧道内电缆的转弯半径要求。平面线形可采用圆曲线与直线组合。

4.3.6 电缆隧道与相邻构筑物及管线最小间距应符合国家现行有关规范，且不宜小于隧道外径，当不能满足要求时，应在设计和施工中采取必要措施。

#### 4.4 隧道纵断面

4.4.1 隧道纵断面充分考虑规划道路、现有道路、现状自然地面、地下水位、河流、桥梁桩基及下穿隧道、地铁、铁路等控制性标高，达到工程合理可行、造价经济的目标。

4.4.2 隧道覆土厚度不宜小于隧道外径，局部地段无法满足时应采取可靠的措施。

4.4.3 隧道最小纵向坡度不宜小于 0.5%，确定最大坡度时宜计及盾构机及后配套运输设备的爬坡和制动能力。纵断面线形可采用圆曲线与直线组合。

4.4.4 电缆隧道穿越河道时应选择在河床稳定的河段，最小覆土深度应满足河道整治和盾构电缆隧道安全运行的要求，并应符合下列规定：

- 1 隧道纵断面设计应根据河流最高和最低设计水位、河床最大冲刷深度及最大冲刷线等因素综合确定最小覆土层厚度。

- 2 覆盖层厚度不宜小于隧道外径，并应大于水利及航运部门对规划航道深度和船舶锚击深度的要求。

- 3 河床最大冲刷深度应按不低于百年一遇的洪水频率确定。

4.4.5 电缆隧道纵断面凹点应结合工作井的位置综合考虑，以便于隧道内的排水。

## 5 设计荷载

### 5.1 荷载分类及效应组合

5.1.1 电缆隧道结构上的作用荷载应根据隧道所处的场地条件、地质特征、埋置深度、结构特征和施工工艺等因素综合确定，荷载分类可参考《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定。

5.1.2 电缆隧道结构上作用的永久荷载、可变荷载和偶然荷载，除隧道内电缆等设施相关荷载外，其取值可参照现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定执行。

5.1.3 电缆隧道结构设计应涵盖使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行组合，并取各自最不利组合进行设计，最终使荷载效应设计值小于结构抗力设计值。

5.1.4 进行结构设计时，应按荷载类型、荷载出现概率、荷载组合情况等确定不同的荷载代表值。对永久荷载应采用标准值作为代表值；对可变荷载应根据设计要求采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为其代表值；对偶然荷载应根据盾构法电缆隧道使用的特点确定其代表值。

5.1.5 荷载组合的效应设计值  $S_d$ ，应符合国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

5.1.6 对于承载能力极限状态，应按荷载基本组合或偶然组合计算荷载组合的效应设计值，并采用下式进行计算：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (5.1.6)$$

式中： $\gamma_0$ ——结构重要性系数取 1.1；

$S_d$ ——荷载组合的效应设计值，包括组合的弯矩、剪力和轴力设计值等， $S_d$ 应按《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定；

$R_d$ ——结构构件抗力设计值，应按结构设计规范的规定确定，荷载效应

偶然组合下宜按现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 等的规定考虑承载力调整系数。

5.1.7 对于正常使用极限状态，应根据不同设计要求，分别采用荷载效应标准组合、频遇组合或准永久组合，并按下式进行计算：

$$S_d \leq C \quad (5.1.7)$$

式中：C——结构或结构构件达到正常使用要求的限值，如变形、裂缝、位移等。

## 5.2 设计荷载选取

5.2.1 永久荷载主要由结构自重、围岩压力、松动土压力、侧压力、混凝土收缩徐变影响力、水浮力等组成。其选取宜符合下列规定：

1 隧道结构自重应按结构设计断面尺寸及材料计算重度确定，并应计及隧道内部确定的混凝土支座、分隔墙板、管道及支架等的自重荷载。

2 当电缆隧道位于岩层中时，地层压力宜根据围岩分级并参照现行标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的规定确定。

3 当电缆隧道位于碎石土、砂土、粉土或黏性土等地层中时，竖向地层压力计算宜根据现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定确定。

4 施工阶段隧道管片结构计算中水土压力的取值，砂性土采用水土分算，黏性土（塑性指数  $I_p > 10$ ）采用水土合算，运营期水土压力取值采用水土分算和水土合算的不利工况。

5 电缆隧道长期使用阶段的水平地层压力宜按静止土压力计算，静止土压力系数和地层反力系数宜根据地勘报告建议值确定。

6 隧道内电缆等荷载应根据设备实际重量、设备位置及安装运输路径确定。

5.2.2 可变荷载可细分为基本可变荷载和其他可变荷载；可变荷载取值宜符合现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定。

5.2.3 偶然荷载主要包括地震、爆炸、撞击等荷载，偶然荷载取值宜符合现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定。

## 6 管片结构计算

### 6.1 一般规定

6.1.1 电缆隧道结构计算应以工程勘察报告为基础，根据结构形式选择合适的计算模型，并应计及隧道施工和建成以后对环境的影响，以及环境的改变对隧道结构的作用。

6.1.2 隧道结构应采用以概率理论为基础的极限状态法进行设计，并应对承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行计算。

6.1.3 电缆隧道结构计算模型应根据衬砌构造特点、施工工艺、衬砌与地层相互作用及装配式管片衬砌接头形式等确定。

6.1.4 当电缆隧道上方存在不对称竖向荷载时，或侧向水平荷载可能出现偏载时，应按荷载的实际分布情况计算。

### 6.2 结构内力计算

6.2.1 电缆隧道的结构内力计算包含横向和纵向内力计算。

6.2.2 隧道结构横向内力应选取隧道覆土最厚和最薄、水压力最大和最小、存在超载或偏压、隧道穿越地层条件突变处等不利断面及工况进行计算。

6.2.3 隧道管片横向内力计算模型宜采用匀质圆环模型、弹性铰模型、梁-弹簧模型或梁-接头模型。常用的内力计算方法有修正惯用法、梁弹簧法。电缆隧道横断面结构内力计算模型选用可参照现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438的规定执行。

6.2.4 当电缆隧道局部需要采用钢管片时，钢（铸铁）管片面板和背板应作为承受均匀分布荷载的构件，根据管片的材料特性和结构特性进行设计。

6.2.5 当遇下列情况之一时，应对隧道纵向强度和变形进行计算：

- 1 隧道覆盖层厚度或地层沿隧道纵向有较大变化。

- 2 隧道穿越重要建（构）筑物或直接承受较大局部荷载。
- 3 地质条件有显著差异，沿纵向不均匀沉降较大时。
- 4 小半径曲线隧道承受盾构千斤顶推力作用。
- 5 隧道下穿水域，河势有较大变化，河床有较大冲淤变化。

6.2.6 管片结构纵断面内力计算可采用梁-弹簧模型或等效刚度模型，采用梁-弹簧模型时，弹簧刚度应根据地层参数取值，切向弹簧刚度宜取法向弹簧刚度的 1/3。

### 6.3 结构变形计算

6.3.1 电缆隧道管片结构应按荷载效应准永久组合进行变形计算。隧道收敛变形和接缝张开量限值应符合现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的相关要求。

6.3.2 管片接头处接缝张开量以环向螺栓达到允许拉应力时衬砌外侧的张开量作为验算标准，接缝张开量须满足弹性密封条的防水适应能力。管片接头张开量计算参照下列公式计算：

$$B = \Delta L \times \frac{h - c}{\alpha_s} \quad (6.3.2-1)$$

$$\Delta L = \frac{[\sigma]}{E} \times L \quad (6.3.2-2)$$

式中：  $B$ ——管片接头处接缝张开量（m）；

$h$ ——为管片厚度（m）；

$c$ ——弹性密封垫中心距管片外弧面厚度（m）；

$L$ 、 $\Delta L$ ——螺栓长度、螺栓伸长量（m）；

$[\sigma]$ ——环向螺栓允许拉应力（kN/m<sup>2</sup>）；

$\alpha_s$ ——螺栓中心至管片内弧面距离（m）；

$E$ ——螺栓弹性模量（kN/m<sup>2</sup>）。

### 6.4 结构抗浮验算

6.4.1 位于地下水位以下且覆盖层厚度小于隧道外径的电缆隧道，应按最不利工况进行抗浮稳定验算，抗浮稳定安全系数施工期间不应小于 1.05，使用期间不应小于 1.1。相关隧道抗浮计算方法可参照现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定执行。

6.4.2 对于穿越冲刷河流的电缆隧道工程，抗浮应符合下列规定：

1 穿越冲刷河流的盾构隧道稳定性应按百年一遇冲刷深度计算，按三百年一遇水位进行校核。

2 穿越河流、湖泊的盾构法电缆隧道工程，应按最不利水位设计，按百年一遇水位计算，按三百年一遇冲刷深度检算。

6.4.3 浅埋隧道抗浮稳定性不能满足设计要求时，应采取回填覆面、设置抗浮板、抗浮桩等措施进行辅助抗浮，并满足下列规定：

1 辅助抗浮设计措施的设计工作年限应不小于结构物的设计工作年限。

2 辅助抗浮措施设计时，应考虑施工扰动对抗浮桩等的影响，合理确定抗浮桩与结构净距，应计及盾构掘进施工扰动等对抗浮效果的折减作用。

3 采取回填等措施进行辅助抗浮时，需采取措施保证回填物的抗浮作用能够长期存在。

## 6.5 管片接头设计

6.5.1 电缆隧道衬砌结构应进行管片接头计算，并符合下列规定：

1 管片接头计算内容应包括连接螺栓抗拉强度、抗剪强度、混凝土局部受压强度验算，并宜包括螺栓手孔处管片的抗剪和抗冲切承载力验算以及接缝张量计算。

2 当管片接头处设有凹凸榫槽时，可不进行螺栓的抗剪强度验算。

6.5.2 管片环向螺栓强度验算应符合下列规定：

1 钢筋混凝土管片的环向螺栓应按现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中矩形截面偏心受压构件的承载能力极限状态模型计算螺栓拉应力。

2 钢管片的环向螺栓应采用以管片边缘为回转中心的模型计算螺栓拉应力。

6.5.3 管片纵向螺栓强度验算应符合下列规定：

- 1 纵向螺栓应进行管片拼装阶段抗剪强度验算。
- 2 位于 7 度及以上地震设防区的隧道应进行地震作用下的纵向螺栓抗拉强度验算。

6.5.4 盾构千斤顶作用下管片环缝接头局部受压强度计算可参照现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定执行。

6.5.5 当进行钢筋混凝土管片螺栓手孔设计时，应对螺栓连接处混凝土环肋、端肋结构进行抗剪和抗冲切承载力验算，并应符合现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。抗冲切承载力验算公式如下：

$$F \leq 0.7\beta_h f_t \eta \mu_m h_0 \quad (6.5.5-1)$$

式中：  $F$  ——接头螺栓的最大设计荷载（kN）；

$\beta_h$  ——截面高度影响系数，按现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010 取值；

$f_t$  ——管片混凝土轴心抗拉强度设计值（kN/m<sup>2</sup>）；

$\mu_m$  ——计算截面周长（m）；

$h_0$  ——截面有效高度（m）；

$\eta$  ——调整系数，取下列公式计算的较小值：

$$\eta_1 = 0.4 + \frac{1.2}{\beta_s} \quad (6.5.5-2)$$

$$\eta_2 = 0.5 + \frac{10h_0}{\mu_m} \quad (6.5.5-3)$$

式中：  $\eta_1$  ——局部荷载或集中反力作用面积形状的影响系数；

$\eta_2$  ——计算截面周长与截面有效高度之比的影响系数；

$\beta_s$  ——局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边尺寸比值，按现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010 取值。

6.5.6 当进行钢管片接头设计时，应对接头钢板进行抗压强度、抗剪强度、局部

稳定性验算，并应符合现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 的相关规定。

## 6.6 抗震设计

6.6.1 电缆隧道宜建在均匀、密实、稳定的岩土层中，线路选线时应合理绕避不良地质体及不稳定地层，无法避开时，应采取可靠的处理措施。

6.6.2 电缆隧道工程抗震设计应根据隧道设防类别、设防标准、设计地震动参数和实际功能要求、地质条件等进行。

6.6.3 电缆隧道抗震计算应包括管片结构、管片接头、盾构井或工作井连接处等特殊部位的强度、变形验算以及地层稳定计算。

6.6.4 电缆隧道抗震计算应包括横向和纵向抗震计算；地形或地质条件变化较大的隧道区段及空间效应明显的隧道、隧道交叉部位，应建立三维模型进行抗震计算。

6.6.5 电缆隧道抗震计算方法应根据地层条件、隧道几何形态、输入地震动等因素确定。隧道抗震设计常用的计算方法有反应位移法、静力法和时程分析法，具体适用情况可参照现行标准《地下结构抗震设计标准》GB/T 51336 相关规定执行。

6.6.6 电缆隧道管片、管片接头及管片与盾构井、工作井连接处应进行地震工况下的强度和变形验算。

6.6.7 为减小地震作用对电缆隧道的结构破坏，应在盾构隧道与盾构井（工作井）等结构相接位置、与明挖法或暗挖法隧道相接处、隧道周边地层及荷载变化较大处预留变形缝，增强环缝的变形能力，并采取措施设置刚度过渡段。同时，管片之间及隧道与附属结构接头处的变形量应满足防水密封垫要求的允许值。

