

山西省工程建设地方标准



DBJXX-XXX-XXXX
备案号: XXXXXXXXX

城市电力电缆隧道工程技术标准

Code for design of
Urban electric cable tunnel projects

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

山西省住房和城乡建设厅 发布

前 言

根据《山西省住房和城乡建设厅关于印发〈2022 年工程建设地方标准规范制（修）订计划〉的通知》（晋建科字〔2022〕232 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究、认真总结实践经验，并结合山西省的实际情况广泛征求了有关单位和专家意见，对具体内容进行讨论、修改，经审查后定稿。

本标准主要包括总则、术语、基本规定、勘察、设计、施工、验收共七章及附录。

本标准由《城市电力电缆隧道工程设计规程》（DBJ04/T325-2016）和《城市电力电缆隧道工程施工及验收规程》（DBJ04/T326-2016）合并修订而成，修订的主要技术内容包括：

1. 新增了工程绿色建筑的要求，删除了“两型一化”相关内容。
2. 新增了施工前、施工中地质调查的相关规定。
3. 新增了隧道荷载分项系数、结构分析计算模型、最小尺寸、变形缝、保护层厚度、腋角等相关内容。
4. 新增防灾与报警系统接地与隧道的防水设防要求的相关要求。
5. 新增了隧道内照明灯具、电缆耐火防护、火灾报警系统、通信与监测设计、隧道标识设计、电缆支架长度与强度等相关内容。
6. 删除了基槽开挖中最陡坡度要求，按边坡稳定性验算结果确定边坡坡度。
7. 新增了施工过程中的抗浮要求。
8. 新增了支护结构和隧道主体结构永临结合的要求。
9. 新增了电缆隧道两侧同时回填的要求。
10. 删除了推荐的灰土最大虚铺厚度相关要求；新增了控制压实系数相关要求。
11. 新增了拆除模板时混凝土的强度要求。
12. 删除了混凝土原材料及配合比设计的具体要求。

本标准由山西省住房和城乡建设厅负责管理，山西省电力建设工程质量监督中心站负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中如有修改和补充之处，请将有关意见和建议反馈至山西省电力建设工程质量监督中心站（地址：山西省太原市晋源区谐园路 9 号，邮政编码：030021）。

本标准主编单位：山西省电力建设工程质量监督中心站

本标准参编单位：××××××

××××××

本标准主要起草人：××××××

本标准主要审查人：××××××

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本规定	3
4 勘 察	4
4.1 一般规定	4
4.2 工程地质	4
4.3 工程环境	5
4.4 勘察报告	5
5 设 计	6
5.1 一般规定	6
5.2 隧道结构设计	6
5.3 隧道接地设计	10
5.4 隧道防水设计	11
5.5 附属设施设计	13
6 施 工	20
6.1 一般规定	20
6.2 施工准备	20
6.3 土石方工程	21
6.4 地基处理	24
6.5 隧道结构施工	26
6.6 隧道防水施工	33
6.7 接地装置施工	38
6.8 附属设施施工	41
7 验 收	47
7.1 一般规定	47
7.2 质量验收范围	47
7.3 工程验收	48
附录 A 质量验收表	49
附录 B 隐蔽工程验收记录	56
本规程用词说明	58
引用标准目录	59
条 文 说 明	60

Contents

1	GENERAL PROVISIONS.....	1
2	TERMS.....	2
3	BASIC REQUIREMENTS.....	3
4	INVESTIGATION.....	4
4.1	GENERAL REQUIREMENTS.....	4
4.2	ENGINEERING GEOLOGICAL.....	4
4.3	ENGINEERING ENVIRONMENT.....	5
4.4	INVESTIGATION REPORT.....	5
5	DESIGN	6
5.1	GENERAL REQUIREMENTS.....	6
5.2	STRUCTURAL DESIGN.....	6
5.3	GROUNDING DESIGN.....	10
5.4	WATERPROOF DESIGN.....	11
5.5	DESIGN OF TUNNEL ANCILLARY FACILITIES.....	13
6	CONSTRUCTION.....	20
6.1	GENERAL REQUIREMENTS.....	20
6.2	PREPARATION FOR CONSTRUCTION.....	20
6.3	EARTH-ROCK ENGINEERING.....	21
6.4	GROUND TREATMENT.....	24
6.5	TUNNEL STRUCTURE CONSTRUCTION.....	26
6.6	TUNNEL WATERPROOFING CONSTRUCTION.....	33
6.7	GROUNDING DEVICE CONSTRUCTION.....	38
6.8	ANCILLARY FACILITIES CONSTRUCTION.....	41
7	ACCEPTANCE.....	47
	EXPLANATION OF WORDING IN THIS SPECIFICATION.....	58
	LIST OF QUOTED STANDARD.....	59
	ADDITION: EXPLANATION OF PROVISIONS.....	60

1 总 则

1.0.1 为适应城市电力电缆工程建设快速发展的需要，规范电力电缆隧道工程的设计与施工，统一设计、施工及验收标准，促进设计和施工技术水平的整体提高，保证工程建设质量和电网运行安全，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于山西省行政区域内城市新建、扩建和改建的电力电缆隧道工程的设计、施工及验收。

1.0.3 城市电力电缆隧道工程的设计、施工及验收，除应符合本标准外，尚应符合现行国家、行业和山西省有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 电缆隧道 cable tunnel

容纳电缆数量较多、有供安装和巡视的通道、全封闭型的电缆构筑物。

2.0.2 支护结构 supporting structure

为保护边坡及其环境的安全，用以对边坡采取的支挡、加固与防护的构筑物。

2.0.3 检修孔 inspection hole

为了便于定期检修隧道电缆而下井操作、检修用的装置。

2.0.4 止水 water stop

在水工建筑物各相邻部分或各分段的接缝之间防止沿缝面产生渗漏的构造措施。

2.0.5 接地体（极） grounding conductor

埋入地中并直接与大地接触的金属导体。

2.0.6 接地线 ground wire

与接地体连接用的在正常情况下不载流的金属导体。

2.0.7 接地电阻 ground resistance

接地体或自然接地体的对地电阻和接地线电阻的总和，称为接地装置的接地电阻。其数值等于接地装置对地电压与通过接地体流入地中电流的比值。

3 基本规定

3.0.1 城市电力电缆隧道工程设计应严格执行国家的建设方针和技术经济政策，符合安全可靠、技术先进、经济合理和节能环保的要求。

3.0.2 隧道路径的选择，应按照政府主管部门批准的城市总体规划，综合考虑地形、地质、周围环境及电力网络总体规划等因素，经技术经济方案比较后确定。

3.0.3 城市电力电缆隧道工程设计应采用全寿命周期设计理念，按电网远景规划并预留适当裕度和接口一次建成。同时应满足施工工艺、余缆敷设、结构变形和位移等要求。

3.0.4 在旧城街道及地下管线复杂地段施工前，应针对电力、热力、煤气、天然气、自来水、电信等相关设施，制定应急预案，并组织相关人员进行演练。施工时出现异常，快速启动应急预案。隧道的渗漏检测应符合设计防水等级要求。

3.0.5 隧道结构混凝土浇筑后，隧道内所有的施工作业，均应按照有限空间作业的要求进行安全管控。

3.0.6 城市电力电缆隧道工程设计和施工应积极推广成熟的新技术、新材料、新设备、新工艺、新流程，不断提高智能化水平。

3.0.7 隧道工程的设计与施工应遵循绿色建造的要求，采用有利于节约资源、保护环境、减少排放、提高效率、保障品质的建造方式。

4 勘 察

4.1 一般规定

4.1.1 电缆隧道工程勘察的范围和深度应根据环境条件、地质条件、工程特点确定，应满足隧道工程稳定性评价和设计要求。

4.1.2 电缆隧道调查应分为施工前调查和施工中调查两个阶段，各阶段的目标、内容及范围可按表 4.1.2 确定。

表 4.1.2 各阶段调查的目标、内容及范围

阶段		目标	内容和方法	范围
施工前	踏勘	为路线路径比选提供区域地形、地质、环境等基本资料	搜集、分析既有资料及沿路线进行地面踏勘，必要时可进行少量勘探工作	大于路线可能方案的范围
	初勘	获取路线所需地形、地质、其它环境资料，为方案比较及下阶段调查提供基础资料	搜集、分析既有资料，现场踏勘、测绘和勘探工作	大于比选方案的范围
	详勘	获取技术设计、施工计划、预算等所需的地质、环境等资料	详细进行地形、地质、环境等调查；按要求进行钻探、物探、测试等	隧道路线两侧及周围地区
施工中		预报和确认施工中出现的地质问题；验证或变更设计、调整施工方法等	地形、地质、环境补充调查；洞内观测、量测、超前探测；预报地质灾害，采取防治措施	隧道内及地面受施工影响的范围

4.1.3 勘察前应根据隧道所通过的地形地质、工程环境，并综合勘察的阶段、方法、范围等因素，编制相应的勘察计划。

4.1.4 城市电力电缆隧道岩土工程勘察等级应根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 相关规定执行。

4.1.5 电缆隧道工程应查明地下水的分布，评价地下水的影响，提出支护和地下水控制措施的建议，并提供设计所需的相关计算参数。

4.2 工程地质

4.2.1 城市电力电缆隧道工程的地质调查和测绘、岩土分类、勘探、取样、原位测试、室内试验、水和土腐蚀性的评价、现场检验与监测应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。当有特殊要求时，可参照国家、行业、地方相关标准执行。

4.2.2 施工前的地质调查应包括下列内容：

- 1 地层、岩性及地质构造变动的性质、类型和规模；
- 2 岩质隧道工程应进行围岩分级，提供设计所需的岩土参数，提出围岩加固措施建议；
- 3 按现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 的规定或经地震部门鉴定，确定隧道

所处地区的地震动峰值加速度。

4.2.3 施工中的地质调查应包括下列内容：

- 1 根据对围岩性质的直接观察、量测和试验资料，核定岩性、地质构造、地下水等情况，分析判定实际揭露的围岩级别；
- 2 及时预报和解决施工中遇到的工程地质和水文地质问题；
- 3 为验证和修改（变更）设计及调整施工方案提供依据。

4.3 工程环境

4.3.1 应对隧道沿线及邻近地区相关地表水系、地下水、植被、矿产资源以及动植物生态等自然环境状况进行调查。

4.3.2 应对隧道沿线内土地使用情况、水利设施、建（构）筑物、地下管线情况等进行调查。若场区内有公园、保护林、文化遗址、纪念建筑物等需要保护的重要地物时，除应调查现状外，还应提出隧道建设对其环境影响评价和保护措施。

4.3.3 应对生产生活用水、交通状况、施工和运行噪声、振动、污水及废气排放等对生态环境的影响进行调查；应对施工中地下水大量流失可能造成地表沉降、塌陷、地面建筑物破坏、生产生活用水枯竭等环境影响程度进行调查和预测。

4.3.4 应查明隧道拟通过地段的建（构）筑物基础、各类管线及地下障碍物等的平面位置和名称、类型、走向、埋深、材料和尺寸等。

4.3.5 施工条件的调查应包括下列内容：

- 1 施工便道、施工场地、拆迁、弃渣场地、供水、供电和通信条件；
- 2 建筑材料的来源、品质、数量等；
- 3 其它可能影响施工的因素。

4.4 勘察报告

4.4.1 勘察工作完成后应出具勘察报告。

4.4.2 勘察报告应包括下列内容：

- 1 勘察的任务及要求；
- 2 隧道通过地段的地形、地质（地层、地质构造）、地貌、岩土性质、地下水及不良地质现象的描述和评价，并提出地下水对混凝土、混凝土中钢筋和钢结构的腐蚀程度；
- 3 工程施工可能发生的岩土工程问题（地表沉降、塌陷、地面建筑物破坏）的防治措施和建议（工程降水、基坑支护等）；
- 4 管线平面布置图（各类管线及地下障碍物等的平面位置和走向、埋深、类型、名称、材料和尺寸等，其中包括市政规划的新管线）；
- 5 工程地质柱状图；
- 6 工程地质剖面图（各类管线和地下障碍物等的埋设深度，其中包括市政规划的新管线）。

5 设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 电缆隧道安全等级应按隧道重要性划分，重要的电缆隧道的结构重要性系数不小于 1.1，隧道的主体结构工程设计使用年限应为 100 年。
- 5.1.2 明挖隧道宜按底板支撑在弹性地基上的结构计算。
- 5.1.3 明挖隧道应根据地质、埋深、施工方法等条件，进行抗浮、整体滑移及地基稳定性验算。
- 5.1.4 钢筋混凝土闭合矩形隧道的应力分析可按闭合刚架结构进行计算。截面复杂或有特殊荷载作用时，宜采用结构分析软件进行整体计算。
- 5.1.5 隧道结构除应进行自身计算外，尚应考虑隧道基坑对相邻建（构）筑物的稳定性影响，必要时可按照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 等相关规定进行稳定性验算。
- 5.1.6 电缆隧道平、纵断面图中应标明影响隧道建设的地上和地下各种障碍设施，当互有影响时，应采取必要的措施。
- 5.1.7 电缆隧道横断面设计应根据建设规模、电压等级、结构形式、防灾和施工工艺特点等要求确定，并应与隧道的平面、纵断面设计相协调。
- 5.1.8 电缆隧道设计宜就施工和运营期对周边环境影响及周边环境对隧道影响的主要风险进行评估。
- 5.1.9 电缆隧道覆土厚度以及与其平行或交叉管线的净距，应根据地下管线规划、地质条件、结构安全、施工工艺等综合确定，必要时应采取相应的防护措施。
- 5.1.10 钢筋混凝土结构电缆隧道的环境类别按现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 选取。
- 5.1.11 电缆隧道设计还应满足现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB 50046 对防腐的要求。

5.2 隧道结构设计

- 5.2.1 本标准采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行设计。
- 5.2.2 明挖隧道结构按承载能力极限状态计算和按正常使用极限状态验算时，应按规定的荷载对结构的整体进行荷载效应分析；必要时，尚应对结构中受力状况特殊的部分进行更详细的结构分析。
- 5.2.3 结构或结构构件（包括基础等）的破坏或过度变形的承载能力极限状态设计，应按下列公式计算：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (5.2.3)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，其值按表 5.2.4 取值；

S_d ——作用组合的效应（如轴力、弯矩或表示几个轴力、弯矩的向量）设计值；

R_d ——结构或结构构件的抗力设计值。

表 5.2.3 结构重要性系数 γ_0

结构重要性系数	对持久设计状况和短暂设计状况			对偶然设计状况和地震设计状况
	安全等级			
	一级	二级	三级	
γ_0	1.1	1.0	0.9	1.0

5.2.4 结构或结构构件按正常使用极限状态设计时，应按下列公式计算：

$$S_d \leq C \quad (5.2.4)$$

式中： S_d ——作用组合的效应（如变形、裂缝等）设计值；

C ——设计对变形、裂缝等规定的相应限值，应按有关的结构设计规范的规定采用。

5.2.5 作用在电缆隧道结构上的荷载，可按表 5.2.5-1 进行分类。在确定荷载的数值时，应考虑施工期间和使用年限内预期可能发生的变化，进行荷载组合，荷载组合及荷载分项系数可按表 5.2.5-2 取值。

表 5.2.5-1 荷载分类表

荷载分类	负荷名称
永久荷载	结构自重
	围岩压力
	结构上部和破坏棱体范围的设施及建筑物压力
	水压力及浮力
	混凝土收缩及徐变影响
	预加应力
	设备、电缆及附件重量
	地基下沉影响
可变荷载	地面车辆荷载及其动力作用
	地面车辆荷载引起的侧向土压力
	外侧水压力变化
	人群荷载
	地面堆积荷载
	施工荷载
	温度变化影响
	冻胀力
偶然荷载	爆炸等灾害性荷载
地震作用	

注：1 设计中要求考虑的其他荷载，可根据其性质分别列入上述三类荷载中；

2 水压力可按设计常水位计算；

3 外侧水压力变化需分别考虑设计常水位与设计最高水位差、设计最低水位差；

- 4 施工荷载包括：设备运输及吊装荷载、施工机具及人群荷载、施工堆载、卸载、相邻隧道、深基坑(槽)施工的影响等；
- 5 特殊情况下还应考虑落石冲击力和人防荷载；
- 6 表中所列荷载本节未加说明，可按照国家有关规范或根据实际情况确定。

表 5.2.5-2 荷载组合及荷载分项系数

荷载组合	验算工况	永久荷载	可变荷载
永久荷载+可变荷载	构件强度计算	1.3	1.5
	构件裂缝宽度验算	1.0	1.0
	构件变形计算	1.0	1.0
	倾覆、滑移或漂浮验算	1.0	

注：当作用效应对承载力有利时，永久荷载分项系数取 1.0，可变荷载分项系数取 0。

5.2.6 采用以概率理论为基础的极限状态设计法进行结构设计时，对不同的荷载应按下列规定采用不同的代表值：

- 1 对永久荷载，应采用标准值作为代表值；
- 2 对可变荷载，应根据设计要求采用标准值、组合值或准永久值作为代表值，可变荷载组合值应为可变荷载标准值乘以荷载组合系数，可变荷载准永久值应为可变荷载标准值乘以准永久值系数；
- 3 承载能力极限状态设计或正常使用极限状态按短期效应的标准组合设计中，对可变荷载应采用组合值作为代表值；
- 4 正常使用极限状态应按长期效应组合设计，可变荷载应采用准永久值作为代表值。

5.2.7 永久荷载标准值应符合下列规定：

- 1 隧道结构自重可按结构设计断面尺寸及材料重度标准值计算；
- 2 隧道地层竖向压力按计算截面以上全部土柱重量计算；
- 3 隧道侧向土压力施工阶段按郎肯土压力计算，使用阶段宜按静止土压力计算；
- 4 隧道侧向水压力应根据施工阶段和使用过程中地下水位的变化，不同的地质条件，分别按下列规定计算：