6.6.8 电缆隧道的接头构造应能减小地震时管片接头的错动和防止管片变位引起的磕碰破坏。

6.6.9 电缆隧道宜避免穿越断层破碎带、地裂缝或地形地质条件发生突变区域。当需穿越时，隧道抗震构造措施应符合下列规定：

- 1 断层破碎带抗震设防范围应包括断层破碎带和两侧的过渡段。

2 断层破碎带抗震设防范围内隧道应采取增强环缝变形能力的措施，并应加强管片结构或采取特殊设计。

3 应根据地层可能发生的蠕动量或错动量增大隧道断面净空尺寸。

4 所采取构造措施应使隧道震后易于快速修复。

6.6.10 电缆隧道不宜穿越可能发生液化的地层。当确需穿越时，抗震措施可参照现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定。

6.6.11 电缆隧道内部构件的抗震构造措施应符合现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

## 7 管片构造

### 7.1 一般规定

7.1.1 电缆隧道横断面形状宜为圆形，结构宜采用单层预制装配式衬砌形式。对需要采用进一步措施防止隧道渗水、防止天然气渗漏、减少管片衬砌腐蚀、修正隧道施工误差的隧道，可采用双层衬砌形式。

7.1.2 电缆隧道管片结构构造应根据隧道尺寸、受力条件、管片类型、盾构设备等要求，以及经济性、可靠性、耐久性和便于制造、运输、安装等条件确定。

7.1.3 管片应采用具有一定刚度的柔性结构，在满足承载能力条件的前提下具有一定的变形能力，同时在变形条件下应能满足结构受力和隧道防水、防气要求。可采用添加钢纤维、聚丙烯纤维等材料的复合纤维钢筋混凝土管片或设置二次衬砌，特殊部位也可采用钢管片。

7.1.4 管片的生产与验收应满足现行标准《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082、《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446、《盾构隧道管片质量检测技术标准》CJJ/T 164 的规定。

### 7.2 管片构造要求

7.2.1 衬砌环宜由多块标准块、两块邻接块和一块封顶块组成，也可由多个（2个以上）标准块组成。其分块方式应根据管环尺寸、管片预埋构件、管片制作、运输、推进千斤顶布置、拼装方式、结构受力与变形、防水要求等因素综合确定。

7.2.2 钢筋混凝土管片宜为平板型管片，当采用钢管片时，应对管片的绝缘、耐火、抗腐蚀等进行专门设计。

7.2.3 管片宽度应根据隧道最小曲线半径、隧道直径、管片制作、运输、管片拼装工艺以及盾构千斤顶行程等因素确定。

7.2.4 管片厚度应根据隧道直径、工程水文地质条件、建筑材料、结构荷载等因

素确定，单层预制钢筋混凝土管片厚度宜为盾构外径的 0.04 倍~0.1 倍，且最小厚度不宜小于 250mm。

7.2.5 管片封顶块接头角和插入角应根据截面内力传递、拼装方式、盾构设备及管片生产条件等因素综合确定。在满足施工要求下宜采用较小的接头角和插入角。

7.2.6 管片螺栓手孔、定位孔、起吊孔、注浆孔的位置与尺寸，应根据管片连接、起吊和拼装方式、壁后注浆要求、结构受力等因素确定。

7.2.7 管片螺栓孔最小处直径宜比螺栓直径大 3mm~6mm。

7.2.8 管片内宜预埋壁后注浆预埋件，注浆预埋件设计应有利于施工及运营阶段注浆孔外水压力的有效封堵。当采用抓举头吊装时，起吊孔宜与注浆孔合并设置。采用真空吸盘吊装的管片，管片构造可参照现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定执行。

7.2.9 管片接头构造应符合下列规定：

1 管片接头构造可根据隧道变形要求、接头张开量限值、盾构千斤顶受力要求等采用平板型、凹凸榫槽型等形式。

2 当隧道所处地层为深厚软土地层时，管片环缝接头环面构造宜采用凹凸样槽形式。

3 管片纵缝接头可采用定位棒、定位榫辅助拼装定位。

7.2.10 环缝凹凸榫槽设计应符合下列规定：

1 凹凸榫槽宜设置于管片厚度方向的中部，其尺寸拟定时不应影响管片外侧的防水密封垫槽和内侧的嵌缝槽设置。

2 凹凸榫槽应进行盾构千斤顶作用下的混凝土局部受压承载能力验算。

3 管片凹凸榫槽的形状应平顺，榫槽间隙尺寸应与管片制作误差、管片拼装进度相匹配。

7.2.11 每块管片上应清晰标注不易被磨损的标识，接缝螺栓孔位置处，应设置对中标志，对有导向需求的隧道管片，还应设置激光靶点标识。

7.2.12 管片拼装方式宜采用错缝拼装方式；当采用通缝拼装时，应对接缝抗变

形能力进行验算。

7.2.13 电缆隧道管片环的组合可采用普通环组合方式或通用环组合方式，并应符合下列规定：

1 当采用普通环组合方式时，管片环宜分为标准环、左楔形环和右楔形环 3 种类型。

2 当采用通用环组合方式时，管片环宜为通用楔形环 1 种类型。

3 普通环组合方式和通用环组合方式应能模拟直线隧道和各类曲线隧道。

4 管片排版应符合下列规定：

1) 采用通用环组合方式时，管片应采用通用楔形环 1 种类型。

2) 采用普通环组合方式时，管片应采用标准环、左楔形环和右楔形环 3 种类型，也可采用左楔形环和右楔形环 2 种类型。

3) 通用环组合方式和普通环组合方式均应能适应直线隧道和不同半径的曲线隧道的管片拼装要求。

4) 盾构隧道应进行管片设计排版，对线路进行拟合并确定不同类型管片数量。拟合后的隧道中心线与理论隧道中心线间误差不应大于 50mm。

7.2.14 楔形环楔形量设计应符合下列规定：

1 楔形量应根据管片环类型及拼装方式、隧道直径、管片宽度、最小转弯半径、曲线拟合误差和盾尾间隙等综合确定。

2 楔形量大小应能满足曲线线路拟合及施工纠偏的需要。

3 楔形环可为单面楔形或双面楔形形式。

4 当管片采用标准环、左楔形环和右楔形环拟合线路时，管片楔形量应按下式计算：

$$\Delta = \frac{(n/m+1) \times D \times B}{R_{\min}} \quad (7.2.14-1)$$

式中： $\Delta$ ——计算平均楔形量 (m)；

$n$ ——标准环环数；

$m$ ——楔形环环数；

$B$ ——标准环的宽度；

$D$ ——管片外径；

$R_{\min}$ ——线路最小曲线半径（m）。

5 当管片采用通用楔形环或左楔形环和右楔形环拟合线路时，管片楔形量应按下式计算：

$$\Delta = B \times D / R_{\min} \quad (7.2.14-2)$$

6 当管片采用错缝拼装方式时，管片楔形量宜按下式进行修正：

$$\Delta_0 = \Delta / \cos \theta \quad (7.2.14-3)$$

式中： $\Delta_0$ ——修正后的楔形量（m）；

$\theta$ ——楔形环的拼装角度；

7 楔形环楔形量可根据管片环平均楔形量和管片环组合设计确定，并且不宜大于 90mm。

7.2.15 管片接头宜采用螺栓连接，当采用自我紧固式管片（FAKT）连接件时，应通过计算、现场试验等对接头连接的有效性进行验证。

7.2.16 管片接头螺栓应符合下列规定：

1 根据管片形式、接头受力要求、拼装要求、接头止水要求等可采用弯螺栓、直螺栓、斜螺栓连接方式。

2 螺栓的机械性能等级应满足构造和结构受力要求，螺栓长度应满足螺栓拧紧后塑料保护罩拧固等的要求。

3 螺栓手孔设计应满足管片受力及脱模、螺栓受力、螺栓紧固操作的要求。

7.2.17 钢筋混凝土管片接缝构造应满足受力、拼装定位、防水的要求，其尺寸和角度应有利于减少局部应力集中以及管片制造、运输、拼装过程中的碰撞破损，并应符合下列规定：

1 管片边缘应设倒角。倒角尺寸不应小于 5mm×5mm。

2 管片接缝内侧边缘处应预留嵌缝槽，嵌缝槽深宽比不应小于 2.5，槽宽不

宜小于 10mm，槽深不宜小于 25mm。

3 当采用错缝拼装时，管片环缝应设置缓冲衬垫。

7.2.18 钢筋混凝土管片预制钢模精度误差、衬砌环整环水平拼装试验的频次及误差、钢筋混凝土管片配筋构造误差以及内弧面永久性标记工艺应满足现行标准《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446、《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082、《盾构隧道管片质量检测技术标准》CJJ/T 164 的相关规定。

7.2.19 钢筋混凝土管片最外层钢筋的混凝土保护层厚度应根据环境类别及设计使用年限确定，设计使用年限为 100 年时，最外层钢筋的混凝土保护层厚度迎土侧不应小于 35mm，背土侧不应小于 25mm，且不应大于 50mm。

## 8 防水防腐设计

### 8.1 防水设计

8.1.1 电缆隧道防水与防腐蚀设计应根据设计使用年限、耐久性要求、水文地质条件、结构特点、使用功能要求、使用环境条件、服役特点、施工条件等确定。

8.1.2 电缆隧道附属结构的防水设计，应执行现行标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的规定。

8.1.3 电缆隧道工程的防水等级不宜低于二级，各防水等级对应的隧道内渗漏水标准可参照现行标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030 和《地下工程防水技术规范》GB 50108 的规定。

8.1.4 电缆隧道工程的防水体系为以管片混凝土结构自防水为主，以接缝防水为重点，应满足结构安全、使用要求。管片结构自防水和管片接缝防水设计可参照现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定。

8.1.5 螺栓孔、注浆孔防水应符合下列规定：

- 1 螺栓孔口应设置锥形倒角的螺孔密封圈沟槽。
- 2 螺栓孔密封圈的外形应与沟槽相匹配。
- 3 螺孔密封圈应采用合成橡胶或遇水膨胀橡胶制品。

4 注浆管密封圈应在管片混凝土浇筑前固定在注浆管四周，可采取单道或多道设置的形式。

- 5 注浆管密封圈和注浆管盖密封圈应采用遇水膨胀橡胶制品。

8.1.6 管片吊装孔兼做注浆孔使用时，应防止拼装时管片拼装器的操作荷载造成注浆孔外周混凝土脱落从而发生渗漏，并可采用下列措施：

- 1 可采用预先在注浆孔外周设置密封垫圈（O 型环）。
- 2 可在注入孔端部的插头盖板部设置密封垫圈以防止从壁后注浆孔内部发

生渗漏，插头部位的密封垫圈可采用非膨胀橡胶，也可采用水膨胀橡胶材料，注浆孔外周部位的密封垫圈可采用水膨胀橡胶材料等。

8.1.7 隧道与盾构井、工作井等的接头防水处可采用刚性接头。在软土地层中，距竖井一定范围内的隧道应结合洞门土体加固增设变形缝。

## 8.2 防腐蚀设计

8.2.1 电缆隧道防腐蚀设计应符合下列规定：

当隧道处于对混凝土有中等以上腐蚀的地层时，钢筋混凝土管片迎水面应涂抹外防腐涂层，防腐涂层应具有防水性能。钢构件、外露螺栓和垫片等金属构件，均应采取防腐蚀措施。

8.2.2 钢筋混凝土管片防腐涂层应符合下列规定：

1 防腐涂层宜为环氧或改性环氧类封闭型材料、水泥基渗透结晶型或硅氧烷类材料。

2 防腐涂层应具有良好的耐化学腐蚀性、抗微生物侵蚀性、耐水性、耐磨性，并应无毒或低毒。

3 防腐涂层应满足在盾尾刷挤压和摩擦下不损伤、不渗水。

8.2.3 外露的支架、预埋槽、螺栓、螺母、垫片等构件以及钢管片等结构的防腐处理，可参照现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的规定执行。

## 9 地层加固及施工辅助措施

### 9.1 一般规定

9.1.1 盾构隧道在始发、到达、过井、浅覆土、开仓检修或邻近建（构）筑物等区段，宜根据具体情况采取相应的地层预加固或施工辅助措施。

9.1.2 地层加固工法或施工辅助措施应根据工程地质、周边环境、现场情况，经技术经济综合比较确定。

9.1.3 地层加固工法可采用注浆、深层搅拌、高压喷射注浆、地层冻结、素混凝土桩等；施工辅助措施可采用降水、管棚、钢护筒、临时导向结构或盾构井内灌填低强度等级砂浆、混凝土等方法。

9.1.4 盾构始发、盾构接收、盾构过井区域的地层加固体应具有一定的自立性、防水性及强度。满足加固体抗弯、抗剪等强度要求、整体稳定性要求及渗透性要求。地层加固体尺寸应基于加固体强度验算并结合工程经验来确定。

9.1.5 盾构端头区域地层加固工法，应根据隧道洞门拆除方法、洞门尺寸、隧道埋深、工程地质和水文地质条件、盾构选型、地下管线、周边环境保护要求等，经技术经济综合比较确定。

9.1.6 盾构隧道施工辅助措施，应根据隧道埋深和盾构型式，地质条件、周边环境要求等，经技术经济综合比较确定。

9.1.7 地层加固工法及施工辅助措施应根据各自特点进行现场检测或室内试验检验其实施效果。

### 9.2 壁后注浆加固

9.2.1 盾构隧道施工应进行壁后注浆。壁后注浆应根据地层特点、管片结构受力及变形要求、环境控制和现场具体情况，选用同步注浆、二次注浆等方式进行。

9.2.2 壁后注浆应满足固结强度、凝结时间、可填充性、流动性、收缩率和环境

保护要求。注浆材料应根据地质条件、设计要求、周边环境及现场具体情况综合确定。

9.2.3 注浆压力值应根据地质条件、注入方式、管片类型、设备性能、浆液特性和隧道埋深等综合确定。注浆宜以填充型为主，注浆压力可按 1.1~1.2 倍的静止土压力选用，一般不宜超过 0.4MPa。

9.2.4 同步注浆量可按下式进行估算：

$$Q = \alpha V \quad (9.2.4-1)$$

$$V = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)l \quad (9.2.4-2)$$

式中： $Q$ ——注浆量（ $\text{m}^3/\text{环}$ ）；

$\alpha$ ——充填系数，可根据地质条件、施工水平、浆液类型等综合确定，按当地经验取值，无经验时可选用 1.2~2.5；

$V$ ——管片外侧与盾壳外侧地层间空隙体积（ $\text{m}^3$ ）；

$D$ ——盾构掘进时机头刀盘外径（ $\text{m}$ ）；

$d$ ——盾构管片外径（ $\text{m}$ ）；

$l$ ——盾构管片幅宽（ $\text{m}$ ）；

9.2.5 二次注浆宜通过管片预留注浆孔完成，有条件时也可以通过地面或地层注浆等方式完成。

9.2.6 设计要求中必须明确壁后注浆时序、注浆材料、注浆压力、注浆量及注浆效果等要求。

### 9.3 洞内加固

9.3.1 隧道穿越不良地质地层需要加固处理时，在没有地面加固条件的情况下，宜采用洞内加固。盾构隧道洞内加固宜采用管片增设注浆孔，通过钢花管进行管片壁后注浆的方法。注浆深度宜取隧道外径的 0.4~0.5 倍。

9.3.2 注浆加固宜选用以水泥为主剂的浆液。浆液配合比设计应根据工程要求、水文地质情况确定，施工前应进行配比试验。浆液材料不得污染地下水。

9.3.3 注浆压力选取可执行本标准 9.2.3 条的规定。注浆量可按正式估算：

$$Q = \alpha\beta nV \quad (9.3.3-1)$$

$$V_s = \frac{\pi}{4}(D_s^2 - D^2)l \quad (9.3.3-2)$$

式中： $Q$ ——注浆量（ $\text{m}^3/\text{环}$ ）；

$\alpha$ ——充填系数，按当地经验取值，无经验时可选用 0.6~0.8；

$\beta$ ——工作条件系数，考虑浆液流失的影响可取 1.1；

$n$ ——加固前土层的平均孔隙率；

$D_s$ ——管片外扩加固体的加固外径（ $\text{m}$ ）；

$D$ ——盾构管片外径（ $\text{m}$ ）；

$l$ ——盾构管片幅宽（ $\text{m}$ ）；

9.3.4 盾构始发、接收端头位于粉土、砂土等富水地层中，且降水困难时，可考虑采用洞内水平冻结法。但有下列条件之一时不宜采用冻结法：

1 地下水流速大于 5m/d。

2 附近 600m 范围内有抽水量超过 600 $\text{m}^3/\text{h}$  的水源井、抽水量大于 200 $\text{m}^3/\text{h}$  的连续抽水或地下河道等。

9.3.5 地层冻结加固设计应对地层冻胀和冻融对周边环境的影响进行分析，当影响较大且不可接受时应采取减小地层冻胀和冻融的工程措施。

9.3.6 地层冻结加固设计应包括下列主要内容：

1 冻结壁结构方案比较与选择。

2 冻结壁的承载力和变形验算。

3 冻结孔布置设计。

4 冻结壁形成验算。

5 冻结制冷系统的设计要求。

6 对冻结壁的监测与保护要求。

7 可能对周边环境生产影响的分析。

8 对周边环境的影响监测与保护要求。

## 9.4 地面加固

9.4.1 对正常固结的淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、粉砂等地层，宜采用深层搅拌法或高压旋喷法进行加固。深层搅拌法和高压旋喷法的设计要求可参照现行标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的规定。地面搅拌或旋喷施工条件受限时，可优先考虑地面冻结加固法，冻结法设计应符合本标准 9.3.4~9.3.6 的规定。

9.4.2 深层搅拌法或高压旋喷法在施工前均应根据要求进行成桩试验，并应根据试验情况确定施工参数及工艺。

9.4.3 对圆砾土层、隧道埋深较大、周边环境复杂等情况，可采用素咬合桩进行加固。咬合桩的设计要求可参照现行标准《建筑桩基技术规范》JGJ 74 的规定。

9.4.4 加固后地层无侧限抗压强度宜大于 0.8MPa。应对加固体进行钻芯取样检测，盾构端头加固区应进行水平探孔检测，观察渗漏水情况，判断加固效果。

## 9.5 降水设计

9.5.1 降水井类别应根据地层特点、地层渗透系数、降水水位要求等因素确定，有地区经验时按经验选取，无地区经验时，宜按表 9.5.1 的适用条件选用。

表 9.5.1 降水井的适用范围

项次	降水井类别	土层渗透系数 (m/d)	降低水位 $h$ (m)
1	喷射井点	0.1~20	$h < 20$
2	大口井	1~200	$h < 20$
3	管井	1~200	$h > 5$

9.5.2 降水设计要求可参照现行标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定。并应符合下列规定：

- 1 降水井布置应根据降水要求、施工场地、对环境的影响等因素确定，并应布置在盾构隧道外侧 2m~3m，其密度及深度应按降水要求和地质条件后确定。
- 2 降水井结构设计及降水深度应能满足盾构隧道施工要求。
- 3 隧道周边应设置水位观测井，观测降水效果。

4 对影响范围内的建（构）筑物及地下管线的沉降和水平位移，应制定观测和保护措施。

5 当降水引起的地层变形对周边环境产生不利影响时，宜采用回灌方法减少地层变形量。

## 10 附属结构设计

### 10.1 盾构井

10.1.1 隧道施工宜设置盾构井（包括始发井、接收井），盾构始发井的规模宜按盾构分体始发考虑，且盾构井应按兼作电力设施运行期间的工作井考虑。

10.1.2 盾构井应根据工程地质条件、水文地质条件、城市规划要求、周边环境条件等，通过对安全、技术、经济、低碳环保等因素综合分析，选择合理的施工方法和结构形式。常用的施工方法有明挖法、盖挖法、沉井法、倒挂井壁法等。

10.1.3 盾构始发井的净空尺寸应符合下列规定：

1 盾构始发井的净空规模应根据盾构类型及尺寸、顶推力、施工工艺等因素确定，并应满足盾构起吊、安装、检修等施工要求。

2 盾构始发井的平面内净空宜从预留洞门边缘起往两侧各预留 0.75m~1m 的作业空间。

3 盾构分体始发时，始发井平面内净空长度宜满足分体始发的最低要求。

4 盾构始发井靠近洞门一端，宜对局部底板进行降板处理，降板标高宜低于预留洞门底边缘 0.5m~0.6m。

5 当盾构始发井兼作三通或四通工作井时，盾构井的尺寸应满足电缆及设备安装和运行维护的要求。

6 盾构始发井应预留盾构掘进时出碴、管片吊装及其他作业需要的空间。

10.1.4 盾构接收井的净空尺寸应符合下列规定：

1 盾构接收井的净空规模应根据盾构类型及尺寸、施工工艺等因素确定，并应满足盾构起吊、解体等施工要求。

2 盾构接收井的平面内净空宜从预留洞门边缘起往两侧各预留 0.75m~1m 的作业空间。

3 一般情况下盾构接收井的平面内净空长度宜大于盾构主机长度 1m~1.5m

即可。

4 盾构接收井靠近洞门一端，宜对局部底板进行降板处理，降板标高宜低于预留洞门底边缘 0.5m~0.6m。

5 当盾构接收井兼作三通或四通工作井时，盾构井的尺寸应满足电缆及设备安装和运行维护的要求。

10.1.5 盾构井的预留洞门应符合下列规定：

1 预留洞门边缘宜预埋环形钢板，当盾构井无刚性支护结构承担水土压力时，开口结构可采用薄壁素混凝土墙或带玻璃纤维筋的混凝土墙，以确保施工的可靠性和安全性。

2 盾构工作井洞门处应设置满足盾构始发和接收要求的洞门密封装置，洞门结构内应设计洞门密封装置预埋件。

10.1.6 盾构井预留洞门直径应根据隧道规模及盾构机综合确定，可按下式估算：

$$D_m = B_m [\tan \alpha_m + D_n / \cos \alpha_m + \Delta_e + \Delta_s] \quad (10.1.6)$$

式中： $D_m$ ——预留洞门直径（m）；

$B_m$ ——洞门处盾构井结构厚度（m）；

$\alpha_m$ ——隧道轴线与洞口轴线的夹角，取平面或纵坡夹角的较大值（度）；

$D_n$ ——盾构机开挖直径（m）；

$\Delta_e$ ——始发或接收井预留洞口直径大于盾构外径的差值（m），始发井取 0.1m，接收井取 0.2m；

$\Delta_s$ ——测量误差（m），可取 0.15m。

## 10.2 工作井

10.2.1 工作井设置应结合城市电网总体规划需求、电缆附属设施运行、电缆放线、盾构隧道埋深及建设场地实际情况等综合考虑。工作井的间距宜按 500m~1000m 的范围布设，当间距超过 1000m 时应进行专门研究确定。

10.2.2 工作井内应设置电缆放线口、通风口、人员出入口、管线进出口、人员出入楼梯、消防隔断、附属设施系统设备等。工作井的净空尺寸应能满足内部设

施设备布置的需求，当盾构机直接通过工作井时，还应满足本标准 10.1.3~10.1.5 的要求，但对局部底板可不进行降板处理。

10.2.3 工作井先施工时，盾构隧道需穿越工作井。当工作井规模大于盾构机尺寸时，可根据地层情况对工作井端头进行加固后，空推过井；当工作井规模小于盾构机尺寸时，应采用回填或施工临时导向结构等辅助措施，确保盾构机穿越工作井时的安全。

10.2.4 工作井应兼具排水功能，集水井设于井底消防隔断的一侧，集水井的规模在满足排水功能需求的前提下，应尽量减小挖深。

10.2.5 工作井的规模一般较小，当地质条件、水文条件及周边环境允许时，宜优先采用沉井法施工，以减少工程占地、节约投资、缩短工期。当地层中有透水粉土、粉砂层时，应采取合理的截水措施，截水设计应符合现行标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定。

10.2.6 电缆放线口的设置应符合下列规定：

1 放线口的平面尺寸不宜小于 800mm×800mm，应满足放线时电缆允许最小转弯半径及电缆不同时期敷设时重复使用的要求。

2 放线口在非放线施工的状态下，应做好封堵，或设置防止雨、雪、地表水和小动物进入室内的设施。

3 当放线口兼用作设备、材料吊装口时，应满足吊装设备及材料进出隧道的空间要求。

4 放线口设置不应对城市景观、交通疏导、市政管线运营等造成不良影响。

10.2.7 通风口的设置应满足下列要求：

1 通风口的设置应满足通风区段的划分、隧道工作井的设置、城市规划、地面环境景观及环境噪声等因素的要求，宜根据线路长度均匀布置。

2 通风口的尺寸应满足隧道正常运行及消防通风的要求。

3 隧道正常运行状态下，通风口不宜兼作电缆放线口、设备及材料进出口。

4 工作井通风口宜采用结构顶板封闭，四面通风的形式。顶板宜为可拆卸安装的预制结构，以满足风机安装、维修的吊装要求。

10.2.8 人员出入（检修）口的设置应符合下列规定：

1 人员出入（检修）口的地面标高应高出室外地面，应设置防止雨、雪和小动物进入室内的设施，并按百年一遇的标准满足防洪、防涝要求。

2 人员出入（检修）口的门应为甲级防火门，并向疏散方向开启。

3 人员出入（检修）口的设置应满足防盗、防强行进入的要求。

4 人员出入（检修）口单独设置时，距周边建筑物的距离应满足相关防火规范的要求。

5 人员出入（检修）口用作设备、材料等的进出口时，内部的梯段、通道尺寸应满足人员搬运设备、材料等的通行要求。

### 10.3 附属结构建筑

10.3.1 工作井的地上建筑应满足以下一般规定：

1 应根据所处地段的地形、地貌条件及环境要求，选择建筑造型和色彩。

2 宜设置在交通便利的地方。

3 宜靠近电源和水源。

4 布置紧凑，节约用地，不占或少占经济效益高的土地。

10.3.2 工作井应设置检修楼梯或钢爬梯，应采取防滑、防跌落措施。楼梯的梯段净宽不应少于 0.9m。楼梯平台处净高不应小于 2.0m，梯段处净高不应小于 2.2m。钢爬梯净宽不小于 0.6m。当检修楼梯总高度超过 20m 且电缆数量多或重要性要求较高时，宜设置简易式电梯。