1) 水压力可按净水压力计算，并应根据设防水位以及施工和使用阶段可能发生的地下水位最不利情况，计算水压力和浮力对结构的作用；

2) 砂性土地层的侧向水、土压力应采用水土分算；

3) 粘性土地层的侧向水、土压力，在施工阶段宜采用水土合算，在使用阶段应采用水土分算。

5.2.8 可变荷载的标准值、准永久值可按下列规定计算：

1 地面汽车荷载及其产生的冲击力应按照现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 和《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的有关规定计算；

2 变形受约束的结构，应考虑温度变化和混凝土收缩徐变对结构的影响；

3 地面超载一般可按 20kPa 考虑，对于大型施工机械作业区域、施工堆场、覆土厚度特别小或规划用途已定的情况，地面超载应根据实际情况分析后取用。

- 5.2.9 爆炸等灾害性偶然荷载应根据工程建设条件分析后确定。
- 5.2.10 电缆隧道横断面结构分析一般可采用平面应变模型进行计算，以支撑弹簧模拟基底反力。涉及下列情况时，可采用三维有限元方法进行结构分析，对其纵向强度和变形进行分析：
- 1 覆土荷载沿其纵向有较大变化；
 - 2 结构直接承受建、构筑物等较大局部荷载；
 - 3 地基或基础有显著差异；
 - 4 地基沿纵向产生不均匀沉降；
 - 5 空间受力作用明显的区段。
- 5.2.11 截面内力计算模型宜采用闭合框架模型(图 5.2.11)。侧向地层抗力和地基反力的数值分布规律，应根据结构形式及其在荷载作用下的变形、施工方法、回填情况、地层的特性等因素确定。

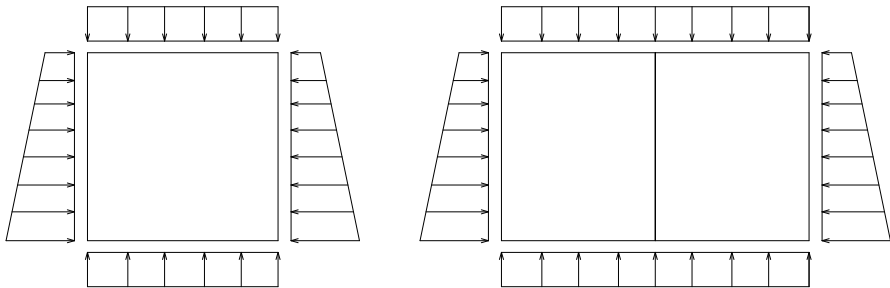


图 5.2.11 闭合框架计算模型

- 5.2.12 结构正截面承载力、斜截面承载力计算、裂缝控制验算等均应执行现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中相关规定。
- 5.2.13 结构设计应按最不利情况进行抗浮稳定性验算，抗浮安全系数宜参照类似工程确定。
- 5.2.14 结构应按施工阶段和正常使用阶段分别进行结构强度、刚度和稳定性计算。对于钢筋混凝土结构，尚应对使用阶段进行裂缝宽度验算，裂缝宽度允许值应根据结构类型、使用要求、所处环境和防水措施等因素参照现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 确定；偶然荷载参与组合时，不验算结构的裂缝宽度。
- 5.2.15 明挖电缆隧道的混凝土强度等级不得低于表 5.2.15 的规定。

表 5.2.15 电缆隧道混凝土的最低设计强度等级

明挖隧道	整体式钢筋混凝土结构	C30
	预制钢筋混凝土结构	C40

注：最冷月份平均气温低于-15° C 的地区及受冻害影响的电缆隧道，混凝土强度等级应适当提高。

- 5.2.16 隧道结构受力钢筋宜采用 HRB400 级钢筋，也可采用 HRB335、HPB300 级钢筋。
- 5.2.17 钢筋混凝土保护层厚度应根据结构类型、环境条件和耐久性要求等确定，一般环境条件下混凝土最小净保护层厚度应符合表 5.2.17 的规定。

表 5.2.17 一般环境条件下受力主筋的混凝土保护层最小厚度（mm）

位置	顶板		底板		侧墙		中墙
	外侧	内侧	外侧	内侧	外侧	内侧	
保护层厚度	50	40	50	40	50	40	30

5.2.18 矩形隧道结构顶、底板与侧墙连接处宜设置腋角，腋角的边宽不宜小于 150mm，内配置八字斜筋的直径宜与侧墙的受力筋相同，间距可为侧墙受力筋间距的 2 倍。

5.2.19 隧道内断面净高不宜小于 1900mm，在较短的隧道中或其他管沟交叉的局部段，净高可降低，但不应低于 1400mm。封闭式工作井的净高不宜小于 1900mm 或改为排管连接。开挖式隧道和封闭式工作井内电缆支架两侧布置时通道净宽不宜小于 1000mm，单侧布置时净宽不宜小于 900mm。

5.2.20 明挖结构现浇钢筋混凝土的横向施工缝的位置及间距，应综合结构形式、受力要求、气象条件及变形缝间距等因素，参照类似工程的经验确定。施工缝间各结构段的混凝土宜间隔浇注。

5.2.21 明挖整体浇筑式隧道宜设置变形缝。变形缝的设置应符合下列要求：

- 1 变形缝的间距可根据施工工艺、使用要求、围岩条件等，参照类似工程确定；
- 2 不同工法结构形式隧道衔接处、结构断面形式明显改变处、与变电站接口处、主体结构与出入口通道风道等附属建筑物的结合部、荷载和工程地质等条件发生显著改变处均应设置变形缝；
- 3 明挖隧道变形缝缝距不宜超过 30m，缝宽宜为 30mm，当采取可靠措施时，变形缝间距可适当增大；用于沉降的变形缝最大允许沉降差值不应大于 30mm。变形缝应贯通全截面变形缝处结构厚度不应小于 300mm，并采取相应的防水措施。

5.2.22 隧道结构宜位于当地冻土层以下。

5.3 隧道接地设计

5.3.1 电缆隧道内的接地系统设计应符合下列规定：

1 隧道内不同用途和不同电压的电气装置、设施，应使用一个总的综合接地网，其接地电阻应符合 $R \leq 2000/I$ （ R —计及季节变化的最大接地电阻， I —计算用的流经综合接地网的入地短路电流），且不宜大于 1Ω ；

2 隧道内应通长设置接地带，接地带截面应按照热稳定选择，最小截面不小于 $50\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的热镀锌扁钢，扁钢的连接应采用电焊搭接，搭接长度应为扁钢宽度的 2 倍。接地带出入口处应与隧道外设置的接地装置可靠连接。在电缆中间接头处隧道外侧设置接地装置，并将接地装置引到隧道内通长接地带；

3 明挖隧道及工作井内，工作井机房接地装置应利用机房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，组成网格不大于 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 的机房地网，当机房建筑物基础有桩时，应将地桩内 2 根以上主钢筋与机房接地装置就近焊接连通；

4 隧道接入发电厂、变电所内时，其综合接地网应采用不少于两根接地线在不同地点与发电厂、变电所接地网采用可断开连接方式，并应采取防锈蚀措施；

5 各接地装置均应通过不小于直径 16mm 的连接钢筋每间隔约 30m 与两条贯通隧道的不小于 $50\text{mm} \times 5\text{mm}$ 镀锌扁钢接地均压带相互焊接连通，接地电阻允许最大值不宜大于 4Ω ；

6 接地体（线）的焊接应采用搭接焊，搭接长度必须符合现行国家标准《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169 的有关规定；

7 校验接地网的接触电位差和跨步电位差应符合现行国家标准《交流电气装置的接地设计规范》GB / T 50065 的有关规定；

8 接地网在腐蚀性较强的地区宜采用钢镀铜或铜材。

5.3.2 高压电缆系统的接地设计应符合下列规定：

1 隧道内高压电缆系统应设置不小于 50mm×5mm 的扁铜带专用接地汇流排或接地干线，且应在不同的两点及以上就近与综合接地网相连接；

2 隧道内的高压电缆接头、接地箱的接地应采用独立的接地线与专用接地汇流排或接地干线可靠连接。

5.3.3 防灾与报警系统的接地设计应符合下列规定：

1 防灾与报警系统应设专用接地干线，应用不小于 100mm² 的铜缆就近引至综合接地网，并应在消防控制室设置专用接地板，不应就近与低压配电系统的管、支架、基础连接；

2 工作接地线与保护接地线必须分开。保护接地导体不得利用金属软管，工作接地线应采用铜芯绝缘导线或电缆，不得利用镀锌扁铁或金属软管；

3 通讯线的铠装保护层、编织屏蔽层均应两端接地。

5.4 隧道防水设计

5.4.1 电缆隧道防水应遵循“以防为主，刚柔结合，多道防线，因地制宜，综合治理”的原则，保证电缆隧道结构和电缆、其它电气设备的正常使用。电缆隧道防水设计应考虑地表水、地下水等的作用，以及由于人为因素引起的附近水文地质改变影响。

5.4.2 电缆隧道的防水等级不得小于二级，防水标准应符合表 5.4.2 中的规定。

表 5.4.2 电缆隧道防水标准

防水等级	防水标准
一级	不允许渗水，结构表面无湿渍。
二级	不允许漏水，结构表面可有少量湿渍； 工业与民用建筑：总湿渍面积不应大于总防水面积（包括顶板、墙面、地面）的 1/1000；任意 100 m ² ，防水面积上的湿渍不超过 2 处，单个湿渍的最大面积不大于 0.10 m ² ； 其他地下工程：总湿渍面积不应大于总防水面积的 2/1000，任意 100 m ² 防水面积行的湿渍不超过 3 处，单个湿渍的最大面积不大于 0.2 m ² ；其中，隧道工程还要求平均渗水量不大于 0.05L / (m ² · d)。

5.4.3 电缆隧道的防水设防要求，应根据使用功能、使用年限、水文地质、结构形式、环境条件、施工方法及材料性能等因素合理确定，并满足现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的要求。防水设防要求按表 5.4.3 的规定选用。

表 5.4.3 明挖隧道工程防水设防要求

工程部位	防水措施	防水等级
------	------	------

		一级	二级
主体结构	防水混凝土	应选	应选
	防水卷材	应选一至两种	应选一种
	防水涂料		
	塑料防水板		
	膨胀土防水材料		
	防水砂浆		
施工缝	金属防水板	应选两种	应选一至两种
	遇水膨胀止水条（胶）		
	外贴式止水带		
	中埋式止水带		
	外抹防水砂浆		
	外涂防水涂料		
	水泥基渗透结晶型防水涂料		
后浇带	预埋注浆管	应选两种	应选一至两种
	补偿收缩混凝土		
	外贴式止水带		
	预埋注浆管		
	遇水膨胀止水条（胶）		
变形缝（诱导缝）	防水密封材料	应选一至两种	应选一至两种
	中埋式止水带		
	外贴式止水带		
	可卸式止水带		
	防水密封材料		
	外贴防水卷材		
	外涂防水涂料		

5.4.4 电缆隧道主体宜采用全封闭的防水设计，其附建的电缆隧道出入口的防水设防高度，宜高出室外地坪高程 500mm 以上。一般采用刚性防水，当地下水位较高时，宜采用双道防水。

5.4.5 电缆隧道应以混凝土结构自防水为主，以接缝防水为重点，并辅以防水层加强防水，满足结构使用要求。防水混凝土结构应符合下列规定：

- 1 结构厚度不应小于 250mm；
- 2 裂缝宽度不宜大于 0.2mm，并不得贯通；
- 3 钢筋保护层厚度应根据结构的耐久性和工程环境选用，迎水面钢筋保护层厚度不应小于 50mm；
- 4 防水混凝土结构底板的混凝土垫层，强度等级不应小于 C15，厚度不应小于 100mm，在软弱土层中不应小于 150mm。

5.4.6 电缆隧道的施工缝、变形缝、后浇带、穿墙管（盒）、埋设件、预留通道接头、桩头、孔口和坑、池等细部构造防水应加强防水措施，并满足现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的要求。

1 电缆隧道防水混凝土应连续浇注，宜少留施工缝。当留设施工缝时，应符合下列规定：

1) 墙体水平施工缝不应留在剪力最大处或底板与侧墙的交接处，应留在高出底板表面不小于 300mm 的墙体上。墙体有预留孔洞时，施工缝距孔洞边缘不应小于 300mm；

2) 垂直施工缝应避开地下水和裂隙水较多的地段，并宜与变形缝相结合。

2 用于伸缩的变形缝宜少设，可根据不同的工程结构类别、工程地质情况采用后浇带、加强带、诱导带等替代措施，应满足密封防水、适应变形、施工方便、检修容易等要求；

3 穿墙管(盒)应在浇筑混凝土前预埋，与内墙角、凹凸部位的距离应大于 250mm，相邻穿墙管(盒)的间距应大于 300mm。

5.4.7 电缆隧道混凝土的抗渗等级，有冻害地段及最冷月份平均气温低于 -15°C 的地区不低于 P8，其余地区不低于 P6，最低抗渗等级应符合表 5.4.7 中的规定。

表 5.4.7 一般条件下防水混凝土设计最低抗渗等级

电缆隧道埋置深度 H (m)	设计抗渗等级
$H < 10$	P6
$10 \leq H < 20$	P8
$20 \leq H < 30$	P10
$H \geq 30$	P12

注：本表适用于 IV、V、VI 级围岩（土层及软弱围岩）。

5.4.8 处于侵蚀性介质中的工程，应采用耐侵蚀的防水混凝土、防水砂浆、防水卷材或防水涂料等防水材料。

5.4.9 电缆隧道的排水管沟、出入口、通风口等，应有防倒灌措施，寒冷及严寒地区的排水沟应有防冻措施。

5.5 附属设施设计

5.5.1 隧道照明设计应符合下列规定：

变电站进出段、长度超过 100m 的隧道宜设置照明系统。在隧道内的低压电源可采用三相四线式 220/380V 的电源，应有防止静电的安全措施，并应敷设灯具外壳专用接地线，且应符合如下规定：

1 每个电源进线容量应满足该供电范围内全部设备同时投入时用电的需要；

2 电源进线箱应安装在人员进出口处，可兼作隧道低压配电箱，在箱内应安装电表、照明电源和动力用电总开关，并应设置单相三眼和三相四线的四眼插座。照明和插座回路应分开设置，并装设漏电保护器；

3 隧道内每隔 150m 处宜设置检修电源箱；

4 电缆隧道内应设置停电与紧急逃生照明灯；

5 隧道内照明灯具的选择应符合下列要求：

1) 灯具宜选择防水防潮防爆 LED 灯，防护等级不宜低于 IP65；

2) 灯具能触及的可导电部分应与固定线路中的保护线（PE）可靠连接；

3) 光源应能快速启动点亮, 宜采用节能型灯具;

4) 灯具在隧道内人行通道上的平均照度不应小于 10lx、最小照度不应小于 2lx。应急照明照度不宜低于正常照明照度值的 10%。

6 照明灯线宜采用阻燃塑料管穿线, 导线截面不应小于 1.5mm² 硬铜导线。管内敷设多组照明导线时, 导线的总数不应超过 6 根。导线截面积的总和不应超过管内截面积的 40%, 或管子内径不小于导线束直径的 1.4 倍~1.5 倍;

7 照明灯具的电源应由两路电源交叉供电。照明灯开关应采用双控开关;

8 照明配电箱选择与布置应符合下列规定:

1) 照明配电箱、电源进线箱外壳防护等级不低于 IP54。不应安装在低洼、可能受积水浸入的地方;

2) 照明配电箱应留有适当的备用出线回路;

3) 供配电及照明系统宜采用 TN-S 接地保护系统;

4) 工作井机房内的变配电房应设专用接地干线, 应用不小于 100mm² 的铜缆就近引至综合接地网。

5) 电源进线箱和配电箱应配置可靠的漏电保护器, 并应就近接地, 接地电阻不应大于 4Ω。

9 照明配电干线和分支线, 应采用铜芯绝缘电线或电缆, 分支线截面不应小于 2.5mm²。

5.5.2 隧道通风设计应符合下列规定:

1 电缆隧道内的通风设计应综合考虑隧道内的断面大小、隧道的重要等级、电缆规模、电压等级, 城市规划、隧道风亭周围的环保要求, 以及防火和运行费用等因素, 确定隧道内的通风形式;

2 电缆隧道通风量应同时满足降温、检修和事故的要求:

1) 消除余热通风量, 宜按隧道最大电缆通过能力计算, 通风量计算公式为:

$$L = \frac{Q_1 - Q_2}{0.28c\rho_{av}(t_{ex} - t_{in})} \quad (5.5.2)$$

式中: L ——通风量, m³/h;

Q_1 ——电缆散热量, W;

Q_2 ——电缆隧道的传热, 可按电缆散热量的 30%~40% 估算, W;

c ——比热容, 取 $c=1.01\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;

ρ_{av} ——空气平均密度, kg/m³;

t_{in}, t_{ex} ——进排风温度, t_{in} =室外通风计算温度, $t_{ex}=40^\circ\text{C}$ 。

电缆隧道的通风量按排风温度不超过 40℃, 进、排风温差不超过 10℃计。

2) 人员检修新风量, 宜按 30m³/h·人计。

3) 事故通风量, 宜按最小换气次数 6 次/小时。

3 一般地区应首选自然通风, 自然通风应符合下列规定:

1) 电缆隧道进排风口的高差大于 5m 时, 进、排风口间距不大于 60m;

2) 进、排风孔应在隧道内发出火警信号时自动关闭, 排烟时应可以就地和远程开启。

4 当自然通风无法满足要求时，应采用机械通风，机械通风形式应符合下列规定：

1) 当电缆隧道采用机械排风时，宜首先考虑自然补风，当自然补风不能满足通风要求时，采用机械送风；

2) 对于重要电缆隧道以及处于特殊环境下的电缆隧道宜采用机械通风；

3) 按隧道所需通风量选择进、排风机，风速不宜大于 5m/s。进、排风机和进、排风孔应能在隧道内发出火警信号时自动关闭，且宜设置防火阀；

4) 机械通风系统的控制宜采用就地控制和远程控制相结合的控制方式；

5) 风机房应根据周围地理环境布置，尽量临近隧道主体。

6) 进、排风口间距不大于 200m；

7) 进、排风机发出的噪声应符合国家环境保护的要求。

5 电缆隧道风口设置，应符合下列要求：

1) 进风口应直接设在室外空气较洁净的地点，建筑物距风亭的距离不宜小于 5m；

2) 进风口应低于排风口；

3) 应避免进风、排风短路；

4) 地面风亭应根据通风及城市景观的要求合理设置，应满足噪声、废气排放等环保要求，并应有适当的减噪措施。敞开式地风口应设置防护措施。

5) 电缆隧道排风口宜设置在隧道的高点。隧道外进风口的底标高应高于地面 0.5m，隧道外排风口的位置应高于地面 1.8m，进、排风口的风速不应大于 3m/s。在进、排风口处应设防止小动物进入隧道内的金属网格；