10.3.3 出入口、通风口、平台等有坠落危险处，应设置栏杆或栏板。

10.3.4 工作井（含盾构井）地面建筑周边应设置截排水沟，避免地面雨污水倒灌入井内。

### 10.4 电缆支架

10.4.1 盾构隧道内电缆支架宜优先采用预制装配式方法进行安装。电缆支架的空间间距、支架尺寸、安装要求等应符合现行标准《电力工程电缆设计标准》GB

5021 和《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484 的规定。

10.4.2 根据电缆支架的安装需求，盾构管片宜在预制阶段预埋支架立柱安装的预埋件，包括预埋槽道、预埋螺栓孔、预埋钢板等便于后期立柱安装的预埋件。预埋件材料强度和耐久性应满足设计使用年限的要求。

10.4.3 支架预埋件设计前，应明确电缆支架可能受到的最不利荷载组合情况，根据受力情况对连接节点进行抗剪切、抗拔及材料强度验算。

10.4.4 工作井内的电缆层宜设置电缆桥架与盾构隧道内的电缆支架衔接，工作井内的电缆桥架宜布置预埋件与工作井结构进行连接；盾构井或工作井与隧道衔接处应满足电缆转弯半径要求，井内建筑布置不应与电缆走向冲突。

10.4.5 当工作井为预留近、远期电网规划的连接节点时，应充分考虑预留电缆线路的支架安装位置，并宜进行支架安装预埋件的预留。

10.4.6 盾构隧道内的电缆支架应通过镀锌扁钢就近与接地网连通，镀锌扁钢的设计参数应满足《交流电气装置的接地设计规范》GB 50065 的相关要求。

## 11 周边环境及风险控制

### 11.1 一般规定

11.1.1 地下工程建设风险控制必须坚持“安全第一、保护环境、预防为主”的原则，采用经济、可行、主动的处置措施来减少或降低风险。

11.1.2 风险控制设计应辨识勘察、设计和施工风险，并以现状调查和地质勘察资料为基础，选择合理的设计方案，进行充分的风险分析，制定可靠的风险控制措施，将工程风险程度降低到可接受水平。

11.1.3 风险分析方法宜包括定性分析方法、定量分析方法、综合分析方法。工程规划和可行性研究风险管理中宜采用定性风险分析方法，并辅以定量风险分析方法；工程勘察与设计风险管理中宜采用定量风险分析方法，并辅以综合风险分析方法。

### 11.2 周边环境调查

11.2.1 工程周边环境调查前，应有明确的调查范围、对象、内容及成果要求等，并应编制调查方案和调查表。常见周边环境调查样表见附录 A。

11.2.2 工程周边环境调查宜分阶段进行，不同阶段环境调查内容应满足相应阶段深度要求。

11.2.3 可行性研究阶段应通过收集地形图、管线图等方式获取工程周边环境资料。对影响线路方案的重要工程周边环境，需进行重点调查。

11.2.4 初步设计阶段应通过查询收集资料、实地调查走访和必要的现场勘查探测等手段对工程周边环境现状进行全面调查。

11.2.5 施工图设计阶段应根据工程设计条件变化或工程需要，补充完善工程周边环境资料。

11.2.6 对影响工程施工安全的地下管线、地表水体渗漏等情况，应根据设计要

求或工程需要进行专项调查。

11.2.7 工程周边环境的调查范围应根据电缆隧道工程的线路位置、埋置深度、结构形式、施工方法、地质条件及工程周边环境重要性等因素综合确定。调查范围的确定可参考表 11.2.7，各地可根据本地区地质条件和工程经验等，适当调整表中的范围。

11.2.7 调查范围参考表

工法类别	调查范围	备注
明（盖）挖法	不小于基坑结构外边线两侧各 30 米 (或 $3H$ ，取大值)	$H$ —基坑设计开挖深度
盾构法	不小于隧道结构外边线两侧各 30 米 (或 $3D$ ，取最大值)	$D$ —盾构隧道设计外径

11.2.8 周边环境调查的内容一般包括调查对象的名称、类型（或用途），地理位置，与电缆隧道工程的空间关系，修建年代或竣工日期，产权人或管理单位，原建（构）筑物建设、勘察、设计、施工等单位，使用（或在建）现状，竣工图纸情况，特殊保护要求等。

11.2.9 各类常见的周边环境调查重点内容如下：

1 地上建（构）筑物建筑层数、高度、结构形式、基础型式、基础埋深（标高）、地基变形允许值及沉降观测资料等内容；采用复合地基、桩基的建（构）筑物还包括地基基础的主要设计参数、施工工艺等内容。

2 地下构筑物结构形式、外轮廓尺寸、顶（底）板埋深（标高）、原施工开挖范围、围（支）护结构形式、抗浮措施、施工方法等内容。

3 地下管线的类型、功能、材质、规格、坐标位置、走向、埋设方式、埋深（标高）、施工方法等内容；各类管道还包括管节长度、接口形式、拐折点坐标、管径变化位置、节（阀）门（或检查井）位置、载体特征（压力、流量流向）、使用情况（正常、废弃、渗漏）等内容；采用地下综合管道共同沟的，还包括共同沟的结构形式、断面尺寸、顶（底）板埋深（标高）、围（支）护结构形式、

变形缝设置情况等内容。

4 桥梁结构形式、桥宽、桥长、跨度、基础型式及桥梁承载力、桥梁限载、限速、桥面破损情况、桩基参数（桩长、桩径等）、试桩资料、地基变形允许值及沉降观测资料等内容。

5 既有或规划隧道的顶（底）板埋深（标高）、断面尺寸、衬砌厚度、施工方法、原施工开挖范围、附属结构（通道、洞门、竖井、小室）、变形缝设置及渗漏情况等内容。

6 道路等级、路面材料、路面宽度、路基填料及填筑厚度、支挡结构及沉降观测资料等内容。

7 既有轨道交通设施敷设方式、线路形式、道床形式、行车间隔、运行速度、车辆荷载、轨道变形要求等内容。

8 边坡、高切坡的支挡结构形式、地基基础形式、设计参数、施工工艺、排水设施、边坡允许变形量及变形观测资料、破损及渗漏情况等内容。

9 文物调查除参照地上建（构）筑物或地下构筑物的调查内容外，还需调查文物等级、保护控制范围及要求等内容。

10 地表水体范围、水底淤泥厚度、防洪水位、内涝水位、河床冲刷标高、通航要求、防渗方式、渗漏情况、水工建筑的地基变形允许值和沉降观测资料等内容；水井需重点调查井深、井径、井壁材质、出水量、服务范围等内容。

### 11.3 风险控制

11.3.1 电缆隧道工程设计前应辨识勘察、设计和施工风险，基于周边环境调查报告、地质勘察资料及设计方案对各类风险源进行风险等级划分，风险等级划分可参照现行标准《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》GB 50652 的规定。并应提出相应的风险控制指标和风险控制措施。

11.3.2 应在施工图设计阶段对重大环境影响风险（Ⅰ级和Ⅱ级）开展工程建设风险专项设计，编制重大环境影响风险专项设计文件；针对自身风险和Ⅲ级（含）以下的环境影响风险，施工图设计文件中应包含风险分析评价和专项措施等内容。

11.3.3 电缆隧道工程风险控制设计应以周边具体建（构）筑物调查的结果为依据，建（构）筑物变形控制值应根据当地经验和工程类比法确定，并应采取相应的工程技术措施确保建（构）筑物的安全及正常使用功能。

11.3.4 当盾构隧道周边环境包含控制性建（构）筑物时，应对工程施工可能引起的地层变形进行预测。分析预测宜结合当地可靠的工程经验，采用 Peck 法或三维有限元数值分析法，并结合经验对地层变化预测结果进行判断，确认合理后方可用于风险工程设计。

11.3.5 电缆隧道工程施工时应控制工程施工引起的地表沉降和地层变形，其变形控制值应根据工程场地、地质情况、邻近建（构）筑物等实际情况确定，并应采用相关变形控制措施。

11.3.6 电缆隧道工程施工引起的地表沉降控制值应符合本标准第 14 章的相关规定，地表有建（构）筑物时，应执行建（构）筑物的控制标准。

11.3.7 电缆隧道工程施工引起的地层损失率不应大于 1.5%；当隧道位于饱和流塑状的软土地层中时，地层损失率不应大于 1%；当隧道周边环境条件和地层条件较复杂且邻近有重大风险源时，地层损失率不应大于 0.5%。

## 12 附属设施设计

### 12.1 消防系统

12.1.1 盾构法电缆隧道应充分考虑运维期隧道内部的消防及防灾设计，隧道内部不超过 200m 应设置一道防火分隔，采用防火隔墙及甲级常开防火门，以适应通风分区设置，但每个通风分区两端的防火门应为常闭状态。条件允许时宜优先采用自动控制、智能监控的设施设备辅助电缆安全运行。

12.1.2 管线穿越防火隔断部位应采用防火封堵措施进行严密封堵，通道内排水沟在防火分隔处应采取措​​施阻止火灾时火势蔓延。

12.1.3 附属结构地下建筑耐火等级不应低于一级，地上建筑耐火等级不应低于二级。相应构件的燃烧性能和耐火极限不应低于《建筑设计防火规范》GB 50016 表 5.1.2 的规定。

12.1.4 地上建筑与周边建筑的防火间距应满足《建筑设计防火规范》GB 50016 的要求，并应符合现行国家有关标准的规定。

12.1.5 电缆隧道工作井（含盾构井）内需要装修时，电缆层内各部位应采用防静电的不低于 B<sub>1</sub> 级装修材料。

12.1.6 电缆隧道的火灾危险性类别应根据电缆是否阻燃确定。当隧道内全部敷设阻燃电缆时，电缆隧道的火灾危险性类别为丙类；当隧道内含一般电缆时，电缆隧道的火灾危险性类别可考虑适当提高。

12.1.7 在电缆隧道进出口处、电缆接头处及防火分隔处，均应设置灭火器、黄砂箱等消防器材，灭火器的配置应符合现行标准《建筑灭火器配置设计规范》GB50140 的有关规定。

12.1.8 电缆隧道内宜设置自动灭火系统，自动灭火系统宜选用超细干粉、细水雾灭火系统，并应符合国家或当地现行有关标准的规定。

12.1.9 动力照明及附属设备运行所需的电力电缆选型应符合以下规定。且电缆

防火与阻燃应符合国家现行标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217 和《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484 的有关规定。

1 隧道内非消防设备的供电电缆，控制电缆应采用阻燃电缆或低烟、无卤阻燃电缆。

2 火灾时需继续工作的消防设备应采用耐火电缆或低烟、无卤耐火电缆。

## 12.2 通风系统

12.2.1 电缆隧道内的通风区段的划分应结合工作井的设置情况确定，每相邻两个工作井之间的隧道长度应划分为一个通风区段。通风区段以设于工作井中的防火分隔为界，工作井内的防火分隔设常闭防火门。

12.2.2 电缆隧道应设置降温措施，以排除电缆工作时产生的热量，保证电缆正常运行，降温措施的设计应符合下列规定：

1 优先考虑设置通风降温措施，当采用通风降温措施困难或难以保障隧道内的温度要求，经过技术经济比较后，可以采用其他辅助降温措施。

2 电缆隧道内各降温措施应同时满足现行标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 相关规定的要求。

12.2.3 电缆隧道的通风，应按夏季排风温度不超过 40℃，进风和排风的温度差不超过 10℃计算；同时，还应满足现行标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217 中对电缆持续允许载流量的环境温度相关要求。

12.2.4 电缆隧道正常运行时的通风量应同时符合下列规定：

1 消除余热通风量，宜按隧道内电缆正常运行状态下最大载流量通过能力计算。

2 人员检修新风量，宜按 30m<sup>3</sup>/（h·人）计算。

3 当采用其他辅助降温措施时，设备容量的选取应同时满足及时排除电缆发热量要求及人员检修时的新风量要求。

12.2.5 电缆隧道内应设置事故后的事故通风设施，每个通风区段的事故通风量，宜按最小换气次数 6 次/h 计算。

12.2.6 电缆隧道内可采用自然通风或机械通风方式；进、排风口应分别设置在每个通风区段隧道的两端；进、排风口应采取防雨、雪及小动物的措施；应当优先选用低噪声设备，当进、排风口处的噪声不满足现行标准《声环境质量标准》GB 3096 等国家环境标准相关规定时，应采取相关的降噪措施。

12.2.7 采用空调系统作为隧道内降温措施时，空调送风口及水系统管道不应布置在电缆正上方。

12.2.8 机房的布置应符合下列规定：

1 通风降温用机房可设置在地面风亭或隧道内部。也可根据实际情况，与人员出入口建筑相结合。

2 地面风亭应与周边建筑环境协调布置，并满足城市规划要求。

12.2.9 机械送风系统的进风口位置应符合下列规定：

1 应直接设置在室外空气较清洁的地点。

2 近距离内有排风口时，应低于排风口。

3 进风口的下沿距离室外地坪不宜小于 0.5m，并满足防洪、防涝、防淹的要求。

4 应避免进、排风短路。

5 进风口进风速度不宜大于 5m/s。

12.2.10 机械排风系统的排风口位置应符合下列规定：

1 排风口应避免直接吹到行人或附近建筑。

2 排风口的下沿距离室外地坪不宜小于 0.5m，并满足防洪、防涝、防淹的要求。

3 排风口出风速度不宜大于 5m/s，直接朝向人行道的排风口出风速度不宜超过 3m/s。

12.2.11 机械通风隧道内风速不宜大于 5m/s。

12.2.12 应对通风设备进行状态监测和控制；设备控制方式宜采用就地手动、就地自动和远程控制。风机的控制应与火灾自动报警系统联动。

12.2.13 设置于每个通风区段隧道两端的防火门常闭，设置于通风区段内的其余

防火隔断处的防火门常开；电缆隧道内发生火灾时，着火区域相邻防火隔断处的防火门应能自动关闭，火灾通风区段以及相邻通风区段的风机、风阀等设备也应能自动关闭，同时开启自动灭火；当灭火完成后，打开着火区域相邻防火隔断处的防火门，进行事故通风。

### 12.3 动力照明系统

12.3.1 电缆隧道动力照明配电系统的供电方案，应根据电力隧道建设规模、周边电源情况、电力隧道运营管理模式，经技术经济对比后确定。电缆隧道动力照明配电系统的供电宜采用专用变压器、双电源供电。

12.3.2 电缆隧道内的消防负荷、监控设备、应急照明设备应按现行标准《供配电系统设计规范》GB 50052 规定的二级负荷要求供电，其余用电可按三级负荷供电。

12.3.3 动力配电系统的应符合以下规定：

1 电缆隧道以各防火分隔作为配电基本单元，每路进线电源负责相邻几个防火分隔的设备供电，进线电源容量应满足该供电范围内各配电单元全部设备同时投入时用电的需要；电源进线箱应安装在人员进出口处。

2 电缆隧道内照明、插座、风机、水泵及消防控制均应接至不同供电回路。

3 电缆隧道设备受电端的电压偏差：动力设备不宜超过供电标称电压的±5%，照明设备不宜超过+5%，-10%。

4 配电系统的接地类型宜采用 TN-S 系统，配电箱、灯具、风机、水泵及控制箱屏等电气设备金属外壳均应就近接地。

12.3.4 电缆隧道内电气设备防护等级应符合下列规定：

1 电气设备的防护等级应符合地下环境的使用要求，检修电源箱、风机、水泵电源箱及照明配电箱的防护等级应不低于 IP54，并配置主动除潮装置。

2 低压动力电源线中间不应设置接头，或采用防护等级不低于 IP54 的防水接线盒进行连接。

12.3.5 隧道出入口处应设置检修用动力插座，检修插座容量不宜小于 15kW，安

装高度不宜小于 0.5m，也可根据运行、安装的需要设置在隧道内。

12.3.6 电缆隧道内应设置正常照明和应急照明，并符合以下规定：

1 在隧道内人行通道上的平均照度值不应小于 15 lx，显色指数（Ra）应大于 60；出入口和设备操作处的局部照度不小于 100 lx。

2 电缆隧道内疏散应急照明照度值不应小于 5 lx，应急照明灯具持续工作时间不小于 60 分钟；火灾时，应急照明灯具光源点亮响应时间不应大于 5s。

3 隧道内正常照明灯具的布置宜采用沿隧道顶棚中线均匀布置。应急照明安全出口标志灯宜安装在隧道出入口上方，疏散标志灯宜设置在隧道内人行通道两侧距地面高度为 1.0m~1.2m 的电缆支架外侧。

4 电缆隧道内照明系统应设置远程启、停功能，照明开关应选用双控开关。

12.3.7 电缆隧道内照明应符合下列规定：

1 照明灯具应采取防水防潮措施，防护等级不宜低于 IP54，并应具有防外力冲撞的防护措施；灯具宜采用 LED 节能型光源。

2 照明灯具的安装、布置应满足《隧道照明用 LED 灯具性能要求》GB/T 32481 的相关要求。

3 应急照明灯具应采用安全特低电压供电，灯具的防护等级不低于 IP65。

12.3.8 接地系统的设计应符合下列规定：

1 隧道内接地系统应形成环形接地网，其接地电阻应小于 1 欧。

2 各工作井内的接地装置应尽量利用建筑物基础自然间横竖梁内的 2 根以上主钢筋或者埋在基础里的地下金属。当需要增设人工接地体时，接地体宜采用铜制或镀铜导体。每个工作井内预留接地网引出接地装置。

3 隧道的金属接地均压带与各工作井内预留接地装置连通，整条隧道作为一个贯通接地体，供设备接地用。

4 接地体(线)的焊接应采用搭接焊，其搭接长度必须符合《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169 规定。

5 电缆隧道地上建筑物部分的防雷应符合现行标准《建筑物防雷设计规范》GB50057 的有关规定；地下部分可不设置直击雷防护措施，但在配电系统中应设

置防雷电感应过电压的保护装置。

## 12.4 监控与报警系统

12.4.1 隧道内应配置环境监控系统，采用在线实时监控模式，对电缆隧道集中监控，并且具有以下功能：

- 1 实时监测隧道环境温度，进线火情、火灾监控和报警。
- 2 可燃气体浓度、氧气浓度、有害气体浓度监测。
- 3 实时监控电缆隧道内积水水位。
- 4 电缆井盖、出入口、通风口设置入侵报警探测装置和声光报警器。
- 5 电缆井盖和出入口门禁的远程开启。
- 6 电缆隧道通风系统风机状态的监测和远程控制。
- 7 电缆隧道照明系统远程控制。
- 8 出入口、设备集中安装点、电缆接头部位、易淹积水部位应配置视频监控装置。

12.4.2 监控系统通信要求

- 1 电缆隧道内应设置固定式通信系统，电话应与监控中心联通。
- 2 采用布置光纤通讯网络，满足安全可靠、传输距离远要求，并接入到相关监控中心内网。

12.4.3 当电缆隧道配置智能机器人巡检系统时，智能机器人巡检系统设计应符合下列要求：

- 1 设备运行应安全、可靠，可自主进行巡检、远程监控，具备可视、可测、可控等功能。火灾等灾害发生时，可自动进行无人化处理。
- 2 机器人巡检数据应全面准确，能自动进行全面数据分析，发现安全隐患。同时巡检数据可和电力隧道监控中心管理系统对接。
- 3 智能机器人巡检系统应能对故障位置清晰定位，并能对故障原因进行初步智能判断。

12.4.4 电缆隧道中应全线设置火灾自动报警系统。

12.4.5 火灾自动报警系统应符合以下规定：

1 火灾自动报警系统宜采用线型感温探测器，探测器应具有联动报警功能，有异常情况时可联动主机，及时把信息发至监控中心，同时切断预警或报警电缆上的电源；联动关闭进、排风机和进、排风孔。

2 设置火灾探测器的场所应设置手动火灾报警按钮和火灾警报器，手动火灾报警按钮处宜设置电话插孔。

3 火灾自动报警系统布线应符合现行标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 的有关规定。

4 弱电、控制电缆等电缆及光缆应采用耐火型，并与电缆隧道内其他设施分隔。采用耐火槽盒敷设，耐火槽盒接缝处和两端应用防火封堵材料或防火包带密封，耐火槽盒应同时确定电缆载流能力或相关参数。

## 12.5 给排水系统

12.5.1 电缆隧道内应设置自动排水系统，盾构井、工作井等附属结构内均应设置集水井及自动水位排水泵。

12.5.2 电缆隧道的排水应就近接入城市排水系统，排入雨水或污水系统应根据当地排水许可的相关要求确定，并应采取逆止阀以防止雨污水倒灌。

12.5.3 电缆隧道排水系统应能排除隧道的结构渗漏水、露天开口处雨水及隧道内冲洗水等，雨水设计重现期不小于 50 年。

12.5.4 电缆隧道内应有组织的排水，应设置排水明沟，排水沟坡向集水井，排水明沟坡度不宜小于 0.5%。

12.5.5 集水井内排水泵宜采用两台，一用一备，必要时两台同时启动。集水井的容积不应小于最大一台水泵 5min 的出水量，水泵机组为自动控制时，每小时开动水泵不宜超过 6 次。

12.5.6 排水泵的控制应符合下列规定：

1 排水泵应设计为自灌式，一般采用自动和就地控制方式，必要时可采用远程控制。

2 排水泵的集水井应设最高水位、启泵及停泵水位信号，并宜设置超高、超低水位信号报警功能。

3 排水泵的工作及故障状态、集水井水位信号宜在隧道中心控制室显示。

12.5.7 宜在电缆隧道的工作井、盾构井等有人员出入的附属结构内接入给水系统，给水终端设置于电缆层，必要时在盾构隧道内预留给水终端。

## 12.6 标识系统

12.6.1 电缆隧道的工作井地面出入口处应设置电缆隧道出入口标示牌，并应标明电缆隧道的建设时间、出入口编号、容纳电缆量等基本信息。

12.6.2 应对电缆隧道内的各类电缆进行标识区分，标明电缆等级、规格等内容，标识应设置在醒目位置，间隔距离不宜大于 100m。

12.6.3 电缆隧道内部的设施设备旁边应设置设备铭牌，并应标明设备的名称、基本数据、使用方式及紧急联系电话等信息。

12.6.4 电缆隧道内应设置“禁烟”、“注意碰头”、“注意脚下”、“禁止触摸”、“防坠落”等警示、警告标识。

12.6.5 电缆隧道内部应设置里程标识，附属结构处应设计方向标识；隧道及附属结构内的逃生路径应标明逃生标识。

12.6.6 电缆隧道地面处应设置路径桩（路径牌），在隧道横断面投影到地面的左、中、右三个位置设一排路径桩（路径牌），沿隧道纵向每隔 20m 设一排，转弯处可根据情况适当加密。

12.6.7 电缆隧道的标识系统材质、颜色、图标等内容应满足电网的企业标准要求。

## 13 工程监测

### 13.1 一般规定

13.1.1 隧道工程应对隧道及附属结构、周围岩土体及周边环境进行工程监测。

其中采用竖井、沉井等工法实施附属结构时，应满足相关工法的监测要求。

13.1.2 隧道工程施工期间的工程监测应为验证设计、施工及周边环境保护等方案的安全性和合理性，优化设计和施工参数，分析和预测工程结构和周边环境的安全状态及变形规律，实施信息化施工等提供资料。

13.1.3 监测方案编制前应收集并分析水文气象资料、岩土工程勘察报告、周边环境调查报告、安全风险评估报告、设计文件及施工方案等相关资料，并进行现场踏勘。

13.1.4 隧道工程监测前应根据隧道工程的自身风险等级、附属结构风险等级、周边环境风险等级和地质条件复杂程度进行监测等级划分。监测等级划分可参照现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的规定。

13.1.5 盾构隧道工程监测范围、监测项目、监测点的布设位置和数量应满足反映结构和周边环境安全状态和变化规律的要求。

13.1.6 当电缆隧道工程实施遇到下列情况之一时，应进行专项监测：

- 1 穿越或邻近既有轨道交通、铁路、公路设施。
- 2 穿越市政道路桥梁、市政隧道、机场跑道、高层建筑、既有电力通道、燃气主管、主供水管等重要的建（构）筑物。
- 3 下穿河流、湖泊等地表水体。
- 4 穿越岩溶、断裂带、地裂缝等不良地质体。
- 5 采用新工艺、新工法或有其他特殊要求。

13.1.7 工程监测应贯穿电缆隧道工程施工全过程。施工完成且周围岩土体和周边环境变形趋于稳定时，可结束监测工作。

## 13.2 监测范围及项目

13.2.1 工程影响分区应根据盾构隧道及附属结构施工对周围岩土体扰动和周边环境影响的程度及范围划分，可分为主要、次要和可能等三个工程影响分区，具体划分要求可参照现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的规定。

13.2.2 隧道工程监测范围应根据盾构隧道及附属结构的断面尺寸、埋深、开挖深度、施工工法、地质条件、周边环境条件等综合确定，并应包括主要影响区和次要影响区。

13.2.3 隧道工程监测项目及要求可参照现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的规定。当工程周边存在对位移有特殊要求的建（构）筑物及设施时，监测项目应与产权所有部门或单位沟通共同确定，涉及专项监测时，专项监测方案宜进行专家论证。

## 13.3 监测布点及频率

13.3.1 盾构管片结构位移监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 盾构始发与接收段、工作井附近、小半径曲线段等区段应布设监测断面。
- 2 软硬不均地层、软土、地下水位较高等地质条件复杂区段布设监测断面。
- 3 邻近重要建（构）筑物、地下管线、河流湖泊等周边环境条件复杂区段应布设监测断面。

4 每个监测断面宜在拱顶、拱底、两侧拱腰处布设管片结构净空收敛监测点，净空收敛监测点可兼作位移监测点。

13.3.2 隧道周边地表沉降监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应沿盾构隧道轴线上方地表布设，且监测等级为一级时，监测点间距宜为 5~10m；监测等级为二级、三级时，监测点间距宜为 10m~30m，盾构始发、接收段及工作井附近应适当增加监测点。

2 应根据周边环境和地质条件布设垂直于隧道轴线的横向监测断面，且监测等级为一级时，监测断面间距宜为 50m~100m；监测等级为二级、三级时，间

距宜为 100m~150m。

3 盾构始发和接收段、工作井附近及地质条件不良易产生开挖面坍塌和地表过大变形的部位，应有横向监测断面控制。

4 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个~11 个，且主要影响区的监测点间距宜为 3m~5m，次要影响区的监测点间距宜为 5m~10m。

13.3.3 明挖法或盖挖法实施附属结构时，监测断面及监测布设可参照现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的规定，并应符合《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 的有关规定。