6 隧道内的温度应满足电缆运行和维护的要求，根据需要可设置适当的通风降温措施；

7 通风系统设计和设备配置应符合运营节能要求；

8 通风系统应与消防系统联锁；

9 长距离的隧道，宜适当分区段实行相互独立的通风；

10 通风设备根据近远期规划宜分期分批安装。对于远期架设的通风设备，应预留远期安装条件；

11 电缆隧道不应作为其他通风系统的吸风点。

5.5.3 隧道消防排烟设计应符合下列规定：

1 电力电缆隧道消防设计应采取“预防为主，防消结合”的原则。

2 电缆隧道应根据工程的重要性、火灾几率及其特点等因素，进行经济技术比较后，选择下列一种或多种安全措施：

1) 选用具有阻燃性的电缆，其成束阻燃性能不低于 C 级；

2) 实施阻燃防护或阻止延燃；

3) 设置火灾监控报警系统和消防设备；

4) 实施防火构造。

3 电缆隧道进出口、检修孔及相邻防火分区间均宜设置防火墙和防火门。防火墙耐火极限不宜

低于 3h，防火门应采用甲级防火门。防火门应具有可以从内部手动开启的功能。

4 电缆实施耐火防护方式，宜符合下列规定：

- 1) 电缆隧道内敷设的低压电缆、非阻燃通信光缆等应穿入阻燃管或采取其他防火隔离措施；
- 2) 对电缆接头部位以及其它等易引发电缆火灾的区域，宜采用防火涂覆材料或防火槽盒进行表面阻燃处理。封闭式耐火槽盒的接缝处和两端，应用阻燃包带或防火堵料密封。

5 隧道阻火分隔封堵，宜符合下列规定：

1) 隧道内应配合通风方式和风井数量等，适当的划分阻火分隔。阻火墙两侧不小于 2m 区段内所有电缆宜缠绕自粘性防火包带、涂刷防火涂料或采取防火隔板分隔；

2) 电缆贯穿隔墙、竖井、隧道分支处和隧道与电缆沟接口处应设置防火封堵。防火封堵材料应密实无气孔，封堵材料厚度不应小于 100mm。

6 在电缆隧道的每个防火分区内应设置自然或机械排烟系统，机械排烟系统宜和机械排风系统合用。排烟风机应设置防火排烟阀，并与排烟风机联动。

7 在隧道的人员出入口处，宜设置手提式灭火器、黄沙箱等一般灭火器材。

8 电压等级 500kV 及以上的隧道中，可选择加设固定灭火装置。

9 火灾自动报警和固定灭火装置应符合下列要求：

1) 电缆隧道全程宜采用火灾自动报警系统。在电缆进出线集中的隧道，且未全部采用阻燃电缆时，宜采用固定自动灭火装置；

2) 火灾报警监控系统宜采用线型感温和感烟探测器，探测器应具有联动报警功能，有火警信号时可联动主机，同时切断预警或报警电缆上的电源，联动关闭风机；

3) 火灾报警监控系统的电源回路应选用防火电缆，明敷时应实施耐火防护；

4) 电缆隧道内宜设置温度和火灾的探测器，在隧道内发生异常情况时，应能及时把信息发至监控终端。由温度探测器发出的信号应自动启动进、排风机，由火灾探测器发出的的信号应自动关闭火灾区域进、排风机和进、排风阀；

5) 在电缆进出线集中的隧道，宜设气体灭火或其它灭火介质等固定灭火装置。

5.5.4 隧道排水设计应符合下列规定：

1 电缆隧道排水应符合国家或当地有关排放标准。

2 电缆隧道内宜少设或不设露天出入口及敞开通风口。必须设置时，应考虑雨水排放量，设计按当地 50 年一遇暴雨强度计算。

3 隧道内应采取有组织的排水，纵向排水坡度一般不宜小于 5%，长距离区间隧道纵坡排水坡度不宜小于 3%，特殊地段不小于 2%，并坡向集水井；当坡度超过 10° 时，应在人员通道部位设防滑地坪或台阶。

4 电力电缆隧道应结合检修孔、通风口、局部低凹处、隧道纵坡最低处等设置集水井，采用排水泵提升至就近排水系统，排水泵出水管路上应设止回阀，以防止倒灌。如有条件应直接排入市政排水系统，且应有确保市政排水不倒灌至电缆隧道的措施。

5 应采取措施防止电缆隧道内的雨、废水进入变电站。

- 6 集水井排水泵宜采用两台，一用一备，必要时可同时启动。
 - 7 集水井有效容积应按最大一台排水泵 15min~20min 流量计算。
 - 8 排水管穿越隧道结构外墙时应设防水套管。
 - 9 排水管材宜采用阻燃及耐用的管材。
 - 10 排水泵的控制应符合下列规定：
 - 1) 排水泵应设计为自灌式或自吸式，一般采用自动和就地控制方式，必要时可采用远动控制；
 - 2) 排水泵按二级负荷考虑，排雨水时按一级负荷考虑；
 - 3) 排水泵集水井应设最高水位、启泵及停泵水位信号，并宜设超过高、低水位信号报警功能；
 - 4) 排水泵的工作状态、故障状态及集水井水位信号宜在电缆隧道控制室显示。
 - 11 电缆隧道消防、雨水、废水泵房宜结合工艺要求，尽量布置在工作井内。
- 5.5.5 电缆支架设计应符合下列规定：**
- 1 电缆支架的层间垂直距离，应满足电缆能方便地敷设和固定，在多根电缆同层支架敷设时，有更换或增设任意电缆的可能，电缆支架之间最小净距不宜小于表 5.5.5-1 规定；

表 5.5.5-1 电缆支架的层间允许最小净距

电缆类型及敷设特征		支架层间最小距离 (mm)
控制电缆		120
电力电缆	电力电缆每层一根	D+50
	电力电缆每层多于二根	2D+50
	电力电缆三根品字型布置	2D+50
	电缆敷设于槽盒内	D+80

注：H 表示槽盒外壳高度；D 表示电缆最大外径。

- 2 在隧道内安装的电缆支架离底板和顶板的净距不宜小于表 5.5.5-2 规定；

表 5.5.5-2 电缆支架离底板和顶板最小净距

敷设特征	最下层垂直净距 (mm)	最上层垂直净距 (mm)
隧道	100	100

- 3 电缆各支持点之间的距离，不宜大于表 5.5.5-3 规定；

表 5.5.5-3 电缆支架间的距离

电缆种类	敷设方式 (mm)	
	水平	垂直
中、低压电缆	800	1600
35kV 以上高压电缆	1500	2000

- 4 水平电缆支架在安装前，宜根据计算挠度及安装可能产生的误差，设置预起拱值及预偏量；
- 5 电缆支架的长度，应满足敷设电缆及其固定装置的要求，且宜在考虑电缆弯曲、水平蛇形和

温度升高所产生的变形量的基础上，增加 50mm~100mm；

6 电缆支架的强度，应满足电缆及其附件荷重和安装维护的受力要求，且应符合下列规定：

- 1) 有可能短暂上人时，计入 900N 的附加集中荷载；
- 2) 机械化施工时，计入纵向拉力、横向推力和滑轮重量等影响。

7 电缆支架应采用不燃性材料；表面应光滑无毛刺，具有足够的机械强度，并耐受使用环境的长期腐蚀，应便于电缆的安装敷设和维护；

8 钢制电缆支架，用于干燥环境或非重要回路时，可涂防腐漆，用于易受腐蚀环境时，应选择合适的一次性防腐处理方式(如热浸镀锌、合金电镀处理等)。当技术经济分析合理时，也可采用铝合金或玻璃钢制支架；

9 单相工作电流大于 1500A 的单芯电缆，宜采用不导磁的支架。

5.5.6 隧道通信与监测设计应符合下列规定：

1 通信光缆在隧道内宜采用穿管敷设方式，宜采用阻燃、低毒、防腐蚀的管材；

2 500kV 及以上电压等级电缆隧道应在电缆接头附近预留有线电话通讯接口，电话应与控制中心连通，信号与通信网络连通；

3 隧道内宜配置温湿度监控系统，对隧道内环境温湿度实时在线监控。500kV 及以上电压等级电缆每回路均宜设置光纤测温，220kV 及以下电压等级隧道按通道综合考虑环境测温光纤系统，当隧道内温度大于 40℃或相对湿度大于 70%时，启动风机排风并报警；

4 500kV 及以上电压等级隧道内特殊区段宜设置视频监控系统；

5 宜设置氧气量、可燃气体、CO、NO、SO 等气体监测报警装置，当监测装置报警后应同时启动风机排风。监测报警装置宜安装在电缆隧道最低处、最高处、两个检查孔中间、临近燃气管道地段、电缆数量大于通道容量 70%以上的位置；

6 宜设置风机状态监测和远程开启功能，火灾时应能自动切断风机电源。

5.5.7 检修孔的设置应满足下列要求：

1 隧道的检修孔净尺寸应满足作业人员进出和敷设电缆作业所需空间，检修孔间距不宜大于 200m，检修孔直径不宜小于 800mm；

2 检修孔标高应高出室外地面，应设置防止雨、雪和小动物进入隧道内的设施，应满足防盗的要求；检修孔应高出周围地面 100mm~150mm；

3 当检修孔单独设置时，距周边建筑物的距离应满足相关防火规范的要求，并应满足火灾时人员疏散以及平时检查、维修的需要；

4 隧道检查井“T”形、“十字”形处应考虑足够的空间，满足维护人员作业和通行的要求；

5 隧道首末端无安全门时，宜在距离首末端不大于 5m 处设置检修口。

5.5.8 隧道标识设计应符合下列规定：

1 在隧道主要出入口处宜设置介绍牌，对隧道建设时间、规模、投运时间及在隧道网的相对位置等情况进行介绍；

2 隧道岔道口应设置隧道标识牌；出入口处可根据工程情况适当选择相应的标示；

- 3 在电缆接头处应设指示牌，对电缆接头的相序、厂家和投运年限等进行说明；
- 4 隧道内的辅助设施旁应设置设备名牌，名牌内应注明设备的名称，必要时注明基本数据及使用方式；
- 5 电缆隧道内宜设置明显的安全警示、警告等标识。

6 施 工

6.1 一般规定

- 6.1.1 从事隧道工程的施工单位应具备相应的施工资质，施工人员应具备相应的资格。隧道工程的施工和质量管理应符合国家现行有关标准规定。
- 6.1.2 深基坑的支护方案应由具有资质的勘察设计单位进行专项设计。
- 6.1.3 在质量检验、验收中使用的计量器具和检测设备，应经计量检定合格后方可使用。
- 6.1.4 基槽开挖完成后，应及时组织验收和转序，尽量减少基槽暴露的时间。
- 6.1.5 施工现场不具备明挖施工条件时，宜采用定向钻、箱涵顶进或盾构的方式施工。
- 6.1.6 冬、雨期施工应遵守国家现行有关标准规定。

6.2 施工准备

- 6.2.1 从事电缆隧道工程建设的各单位应成立工程项目部，机构设置及人员配备应满足工程需要，并建立健全安全、技术、质量等管理体系。
- 6.2.2 电缆隧道工程施工技术准备应符合下列规定：
 - 1 项目管理单位应向施工单位提供施工影响范围内的地下管线、建（构）筑物及其他公共设施资料。施工单位应详细调查、了解、探明地下管线所处的准确位置，并做好标识，采取保护措施，以确保工程质量及临近设施的安全。
 - 2 应编制施工组织设计，对特殊的分部、分项工程应编制专项施工方案。施工组织设计、专项施工方案必须按照相关程序审批。
- 6.2.3 电缆隧道工程施工现场布置应符合下列规定：
 - 1 施工前应根据施工总平面布置图，结合城市交通状况、工程规模、地形特点、施工水源、电源等情况合理布置场地，统筹安排。
 - 2 施工现场应符合项目所在城市安全文明施工的有关规定。
 - 3 施工前应采取必要的安全措施，设置围栏并悬挂明显的安全警示、提示标识，夜间增设红色发光警示标志。
- 6.2.4 电缆隧道工程施工材料准备应符合下列规定：
 - 1 工程所用的主要原材料、半成品、构（配）件进场后，必须进行进场验收，验收内容为出厂质量证明文件、性能检验报告及规格、型号、外观质量、包装等。
 - 2 水泥、骨料、钢筋、钢材、外加剂、防水材料等进主要材料场后应进行复检，复检结果应符合设计文件及现行相关标准规定。
- 6.2.5 电缆隧道工程路径复核应符合下列规定：
 - 1 建设单位应组织施工单位、设计单位、市政等相关单位共同核实隧道施工范围内的地下管线、建（构）筑物及其他公共设施资料的相符性。

2 施工单位取得隧道测量放线成果图后，应根据现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的相关要求，复测无误后方可施工。

3 依据设计文件核定工作井和通风井的位置，并与周边环境综合考虑。

6.3 土石方工程

6.3.1 土方开挖与支护施工方案应包括以下主要内容：

- 1 工程施工平面布置图、边坡坡度、开挖断面图、开挖顺序及技术交底资料；
- 2 施工放线成果图；
- 3 涉及到的地下管线资料及保护措施；
- 4 场地障碍物的清理；
- 5 基槽形式、开挖方法及放坡堆土要求；
- 6 验槽的方法及地基验收规定；
- 7 开挖及运输机械的型号、数量及作业要求；
- 8 土石方的运输路线及弃存地点；
- 9 支护结构、周围环境的监控、监测措施。
- 10 边坡稳定性验算书。

6.3.2 基槽边坡的坡度应按照岩土勘察报告中的粘聚力、内摩擦角、地下水位、现场开挖条件等要素进行边坡稳定性计算后确定。

6.3.3 土方开挖与支护施工时，应随时观察和监测支护结构、周围建（构）筑物，出现异常情况应及时处理。

6.3.4 隧道开挖中应及时检查平面位置尺寸、标高、边坡坡度，避免超挖。

6.3.5 土石方应随挖、随运，并宜将适用于回填的土分类堆放备用；沟槽每侧临时堆土或施加其他荷载时，应符合下列规定：

- 1 不得影响建（构）筑物、各种管线和其他设施的安全；
- 2 不得掩埋消火栓、管道闸阀、雨水口、测量标志以及各种地下管道的井盖，且不得妨碍其正常使用；
- 3 堆土距基槽边缘不小于 0.8m，且高度不应超过 1.5m。

6.3.6 施工过程中出现地质不符、有软弱层或垃圾炉渣、地下水位变化等异常情况时，由建设单位组织勘察、设计单位制定处理方案，采取措施进行处理，并进行验收。

6.3.7 设有支撑的基槽，应遵循“开槽支撑、先撑后挖、分层开挖、严禁超挖”的原则开挖。开挖过程中发现土质疏松时，应及时采取措施。

6.3.8 轻型井点降水、管井降水一般在开槽边线外或结构边线外 1.5m 处布设，井点间距、深度根据降水设计计算确定。

6.3.9 施工期间应及时排除基槽内积水，防止积水浸泡坡脚和持力层，引起塌方或持力层承载力降低。

6.3.10 降排水宜在基槽开挖前 2~3 周开始,对深度较大或对土体有一定固结要求时,应适当提前。有抗浮要求的,在抗浮构造施工完成前,不得停止降排水。

6.3.11 隧道地基应符合设计要求,天然地基应夯底 3~4 遍。

6.3.12 基槽支护应综合考虑深度、平面尺寸、施工场地、周围环境要求、施工装备、工艺、能力及施工工期等因素,并应按照表 6.3.12 选用支护结构。

表 6.3.12 支护结构形式及其适用条件

序号	类别	结构形式	适用条件	备注
1	水泥土类	水泥土搅拌桩	隧道深度 $\leq 7\text{m}$,土层渗透系数较大,侧壁安全等级二、三级隧道	组合成土钉墙,加固边坡同时起隔渗作用
		SMW 工法桩	软土、粉土、砂土及单轴抗压强度 60MPa 以下的岩层	强度高,止水性好,经济性好
2	钢筋混凝土类	预制桩	隧道深度 $\leq 7\text{m}$,软土层,侧壁安全等级二、三级隧道;周围环境对振动敏感的应采用静力压桩	与粉喷桩、深层搅拌桩结合使用
		钻孔桩	隧道深度 $\leq 14\text{m}$,侧壁安全等级一、二、三级隧道	与锁口梁、围檩、锚杆组合成支护体系,亦可与粉喷、搅拌桩组合
3	钢板桩类	型钢组合桩	隧道深度小于 8m,软土地基,有降水要求时应与搅拌桩等结合,侧壁安全等级一、二、三级隧道;不宜用于周围环境对沉降敏感的隧道	用单排或双排布置,与锁口梁、围檩、锚杆组成支护体系

6.3.13 基槽支护应符合下列规定:

- 1 支护结构应具有足够的强度、刚度和稳定性;
- 2 支护部件的型号、尺寸、支撑点的布设位置,各类桩的入土深度及锚杆的长度和直径等应计算确定;
- 3 围护墙体、支撑围檩、支撑端头处设置传力构造,围檩及支撑不应偏心受力,围檩集中受力部位应加肋板;
- 4 支护结构设计应根据表 6.3.13 选用相应的侧壁安全等级及重要性系数;

表 6.3.13 基槽侧壁安全等级及重要性系数

序号	安全等级	破坏后果	重要性系数
1	一级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对环境及地下结构的影响严重	1.10
2	二级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对环境及地下结构的影响一般	1.00
3	三级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对环境及地下结构的影响轻微	0.90