13.3.4 周边环境监测点布设位置和数量应根据环境对象的类型和特征、环境风险等级、所处工程影响分区、监测项目及监测方法的要求等综合确定，并应满足反映环境对象变化规律和分析环境对象安全状态的要求；监测点布设在反映环境对象变形特征的关键部位和受施工影响敏感的部位；监测点布设应便于观测，且不应影响或妨碍监测对象的结构受力、正常使用和美观。各类周边环境具体布设要求可参照现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的规定。

13.3.5 监测频率应根据工程筹划、施工进度等情况，结合监测对象和监测项目的特点、工程地质、水文地质及当地工程经验等综合确定。

13.3.6 盾构隧道管片结构、周围岩土和周边环境的监测频率可参照国家现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的相关内容执行。

13.3.7 明挖法或盖挖法附属结构施工中周围岩土体和周边环境的监测频率可按现行标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的相关规定执行。

13.3.8 当遇到下列情况之一时，应提高监测频率：

- 1 监测数据异常或变化速率较大。
- 2 存在勘察未发现的不良地质条件，且影响工程安全。
- 3 地表、建（构）筑物等周边环境发生较大沉降、不均匀沉降。
- 4 盾构始发及接收段、通过工作井段以及停机检修或更换刀具期间。

## 13.4 监测控制值

13.4.1 隧道工程设计应确定监测项目的控制值，监测控制值应满足工程结构安全及周边环境保护的要求。同时，应根据工程特点、监测项目控制值、当地施工经验等制定监测预警等级和预警标准，施工过程中，当监测数据达到预警标准时，必须进行警情报送。

13.4.2 隧道监测控制值应根据工程地质条件、设计参数、周边环境条件及当地工程经验，可参照国家现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的相关内容执行。

13.4.3 电缆隧道工程施工引起建筑物变形监测控制值应满足现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的相关要求。

13.4.4 隧道工程施工引起桥梁的变形监测控制值应满足现行标准《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 中的相关要求。

13.4.5 隧道工程施工引起道路的变形监测控制值应符合现行标准《公路沥青路面养护技术规范》JTG 5142 和《城市道路工程设计规范》CJJ 37 的有关规定。

13.4.6 隧道工程施工引起城市轨道交通既有线的变形监测控制值应符合现行标准《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T 202 的相关要求，并满足当地轨道交通结构安全保护的相关标准、文件的要求。

13.4.7 隧道工程施工引起铁路的变形监测控制值应符合现行标准《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413 的相关规定及当地铁路部门的相关文件要求。

13.4.8 隧道工程施工引起地下管线的变形监测控制值应符合相关管线工程规范和管线产权部门的要求。

## 附录 A 工程周边环境调查样表

A.1 常见的工程周边建筑物调查情况按样表 A.1-1 填写，构筑物调查情况按样表 A.1-2 填写，地下管线调查情况按样表 A.1-3 填写。其余特殊的工程周边环境可参照样表格式。

**表 A.1-1 建筑物调查样表**

工程名称			
建筑物名称		编号	
地理位置			
修建年代或竣工日期		竣工图纸情况	
产权人或管理单位及电话			
建设、勘察、设计、施工等单位			
使用现状			
地上层数		地下层数	
地面高度		基础埋深（标高）	
结构形式		基础型式	
地基变形允许值		沉降观测值	
备注	说明资料来源，有无实测、影像等资料		
与电缆隧道工程空间关系示意图			

调查人员：

校核人员：

调查日期：

表 A.1-2 构筑物调查样表

工程名称			
构筑物名称		编号	
构筑物类型			
地理位置			
修建年代或竣工日期		竣工图纸情况	
产权人或管理单位 及电话			
建设、勘察、设计、 施工等单位			
使用现状			
结构形式		桥宽、桥长	
跨度		基础型式	
桩径		桩长或锚索长	
地基变形允许值		沉降观测值	
备注	说明资料来源，有无实测、影像等资料		
与电缆隧道工程 空间关系示意图			

调查人员：

校核人员：

调查日期：

表 A.1-3 地下管线调查样表

工程名称			
管线名称		编号	
管线类型、功能			
地理位置			
修建年代或竣工日期		竣工图纸情况	
产权人或管理单位 及电话			
建设、勘察、设计、 施工等单位			
使用现状			
管线材质		管线规格	
埋设方式		埋深（标高）	
施工方法		管节长度	
接口形式		节（阀）门（或 检查井）位置	
载体特征 （压力、流量、流向）		特殊要求	
备注	说明资料来源，有无实测、影像等资料		
与电缆隧道工程 空间关系示意图			

调查人员：

校核人员：

调查日期：

A.2 周边环境调查工作完成后，应对调查结果的基本信息进行统计，统计结果整理按样表 A.2 填写。

表 A.2 工程周边环境基本情况调查统计样表

编号	名称	类型	地理位置	与电缆隧道工程的空间关系	修建年代或竣工日期	使用现状	产权人或管理单位	联系电话	调查日期	备注
01										
02										
03										
04										
05										
06										
07										
08										
09										
10										
...										

## 本规程用词说明

- 1 为准确辨别和执行本标准条文，对条文中严格程序不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
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：  
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：  
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 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 01 《电力工程电缆设计标准》 GB 50217
- 02 《工程勘察通用规范》 GB 55017
- 03 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 04 《城市轨道交通岩土工程勘察规范》 GB 50307
- 05 《城市综合管廊工程技术规范》 GB 50838
- 06 《建筑基坑工程监测技术标准》 GB 50497
- 07 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 08 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 09 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 10 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 11 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 12 《盾构法隧道施工及验收规范》 GB 50446
- 13 《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》 GB 50652
- 14 《建筑与市政工程防水通用规范》 GB 55030
- 15 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 16 《水喷雾灭火系统技术规范》 GB 50219
- 17 《细水雾灭火系统技术规范》 GB 50898
- 18 《干粉灭火系统设计规范》 GB 50347
- 19 《建筑灭火器配置设计规范》 GB 50140
- 20 《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》 GB 51309
- 21 《建筑电气与智能化通用规范》 GB 55024
- 22 《民用建筑电气设计标准》 GB 51348
- 23 《供配电系统设计规范》 GB 50052
- 24 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》 GB 50168

- 25 《建筑物防雷设计规范》 GB 50057
- 26 《系统接地的型式及安全技术要求》 GB 14050
- 27 《交流电气装置的接地设计规范》 GB 50065
- 28 《火灾自动报警系统设计规范》 GB 50116
- 29 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50736
- 30 《声环境质量标准》 GB 3096
- 31 《盾构隧道工程设计标准》 GB/T 51438
- 32 《预制混凝土衬砌管片》 GB/T 22082
- 33 《地下结构抗震设计标准》 GB/T 51336
- 34 《混凝土结构耐久性设计标准》 GB/T 50476
- 35 《公路交通工程钢构件防腐技术条件》 GB/T 18226
- 36 《隧道照明用 LED 灯具性能要求》 GB/T 32481
- 37 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120
- 38 《公路桥涵地基与基础设计规范》 JTG 3363
- 39 《公路沥青路面养护技术规范》 JTG 5142
- 40 《城市道路工程设计规范》 CJJ 37
- 41 《城市桥梁养护技术标准》 CJJ 99
- 42 《铁路轨道工程施工质量验收标准》 TB 10413
- 43 《电力电缆隧道设计规程》 DL/T 5484
- 44 《盾构隧道管片质量检测技术标准》 CJJ/T 164
- 45 《建筑钢结构防腐蚀技术规程》 JGJ/T 251
- 46 《城市轨道交通结构安全保护技术规范》 CJJ/T 202
- 47 《城市轨道交通工程周边环境调查指南》（建质[2012]56 号）

云南省工程建设地方标准

# 盾构法电缆隧道工程设计标准

DBJ 53/T—XXX—2025

条文说明

# 目 次

1	总 则.....	62
3	基本规定.....	63
3.1	一般规定.....	63
3.4	盾构选型.....	63
4	盾构隧道总体设计.....	65
4.2	隧道横断面.....	65
4.3	隧道平面.....	65
4.4	隧道纵断面.....	65
6	管片结构计算.....	67
6.2	结构内力计算.....	67
6.6	抗震设计.....	67
7	管片构造.....	69
7.1	一般规定.....	69
7.2	管片构造要求.....	69
8	防水防腐设计.....	70
8.1	防水设计.....	70
8.2	防腐蚀设计.....	70
9	地层加固及施工辅助措施.....	71
9.1	一般规定.....	71
9.2	壁后注浆加固.....	71
9.4	地面加固.....	72
10	附属结构设计.....	73
10.1	盾构井.....	73
10.2	工作井.....	74
10.4	电缆支架.....	75
11	周边环境及风险控制.....	76
11.2	周边环境调查.....	76
12	附属设施设计.....	77
12.1	消防系统.....	77

12.2	通风系统.....	77
12.3	动力照明系统.....	79
12.4	监控与报警系统.....	80
12.5	给排水系统.....	81
13	工程监测.....	82
13.1	一般规定.....	82
13.2	监测范围及项目.....	82
13.3	监测布点及频率.....	82

# 1 总 则

1.0.1 目前国内电力电缆专用隧道主要于城区建设，经济发达地区的新区也会将电缆隧道纳入地下专用隧道建设规划，但大部分无明确规划的城郊或山区仍以架空线路为主。本标准基于国内现状，将适用地域界定为城区电力电缆隧道建设。其他地域的盾构法电缆隧道可参考本标准的相关内容。

1.0.2 目前国内城区电网的输送电压等级以 500kV 及以下为主，参照现行标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217、《城市电力电缆线路设计技术规定》DL/L 5221 的适用范围，本标准适用范围界定为电压等级不大于 500kV 的电力电缆隧道，隧道建设规模根据目前盾构法隧道在电力隧道中应用市场调研需求界定为 6m 级以下的中小型盾构法隧道。其他规模的盾构法电缆隧道可参考本标准。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

3.1.2 盾构法电缆隧道土建结构主要包括盾构隧道主体及盾构井、工作井等附属结构，城区建设的电缆隧道与城市轨道交通建设项目中盾构隧道部分的内容相似度高。因此，城区建设的电缆隧道工程勘察除满足本条规定外，可重点参照《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的相关技术要求开展勘察工作。

3.1.3 城区市政工程建设、翻修等较为频繁，电缆隧道在运行期可能会因周边环境的变化而产生病害或破坏。设计过程中应尽可能明确电缆隧道建设场区内的土地性质及规划建设内容，并提前考虑规划方案实施后可能对电缆隧道的影响。

3.1.5 荷载结构模型在地下结构设计中较为成熟，使用广泛，常规的地下结构设计计算都可以采用此法进行计算，对于结构复杂或需要采用多种方法校核计算结果时，可采用地层结构模型。由于地层结构模型计算参数及模型简化等对计算结果影响较为明显，采用此方法时应有可靠的当地经验，确保计算模型及计算参数的合理性。

3.1.6 电缆隧道为重要的民生工程，除有特殊要求外，结构设计工作年限应取 100 年。由于盾构隧道主体、盾构井、工作井等附属土建结构为地下实体工程，土建结构的整体或者局部的破坏都将直接影响电缆隧道的运行，因此本条中电缆隧道的结构应包括隧道主体、盾构井、工作井等永久的地下土建结构。

3.1.8 本条中结构设计安全等级和结构重要性系数参照现行标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的相关规定确定。

### 3.4 盾构选型

3.4.1 本条所述周边环境主要包括地面建构筑物和地下建构筑物，特别是地下建构筑物和地面建构筑物的基础形式。设计方案包括隧道线位、衬砌形式、断面尺寸

等内容。

3.4.7 长距离盾构掘进容易引起盾尾刷的劣化，实际施工中也有中途更换盾尾刷的情况。因此，在盾构机选型时应结合工程实际情况提前考虑盾尾刷与掘进长度的匹配问题。

盾构法电缆隧道的掘进区间一般都较长，由于盾构长距离施工的管片、渣土等物料运输时间较长，可能会产生开挖面处等待管片拼装和出土困难的情况，影响施工进度，设计时应考虑长距离施工对循环时间、计划日进尺等施工参数的影响，合理预估施工周期。

另外，由于长距离施工掘进因此，必须确保通风管能够从开挖面附近排气，同时施工空间还应保证作业人员逃生通道。

3.4.8 城市电缆隧道受场地和线型走向的限制，经常会遇到小曲线半径转弯的情况，除盾构机设备转弯半径在理论上应满足最小转弯半径外，还应采用辅助措施控制隧道轴线偏差，管片整体侧移，纠偏扰动土体及超挖引起的地表沉降。一方面可从盾构机本身出发采用增加铰接装置的方式以减少盾构主机的长度；另一方面采用动态管理与信息化施工，采用双液浆等早强浆液进行注浆，并控制好同步注浆及二次补浆的时间及注浆量。

3.4.9 城市电缆隧道总体以浅埋为主，但纵坡线型受既有建构筑物限制的情况较为常见，经常会遇到大坡度上下的工况，盾构施工过程中应采用有效的辅助措施控制隧道轴线偏差导致盾构机磕头或上浮，同步注浆的浆液流窜，盾构机头处地下水喷涌，运输设备制动系统失灵等问题。

## 4 盾构隧道总体设计

### 4.2 隧道横断面

4.2.2 电缆隧道的核心功能为电缆运行，隧道横断面的规模与所容纳的电缆数量息息相关，值得注意的是不同等级的电缆支架间距要求不一样，同一种电缆不同的敷设方式所要求的支架间距也不同，在拟定隧道横断面前，除了明确电缆隧道需要容纳的电缆数量外，也要结合电缆的等级及敷设方式进行综合考虑。例如，实际工程中电缆竖向蛇形敷设比水平蛇形敷设占用的空间明显更大。

### 4.3 隧道平面

4.3.5 本条主要考虑小半径隧道施工时，常用的盾构机设备的转弯能力，当曲线半径小于 40 倍隧道外径时，盾构机设备转弯困难，盾构机对隧道线形的控制精度难以保证，因此最小转弯半径应不小于 40 倍隧道外径，条件允许时，隧道转弯半径应尽可能取大值。电缆的转弯半径和电缆的类型有关，宜根据电缆厂家参数确定，例如对自容式铅包充油电缆，允许曲线半径可取 20 倍电缆外径。

目前，国内已有小型盾构机（4m 级）能适应转弯半径 80m 的要求，日本甚至已经研制成功 8m~30m 转弯半径的盾构机，能适应更为复杂的城区施工条件，因此，在能满足盾构机设备转弯能力的情况下，电缆隧道的最小转弯半径可不受 40~50 倍隧道结构外径的控制。

### 4.4 隧道纵断面

4.4.3 目前常规盾构机能够实施的最大纵向坡度为 5%，为满足常规盾构设备的施工要求，建议隧道线路纵坡不超过 5%为宜；亦可采用先进盾构设备满足更大纵坡。基于现行标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217 第 5.6.5 条规定电缆隧道纵向排水坡度不应小于 0.5%，电力行业《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484

第 10.0.4 条的规定，隧道内的排水坡不宜小于 0.5%，《地铁设计规范》GB 50157 第 6.3.1 条规定隧道内的排水坡不宜小于 0.3%，《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 第 3.2.2 条规定隧道线路纵断面坡度不宜小于 0.1%，结合电缆隧道运行的现状情况看，排水坡较小时隧道内的积水情况比较严重，本标准规定电缆隧道的最小坡度不宜小于 0.5%。

## 6 管片结构计算

### 6.2 结构内力计算

6.2.5 当隧道的覆盖层厚度或地层沿隧道纵向有较大变化、穿越重要建、构筑物或直接承受较大局部荷载时，纵向变形和受力不可忽略，为保证隧道的结构安全和正常使用功能，应进行隧道纵向内力和变形计算。小半径曲线施工时，管片上千斤顶推力不均匀，尤其是隧道穿越软土地层时，已成型的隧道管片在千斤顶推力偏心作用下，隧道结构易出现变形和破坏，应进行隧道纵向强度和变形计算。

### 6.6 抗震设计

6.6.1 重视地质环境作用应作为工程建设的先导条件。选线时应通过资料收集、初步勘察等手段，查明线路沿线不良地质的分布情况，研判不良地质对工程的不利影响，进行严格的方案比选。地震作用除直接造成结构损坏外，还会导致场地条件恶化，选线时应避开断层、错动、液化地层等。

6.6.2 抗震设防类别应根据隧道遭遇地震后可能造成的人员伤亡、经济损失、社会影响等因素确定，应符合现行标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的相关规定。重点设防类地震作用应按现行标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 规定的本地区抗震设防要求确定，或采用经地震主管部门批准的工程场地地震安全性评价的结果确定。但不应低于本地区抗震设防要求确定的地震作用。隧道结构抗震性能要求、抗震设防目标、地震反应计算方法及抗震构造等级应符合现行标准《地下结构抗震设计标准》GB/T 51336 的相关规定。

6.6.3 隧道管片通过螺栓连接拼装而成，隧道的横断面以及纵向均有很多接头，除了管片外，接头处的受力与变形也对结构的安全和正常使用起到控制性作用。此外，隧道与盾构井、工作井等结构形式变化大、空间效应显著的部位，易产生应力集中和大变形。隧道抗震验算应包括管片、接头、结构连接或交叉部位。

6.6.4 应沿电缆隧道纵向选取一个或多个地层条件和结构形式具有代表性的横断面或纵向区段为分析对象；抗震计算一般采用二维简化计算模型，简化计算模型应能反映隧道在地震作用下的实际工作状态，应计及最不利工况的影响；对于超常规、复杂、或刚度变化大、尺寸效应不可忽略的结构，应采用三维模型进行分析，有条件的可进行振动台试验对分析结果进行验证；计算模型边界拟定及地震作用下的结构强度和变形验算相关标准可参考现行《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 的相关规定。

6.6.6 应按本标准 6.1 节地震工况下荷载作用组合对盾构隧道管片进行地震工况下的强度和变形验算；应进行隧道与盾构井、工作井连接处的抗震验算，并应验算结构刚性交叉部位的应力集中和柔性连接部位的变形，并根据验算结果采取构造措施。

6.6.7 变形缝两侧的结构不得产生影响使用的差异沉降；变形缝间距可根据隧道纵向允许沉降曲率、沉降差等要求确定；变形缝处的弹性密封垫应加厚，宜采用表面粘贴遇水膨胀橡胶止水条的密封垫，以增强变形缝处接缝防水能力。

6.6.10 液化会导致隧道结构上浮、地基液化沉陷及衬砌破坏，故盾构隧道应尽量避免穿越液化地层，当隧道埋深小于 20m 且洞身处于液化地层时，宜采取相应的工程措施：

对于轻微液化地层，液化产生的影响较小，原则上可不采取抗液化处理措施；对于中等、严重液化地层，当隧道洞身位于中等及严重液化地层，宜优先采用从地面进行加固的措施，如地面无条件，可采用多孔注浆管片进行洞内二次深孔注浆，注浆深度需结合液化地层范围及液化等级确定，以提高地层抗液化性能；重度液化地层宜针对具体液化地层分布范围及其与结构关系进一步研究。

## 7 管片构造

### 7.1 一般规定

7.1.1 盾构隧道在满足安全、耐久性、防水、防火、防气条件时，可采用全环单层管片衬砌。双层衬砌主要用于对内表面平整度、抗渗、沼气地层、防火特殊要求的地层。因接缝处抗渗（水、气）要求高，故盾构法电缆隧道管片设计时应尽量减少分块，采用大幅宽管片，减少成型隧道接缝数量。

### 7.2 管片构造要求

7.2.2 钢管片可用于隧道开口、地层不稳定或岩性变化较大、上部作用集中荷载等结构或荷载变化较大处，以及推力较大的固定支架、管线分支等位置。钢管片分块接头应采用高强度螺栓连接，其制作精度不应低于混凝土管片的精度。

7.2.5 插入角小，能够有效减少封顶块纵向接缝长度，降低了接缝处渗漏水的概率；接头角小，封顶块和邻接块斜切面之间能够形成摩擦自锁，环向连接螺栓仅需起到销钉作用，螺栓上剪力小，有利于抵抗接缝径向变形，利于结构受力。

7.2.6 对于中小直径盾构隧道，管片本身较薄，手孔对管片截面刚度的削弱作用较明显，应尽量优化手孔尺寸，合理确定相邻手孔间距，并采取加强筋等措施对手孔位置管片进行补强。

7.2.8 注浆孔兼做吊装孔时，中心注浆孔预埋件应进行抗拉拔试验，试验结果应符合设计要求；当设计无要求时，抗拉拔力不应低于管片自重的 7 倍。

7.2.17 管片环拼装过程中，为防止偏心顶推力及管片自重产生的弯矩对管片边缘处产生应力集中、削弱管片接头强度以及降低防水性能等影响，要求在管片边缘设置倒角。缓冲衬垫的作用，也是减少管片混凝土的正面接触，保护接缝混凝土。

## 8 防水防腐设计

### 8.1 防水设计

8.1.4 结构自防水设计应遵循“以防为主、多道设防、刚柔结合、因地制宜、综合治理”的原则。盾构隧道防水应包括管片自防水、管片接缝防水和特殊部位防水。

8.1.5 在注浆后，清除注浆孔内残留的浆液，使用逆止阀和止浆塞、密封垫圈进行防水处理，由于密封圈在施工过程中会蠕动变松，故要求进行二次拧紧。螺栓孔的密封圈采用遇水膨胀橡胶材料，利用压密和膨胀双重作用加强防水。注浆孔止浆塞外侧采用遇水膨胀橡胶环形密封圈加强防水，在注浆完成后安装。

### 8.2 防腐蚀设计

8.2.1 电缆隧道一般位于城市地下空间的浅层，在大城市中，浅层地下水受到生活和工业废水不同程度的污染，管片结构除了需要承担外部的土层压力、地下水压力以及一些特殊荷载作用外，还需要考虑与其接触的有害介质作用。

8.2.2 防腐涂料进行选择时应重点考虑以下几点要求：（1）涂料自身是否能够防水；（2）涂料是否具有足够的抗压强度；（3）涂料是否具有足够的粘结强度；（4）涂料使用寿命应尽可能长；（5）工艺难度；（6）对结构的影响及施工对涂料的影响；（7）防腐效果。

8.2.3 电缆隧道具有较高的消防安全要求，隧道内支架等的防腐措施还应结合消防工况综合考虑，如增加绝缘、防火等功能要求。有关金属构件防腐涂层耐腐蚀性能试验及要求可参考《公路交通工程钢构件防腐技术条件》GB/T 18226 中第 6 节相关要求，应进行附着量与厚度、盐雾试验等检测。

## 9 地层加固及施工辅助措施

### 9.1 一般规定

9.1.1 盾构隧道除盾构始发、接收井外，一般中间还会有若干个电力工作井，电力工作井通常先施工，然后盾构掘进时从工作井中穿过，工作井的端头应视情况进行地层预加固。另外，工作井纵向长度与盾构机长度相当，实际过程中盾构机还未完全推出工作井范围又开始掘进，盾构通过工作井时应采取合理的施工辅助措施确保盾构的施工精度与施工安全。

9.1.3 临时导向结构指盾构在通过工作井时的一种临时施工措施，该结构主要包括预留洞口两侧的导向墙和顶板，顶板上方靠洞门附近预留注浆孔，顶板施作前先在空腔内回填低强度的素混凝土或砂土。盾构隧道通过后，临时结构可拆除。

9.1.4 盾构始发、接收的纵向加固长度一般可取盾构机主机长度加 1.5m~3m 较为安全，一般可取 9m~10m；横向加固长度宜按盾构隧道洞径大小取 2m~3m。隧道需要穿越工作井时，工作井采取可靠的辅助措施，且防水效果较好时，可不进工作井的端头加固，否则应按盾构始发接收的要求进行端头加固。

### 9.2 壁后注浆加固

9.2.1 隧道壁后注浆是盾构法隧道控制地层沉降、隧道轴线偏差、接头渗水的重要措施，一般同步注浆是必须的，除非地层条件特别好。二次注浆应根据具体的地质条件、周边环境沉降控制要求及监测数据反馈情况选择性进行。

9.2.2 隧道壁后注浆通常采用以水泥为主的浆液。如水泥砂浆、水泥浆、水泥水玻璃双液浆。其中水泥砂浆与水泥浆对比具有稳定性好、抗渗能力强、析水率低等优点，可优先采用；当对流动性要求高时宜采用水泥浆；对于富水地层或凝结时间要求短时宜采用水泥水玻璃双液浆。

9.2.5 二次注浆一般优先考虑洞内注浆，确实有必要或特殊需要时，也可以采用

其他方式。

9.2.6 壁后注浆以同步注浆为主，无特殊要求时注浆材料以单液浆为主。同时，应基于当地的设计经验参数，在设计中明确具体的理论设计参数参考值，明确设计要求达到的注浆效果，具体的注浆设计参数以现场试验参数为准。

## 9.4 地面加固

9.4.3 深层搅拌法和高压旋喷法在圆砾层中效果都比较差，隧道埋深大时，也不适用于深层搅拌法和高压旋喷法，实践工程证明，周边环境变形控制严格时，素咬合桩控制好。

9.4.4 对于加固体渗透性的检测，目前行业内主要以地下钻进水平探孔观测为主，水平探孔应均匀布置于探测面。若现场探孔干燥时视为加固体渗透性满足设计要求，若现场探孔有渗漏时，应进行补浆处理。

## 10 附属结构设计

### 10.1 盾构井

10.1.1 电缆隧道采用盾构法施工时，由于整体始发要求的盾构始发井尺寸较大，而施工完成后，盾构井大部分的空间利用率较低，为节约资源，一般情况下盾构法电缆隧道始发应以分体始发为主。

10.1.2 盾构井是电缆隧道工程的附属结构，一般采用明挖法施工，在工程投资中占比较大，当条件允许时，可考虑沉井法或倒挂壁法进行施工，以节约工程投资。

沉井法施工主要有排水施工和不排水施工两类，一般情况下采用排水法工艺施工较为经济合理；但在地下水位较高且地层为透水性较强的粉土、粉砂等土层时，施工容易发生突涌灾害，宜优先采用不排水施工工艺，若采用排水工艺施工，则施工前应采取有效的隔水措施。

10.1.3 电缆隧道以中小型盾构为主，根据现有盾构机设备分体始发的情况，在无其他特殊施工要求及电缆运行维养要求的情况下，盾构始发井的内净空长度宜取 35m~40m。