5 支护不得妨碍基槽开挖及施工,现场条件不满足时,应按照永临结合的方案设计、施工。

6.3.14 支护的设置应符合下列规定:

- 1 开挖到规定深度时，应及时安装支护构件；
- 2 设在基槽中下层的支撑梁及土锚杆，应在挖土至规定深度后及时安装；
- 3 支护的连接点必须牢固可靠；
- 4 隧道土方工程验收必须以确保支护结构安全和周围环境安全为前提。支护结构必须符合相关规定及工程验收标准。

6.3.15 支护系统的维护、加固应符合下列规定：

- 1 基槽开挖和结构施工时，不得碰撞或损坏边坡、支护构件、降排水设施等；
- 2 施工机具设备、材料，应按施工方案合理堆（停）放；
- 3 重型施工机械的行驶及停置必须在基槽安全距离以外；
- 4 做好基槽周边地表水的排泄，有效地防止外侵水进入；
- 5 雨期应覆盖土边坡，防止冲刷、浸润下滑，冬季应防止冻融。

6.3.16 支护出现险情时，必须立即进行处理，并应符合下列规定：

- 1 支护结构变形过大、变形速率过快时，应在基槽底与槽壁间增设斜撑、角撑等；
- 2 边坡土体裂缝呈现加速趋势，必须立即采取反压坡脚、减载、削坡等安全措施，保持稳定后再全面加固；
- 3 基槽壁漏水、流砂时，应采取措施进行封堵，封堵失效时必须立即灌注速凝浆液固结土体，阻止水土流失，保护基槽的安全与稳定；
- 4 基槽开挖与支护施工中，经监测发现边坡岩土、周围建（构）筑物围护结构墙体等出现沉降失稳、裂缝、倾斜等征兆时，必须及时加固处理并采取其他安全措施。

6.3.17 土方开挖工程的质量应符合表 6.3.17 中规定。

表 6.3.17 土方开挖工程质量检验标准

项目	序号	检查项目		质量标准	单位	检验方法及器具
主控项目	1	基底土性		应符合设计要求		观察检查及检查试验记录
	2	边坡、表面坡度及坡脚位置		应符合设计要求和现行有关标准的规定。表面坡度设计无要求时，应向排水沟方向做不小于 2 ‰ 的坡度。	mm	观测检查、坡度尺结合 2m 靠尺量测、全站仪等量测
	3	标高偏差	柱基、基坑、基槽	0 ~ - 50	mm	水准仪检查
			挖方场地平整	人工		
				机械		
	4	长度、宽度（由设计中心线向两边量）偏差	柱基、基坑、基槽	+20 ~ 0	mm	经纬仪和钢尺检查
			挖方场地平整	人工		
				机械		
一般项目	1	表面平整度	柱基、基坑、基槽	≤ 20	mm	用 2m 靠尺和楔形塞尺检查
			挖方场地平整	人工		

项目	序号	检查项目			质量标准	单位	检验方法及器具
目							

6.3.18 土方回填前应清除基底的垃圾、淤泥、树根等杂物，抽除坑穴积水。

6.3.19 对回填土料应按设计要求验收后方可填入，覆土厚度不得低于设计要求。

6.3.20 回填施工过程中应检查排水措施、每层填筑厚度、含水率控制、压实程度，回填土的压实系数应满足设计要求。

6.3.21 土方回填时，隧道两侧应同时回填。

6.3.22 土方回填施工结束后，应检查标高、边坡坡度、压实程度等，检验标准应符合表 6.3.20 的规定。

表 6.3.22 填土工程质量检验标准

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	基底处理	应符合设计要求		观察检查及检查施工记录
	2	分层压实系数			检查试验记录
	3	边坡坡度			观察或坡度尺检查
	4	标高偏差	mm	0~-40	水准仪检查
	5	回填土料	应符合设计要求		观察检查或取样试验
一般项目	1	分层厚度及含水率	应符合设计要求		水准仪检查
	2	表面平整度	mm	≤20	2m靠尺和楔形塞尺检查

6.4 地基处理

6.4.1 灰土地基处理施工应符合下列规定：

- 1 灰土土料、石灰等材料及配合比应符合设计要求，灰土应搅拌均匀。
- 2 施工过程中应检查各层的压实系数，分段施工时上下两层的搭接长度不宜小于 500mm。
- 3 地基处理后，应检验灰土地基的强度和承载力。

6.4.2 灰土地基的质量应符合表 6.4.2 规定。

表 6.4.2 灰土地基质量检验标准

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	地基承载力	设计要求		按规定方法
	2	配合比			按拌和时的体积比
	3	压实系数			现场实测

目	4	接槎质量	接槎平整、密实，留槎位置、方法、顺序正确，上下层接缝距离应大于 500mm。		观察、尺量及检查施工记录
一般项目	1	石灰粒径	mm	≤ 5	筛选法
	2	土料有机质含量	%	≤ 5	试验室焙烧法
	3	土颗粒粒径	mm	≤ 5	筛分法
	4	含水率（与要求的最优含水率比较）	%	± 2	烘干法
	5	分层厚度偏差（与设计要求比较）	mm	± 50	水准仪
	6	顶面标高偏差	mm	0, -50	2m靠尺和楔形塞尺检查
	7	表面平整偏差	mm	≤ 20	钢尺检查
	8	基槽几何尺寸	mm	+200, -50	筛选法

6.4.3 砂和砂石地基处理施工应符合下列规定：

- 1 砂、石等原材料质量、配合比应符合设计要求，砂、石应搅拌均匀，连续级配。
- 2 施工过程中必须检查分层厚度、含水率、压实遍数、压实系数，分段施工时搭接部分的压实情况。
- 3 地基处理后，应检验砂石地基的承载力。

6.4.4 砂和砂石地基的质量应符合表 6.4.4 的规定。

表 6.4.4 砂及砂石地基质量检验标准

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	地基承载力	设计要求		按规定方法
	2	配合比			按拌和时的体积比
	3	压实系数	设计要求		现场实测
	4	接槎质量	留槎位置正确，接槎平整，基槽处理正确		观察、尺量及检查施工记录
一般项目	1	砂石料有机质含量	%	≤ 5	焙烧法
	2	砂石料含泥量	%	≤ 5	水洗法
	3	石料粒径	mm	≤ 100	筛分法
	4	含水率（与最优含水率比较）	%	± 2	烘干法
	5	分层厚度（与设计要求比较）	mm	± 50	水准仪
	6	顶面标高偏差	mm	± 15	
	7	表面平整偏差	mm	≤ 15	2m靠尺和楔形塞尺检查
	8	基槽几何尺寸	mm	应大于或等于设计值	钢尺检查

6.5 隧道结构施工

6.5.1 模板安装施工应符合下列规定：

1 模板及其支架应根据工程结构形式、荷载大小、地基土类别、施工设备和材料供应等条件进行设计，应具有足够的承载能力、刚度和稳定性，能可靠地承受浇筑混凝土的重量、侧压力以及施工荷载。

2 模板及其支架应具有足够的承载力、刚度和稳定性，能可靠地承受浇筑新混凝土的重量、侧压力以及施工荷载。

3 构造简单，拆装方便，并便于钢筋的绑扎、安装和混凝土的浇筑、养护等工艺要求。

4 模板安装前应涂刷隔离剂，拼接处紧密不漏浆。

5 各部位的模板安装位置准确，工具式对拉螺栓安装稳固；模板上的预埋件、预留孔洞、穿墙套管的安装必须牢固、位置准确。侧壁最下一层模板时，应留设清扫杂物的窗口。

6 侧壁与顶板连续浇筑时，侧壁内模立柱不得兼做顶板模板立柱，顶板模板支架的斜撑和横杆不得与侧壁模板的杆件连接。

7 穿墙对拉螺栓宜采用工具型螺栓，螺栓内置节中部应设止水环，止水环宜采用方形，且与螺栓满焊牢固。混凝土浇筑后，把外置节拆除，用聚合物砂浆把凹槽补平，封堵完成的穿墙螺栓孔不得有收缩裂缝现象（图 6.5.1）。

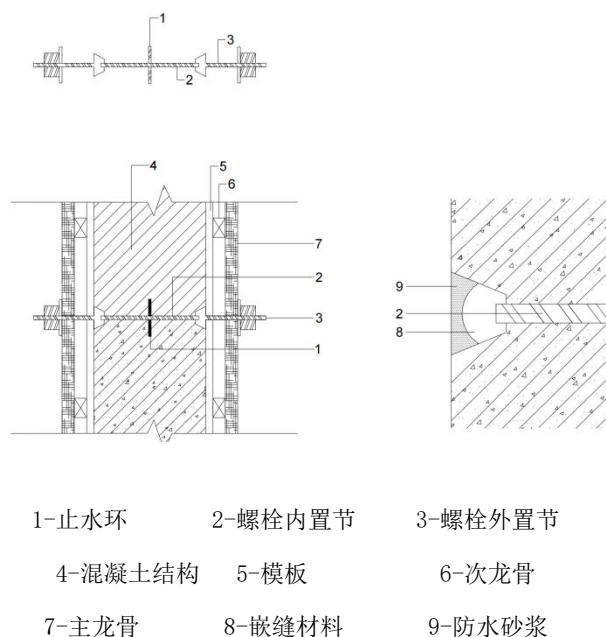


图 6.5.1 工具式螺栓防水做法

8 在浇筑混凝土前，应对模板进行观察、维护和验收，发生异常情况及时处理。

9 模板内的垃圾、泥土和钢筋上的油污等杂物，应清理干净；木模板应浇水湿润，但模板内不得有积水。

6.5.2 模板安装工程质量应符合表 6.5.2 规定。

表 6.5.2 现浇混凝土模板安装工程质量标准和检验方法

类别	序号	检查项目		质量标准	单位	检验方法及器具
主控项目	1	模板及其支架		应根据工程结构形式、荷载大小、地基土类别、施工设备和材料供应等条件进行设计。模板及其支架应具有足够的承载能力、刚度和稳定性，能可靠地承受浇筑混凝土的重量、侧压力以及施工荷载		检查计算书，观察和手摇动检查
	2	隔离剂		不得玷污钢筋及混凝土接槎处		观察检查
一般项目	1	模板安装要求		1. 模板的接缝不应漏浆，木模板应浇水湿润，但模板内不应有积水； 2. 模板与混凝土的接触面应清理干净并涂刷隔离剂； 3. 模板内的杂物应清理干净； 4. 对清水混凝土及装饰混凝土工程，应使用能达到设计效果的模板		观察和手摇动检查
	2	地坪		应平整，不得产生影响结构质量的下沉、裂缝		观察检查
一般项目	3	预埋件、预留孔（洞）		应齐全、正确、牢固		观察检查
	4	轴线位移		≤ 5	mm	钢尺检查
	5	标高偏差	顶板模板上表面	± 5	mm	水准仪或拉线、钢尺检查
	6	截面尺寸偏差	墙，板	$+4 \sim -5$	mm	钢尺检查
	7	垂直度		≤ 6	mm	经纬仪或吊线、钢尺检查
	8	相邻两板表面高低		≤ 2	mm	直尺和楔形塞尺检查
	9	表面平整度		≤ 5	mm	2m 靠尺和楔形塞尺检查
	10	预埋件中心位移		≤ 3	mm	观察和钢尺检查
	11	预留孔（洞）	中心位移	≤ 10	mm	拉线、钢尺检查
			截面尺寸偏差	$+10 \sim 0$		

6.5.3 模板拆除施工应符合下列规定：

- 1 模板拆除时，宜采取先支后拆、后支先拆，先拆非承重、后拆承重的顺序，并应从上而下进行拆除。
- 2 拆除隧道的承重模板时，混凝土强度应达到设计强度的 75%以上。
- 3 当混凝土强度能保证表面及棱角不受损伤时，方可拆除侧模。
- 4 在拆除模板过程中，如发现混凝土有质量问题，应暂停拆除。经过处理后，方可继续拆除。

5 已拆除模板及其支架的隧道，应在混凝土强度达到设计强度后，才允许承受全部计算荷载。当承受施工荷载大于计算荷载时，必须经过核算加设临时支撑。

6 拆除的模板和支架宜分散堆放并及时清运。

6.5.4 模板拆除施工质量应符合表 6.5.4 规定。

表 6.5.4 模板拆除工程质量标准和检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准		检验方法及器具
主控项目	1	模板及其支架拆除的顺序及安全措施	应按施工技术方案执行		观察检查
	2	底模及支架拆除时的混凝土强度	设计有要求时	应符合设计要求	检查同条件养护试件强度试验报告
			设计无要求时	≥75%	
	3	后浇带模板	拆除和支顶按施工技术方案执行		观察检查
一般项目	1	侧模拆除	混凝土强度应能保证其表面及棱角不受损伤		观察检查
	2	模板拆除	模板拆除时，不对混凝土形成冲击荷载。拆除的模板和支架宜分散堆放并及时清运		观察检查

6.5.5 钢筋工程施工应符合下列规定：

1 钢筋制作及绑扎应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土结构工程质量验收规范》GB 50240 相关规定。

2 钢筋焊接接头的形式，连接工艺和质量验收，应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 的有关规定；

3 机械连接接头的形式，连接工艺和质量验收，应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ107 的有关规定。

4 钢筋应绑扎牢固，避免因碰撞、振动使绑扣松散、钢筋移位，造成露筋；钢筋及绑丝均不得接触模板。

6.5.6 钢筋加工施工质量应符合表 6.5.6 规定。

表 6.5.6 钢筋加工质量标准和检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	单位	检验方法及器具
主控项目	1	原材料抽检	钢筋进场时，应按现行国家标准 GB1499 等的规定抽取试件作力学性能试验和重量偏差检测，其质量必须符合有关标准的规定		检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告
主控项目	2	化学成分专项检验	当发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常等现象时，应对该批钢筋进行化学成分检验或其它专项检验		检查化学成分等专项检验报告

目	3	钢筋弯折的弯弧内直		1 光圆钢筋，不应小于钢筋直径的 2.5 倍； 2 335MPa 级、400MPa 级带肋钢筋，不应小于钢筋直径的 4 倍； 3 500MPa 级带肋钢筋，当直径为 28mm 以下时不应小于钢筋直径的 6 倍，当直径为 28mm 及以上时不应小于钢筋直径的 7 倍； 4 箍筋弯折处尚不应小于纵向受力钢筋的直径。		钢尺检查
	4	纵向受力钢筋的弯折后平直段长度		纵向受力钢筋的弯折后设计平直段长度： mm。光圆钢筋末端作 180° 弯钩时，弯钩的平直段长度不应小于钢筋直径的 3 倍。		钢尺检查
	5	箍筋、拉筋的末端弯钩		1 对一般结构构件，箍筋弯钩的弯折角度不应小于 90°，弯折后平直段长度不应小于箍筋直径的 5 倍；对有抗震设防要求或设计有专门要求的结构构件，箍筋弯钩的弯折角度不应小于 135°，弯折后平直段长度不应小于箍筋直径的 10 倍； 2 圆形箍筋的搭接长度不应小于其受拉锚固长度，且两末端弯钩的弯折角度不应小于 135°，弯折后平直段长度对一般结构构件不应小于箍筋直径的 5 倍，对有抗震设防要求的结构构件不应小于箍筋直径的 10 倍； 3 梁、柱复合箍筋中的单肢箍筋两端弯钩的弯折角度均不应小于 135°。		钢尺检查
一般项目	1	钢筋表面质量		钢筋应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状锈		观察检查
	2	钢筋调直		应符合设计要求和现行有关标准的规定		观察检查
	3	钢筋加工偏差	受力钢筋全长的净尺寸	±10	mm	钢尺检查
	4		钢筋的弯折位置	±20	mm	钢尺检查
	5		拉筋内净尺寸	±5	mm	钢尺检查

6.5.7 钢筋连接与安装施工质量应符合表 6.5.7 规定。

表 6.5.7 钢筋安装质量标准 and 检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	单位	检验方法及器具
主控项目	1	钢筋的品种、级别、规格和数量	必须符合设计要求		检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告
	2	钢筋连接方式	应符合设计要求和现行有关标准的规定		观察检查
	3	钢筋接头的质量	焊接接头的质量必须符合 JGJ18 的规定		检查产品合格证、接头力学性能试验报告

类别	序号	检查项目		质量标准	单位	检验方法及器具
				机械接头的质量必须符合 JGJ107 的规定		检查产品合格证、接头力学性能试验报告
一般项目	1	接头位置		宜设在受力较小处。同一受力钢筋不宜设置两个或两个以上接头		观察和钢尺检查
	2	绑扎搭接接头		相邻受力钢筋的绑扎搭接接头宜相互错开。接头中钢筋的横向净距不应小于钢筋直径，且不应小于 25mm。搭接长度应符合现行有关标准规定。		观察和钢尺检查
		钢筋网	网片长、宽偏差	± 10	mm	钢尺检查
			网眼尺寸偏差	± 20	mm	钢尺检查，尺量连续三当，取最大值
			网片对角线差	≤ 10	mm	钢尺检查
	3	保护层厚度偏差		± 3	mm	钢尺检查
	4	预留孔中心位移		≤ 3	mm	观察和钢尺检查
	5	预埋件	中心位移	≤ 5	mm	钢尺检查
			水平高差	$+3 \sim 0$	mm	钢尺和楔形塞尺检查

6.5.8 隧道普通混凝土施工应符合下列规定：

- 1 隧道混凝土的强度等级必须符合设计要求。
- 2 混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间。
- 3 混凝土强度试件、同条件养护试件的取样与留置应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定。
- 4 隧道混凝土结构的施工缝应按设计要求或施工技术方案确定。设计未作要求时，施工缝间距不宜超过 30m。在隧道转角、丁字口、十字口等处，需增设施工缝，防止应力集中产生裂缝。
- 5 混凝土浇筑前，在施工缝处宜先铺水泥浆或与混凝土成分相同水泥砂浆一层，混凝土细致捣实，使新旧混凝土紧密相连。
- 6 混凝土浇筑时必须振捣密实，并符合振捣规定。混凝土振捣尽量避免碰撞钢筋、模板、芯管、吊环和预埋件。
- 7 在降雨雪时不宜露天浇筑混凝土，如需浇筑时，应采取有效措施确保混凝土质量。
- 8 混凝土的冬期施工，应采取防冻措施。应对原材料的加热、搅拌、运输、浇筑和养护等进行热工计算。
- 9 已浇筑完的混凝土，应加以覆盖和浇水养护，养护时间应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 相关规定。