电缆隧道往往会结合电网规划布设多线交叉的工作井，此时工作井可以是三通、四通甚至是多通，而且通道连接在空间上不一定是规则的，应根据具体需求针对性的确定盾构始发井的净空尺寸。

10.1.4 电缆隧道以中小型盾构为主，根据现有盾构机设备的情况，在无其他特殊施工要求及电缆运行维养要求的情况下，盾构接收井的内净空长度宜取 10m~12m。

电缆隧道往往会结合电网规划布设多线交叉的工作井，此时工作井可以是三通、四通甚至是多通，而且通道连接在空间上不一定是规则的，应根据具体需求针对性的确定盾构始发井的净空尺寸。

10.1.6 本条基于现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 第 13.1.6 条的内容编写，基本沿用原条文的内容。不同之处在于对  $\alpha m$  的取值进行了进一步的明确，应取隧道轴线平面或纵坡夹角的较大值；将盾构机的基座高程误差并入测量误差中，便于条文的使用。

## 10.2 工作井

10.2.1 电缆隧道工程以非开挖的地下隧道为主，工作井是唯一顶出地面的结构。因此，工作井必须承担地下地上“互通”的重要角色，确保电缆运行和维保过程中各类附属设施正常运转。工作井的设置除了考虑地面场地的建设条件，还应考虑电网总体规划中节点的预留情况。当间距超过 1000m 时电缆隧道内的通风要求明显提高，防灾功能也变弱，甚至还会影响电缆放线的需求（电缆放线口间距要求宜为 500m~1000m）。因此，本标准规定超过 1000m 间距设置工作井时应进行专题研究。

10.2.2 工作井的净空尺寸应以空间集约为原则，尽量优化设施的布置，工作井规模偏大会造成建设成本高，空间利用率低等弊端。在工作井间距要求满足本标准 10.2.1 条规定，且无其他特殊要求时，4m 级的小盾构，建议工作井的平面净空规模不大于 8m×8m；6m 级的中型盾构，工作井的平面净空规模不大于 10m×10m。

只有工作井内才有条件设置通风口，通风口的尺寸与工作井的间距相关。人员出入口及出入楼梯是控制工作井净空尺寸的关键因素，设计中应结合消防、疏散等要求仔细研究。电网规划中对工作井预留口也是控制工作井净空尺寸的主要因素之一，工作井设计时应结合近、远期电网规划需求确定预留口的布置。

10.2.4 工作井中的电缆层因通风、消防等功能需求，一般都要设隔断墙，集水井应避免直接设在隔断墙下方。

10.2.7 工作井中设置的集水井主要用于抽排地下结构的废水和部分渗漏水，地面的雨污水应尽可能避免流入电缆隧道内部，故出地面的通风口采用顶板封闭，四个侧面通风的方式有利于防水。

由于工作井整体规模不大，风机设备不一定能通过楼梯间运输，建议通风口作为风机运输通道，顶板为预制可拆卸结构。

## **10.4 电缆支架**

10.4.2 盾构管片为全预制结构，电缆支架与管片之间宜通过预埋件连接，以避免后期机械打孔安装对管片的结构安全性及耐久性造成影响。预埋钢板需后期在隧道内进行焊接与立柱连接，施工效率低，作业环境差，应慎重选择使用；预埋螺栓安装立柱需根据安装要求，预先确定好预埋螺栓的位置，为适应管片错缝拼装的技术要求，预埋螺栓位置宜按等角度布置且与管片分块设计综合考虑，同时应考虑盾构隧道施工过程中管片旋转对预埋螺栓位置错动的影响。

## **11 周边环境及风险控制**

### **11.2 周边环境调查**

11.2.1 工程周边环境调查工作一般由建设单位负责，建设单位应组织设计单位研究提出工程周边环境调查的技术要求，明确调查的范围、对象、内容及成果要求等，并向受委托从事工程周边环境调查的单位进行技术交底。调查方案主要包括工程概况、调查目的和依据、调查范围和对象、调查内容、调查方法和手段、调查成果要求等。

## 12 附属设施设计

### 12.1 消防系统

12.1.1 目前电缆隧道内的消防系统主要以电缆接头局部自动灭火为主，针对防火分隔内的全域灭火设计未有明确的规定，本条提出充分考虑电缆隧道运行期的消防及防灾设计，并明确防火分隔的划分原则，以最大限度的防止火灾时火势蔓延，并应考虑隧道内所有防火分隔内的自动灭火，将 FAS 控制系统接入总控平台。鉴于目前电子科技及 5G 技术的成熟应用，建议实现采用巡检机器人电缆隧道内部的日常巡检和视频监控等辅助功能，一方面实现信号及时传输，另一方面降低巡检人员在电缆隧道内遇到灾情的风险。

12.1.6 《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838 中 7.1.1 条规定，敷设阻燃电力电缆的舱室火灾危险性类别为丙类；《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484 中 9.2.2 条规定，敷设阻燃电缆的电缆隧道的火灾危险性类别为戊类。本次标准编制执行更为严格的国家标准要求，并对敷设一般电缆时提出更高的要求。

12.1.7 电缆隧道内存在生产、使用、储存的可燃物，因为有可燃物的场所就存在着火灾危险性，需要配置建筑灭火器加以保护。

12.1.8 从电缆火灾的危害影响程度与外援扑救难度分析，盾构电缆隧道规模较大，隧道内敷设的电力电缆一般主要是输电线路，电压等级高，送电服务范围广，一旦发生火灾，产生的后果非常严重。基于上述分析，电缆隧道内应考虑设置自动灭火系统，自动灭火系统对于扑救和控住隧道内的初起火、减少损失、保障人身安全，具有十分明显的作用。自动灭火系统推荐选用干粉、细水雾灭火系统。

12.1.9 参照现行标准《城市综合管廊技术规范》GB 50838，对隧道内附属设施供电电缆选型进行了规定。

### 12.2 通风系统

12.2.2 电缆工作时有热量产生，为了保证电缆正常运行，有必要采取相应的降温措施。设计时应优先考虑通风降温措施，当电缆发热量大、设置通风措施困难时，可以考虑空调等辅助降温设施。

12.2.3 根据《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484 第 9.1.2 条规定：“电缆隧道通风计算参数按照现行标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 相关规定确定，排风温度不应高于 40℃，进、排风温差不宜大于 10℃。”同时，电缆厂家提供的电缆载流量资料是环境温度为 40℃时的数据。因此，本标准亦规定隧道内排风温度不超过 40℃，进、排风温差不大于 10℃。

《电力工程电缆设计标准》GB 50217 第 3.6.5 条，对电缆持续允许载流量的环境温度进行了相关规定。

12.2.4 电缆隧道正常运行时，除了及时排除电缆发热量之外，通风系统还需满足人员检修时的新风量需求。本条参照《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484 第 9.1.3 条规定执行。

12.2.5 关于电缆隧道事故通风，是指发生火灾时，全部通风系统停止工作，在火灾发生后，尽快排除隧道内的烟气所需的通风量。本条参照《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484 第 9.1.3 条规定执行。

12.2.6 进、排风口分开设置可以有效防止通风气流短路；同时考虑进、排风口一般直接对外，设计时需采取必要的措施防止雨雪及小动物进入，并避免隧道内设备噪声通过风口泄漏至室外，对周边环境产生影响。

12.2.7 为避免冷冻水、冷凝水等滴落至电缆上导致电缆损坏和引发事故，作出相关规定。

12.2.8 参照现行标准《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484，对机房的布置进行了规定。

12.2.9 参照现行标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 及《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484，对机械送风口的设置进行了规定。

12.2.10 参照现行标准《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484，对机械排风口的设置进行了规定。

12.2.11 参照现行标准《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484，对风速控制标准进行了规定。

12.2.12 参照现行标准《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838、《电力工程电缆设计标准》GB 50217，对通风设备的监测和控制进行了规定。

12.2.13 本条对电缆正常运行及发生火灾事故工况下，隧道内防火门、通风设备、灭火之间的联动关系进行了规定。电缆隧道内一旦发生火灾，应及时可靠地关闭通风设施，若不能及时关闭通风设施，可能造成火灾的蔓延加速。

### 12.3 动力照明系统

12.3.1 根据电缆隧道重要性及消防电源的供电要求，推荐采用接在 10kV 城市公网上的电缆隧道专用变压器供电。

12.3.2 参照现行标准《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484，对隧道内消防用电负荷、监控设备供电进行了规定。

12.3.3 进线电源负荷容量考虑作业人员进入时，同时开启照明、排风机、排水泵及使用电缆施工作业机械所需的用电量；同时电源进线箱设置在方便使用的出口处。

参照现行标准《建筑设计防火规范》GB 50016，对消防、非消防负荷供电回路进行了规定。

参照现行标准《民用建筑电气设计标准》GB 51348。本条由于电缆隧道供电线路较长，导线选择及供电半径应进行电压损失校验。

考虑到地下电缆隧道内内电源中性线（N）和保护零线（PE）分开，有利于人员安全接地推荐采用 TN-S 系统。

12.3.4 考虑到隧道的环境，特别是在部分潮湿的场所，为了防止触电，对电气设备的防护等级进行了规定。

12.3.5 参照现行标准《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484，为了方便后期隧道内运营检修，对隧道内检修用动力插座设置的位置进行了规定。

12.3.6 参照现行标准《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484 和《消防应急照明和

疏散指示系统技术标准》GB 51309，对隧道内照明和应急照明最低照度进行了规定。

参照现行标准《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》GB 51309，对隧道内应急照明灯具的设置和持续供电时间进行了规定。

为了防止隧道内照明设施发生故障导致全隧道失去照明的安全对策。

12.3.7 参照现行标准《建筑电气与智能化通用规范》GB 55024，疏散指示灯具安装高度在 2.5 米及以下时，应采用安全特低压供电。

12.3.8 考虑到盾构电缆隧道施工与明挖法施工的不同，盾构电缆隧道接地网主要设置在各工作井内，通过工作井内预留接地装置，与隧道内两侧敷设金属接地均压带连通，将隧道连成一个贯通的接地体。

## 12.4 监控与报警系统

12.4.1 隧道环境监控系统采用计算机技术、传感器技术、工业控制技术和总线通信等相关的高科技技术手段，利用在线实时监控模式，通过通信线路组网，实现了对电缆隧道环境的集中监控、集中管理。

12.4.2 本条参照现行《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116，固定式电话与消防专用电话合用时，电话网络应为独立的通信系统，该通信系统为生产运行维护人员使用。

12.4.3 电力隧道的环境复杂多变，智能机器人巡检系统应具备可靠、全面、无人化的功能，并能对故障准确定位并进行初步分析。能提高巡检的效率，为电力隧道稳定安全的运行提供重要的保障。

12.4.4 参照现行标准《电力电缆隧道设计规程》DL/T 5484，为了提前发现和控制火灾事故，对隧道内消防报警系统设置进行了规定。

12.4.5 本条参照现行《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116，对隧道内火灾自动报警系统探测器的选型、具备的功能以及电缆及光缆敷设的要求等进行了规定。线型感温探测器具有高可靠性、高安全性、抗电磁干扰能力强、绝缘性能高等优点，可以工作在高压、大电流、潮湿及爆炸环境中，探测器维护简单，可免

清洗，适合电缆隧道中使用。

## 12.5 给排水系统

12.5.3 露天开口处是雨水的主要进出口，为防止雨水造成电缆隧道的淹灭，排水量按当地 50 年一遇的暴雨强度计算比较合适，并应满足结构渗漏水、隧道内冲洗水排水要求。

12.5.4 为了将水流尽快汇集至集水井，电缆隧道内采用有组织的排水系统。考虑充分利于隧道空间，隧道内回填层厚度在满足人员通行的情况下应尽可能减薄，一般在隧道中心设置单沟，排水沟的纵向坡度和盾构隧道的最小坡度相匹配，即不小于 0.5%。

12.5.7 为方便电缆隧道内部清洁及维养人员的基本用水，在外部水源条件允许的情况下，建议在设计中考虑接入外水，在工作井、盾构井等有人员出入的附属结构内设计水龙头等给水终端，必要时在盾构隧道内间隔预留水龙头等给水终端以方便隧道清洗。

## 13 工程监测

### 13.1 一般规定

13.1.6 国家现行的《公路安全保护条例》中对各等级公路都有保护要求，具体保护要求还应满足各地方公路管理部门的要求。因此，本条将现行标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438 第 15.1.4 条中高速公路的表述调整为公路。

公路、铁路和轨道交通设施中已包含各类工程中涉及的桥梁，本条第 2 款中的桥梁专指市政桥梁。

### 13.2 监测范围及项目

13.2.1 电缆隧道工程中盾构井或工作井等附属结构的平面规模一般不大，当有可靠的地方经验时，附属结构基坑的次要影响区与可能影响区的划分可适当减小或取相关规范条文中的低值；但当存在《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 中 3.2.4 条中存在的特殊岩土、不良地质、扰动较大的施工措施等特殊情况时，应经合地方经验适当增大监测范围。

### 13.3 监测布点及频率

13.3.2 考虑到电缆盾构隧道以中小型盾构为主，当电缆隧道为小型（4m 级）盾构时，宜取该条款中的高值来确定监测断面及监测点布置；其他规模的电缆隧道宜结合实际情况选用。