6.5.9 普通混凝土施工质量应符合表 6.5.9 规定。

表 6.5.9 普通混凝土施工质量和检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	检验方法及器具
主控项目	1	混凝土强度及试件取样留置	必须符合设计要求和现行有关标准的规定	检查施工记录及试件强度试验报告
	2	混凝土运输、浇筑及间歇	混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间，同一施工段的混凝土应连续浇筑，并应在底层混凝土初凝之前将上一层混凝土浇筑完毕。当底层混凝土初凝后浇筑上一层混凝土时，应按施工技术方案中对施工缝的要求进行处理	观察，检查施工记录
一般项目	1	施工缝留置及处理	应按设计要求和施工技术方案确定、执行	观察，检查施工记录
	2	后浇带留置位置	应按设计要求和施工技术方案确定，混凝土浇筑应按施工技术方案进行	观察，检查施工记录
	3	养 护	应符合施工技术方案和现行有关标准的规定。应在终凝后进行覆盖和浇水养护，养护时间不得少于 7 天，对掺用缓凝型外加剂的混凝土，不得少于 14 天	观察，检查施工记录

6.5.10 隧道防水混凝土施工应符合下列规定：

- 1 隧道应选用抗渗混凝土，抗渗等级应符合设计要求。
- 2 地下水或土壤对混凝土或钢筋有腐蚀性时，应按规定掺防腐剂。
- 3 防水混凝土施工应符合下列规定：

1) 混凝土强度、抗渗试件取样与留置应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《地下防水工程质量验收规范》GB50208 的有关规定。

2) 隧道每个施工段的底板、顶板混凝土应连续浇筑不得留施工缝。隧道的底板与侧壁相交处的施工缝宜留在底板上面不小于 200mm 处，底板与侧壁连接有腋角时，宜留在腋角上面不小于 200mm 处，施工缝处应设置橡胶止水带或止水钢板。隧道的顶板与侧壁相交处的施工缝宜留在顶板下面不小于 200mm 处，有腋角时，宜留在腋角下部。

3) 变形缝、穿墙管道、预埋件等设置和构造必须符合设计要求和现行有关标准的规定。

6.5.11 防水混凝土施工质量应符合表 6.5.11 规定。

表 6.5.11 隧道防水混凝土施工质量和检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	检验方法及器具
主控项目	1	混凝土的抗压强度及试件取样留置	必须符合设计要求和现行有关标准的规定	检查施工记录及试件强度试验报告
	2	抗渗等级	必须符合设计要求和现行有关标准的规定	检查试件抗渗试验报告
	3	检查试件抗渗试验报告	变形缝、施工缝、穿墙管道、预埋件等设置和构造必须符合设计要求和现行有关标准的规定，严禁有渗漏	观察检查和检查隐蔽工程验收记录

类别	序号	检查项目	质量标准	检验方法及器具
	4	混凝土运输、浇筑及间歇	混凝土运输、浇筑及间歇全部时间不应超过混凝土的初凝时间，同一施工段的混凝土应连续浇筑，并应在底层混凝土初凝之前将上一层混凝土浇筑完毕。当底层混凝土初凝后浇筑上一层混凝土时，应按施工缝的要求进行处理	观察，检查施工记录
	5	混凝土养护	混凝土终凝后立即养护，养护必须超过 14 天，混凝土表面温度和与其接触介质的温度差必须小于 15℃	观察及检查施工记录

6.5.12 现浇混凝土结构外观质量及尺寸偏差应符合下列规定：

1 外观质量不应有严重缺陷。对已经出现的严重缺陷，应由施工单位提出技术处理方案，并经监理、设计单位审批后进行处理，对经处理的部位，应重新检查验收。

2 不应有影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位应由施工单位提出技术处理方案，并经监理、设计单位审批后进行处理。

6.5.13 现浇混凝土结构外观质量及尺寸偏差应符合表 6.5.13 规定。

表 6.5.13 混凝土结构外观及尺寸偏差质量标准和检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	单位	检验方法及器具
主控项目	1	外观质量	不应有严重缺陷。对已经出现的严重缺陷，应由施工单位提出技术处理方案，并经监理（建设）、设计单位认可后进行处理，对经处理的部位，应重新检查验收		观察，检查技术处理方案
	2	尺寸偏差	不应有影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位 应由施工单位提出技术处理方案，并经监理（建设）、设计单位认可后进行处理。对经处理的部位， 应重新检查验收		观察，检查技术处理方案
一般项目	1	外观质量	不宜有一般缺陷。对已经出现的一般缺陷，应由施工单位按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。防水混凝土不得有露筋、 蜂窝等缺陷		观察，检查技术处理方案
	2	轴线位移	≤ 10	mm	钢尺检查
	3	垂直度	≤ 5	mm	经纬仪或吊线、钢尺检查
		标高偏差	± 10		水准仪或拉线、钢尺检查
	4	表面平整度	≤ 5	mm	钢尺检查
	5	标高偏差	顶板模板上表面 ± 10	mm	水准仪或拉线、钢尺检查
	6	截面尺寸偏差	$+5 \sim -5$	mm	钢尺检查

	7	防水混凝土表面裂缝宽度		不应大于 0.2mm , 并不得贯通	mm	用刻度放大镜检查
	8	预留洞中心位移		≤15	mm	钢尺检查
	9	预留孔 (洞)	中心位移	≤10	mm	拉线、钢尺检查
			截面尺寸偏差	+10~-5		

6.6 隧道防水施工

6.6.1 水泥砂浆防水层施工应符合下列规定：

- 1 水泥砂浆铺抹前，基层的混凝土强度应不低于设计强度的 80%；
- 2 基层表面应坚实、平整、粗糙、洁净，并充分湿润，无明水；
- 3 基层表面的空洞、裂缝应用与防水层相同的砂浆填塞抹平；
- 4 分层铺抹应压实、抹平和表面压光；
- 5 防水层各层之间必须结合牢固，无空鼓现象，每层应连续施工，必须留施工缝时应采用阶梯坡形槎，但离开阴阳角处不得小于 200mm；
- 6 防水层的阴阳角处应做成圆弧形；
- 7 水泥砂浆终凝后应及时进行养护，养护温度不低于 5℃ 并保持湿润，养护时间不得少于 14 天；
- 8 水泥砂浆防水层的平均厚度应符合设计要求，最小厚度不能小于设计值的 85%。

6.6.2 水泥砂浆防水层施工质量应符合表 6.6.2 规定。

表 6.6.2 水泥砂浆防水层质量标准 and 检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	检验方法及器具
主控项目	1	防水层各层之间	必须结合牢固，无空鼓现象	观察和用小锤轻击检查
	2	原材料及配合比	必须符合设计要求和现行有关标准的规定	检查出厂合格证、质量检验报告、计量措施和现场抽样试验报告
	3	砂浆强度	必须符合设计要求和现行有关标准的规定	检查试验报告
	4	基层表面质量	必须平整、坚实、粗糙、清洁并充分湿润，无积水	观察检查
一般项目	1	防水层表面	应密实、平整，不得有裂纹、起砂、麻面等缺陷；阴阳角处应做成圆弧形	观察检查
	2	施工缝留槎位置	应正确，接槎应按层次顺序操作，层层搭接紧密	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
	3	防水层的平均厚度	应符合设计要求，最小厚度不得小于设计值的 85%	观察和钢尺检查

6.6.3 卷材防水层施工应符合下列规定：

- 1 卷材防水应铺设在主体结构的迎水面；从底板折向立面的接茬部位的卷材，应采取可靠的

保护措施；立面结构施工完成后，铺立面卷材时，应将接茬部位的各层卷材揭开，将其表面清理干净，如局部有损伤时，应及时修补。

2 铺贴防水卷材前，应将找平层清扫干净，在基面上涂刷基层处理剂；当基面较潮湿时，应涂刷湿固化型胶粘剂或潮湿界面隔离剂；

3 防水卷材热熔施工作业前清理作业范围内的可燃、易燃物，配备足够的消防灭火器材。

4 雨雪天、五级及以上大风禁止施工。

5 立面防水卷材接茬的搭接宽度，高聚物改性沥青类卷材应为 150mm，合成高分子类卷材应为 100mm。上层卷材铺贴双层卷材时，上下两层和相邻两幅卷材的接缝应错开 1/3~1/2 幅宽，两层卷材不得相互垂直铺贴。

6 基层阴阳角应做成圆弧或 45° 角，其尺寸应根据卷材品种确定；在转角处、变形缝、施工缝、穿墙管等部位应铺贴卷材加强层，加强层宽度不小于 500mm。

7 隧道外侧防水层的保护层施工完成后应及时对称回填。

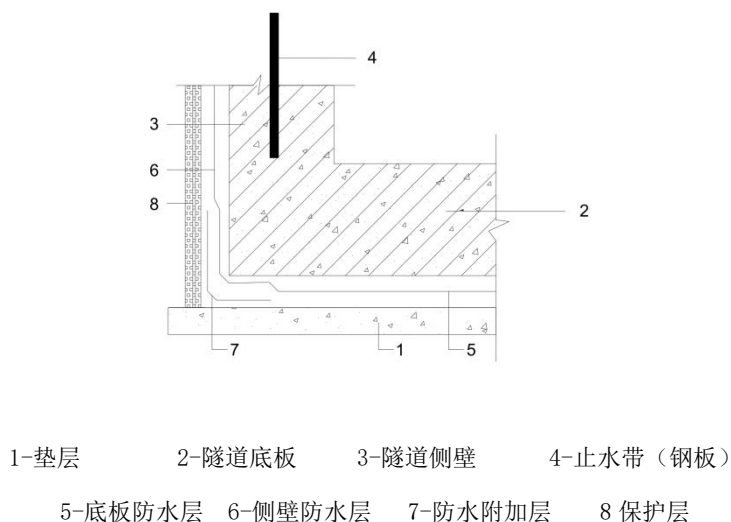


图 6.6.3 隧道卷材防水层细部构造

8 冷粘法铺贴卷材应符合下列规定：

- 1) 胶粘剂涂刷应均匀，不露底，不堆积；
- 2) 铺贴卷材时应控制胶粘剂涂刷与卷材铺贴的间隔时间，排除卷材下面的空气，并辊压粘结牢固，不得有空鼓；
- 3) 铺贴卷材应平整、顺直，搭接尺寸正确，不得有扭曲、皱折；
- 4) 接缝口应用密封材料封严，其宽度不应小于 10mm。

9 热熔法铺贴卷材应符合下列规定：

- 1) 火焰加热器加热卷材应均匀，不得过分加热或烧穿卷材；
- 2) 卷材表面热熔后应立即滚铺卷材，排除卷材下面的空气，并辊压粘接牢固，不得有空鼓、皱折；
- 3) 滚铺卷材时，接缝部位必须溢出沥青热熔剂胶，并应随即刮封接口使接缝粘接严密；

- 4) 铺贴后的卷材应平整、顺直，搭接尺寸正确，不得有扭曲、空鼓；
- 5) 卷材防水层及其转角处、变形缝、穿墙管道等细部做法均须符合设计要求。

6.6.4 卷材防水层施工质量应符合表 6.6.4 规定。

表 6.6.4 卷材防水层质量标准和检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	单位	检验方法及器具
主控项目	1	卷材及配套材料质量	必须符合设计要求和现行有关标准的规定		检查出厂合格证、质量检验报告和现场抽样试验报告
	2	细部做法	防水层及其转角处、变形缝、穿墙套管等必须符合设计要求和现行有关标准的规定		观察检查和检查隐蔽工程验收记录
一般项目	1	基层质量	基层应牢固，基面应洁净，平整，不得有空鼓、松动、起砂和脱皮现象；阴阳角处应做成圆弧形		观察检查和检查隐蔽工程验收记录
	2	卷材铺贴、粘结缝	应符合现行有关标准的规定。搭接缝应粘结牢固，密封严密，不得有皱折、翘边和空鼓等缺陷		观察检查
	3	侧墙卷材防水层的保护层与防层	粘结牢固，结合紧密，厚度均匀一致		观察检查
	4	卷材搭接宽度	偏差 ≥ -10	mm	用钢尺检查

6.6.5 涂料防水层施工应符合下列规定：

- 1 涂料涂刷前应先基面上涂一层与涂料相容的基层处理剂。
- 2 涂膜应多遍完成，涂刷应待前遍涂层干燥成膜后进行。
- 3 每遍涂刷时应交替改变涂层的涂刷方向，同层涂膜的先后搭槎宽度宜为 30mm~50mm。
- 4 涂料防水层的施工缝应注意保护，搭接缝宽度应大于 100mm，接涂前应将其甩槎表面处理干净。
- 5 涂刷程序应先做转角处、穿墙管道、变形缝等部位，后进行大面积涂刷。
- 6 涂料防水层应与基层粘结牢固，表面平整、涂刷均匀，不得有流淌、起泡等缺陷。
- 7 涂料防水层的平均厚度应符合设计要求，最小厚度不能小于设计值的 90%。

6.6.6 涂料防水层施工质量应符合表 6.6.6 规定。

表 6.6.6 涂料防水层质量标准和检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	检验方法及器具
主控	1	渗漏水检测	应符合设计要求防水等级的规定	质量检验报告和现场抽样试验报告

项 目	2	细部做法	涂料防水层及其转角处、变形缝等细部做法均须符合设计要求和现行有关标准的规定	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
一 般 项 目	1	基层质量	基层应牢固,基面应洁净、平整,不得有空鼓、松动、起砂和脱皮等现象;基层阴阳角处应做成圆弧形	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
	2	表面质量	防水层应与基层粘结牢固,表面平整,涂刷均匀,不得有流淌、皱折、鼓泡、露胎体和翘边等缺陷	观察检查
一 般 项 目	3	涂料层厚度	平均厚度应符合设计要求,最小厚度不得小于设计的 90%	针测法或割取 20mm×20mm 实样用卡尺测量
	4	侧墙涂料防水层的保护层与防水层	粘结牢固,结合紧密,厚度均匀一致	观察检查
	5	胎体增强材料搭接宽度	同层相邻搭接宽度应大于 100mm,上下层接缝应错开 1/3 幅宽	钢尺检查

6.6.7 细部结构的防水施工应符合下列规定:

1 橡胶止水带的形状、尺寸及其材质的物理性能应符合设计要求,且无裂纹、气泡。橡胶止水带接头应采用热接,不得叠接,接缝应平整牢固,不得有裂口、脱胶现象;T型接头,十字接头、Y型接头宜在工厂加工成型。

2 金属止水带应平整、尺寸准确,其表面的铁锈、污渍应清理干净,不得有沙眼、钉孔;金属止水带接头采用搭接,双面焊接,金属止水带在伸缩缝中的部分应涂刷防腐涂料。

3 施工缝的防水施工应符合下列规定:

- 1) 施工缝浇筑混凝土前,应将其表面浮浆和杂物清除。
- 2) 施工缝采用遇水膨胀橡胶腻子止水条时,应将止水条牢固地安装在缝表面预留槽内。
- 3) 施工缝采用中埋止水带时,应确保止水带位置正确,固定牢靠。
- 4) 顶、底板止水带的下侧混凝土应振捣密实,边墙止水带内外侧混凝土应均匀,保持止水带位置正确、平直、无卷曲现象。
- 5) 浇筑顶板时应在人孔、工作井、通风竖井处预留止水带。
- 6) 地下水压力较大时,宜采用复合止水带(图 6.6.7)。

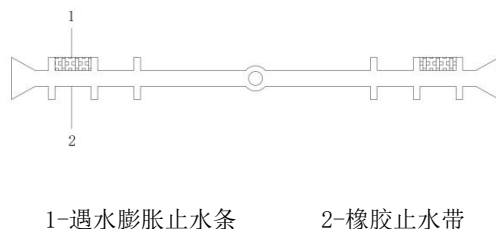


图 6.6.7 复合橡胶止水带

4 变形缝的防水施工应符合下列规定:

1) 止水带宽度和材质的物理性能均应符合设计要求,且无裂缝和气泡;接头应采用热接,不得叠接,接缝平整、牢固,不得有裂口和脱胶现象;当隧道在地下水位以下时,应采用封闭式环

形止水带。

2) 中埋式止水带中心线应和变形缝中心线重合, 止水带不得穿孔或用铁钉固定。

3) 变形缝设置中心线止水带时, 混凝土损坏处应修补; 顶、底板止水带的下侧混凝土应振捣密实, 边墙止水带内外侧混凝土应均匀, 保持止水带位置正确、平直, 无卷曲现象。

4) 变形缝处增设的卷材或涂料防水层, 应按设计要求施工。

5) 设后浇带时, 后浇带两侧宜做成企口缝形式或设置止水带。

5 穿墙管道的防水施工应符合下列规定:

1) 穿墙管止水环与主管或翼环与套管应连续满焊;

2) 穿墙管处防水层施工前, 应将套管内表面清理干净;

3) 套管内的管道安装完毕后, 应在两管中间嵌入内衬填料, 端部用密封材料填缝。柔性穿墙时, 穿墙内侧应用法兰压紧;

4) 穿墙管外侧防水层应铺设严密, 不留接槎; 增铺附加层时, 应按设计要求施工。

5) 隧道内接地与主网的引接线穿过混凝土结构时, 应预埋防水套管, 引接线施工完成后用防水胶泥封堵。

6 预埋件的防水施工应符合下列规定:

1) 预埋件端部或预留孔(槽)底部的混凝土厚度不得小于 250mm; 当厚度小于 250mm 时, 必须局部加厚或采取其他防水措施;

2) 预留地坑、孔洞、沟槽的防水层, 应与孔(槽)外的结构防水层保持连续。

7 人孔、工作井、通风井防水施工应符合下列规定:

1) 隧道通向地面的人孔、工作井、通风井百叶窗的下缘高出地面不应小于 500mm, 防止地面水倒灌。

2) 人孔和通风井的一部分位于地下水位以下时, 人孔和通风井的结构应连成整体, 其防水层也应连成整体, 并在内部设集水井。

3) 人孔和通风井外应做散水。

8 细部结构的防水质量检查应符合下列要求:

1) 细部构造所用止水带、遇水膨胀橡胶止水条和接缝密封材料必须符合设计要求。

2) 变形缝、施工缝、后浇带、穿墙埋管、预埋件等细部构造作法, 严禁有渗漏。隧道在地下水位以下时, 应采用封闭式环形止水带。

6.6.8 细部结构的防水施工质量应符合表 6.6.8 规定。

表6.6.8 细部结构防水标准和检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	检验方法及器具
主控项	1	细部构造所用材料质量	必须符合设计要求和现行有关标准的规定	检查出厂合格证、质量检验报告和现场抽样试验报告

目	2	细部构造作法	变形缝、施工缝、穿墙埋管、预埋件等细部构造作法，均须符合设计要求和现行有关标准的规定，严禁有渗漏。隧道在地下水位以下时，应采用封闭式环形止水带	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
一般项目	1	止水带埋设	中埋式止水带中心线应与变形缝中心重合，止水带应固定牢靠、平直，不得有扭曲现象，止水带不得穿孔或用铁钉固定	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
	2	穿墙管止水环加工	穿墙管止水环与主管或翼环与套管应连续满焊	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
	3	接缝基层及嵌缝	接缝处混凝土表面应密实、洁净、干燥；密封材料应嵌填严密、粘结牢固，不得有开裂、鼓泡和下塌等现象	观察检查

6.7 接地装置施工

6.7.1 接地装置施工一般应符合下列规定：

- 1 隧道内金属支架及组件均应可靠接地。
- 2 接地装置材质、导体截面及接地电阻应符合设计要求。
- 3 接地装置隐蔽部分在隐蔽前应由监理单位和施工单位验收并形成记录。
- 4 接地极用热镀锌钢的锌层厚度应满足设计的要求。

6.7.2 接地体的埋设与防腐施工应符合下列规定：

1 接地体埋设深度及间距应符合设计要求。当无具体规定时，接地极顶面埋设深度不宜小于 0.8m；水平接地极的间距不宜小于 5m，垂直接地极的间距不宜小于其长度的 2 倍。

2 热镀锌钢材焊接时，在焊痕外最小 100mm 范围内应采取可靠的防腐处理。在做防腐处理前，表面应除锈并去掉焊接处残留的焊药。

3 接地装置的回填土应符合下列要求：

1) 回填土内不应夹有石块和建筑垃圾等，外取的土壤不应有较强的腐蚀性；在回填土时应分层夯实；

2) 在石质地段或电阻率较高的土质区段的土沟中敷设接地极，回填土中应有不少于 100mm 厚的净土垫层，并分层夯实。

6.7.3 接地体的埋设与防腐应符合表 6.7.3 规定。

表6.7.3 接地体的埋设与防腐标准和检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	检验方法及器具
主控项目	1	材料规格及材质	符合设计要求	检查出厂合格证、质量检验报告和现场抽样试验报告
	2	镀锌层表面检查	镀锌层表面完好	检查出厂合格证、质量检验报告和现场抽样试验报告
	3	接地体埋设深度	符合设计要求且 $\geq 0.6\text{m}$	观察检查和检查隐蔽工程

					验收记录
				角钢、钢管、铜棒、铜管等接地体应垂直配置	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
	4	接地体焊接处防腐	范围	外侧 100mm 范围	检查隐蔽工程验收记录
			处理方式	处理前表面必须除锈并去掉残留的焊药	检查隐蔽工程验收记录
	5	接地体间距	垂直接地极	不宜小于其长度的 2 倍	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
			水平接地体	符合设计要求且 $\geq 5\text{m}$	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
	6	回填土	土质	不应有石块和建筑垃圾，外取的土壤不得有较强的腐蚀性	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
			防沉层	100-300mm	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
			石质地段或电阻率较高的土质区段	$\geq 100\text{mm}$ 厚的净土垫层	观察检查和检查隐蔽工程验收记录

6.7.4 接地极（线）的安装与连接施工应符合下列规定：

1 接地极（线）的连接应采用焊接，异种金属接地极之间连接时，接头处应采取防止电化学腐蚀的措施。

2 隧道内接地线安装应符合下列要求：

- 1) 接地线的安装位置应合理，便于检查，不得碍设备检修和运行巡视；
- 2) 接地线的安装应规范、美观，防止因加工方式造成接地线截面减小、强度减弱、生锈；
- 3) 支持件的距离，在水平直线部分宜为 0.5m~1.5m；垂直部分宜为 1.5m~3m；转弯部分宜为 0.3m~0.5m；
- 4) 接地线应按水平和垂直敷设，亦可与隧道倾斜结构平行敷设；在直线段上不应有高低起伏及弯曲现象；

5) 接地线沿隧道墙壁水平敷设，离地面距离宜为 250mm~300mm；

6) 接地线跨越隧道施工缝时，应设置补偿器，补偿器可用接地线本身弯成弧状代替；

7) 当支架采用复合材料时，应按设计要求进行施工。

3 接地线、接地极采用电弧焊连接时，其搭接长度应符合下列规定：

- 1) 扁钢应不小于其宽度的 2 倍且不得少于 3 个棱边焊接；
- 2) 圆钢应不小于其直径的 6 倍；
- 3) 圆钢与扁钢连接时，其长度应不小于圆钢直径的 6 倍；
- 4) 扁钢与钢管、扁钢与角钢焊接时，除应在其接触部位两侧进行焊接外，还应由钢带或钢带弯成的卡子与钢管或角钢焊接。

4 接地极（线）的连接工艺采用放热焊接时，其焊接接头应符合下列规定：

- 1) 被连接的导体截面应完全包裹在接头内；

- 2) 接头的表面应平滑;
- 3) 被连接的导体接头表面应完全熔合;
- 4) 接头应无贯穿性的气孔。

6.7.5 接地极(线)的安装与连接应符合表 6.7.5 规定。

表6.7.5 接地极(线)的安装与连接标准和检验方法

类别	序号	检查项目		质量标准	检验方法及器具
主控项目	1	与接地网或接地干线的链接		接地干线应在不同的两点及以上与接地网相连接	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
				自然接地体应在不同的两点及以上与接地干线和接地网相连接	观察检查和检查隐蔽工程验收记录
一般项目	1	明敷接地线的安装	位置	便于检查，无妨碍设备检修运行巡视	观察检查
			外观	接地线的安装应美观，按水平或垂直敷设，亦可与建筑物倾斜结构平行敷设，在直线段上，不应有高低起伏及弯曲等现象	观察检查
			加工	防止因加工方式造成接地线截面减小、强度减弱、容易生锈	
			支持件间距	水平直线部分宜为 0.5-1.5m 垂直部分宜为 1.5-3m 转弯部分宜为 0.3-0.5m	观察检查、实测实量
			与建筑物墙壁位置	沿建筑物墙壁水平敷设时，离地面距离宜为 250-300mm 接地线与建筑物墙壁间的间隙为 10-15mm	观察检查、实测实量
			跨越建筑物伸缩缝、沉降缝	设置补偿器，补偿器可用接地线本身弯成弧状代替	观察检查
			色标	表面应涂以用 15-100mm 宽度相等的绿色和黄色相间的纹，中性线自涂淡蓝色标识	观察检查、实测实量
			多个分接地装置	应按设计要求设置便于分开的断接卡，自然接地体与人工接地体连接处应有便于分开的断接卡，断接卡应有保护措施	观察检查
			扩建接地网	新旧接地网连接时应通过接地井多点连接	观察检查
			多个区域连通	电缆桥架、支架多个区域连通时，设置便于分开的断接卡，并有明显的标识	观察检查
	2	接地体的连接	焊接要求	必须牢固无虚焊	观察检查
			焊接搭接要求	扁钢为其宽度的 2 倍（其至少 3 个楞边焊接）	观察检查、实测实量
				圆钢为其直径的 6 倍	观察检查、实测实量
				圆钢与扁钢焊接时，其长度为圆钢直径的 6 倍	观察检查、实测实量
				扁钢与钢管、扁钢与角钢焊接时，为了连接可靠，除应在其接触部位两侧进行焊接外，并应焊以山钢带弯成的弧形（或直角形）卡兹或直接山钢带本身弯成弧形（或直角形）与钢管（或角钢）焊接	观察检查
			放热焊接头要求	被连接到底必须完全包在接头里	观察检查
				要保证连接部位的金属完全融化，连接牢固	观察检查
				接头的表面应平滑	观察检查
				无贯穿性的气孔	观察检查

6.7.6 接地电阻检测应符合下列规定：

- 1 接地装置施工完成后，应做接地电阻检测，电阻值应符合设计要求。
- 2 在高土壤电阻率地区，接地电阻值很难达到设计要求时，可采用下列措施降低接地电阻：
 - 1) 在接地网附近有较低电阻率的土壤时，可敷设引外接地网或向外延伸接地极；
 - 2) 当地下较深处的土壤电阻率较低，或地下水较为丰富、水位较高时，可采用深/斜井接地极或深水井接地极；地下岩石较多时，可考虑采用深孔爆破接地技术；
 - 4) 填充电阻率较低的物质。

6.7.7 接地电阻检测应符合表 6.7.7 规定。

表6.7.7 接地电阻检测标准和检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	检验方法及器具
主控项目	1	接地装置的接地电阻值测试☆	测试接地装置的接地电阻值必须符合设计要求	现场检验和试验报告

6.8 附属设施施工

6.8.1 电缆支架施工应符合下列规定：

- 1 电缆支架的钢材应平直，无明显扭曲。下料偏差应在 5mm 范围内，切口应无卷边毛刺，靠通道侧应有钝化处理。
- 2 支架焊接应牢固，应无明显变形。各横撑间的垂直净距与设计偏差不应大于 5mm。
- 3 金属电缆支架必须进行防腐处理。位于湿热、盐雾以及有化学腐蚀地区时，应根据设计要求做特殊的防腐处理。
- 4 电缆支架应安装牢固，横平竖直；各支架的同层横档应在同一水平面上，其高低偏差不应大于 5mm。
- 5 在有坡度的隧道上安装电缆支架，应有与隧道相同的坡度。

6.8.2 电缆支架安装质量应符合表 6.8.2 规定。

表6.8.2 电缆支架安装标准和检验方法

类别	序号	检查项目		质量标准	检验方法及器具
主控项目	1	支架加工	外观	钢材应平直，无明显扭曲 切口应无卷边，毛刺 支架应焊接牢固，无明显变形	检查出厂合格证、质量检验报告和现场抽样试验报告
			尺寸	下料误差应在 5mm 范围内	实测实量
				各横撑之间的垂直净距离与设计偏差不应大于 5mm	实测实量
一般项目	1	支架安装	外观	安装牢固，横平竖直	实测实量

般 项 目	2	固定	按设计要求进行	观察检查	
	3		偏差	各支架的同层横担应在同一水平面上，其高低偏差≤5mm	实测实量
	4			左右的偏差≤10mm	实测实量
	5			有坡度的电缆沟内或建筑物上安装的电缆支架，应有与电缆沟或建筑物相同的坡度	观察检查、实测实量
	6	距离	电缆支架最上层至沟顶板的距离 300mm-350mm	实测实量	
	7		电缆支架最下层至沟底、地面的距离 100mm-150mm	实测实量	
	8		支架接地	电缆支架全场均应有良好的接地	观察检查、实测实量

6.8.3 照明系统施工应符合下列规定:

- 1 照明灯具应选用防潮、防爆型 LED 灯具, 灯具连接线缆应敷设在阻燃管中。
- 2 低压电源线应选用防潮、阻燃线材, 管线采用暗敷设方式。
- 3 低压电源控制箱应配置可靠的漏电保护器。
- 4 灯具安装距离符合设计要求, 安装位置为隧道正上方。
- 5 照明设备的金属框架必须接地或接零可靠。
- 6 灯具电缆连接处必须使用封堵材料密封良好。

6.8.4 照明系统施工质量应符合表 6.8.4 规定。

表6.8.4 照明系统施工标准和检验方法

类别	序号	检查项目	质量标准	检验方法及器具
主控项目	1	灯具的固定	应牢固可靠, 在砌体和混凝土结构上严禁使用木楔、尼龙塞或塑料塞固定	观察检查
	2	吸顶或墙面上安装的灯具的固定	用的螺栓或螺钉不应少于 2 个, 灯具应紧贴饰面	观察检查
	3	灯具的绝缘导线	绝缘导线应采用柔性导管保护, 不得裸露且不应在灯槽内明敷	观察检查
			柔性导管与灯具壳体应采用专用接头连接	观察检查
一般项目	1	引向每个灯具的导线线芯最小截面积	应与灯具功率相匹配, 绝缘铜芯导线的线芯截面积 $\geq 1\text{mm}^2$	观察检查、实测实量
	2	灯具的外形, 灯头及其接线	灯具及其配件应齐全, 不应有机械损伤、变形、涂层剥落和灯罩破裂等缺陷	观察检查
			软线吊灯的软线两端应做保护扣, 两端线芯应搪锡; 当装升降器时, 应采用安全灯头	观察检查
			除敞开式灯具外, 其他各类灯具容量在 100W 及以上者, 引入线应采用瓷管、矿棉等不燃材料作隔热保护	观察检查
			连接灯具的软线应盘扣、搪锡压线, 当采用螺口灯头时, 相线应接于螺口灯头中间的端子上	观察检查
			灯座的绝缘外壳不应破损和漏电; 带有开关的灯座, 开关手柄应无裸露的金属部分	观察检查

3	隔热、散热等防火保护措施	灯具表面及其附件的高温部位靠近可燃物时,应采取隔热、散热等防火保护措施。	观察检查
---	--------------	--------------------------------------	------

6.8.5 隧道通风系统施工应符合下列规定:

- 1 隧道通风系统应采用自然通风和强制排风相结合的方式。
- 2 通风口间距应符合设计要求,满足隧道通风量要求,通风口应有防止小动物进入隧道的金属网格及防水、防盗措施。
- 3 在不具备自然通风的条件下,隧道应采用强制排风方式,通风量应符合设计要求。
- 4 型号、规格应符合设计规定,其出口方向应正确;
- 5 叶轮旋转应平稳,停转后不应每次停留在同一位置上;
- 6 固定通风机的地脚螺栓应拧紧,并有防松动措施。
- 7 通风机传动装置的外露部位以及直通大气的进、出口,必须装设防护罩(网)或采取其他安全设施。
- 8 金属外壳接地必须良好。
- 9 安装风机的隔振钢支、吊架,其结构形式和外形尺寸应符合设计或设备技术文件的规定;焊接应牢固,焊缝应饱满、均匀。
- 10 机组应清扫干净,箱体内部应无杂物、垃圾和积尘。

6.8.6 风机安装施工质量应符合表 6.8.6 规定。

表 6.8.6 风机安装施工标准和检查方法

类别	序号	检查项目	质量标准		检验方法及器具
主控项目	1	风机及风机箱的安装	产品的性能、技术参数应符合设计要求,出口方向应正确		观察检查
			叶轮旋转应平稳,每次停转后不应停留在同一位置上		观察检查
			固定设备的地脚螺栓应紧固,并应采取防松动措施		观察检查
			落地安装时,应按设计要求设置减振装置,并应采取防止设备水平位移的措施		观察检查
			悬挂安装时,吊架及减振装置应符合设计及产品技术文件的要求		观察检查、检查产品的技术文件
	2	通风机安全措施	通风机传动装置的外露部位以及直通大气的进、出风口,必须装设防护罩、防护网或采取其他安全防护措施		观察检查
一般项目	1	风机及风机箱的安装	中心线的平面位移	10mm	钢尺测量
			标高	±10mm	钢尺测量
			皮带轮轮宽中心平面偏移	1mm	钢尺测量
			传动轴水平度	纵向 0.2‰	水平仪测量
				横向 0.3‰	
			两轴芯径向位移	0.05mm	钢尺测量
			两轴线倾斜	0.2‰	钢尺测量
			轴流风机的叶轮与筒体之间的间隙应均匀,安装水平偏差和垂直度偏差均不应大于 1‰		观察检查
			减振器的安装位置应正确,各组或各个减振器承受荷载的压		观察检查

类别	序号	检查项目	质量标准	检验方法及器具
			缩量应均匀一致，偏差应小于 2mm	
			风机的减振钢支、吊架，结构形式和外形尺寸应符合设计或设备技术文件的要求。	观察检查、检查设计
			风机的进、出口不得承受外加的重量，相连接的风管、阀件应设置独立的支、吊架	观察检查

6.8.7 风管安装施工质量应符合表 6.8.7 规定。

表 6.8.7 风管安装施工标准和检查方法

类别	序号	检查项目	质量标准		检验方法及器具
主控项目	1	风管支吊架安装	风管系统支、吊架的形式和规格应按工程实际情况选用		观察检查
	2	风管部件安装	风管部件及操作机构的安装应便于操作		观察检查
			止回阀、定风量阀的安装方向应正确		观察检查
	3	风口的安装	风口的安装位置应符合设计要求，风口或结构风口与风管的连接应严密牢固，不应存在可察觉的漏风点或部位，风口与装饰面贴合应紧密。		观察检查和检查隐蔽工程验收记录
	4	风管严密性检验	风管系统的严密性检验，漏风量应符合设计要求。		观察检查
一般项目	1	风管支吊架安装	间距符合设计要求		观察检查
			支、吊架的设置不应影响阀门、自控机构的正常动作，且不应设置在风口、检查门处，离风口和分支管的距离不宜小于 200mm		用钢尺检查
			悬吊的水平风管直线长度大于 20m 时，应设置防晃支架或防止摆动的固定点		观察检查
			矩形风管的抱箍支架，折角应平直，抱箍应紧贴风管。圆形风管的支架应设托座或抱箍，圆弧应均匀，且应与风管外径一致		观察检查
			风管的可调节减振支、吊架，拉伸或压缩量应符合设计要求		观察检查
	2	风管系统安装	风管清洁	管内不应有杂物和积尘	观察检查
			风管安装的位置、标高、走向	应符合设计要求。现场风管接口的配置应合理，不得缩小其有效截面	观察检查
			连接螺栓	法兰的连接螺栓应均匀拧紧，螺母宜在同一侧	观察检查
			法兰垫片	风管法兰的垫片材质应符合系统功能的要求，厚度不应小于 3mm	观察检查、钢尺测量
			风管水平度、垂直度偏差	水平明装风管的水平度允许偏差应为 3%，总偏差不应大于 20mm	观察检查、钢尺测量
				垂直明装风管的垂直度允许偏差应为 2%，总偏差不应大于 20mm	
	3	柔性短管安装	柔性短管安装，应松紧适度，目测平顺、不应有强制		观察检查、钢尺

类别	序号	检查项目	质量标准	检验方法及器具
			性的扭曲	测量
			可伸缩金属或非金属柔性风管的长度不宜大于 2m	
			柔性风管支、吊架的间距不应大于 1500mm，承托的座或箍的宽度不应小于 25mm	
			两支架间风道的最大允许下垂应为 100mm，且不应有死弯	

6.8.8 排水系统施工应符合下列规定：

- 1 隧道的排水坡度应满足设计要求，当设计无要求时，应不小于 0.5%，排水坡向就近的集水坑。
- 2 重要隧道应采用自启动机械排水，排水系统应满足隧道最高扬程要求。排水管道应设逆止阀以防止回水，积水应排入市政排水系统。

6.8.9 排水工程施工质量应符合表 6.8.9 规定。

表 6.8.9 排水工程施工标准和检查方法表

类别	序号	检查项目	质量标准				检验方法及器具
主控项目	1	水泵试运转的轴承温升	说明书规定				测温仪
	2	立式水泵减振装置	立式水泵的减振装置不应采用弹簧减震器				观察检查
	3	立式泵体垂直度(每米)	0.1mm				角尺、塞尺
	4	通球试验	通球球径不小于排水管道管径的 2/3, 通球率必须达到 100%				检查施工记录
一般项目	1	卧式泵体水平度(每米)	0.1mm				水平仪
	2	联轴器同心度	轴向倾斜（每米）		0.8mm		百分表
			径向移位		0.1mm		百分表
	3	排水管道检查口和清扫口	在转角小于 135° 的污水管上，应设置检查口或清扫口				观察检查
			检查口中心高度距操作地面一般为 1m, 允许偏差±20mm				钢尺测量
	4	管道支、吊架	固定件间距：横管不大于 2m；立管不大于 3m				钢尺测量
	5	管道纵横向弯曲	钢管	每 1m	管径≤100mm	1mm	钢尺、塞尺测量
					管径>100mm	1.5mm	钢尺、塞尺测量
				全长 (25m 以上)	管径≤100mm	≥25mm	钢尺测量
					管径>100mm	≥38mm	钢尺测量
			塑料管	每 1m		1.5mm	钢尺、塞尺测量
				全长 (25m 以上)		≥38mm	钢尺测量
	6	立管垂直度	钢管	每1m		3mm	钢尺测量
				全长 (5m 以上)		≥10mm	钢尺测量
			塑料管	每1m		3mm	钢尺测量
				全长 (5m 以上)		≥15mm	钢尺测量

6.8.10 标志标牌应符合下列规定：

- 1 隧道沿线在地面上应设置明显的保护性、警示性标识桩或标识带。

- 2 隧道内应设置明显的出口标识、导引标识、提示性标识、警示性标识或标识带。
 - 3 隧道检查井、通风孔应编号。
 - 4 隧道回填前应在隧道顶部铺设防止外力破坏的警示标志。
- 6.8.11 检修孔施工应符合下列规定：
- 1 检修孔盖应结实耐用，防盗并能方便开启。
 - 2 非机动车道上的检修孔盖上表面宜高出地坪 10mm~20mm。
 - 3 检修孔应采用钢筋混凝土浇注，按照设计要求设置爬梯及防盗防水井盖。
 - 4 应在正对井口处设置集水坑，并设置篦子封盖。
 - 5 钢筋混凝土检修孔的施工及工艺流程和验收内容同隧道。

7 验 收

7.1 一般规定

7.1.1 工程施工完成后, 应进行工程交接验收, 交接验收由建设单位组织, 建设单位、监理单位、设计单位、施工单位, 调试试验单位等应共同参加验收, 工程经验收合格后方可投入运行; 验收不符合设计或规范要求的, 施工单位应进行整改, 整改后经再次验收合格方可投入运行。

7.1.2 隐蔽工程须在隐蔽施工前应进行隐蔽工程验收, 并应记录客观完整。

7.1.3 工程交接验收包括工程实体验收和工程资料验收两部分, 工程实体验收应按照下表分部分项工程逐一进行, 实体工程施工质量、工艺应满足本标准的质量、工艺标准; 工程资料应齐全有效, 并同实体工程的情况相符合。

7.2 质量验收范围

7.2.1 电缆隧道工程应经过验收合格后, 方可进行电缆敷设。

7.2.2 电缆隧道工程的分部工程、分项工程质量验收范围应按表 7.2.2 划分。

表 7.2.2 质量验收范围划分表

分部工程	序号	子分部工程	分项工程	验收标准
电力电缆隧道工程	1	土石方工程	土方开挖与支护	表 6.3.17
			土方回填	表 6.3.22
	2	地基处理	灰土地基	表 6.4.2
			砂和砂石地基	表 6.4.4
	3	隧道结构施工	模板安装	表 6.5.2
			模板拆除	表 6.5.4
			钢筋加工	表 6.5.6
			钢筋安装	表 6.5.7
			普通混凝土	表 6.5.9
			防水混凝土	表 6.5.11
			混凝土结构外观及尺寸偏差	表 6.5.13
	4	隧道防水施工	水泥砂浆防水层	表 6.6.2
			卷材防水层	表 6.6.4
			涂料防水层	表 6.6.6
			细部结构防水	表 6.6.8

分部工程	序号	子分部工程	分项工程	验收标准
	5	接地装置施工	接地体的埋设与防腐	表 6.7.3
			接地体的安装与连接	表 6.7.5
			接地电阻检测	表 6.7.7
	6	附属设施工程	电缆支架安装	表 6.8.2
			照明系统安装	表 6.8.4
			隧道通风系统安装	表 6.8.6 表 6.8.7
			排水系统安装	表 6.8.9

7.3 工程验收

7.3.1 电缆隧道工程质量验收均应在施工单位自检合格的基础上进行，并按检验批、分项、分部工程的程序分别进行验收，并填写检验批工程质量验收表（见本标准附录表 A.0.1）、分项工程质量验收表（见本标准附录表 A.0.2）、分部工程质量验收（见本标准附录表 A.0.3）、分部（子分部）工程质量控制资料核查记录（见本标准附录表 A.0.4）、分部（子分部）工程安全和功能检验资料核查及主要功能抽查记录表（见本标准附录表 A.0.5）、分部（子分部）工程建筑物观感质量检查记录（见本标准附录表 A.0.6）。

7.3.2 隐蔽工程验收应填写隐蔽工程验收记录（见本标准附录表 B.0.1、B.0.2），应包括下列主要内容：

- 1 地基验槽验收。
- 2 钢筋工程验收。
- 3 混凝土工程验收。
- 4 防水工程验收。
- 5 接地装置工程验收。

7.3.3 分部工程施工质量验收应包括下列主要内容：

- 1 设计图纸、图纸会检记录、设计变更和工程联系单；
- 2 施工组织设计和施工方案；
- 3 主要材料、半成品、配件质量证明文件和进场复检报告；
- 4 试品、试件试块的试验检测报告；
- 5 渗漏水检测记录；
- 6 隐蔽工程、中间验收记录、施工记录；
- 7 检验批、分项工程、分部工程质量验收记录；
- 8 其他必要的文件。

附录 A 质量验收表

表 A . 0. 1 _____ 检验批工程质量验收表

编号：

单位工程名称				检验部位	
施工单位				项目经理	
监理单位				分包单位负责人	
施工依据标准					
主控项目		合格质量标准	施工单位检验评定 记录或结果	监理（建设）单位验收 记录或结果	备注
1					
2					
3					
4					
一般项目		合格质量标准	施工单位检验评定 记录或结果	监理（建设）单位验收 记录或结果	
1					
2					
3					
施工单位 检验评定结果		班组长或专业工长： 年 月 日 质检员或项目技术负责人： 年 月 日			
监理（建设）单位 验收结论		监理工程师（建设单位项目技术负责人）： 年 月 日			

表 A. 0. 2 _____ 分项工程质量验收表

编号：

单位（子单位） 工程名称		分部（子分部） 工程名称		检验批数	
施工单位		项目经理		项目技术负责人	
分包单位		分包单位负责人		分包项目经理	
序号	检验批及部位、区段	施工单位检查结果		监理（建设）单位验收结论	
检验批验收记录完整性核查					
施工单位 检查结果	项目专业质量检查员： 项目专业技术负责人：年 月 日				
监理（建设）单位 验收结论	专业监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人）年 月 日				

表 A. 0.3 _____分部工程质量验收表

编号:

[illegible]

注：1 除地基基础分部外，勘察单位可不参加；

2 “混凝土结构实体检验”一栏非混凝土结构不填。

表 A.0.4 _____分部（子分部）工程质量控制资料核查记录

编号：

分部(子分部)工程名称		施工单位					
项目	序号	资 料 名 称	份数	施工单位		监理(建设)单位	
				检查意见	检查人	核查意见	核查人
一、出厂证件及试验资料	1	原材料、半成品、设备出厂合格证及进场检(试)验报告					
	2	构件、配件、螺栓连接等制成品出厂证件					
	3	钢筋材质及焊接接头的试验报告					
	4	混凝土原材料及混凝土试件的试验报告					
	5	砌筑砂浆试件的试验报告					
	6	防水与防水砂浆的试验报告					
	7	土方回填的试验报告					
	8	地基处理的试验资料					
	9	构件的性能试验资料					
	10	混凝土结构实体检验记录(同条件养护试件、钢筋保护层厚度检测)					
二、主要技术资料及施工记录	1	图纸会检、设计变更、洽商记录					
	2	施工方案、作业指导书、技术交底记录					
	3	测量放线记录及沉降观测记录					
	4	地基处理施工记录					
	5	混凝土工程施工记录					
	6	接地电阻测试记录					
三、隐蔽工程验收记录	1	地基验槽验收记录					
	2	钢筋工程验收记录					
	3	地下混凝土工程验收记录					
	4	防水、防腐工程验收记录					
	5	接地装置工程验收记录					
	6	其他(安装)工程验收记录					

续表 A. 0. 4 _____分部（子分部）工程质量控制资料核查记录

编号：

单位(子单位)				施工单位			
工程名称							
项目	序号	资 料 名 称	份数	施工单位		监理(建设)单位	
				检查意见	检查人	检查意见	检查人
四、 工程质量 验收记录	1	分项工程质量验收记录					
	2	分部工程质量验收记录					
	3	混凝土强度统计、评定记录					
五、工程质量事故及主要质量问题记录							
核查意见							
核查结论							
建设单位：		监理单位：		施工单位：			
项目负责人： (项目技术负责人)		总监理工程师：		项目经理：			
年 月 日		年 月 日		公司质量（技术）负责人：			
				年 月 日			

表 A. 0. 5 _____分部（子分部）工程安全和功能检验资料核查及主要功能抽查记录
编号：

分部(子分部)工程名称					施工单位				
安全和功能检查项目				份数	施工单位		监理（建设）单位		
					检查意见	检查人	核查意见	抽查结果	核 查 (抽查)人
一、建筑与结构	1	隧道防水效果检查记录							
二、给排水	1	排水干管通球试验记录							
三、建筑电气	1	照明全负荷试验记录							
	2	接地电阻测试记录							
	3	线路、插座、开关接地检验记录							
四、通风	1	通风系统试运行记录							
结论：									
建设单位：			监理单位：			施工单位：			
项目负责人： (项目技术负责人) 年 月 日			总监理工程师： 年 月 日			项目经理： 公司质量（技术）负责人： 年 月 日			

表 A. 0. 6 _____分部（子分部）工程建筑物观感质量检查记录

编号：

分部(子分部) 工程名称		施工单位			
序号	项 目 名 称		标准分	检 查 情 况	评分
1	建筑 与 结 构	散水、台阶	5		
		隧道内顶棚	5		
		隧道内墙面	5		
		隧道内地面	5		
		通风井（人孔）外墙面	10		
2	排水	管道坡度、接口、支架、管件	5		
3	建筑 电 气	配电箱、盘、板、接线盒	10		
		设备器具、开关	10		
		灯具	10		
		防雷、接地	10		
4	通 风	风管、支架	5		
		风口、风阀、罩	5		
		风机设备	10		
		阀门、支架	5		
合 计		应得 分， 实得 分， 得分率 %			
核 查 意 见					
核 查 结 论					
建设单位： 项目负责人： (项目技术负责人) 年 月 日		监理单位 总监理工程师： 年 月 日		施工单位： 项目经理： (项目技术负责人) 年 月 日	
其他参加检查人员 签 字		年 月 日			

附录 B 隐蔽工程验收记录

表 B. 0. 1 _____工程隐蔽工程验收记录

编号：

单位工程名称		分项工程名称	
验收部位		施工图号	
验收内容			
施工单位检查结果	班组长：项目专业质量检查员： 项目专业技术负责人：年 月 日		
监理单位验收结论	专业监理工程师：年 月 日		

表 B. 0. 2 _____工程隐蔽工程验收记录

编号：

隐蔽部位			图 号			
隐蔽日期			施工单位			
隐蔽检查内容						
检查结果	班组长：_____ 项目专业质量检查员：_____ 项目专业技术负责人：_____ 年 月 日					
监理单位验收结论	专业监理工程师： （建设单位项目技术负责人） _____ 年 月 日		材料试验情况	名称	出厂合格证编号	复试单号

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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：
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 条文中指明应按其它有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准目录

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《中国地震动参数区划图》GB 18306
- 《地下工程防水技术规范》GB 50108
- 《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476
- 《工业建筑防腐蚀设计标准》GB 50046
- 《城市桥梁设计规范》CJJ 11
- 《公路桥涵设计通用规范》JTG D60
- 《地铁设计规范》GB 50157
- 《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065
- 《城市电力电缆线路设计技术规定》DL/T 5221
- 《数据中心设计规范》GB 50174
- 《地下工程防水技术规范》GB 50108
- 《交流电气装置的接地》DL/T 621
- 《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169
- 《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》GB 50168
- 《建筑边坡工程技术规范》GB50330
- 《建筑基坑支护技术规范》JGJ120
- 《建筑地基处理技术规范》JGJ79
- 《混凝土结构工程施工规范》GB50666
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204
- 《地下防水工程质量验收规范》GB 50208

山西省工程建设地方标准

城市电力电缆隧道工程技术标准

DBJ××-××××-××××

条 文 说 明

××××出版社

2023 太原

目 次

3	基本规定.....	62
4	勘 察.....	63
4.1	一般规定.....	63
4.2	工程地质.....	63
4.3	工程环境.....	63
5	设 计.....	64
5.1	一般规定.....	64
5.2	隧道结构设计.....	64
5.3	隧道接地设计.....	66
5.4	隧道防水设计.....	66
5.5	附属设施设计.....	67
6	施 工.....	69
6.1	一般规定.....	69
6.3	土石方工程.....	69
6.4	地基处理.....	69
6.5	隧道结构施工.....	69
6.6	隧道防水施工.....	69
6.7	接地装置施工.....	69
6.8	附属设施施工.....	70

3 基本规定

3.0.1 应将环保意识融入设计理念中，尽量减少隧道开挖对环境的影响。若难以避免，则应采取保护环境的防治措施。

3.0.2 如果城市缺乏对地下管线和其他市政设施的统一安排与总体规划，势必导致地下管线紊乱，给管线增设、更新、事故抢修带来困难。重复开挖路面，除了要支付高额的路面修复费用外，还严重影响地面交通和市民生活等。为改变这样被动的局面，必须按电网规划向城市管理部门提出确保电缆敷设路径的要求。

3.0.5 隧道主体结构施工完成后，内部空间狭长、密闭、通风差，为保证作业人员的安全，应按有限空间作用的要求进行安全管控。

4 勘察

4.1 一般规定

4.1.1 隧道调查是勘测设计人员通过各种勘测手段，对隧道所处位置的地形、地质等自然条件进行的调查、测绘。调查必须按本规程及相关规范的要求分阶段、按项目认真开展工作。调查资料是隧道位置选择、工程布置和结构设计，以及计划工程投资等整个设计工作的依据，因此，调查资料应齐全、准确。

4.1.2 本条对施工前各阶段及施工中调查的目标、内容、方法和范围作了规定。隧道调查不同阶段有不同的目标，在踏勘时，首先进行大范围的全貌调查，了解线路可能走向及隧道位置存在的地质环境问题，提出调查的重点，然后在先前调查已获得成果的基础上，选择隧道两侧为调查重点，并用后续进行的调查成果不断地加以评价、修正，使之更趋完善。调查各阶段是相互联系的一个整体。因此，规定了调查方法，踏勘阶段以地面调查为主，初、详勘测阶段按要求采用各种勘测手段和岩土物理力学试验。

4.1.3 勘察工作是各阶段相互紧密联系的一个整体，在初步了解工程地区概貌的基础上，编制调查计划。在勘察过程中，应随时根据实际情况，及时调整或修改勘察计划，做到对主要工程地质、水文地质问题有准确评价，提供齐全的设计、施工所需资料，不漏项。

4.1.5 地下水对电缆隧道工程影响较大，如产生流砂、流土、管涌等，应对地下水状况作专门调查分析，并提出注意事项，防止产生次生灾害。

4.2 工程地质

4.2.2 本条为新增条文。本条规定了施工前各阶段隧道工程的地形、地质调查内容。隧道地形、地质调查是综合性的工作，查明测区的工程地质、水文地质条件，对各种不良地质条件作出评价，并提出有效措施或建议，为工程设计提供正确的资料。

4.2.3 本条为新增条文。施工中的地质调查宜采取地面补充调查，开挖工作面直接观察、素描、摄像、量测等方法。对于工程地质、水文地质复杂的隧道，可采用超前地震波反射、声波反射、地质雷达等地球物理手段，或采用超前钻孔、平行导坑、试验坑道等进行超前探测，及时预报可能发生地质灾害的位置、性质。

4.3 工程环境

4.3.1~4.3.3 规定了隧道地区自然生态环境、社会环境、生活环境和施工条件的调查内容和要求。通过对环境调查和隧道开挖对环境影响的初估，将环保意识融入到设计理念中。要求尽量减少隧道开挖对环境的影响，若难以避免时，应提供保护环境和周围设施的防治措施。

4.3.4 应调查的地下管线包括给水、排水、燃气、热力、电力、通信、工业等，其中重点应调查清楚军事光缆等涉及国家安全的通讯线路。地下管线的调查深度应包括已建和规划新建的管线。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 本条为新增条文。电缆隧道是永久性建筑物,建成后的隧道不易改建、扩建不仅在勘测设计中,而且在施工中及竣工后,它的耐久性等各方面均受到地形、地质及环境等条件的影响,并且由于洞内工作条件差,对隧道施工及运行养护存在不利因素。根据现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 中设计使用年限的规定,隧道设计使用年限不低于 100 年。

5.1.7~5.1.8 本条为新增条文。

5.1.9 本条为新增条文。电缆隧道与其他管线交叉平行时,应注意保证管线安全,必要时应采取防护措施。当电缆隧道与热力管线交叉,应视具体情况考虑增设隔热层;当电缆隧道与燃气管线交叉时,应注意保护原管线的防腐层等。

5.2 隧道结构设计

5.2.3 结构重要性系数是根据现行国家标准《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153 取值。

5.2.5 本条为新增条文。作用在电缆隧道结构上的荷载,如地层压力、水压力、地面各种荷载及施工荷载等,有许多不确定因素,所以应考虑每个施工阶段的变化及使用过程中荷载的变动,选择使结构整体或构件的应力为最大、工作状态最不利的荷载组合及加载状态来进行设计。表 5.2.6-2 中的荷载分项系数是根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 取值。

5.2.10 本条为新增条文。当明挖结构沿纵向间隔一定距离设置伸缩缝时,其纵向应力一般不会成为控制结构设计的因素。但遇本条所列情况时,必须分析结构的纵向应力。除温度变化和混凝土收缩影响外,一般可采用弹性地基梁模型进行分析,求出其变形和内力后检算其强度。

软土地层中,当纵向不设贯通结构横断面的伸缩缝。这种情况下,即使没有本款提到的前三种因素,也必须考虑温度变化、混凝土收缩和地基纵向不均匀沉降对隧道结构的纵向变形和内力的影响。

根据各地以往的设计经验,三通、四通也可采用工作井过渡,工作井设计方法同主体隧道结构,计算模型按侧向、基底支撑在弹性约束上的结构计算。

5.2.11 本条为新增条文。侧向地层抗力和地基反力,可统称为地层抗力。通常地层抗力的考虑有两种方法,一种方法是假定地层抗力与地层位移无关,是与承受的荷载相平衡的反力,并事先对其分布形式进行假定;另一种方法则认为地层抗力从属于地层的变形,一般都假定地层抗力的大小与地层变形成线性关系,并称之为弹性抗力。前者适用于地层相对于结构刚度较软弱的情况,把结构视为刚体,多用于计算地基反力;后者适用于柔性结构,多用于计算侧向抗力。

地层抗力有利于地下结构承载力的提高,但其大小及分布规律与地下结构的型式及其在荷载作用下的变形、结构与地层的刚度、施工方法、回填与压浆情况、土层的变形性质有关,在设计中应慎重确定。在确定地层抗力时,反应抗力与地层位移之间比例关系的基床系数是一个重要的计算参

数，它与地层条件、受力方向、承载面积、构件形状和位移量等因素有关，一般可通过实验、查表并结合地区经验选用，但要注意室内小尺寸试件试验得出的结果往往偏高。

5.2.13 本条为新增条文。抗浮的问题：

- 1 处于高地下水位中的明挖结构在覆土浅、结构大而深的情况时应验算其抗浮稳定性；
- 2 在验算结构抗浮稳定性时，对浮力、抗浮力的计算及抗浮安全系数的取值均需慎重。

抗浮力一般有隧道自重、隧道内部静荷载及隧道上部的有效静荷载，也可考虑侧壁与地层之间的摩擦力。应注意抗浮力是随施工过程及使用阶段不断变化的。施工期间，由于静荷载尚未全部作用在结构上，抗浮稳定性往往会成为问题。

3 抗浮安全系数。目前尚无统一规定，宜参照类似工程，根据各地的工程实践经验确定。我国各城市地铁采用的抗浮安全系数见表 1。

表 1

城市	不计侧壁摩阻力时	计入侧壁摩阻力时	说明
上海地铁	1.05	1.10	摩阻力采用值根据实践经验决定，考虑软粘土的流变特性，一般取极限摩阻力的一半
广州、南京、深圳、北京地铁	1.05	1.15	—

4 抗浮措施。若抗浮安全系数不能满足要求，则应采取抗浮措施。

5.2.14 本条为新增条文。结构在不同的工作阶段，例如结构的施工期、检修期和使用期等，以及出现偶然事故的情况下，都可能出现多种不利的受力状态，应分别进行结构分析，确定其可能最不利的作用效应组合。

5.2.17 本条为新增条文。保护层厚度的规定是为了满足结构构件的耐久性要求和对受力钢筋有效锚固的要求。

5.2.18 本条为新增条文。一般顶、底板与侧墙连接处结构所受的剪力较大，宜设置腋角。当底板与侧墙连接处由于电缆支架的安装需要无法设置腋角时，应根据该节点抗剪验算的结果进行配筋。

5.2.19 本条为新增条文。电缆隧道内电缆配置需满足安全运行的基本要求此外，电缆配置方式还可有进一步增强安全或提高运行经济性的其他考虑，诸如：①在工作井的管路接口引入的局部段，也以弧形敷设成伸缩节，使在热伸缩下避免电缆金属套出现疲劳应变超过允许值而导致的开裂；②在隧道等全线路，每回单芯电缆各相以适当间距，组成品字或直角乃至平行式配置，有助于提高载流量；③2 回及以上高压单芯电缆并列敷设情况，加大其并列间距可减少金属套涡流损耗，从而能提高载流量等。这都在一定程度上有导致空间尺寸增大趋向，随之可能影响工程造价增加，尤其低中长隧道较显著，因而同时需顾及投资增加因素，选择恰当的配置以获技术经济综合最佳。

电缆隧道和工作井内敷设施工与巡视维护作业所需通道的宽、高空间允许最小尺寸，已获工程实践认同。

5.2.21 本条为新增条文。当采用低收缩混凝土、加强浇筑后的养护、跳仓法、后浇带、控制缝等有效的综合措施时，变形缝间距可以适当增大。设计者应通过有效的分析或计算慎重考虑各种不利因素对结构内力和裂缝的影响，确定合理的变形缝间距。

5.2.22 本条为新增条文。当明挖隧道结构位于当地冻土层以上或者直接暴露于外部环境之中并需要考虑冻融环境作用时，混凝土材料、钢筋保护层厚度应根据冻融环境级别取值，混凝土还应满足相应的抗冻耐久性指数。

5.3 隧道接地设计

5.3.1 考虑施工条件及接地要求，接地网的水平接地极选用 50mm×5mm 扁钢，垂直地极选用 $\phi 32 \times 5$ 铜管；接地引出线选用 50mm×5mm 扁铜，四根扁铜将地网引出工作井底板面，引出扁铜一端与地网接地铜管焊接，另一端引出至工作井两侧墙上的接地端子处；电缆隧道内电缆接头、接地箱的接地线连接的专用接地汇流排或接地干线通常采用扁铜；电缆隧道内其他金属构件连接接地网的均压带通常采用扁钢；通常电缆隧道工作井内接地网采用不少于四根的接地引出线分别与电缆隧道两侧的均压带、专用接地汇流排或接地干线相联结，其中二根引出线分别与电缆隧道两侧的均压带联结，另二根引出线与专用接地汇流排或接地干线相联结。用铜材做接地材料，优点是铜材具有良好的导电性，耐腐蚀性也比钢更高。

接地装置普遍采用钢接地体，钢接地体（线）耐受腐蚀能力差，采取镀锌后能将耐腐蚀性能提高 1 倍左右。目前铜质材料的采用有逐渐增多的趋势，铜质材料的选用需因地制宜，还需做好技术经济比较论证工作。裸铝导体埋入地下较易腐蚀，强度低、使用寿命较钢材短且价格比钢材贵，规定不得采用铝导体作为接地体或接地线。接地线要热容量充分，以避免接地短路故障时出现熔融、熔断情况，致使设备失地运行，导致恶性事故。接地线的连接应保证接触可靠。对接地体（线）搭焊接的搭接长度作出要求，以保证焊接良好。

5.3.3 本条文为新增条文。电缆隧道配电系统为双电源供电，可满足应急照明电源除正常电源外另一路供电线路供电的要求。但考虑到各地电源切换方式不同，若应急电源投入的转换时间不能满足要求，应同时选用自带电源型应急灯。

5.3.4 本条文为新增条文。增加了智能监控系统接地设计的相关内容。

5.4 隧道防水设计

5.4.2 本条文为新增条文。增加了电缆隧道的防水设防要求。

5.4.3 本条文为修订条文。增加了电缆隧道出入口的防水设防高度要求。

5.4.4 本条文为新增条文。增加了防水混凝土结构的相关要求。

5.4.5 本条文为新增条文。增加了电缆隧道的施工缝、变形缝等细部构造防水措施的相关内容。

5.4.8 本条文为修订条文。修订了隧道耐侵蚀措施。

5.4.9 本条文为新增条文。增加了电缆隧道防倒灌、防冻的相关内容。寒冷地区，尤其是严寒地区，电缆隧道衬砌渗水反复的冻融循环，在衬砌内部造成衬砌混凝土冻胀开裂破坏。

5.5 附属设施设计

5.5.1 本条说明如下：

7 修订了照明导线截面积的相关要求。

9 增加了电源进线箱和配电箱的接地要求。

10 增加了隧道内照明灯具的相关内容。

11 增加了照明配电干线和分支线的相关要求。为了降低电能损耗，提高安全可靠，宜采用不小于 2.5mm^2 的铜芯绝缘电线或电缆。

5.5.2 本条说明如下：

2 本条文为新增条文。增加了隧道通风量的相关要求。电缆隧道内布置有各种压力等级的动力、照明、控制电缆，在运行中会散发出一定的热量，如果隧道内温度过高，将导致电缆外表面绝缘老化，电缆载流量下降，电气专业一般以 40°C 作为电缆隧道的环境控制温度，因此， 40°C 也是电缆隧道排风计算时常用的排风温度。

关于电缆隧道事故通风，是指火灾发生时，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通风量。现行行业标准《35kV~220kV 城市地下变电站设计规定》DL/T 5216 规定：“配电装置室通风设备应满足事故时每小时通风换气次数不低于 6 次的要求。”因此，对于电缆隧道的事故通风量也可参照 6 次的标准执行。

4 本条文为修订条文。修订了隧道机械通风的相关内容。机械通风系统的就地控制可以便于在运行检修时，人员就地开启风机，以方便检修；远程控制可以使得在值班室或控制室中，在监测风机的启停以及隧道内的异常情况。

5 本条文为新增条文。增加了电缆隧道风口设置的相关要求。进风口的低标大于马路地面 0.5m ，主要是考虑马路上的汽车废气一般沉降在 0.5m 以下的地方，检修人员需要定期进入电缆隧道检修，如果吸风口的位置设置不恰当，导致大量有害气体进入，影响检修人员的健康。

8 电缆隧道的消防排烟要求在事故后要及时排除电缆隧道内的烟气，以便检修人员能及时到达事故地点抢修，按现行国家标准《采暖通风空气调节设计规范》GB 50019 规定“事故通风量应根据工艺要求计算确定，但换气次数不应小于 12 次/时”，通风系统应和消防排烟系统合用，因此，通风系统与消防系统联锁，当火灾报警时，联动风机停运，进、排风口关闭，当排烟时，远程开启进、排风口，开启风机排烟。

5.5.3 本条说明如下：

2 电缆隧道内电缆敷设比较密集，当一根电缆因自身故障或外界火源被点燃时，可能引燃相邻的电缆的位置。因此在电缆隧道内应选用阻燃电缆。

5 本条文为新增条文。增加了电缆耐火防护的相关内容。电缆接头处容易故障引发火灾，需做特殊防火处理。通常为涂刷防火涂料或缠绕阻燃包带等。涂料及包带等耐火材料，必须具有合格的耐火性能，符合一定的耐火极限指标。电缆线路的耐火材料的耐火极限不低于 1h。

6 本条文为新增条文。增加了隧道阻燃分隔封堵的相关内容。电缆隧道内部合理的防火分隔起

着有效阻止火灾蔓延的重要作用。电缆隧道内的阻火分隔包括防火门、防火墙、耐火隔板与封闭式耐火槽盒等。隧道内有其他防火保障措施时，可适当加大阻火分隔间距。

10 增加了火灾监控报警系统的相关内容。

5.5.4 本条说明如下：

3 修订了设有露天出入口及敞开通风口隧道的排水规定。

4 修订了隧道内排水坡度。

11 增加了排水泵的负荷要求。

12 增加了消防、雨水、废水泵房的布置要求。

5.5.5 本条说明如下：

5 增加了支架层间垂直距离的相关要求。

6 增加了支架离底板和顶板净距的相关要求。

7 增加了支架预起拱值及预偏量的相关要求。

8 增加了支架间距的相关要求。

9 增加了支架长度的相关要求。

10 增加了支架强度的相关要求。

5.5.6 本条文为修订条文。

修订了温湿度、气体等监测设计的相关内容。电缆隧道内无人长期值守，电缆起火后，燃烧速度缓慢，时间较长，可以通过火灾自动报警系统及时发现隐患，防止火灾发生。而根据调研结果，全国调研到的38个电缆隧道内约60%的隧道装设有火灾报警装置，应用实例较多。建议隧道内配置温湿度监控系统。

从调研结果看，全国装设有气体监控的隧道占四分之一，检测气体主要以一氧化碳，甲烷为主。从安全性及经济合理性角度考虑，在临近燃气管道或重要程度较高的电缆隧道内，可加装气体监控系统。其它可利用机械排风、自然通风手段正常换气的隧道，可不用装设气体监控系统。

增加了通信设计的相关内容。参照现行行业标准《城市电力电缆线路设计技术规定》DL/T 5221规定可在隧道口设置有线电话网络的终端交换设备，将有线电话线路引入电缆隧道。在电缆隧道人员出入口或每个防火分区内设置一个固定电话座机或电话固定插座，供隧道内工作人员使用。

5.5.8 本条文为新增条文。增加了隧道标识设计的相关内容。电缆隧道内部容纳的电缆较多，为便于运行检修管理，宜在主要出入口设置介绍牌。隧道出入口处等处或每隔一百米宜设指示牌，指示距离最近的变电站和人孔的方向及距离，紧急情况下可引导人员的疏散逃生。

5.5.9 本条文为新增条文。增加了出入口金属网格及井盖等相关内容。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.2 住建部 37 号令规定：应当在设计文件中注明涉及危大工程的重点部位和环节，提出保障工程周边环境安全和工程施工安全的意见，必要时进行专项设计。

6.3 土石方工程

6.3.2 基坑开挖时边坡的最陡坡度由查表改为通过计算边坡稳定性确定。

6.3.6 开挖时地质情况与勘察报告偏差较大时，应由勘察、设计单位制定方案，施工单位实施，监理单位进行验收。

6.3.10 有抗浮要求的结构，抗浮设施未设施工完停止降水，已经施工的结构在浮力作用下，有可能漂浮起来。

6.3.13 现场空间受限，无法进行基坑支护时，设计单位应考虑将支护结构作为隧道本体结构的一部分先行施工。

6.3.21 基槽回填作业时，两侧同时回填，防止在侧压力作用下，隧道发生位移。

6.4 地基处理

6.4.1 本条说明如下：

2 控制压实系数相对简单、直观，质量更容易得到保障。

6.5 隧道结构施工

6.5.1 本条说明如下：

1 侧模的支撑杆件在设计时未考虑承受额外的竖向荷载，不能与兼做顶板立柱。

6.5.8 本条说明如下：

4 几何形状突变的部位，应力较为集中，发生裂缝的概率大，增设施工缝能有效地降低裂缝出现的概率。

6.6 隧道防水施工

6.6.7 本条说明如下：

1 “+、T、Y”等异型部位，现场热融接止水带，可靠性较差，易渗漏。

3 复合止水带防水效果较普通橡胶止水带好。

4 后浇带两侧混凝土的结构做成企口缝或者设止水带，能有效防止后浇带处渗水现象。

6.7 接地装置施工

6.7.1 本条文说明如下：

1 工作井作为电力专用构筑物使用，必须保证系统运行的工作接地以及确保工作人员、设备安全的保护接地要求。

3 接地部分隐蔽工程应做好相关隐蔽记录及影像资料，并由监理单位旁站完成验收。

6.7.2 本条文说明如下：

1 对原稿进行了补充说明，增加了接地体埋设深度、间距等相关要求。将防腐要求列为第 2 条。

3 新增了回填土的技术要求。将原稿中高土壤电阻率地区降阻要求编入 6.7.4 中。

6.7.4 本条文说明如下：

3 对接地体（线）搭接焊的搭接长度作出要求，以保证焊接良好，接地可靠。

6.8 附属设施施工

6.8.10 本条文说明如下：

4 回填前，在隧道本体上铺设防治外力损害的警示带后再分层夯实（设计要求压实度）回填至地面修复高度。