



T/CECS G XXXX: XXXX

中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

硬水环境公路隧道排水技术规程

Technical Specification for Drainage of Highway
Tunnel in Hard Water Environment

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准

硬水环境公路隧道排水技术规程

Technical Specification for Drainage of Highway Tunnel in Hard Water
Environment

T/CECS G: D XX -XX- XXXX

主编单位：重庆交通大学

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2023年XX月XX日

人民交通出版社股份有限公司

北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2018]030 号）的要求，由重庆交通大学承担《硬水环境公路隧道排水技术规程》（以下简称“本规程”）的制定工作。

编写组在总结公路隧道排水设计、施工、养护等十余年来工程经验和相关科研成果的基础上，以完善和提升硬水环境公路隧道排水技术为核心，完成了本规程的编写工作。

本规程分为 8 章，主要内容包括总则、术语、基本规定、地下水测试、排水材料、排水设计、排水施工、排水系统养护。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本规程提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本标准相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由重庆交通大学负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或张学富（地址：重庆市南岸区学府大道 66 号；邮编：400074；传真：(023)62650561；电子邮箱：zhangxuefu400074@126.com），以便修订时研用。

主 编 单 位：重庆交通大学

参 编 单 位：贵州省公路工程集团有限公司

重庆国翔新材料有限公司

四川省公路规划勘察设计研究院有限公司

中交特种工程有限公司

中铁长江交通设计集团有限公司

中交一公局公路勘察设计院有限公司

招商局重庆交通科研设计院有限公司

衡水鑫盛达新材料科技有限公司

中建一局集团建设发展有限公司

主 编：张学富

主要参编人员：母进伟 刘 真 郑金龙 乐绍林 肖了林 毛伟栋
方 林 王伟肖 刘卫末 刘士洋 计中彦 周元辅
朱长安 吴明江 罗 斌 韦良文 聂艳侠 胡 涛
朱慈祥 林国进 韩风雷 涂 静 吴胜忠 张 斌
任达成 杨 枫 苏云超 韩光钦 王 联 丁燕平
袁 立 李雄伟

主 审：李玉文

参与审查人员：

参 加 人 员：

征求意见稿

目 录

1 总 则	- 1 -
2 术语与符号	- 2 -
2.1 术 语	- 2 -
2.2 符 号	- 4 -
3 基本规定	- 5 -
3.1 基本要求	- 5 -
3.2 地下水结晶难易程度等级划分	- 6 -
4 地下水测试	- 11 -
4.1 一般规定	- 11 -
4.2 取样及保存	- 11 -
4.3 试样测试	- 12 -
4.4 测试报告	- 13 -
5 材 料	- 15 -
5.1 一般规定	- 15 -
5.2 排水盲管	- 15 -
5.3 防结晶排水管	- 17 -
5.4 排水式止水带	- 20 -
6 设 计	- 23 -
6.1 一般规定	- 23 -
6.2 排水设计	- 23 -
6.3 构造设计	- 28 -
6.4 机电设计	- 30 -
7 施 工	- 31 -
7.1 一般规定	- 31 -
7.2 排水系统施工	- 31 -

7.3 结构施工.....	- 34 -
7.4 机电施工.....	- 34 -
7.5 排水施工质量验收标准.....	- 34 -
7.6 结构施工质量验收标准.....	- 36 -
7.7 机电施工质量验收标准.....	- 36 -
8 养护.....	- 37 -
8.1 一般规定.....	- 37 -
8.2 排水系统养护.....	- 37 -
8.3 机电设施养护.....	- 38 -
8.4 监控与通信设施检修.....	- 41 -
8.5 排水系统长期监测.....	- 41 -
本规范用词说明.....	- 43 -
引用标准名录.....	- 44 -

1 总 则

- 1.0.1 为提升硬水环境公路隧道排水功能的持久性，制定本规程。
- 1.0.2 本规程适用于硬水环境新建、改扩建公路隧道排水设计、施工、养护。
- 1.0.3 硬水环境公路隧道排水应符合通畅有效、技术先进、经济合理、便于维护的要求。
- 1.0.4 硬水环境公路隧道排水系统养护应贯彻“预防为主、防治结合”的方针，加强预防性养护，保持隧道排水系统正常的使用状态。
- 1.0.5 硬水环境公路隧道排水应积极采用新技术、新工艺、新结构、新材料、新装备。
- 1.0.6 硬水环境公路隧道排水勘测、设计、施工、验收及养护，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 硬水环境 hard water environment

隧道围岩富含 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 等易形成难溶盐的水文地质环境。

2.1.2 隧道排水 tunnel drainage

在隧道内外设置排水设施，排放、疏干或减缓隧道内地下水的工程措施。

2.1.3 地下水硬度 hardness of groundwater

地下水硬度是指地下水中钙、镁离子的总浓度（mg/L），以 CaCO_3 计。

2.1.4 地下水结晶难易程度等级 degree of difficulty in groundwater crystallization

综合考虑地下水温度等级、地下水离子浓度等级和地下水 pH 值等级三个因素对隧道排水管结晶难易程度的影响设定的等级。

2.1.5 地下水温度等级 groundwater temperature grade

考虑地下水温度因素对排水管结晶难易程度影响设定的等级。

2.1.6 地下水离子浓度等级 ion concentration grade of groundwater

考虑地下水离子浓度因素对排水管结晶难易程度影响设定的等级。

2.1.7 地下水 pH 值等级 pH grade of groundwater

考虑地下水 pH 值因素对排水管结晶难易程度影响设定的等

级。

2.1.8 地下水测试 groundwater testing

为确定合适的防结晶排水管道，在施工之前通过钻孔或其他方式采集隧址区地下水进行的水质分析。

2.1.9 盲管（沟） blind ditch

为疏导和防止衬砌背后积水，避免洞内漏水，减少静水压力，降低隧底地下水位，在隧道外周设置的排水设施。

2.1.10 横向排水管 transverse drain pipe

隧道二衬背后纵向排水管连接边沟，以及边沟连接中央排水沟的横向排水管。

2.1.11 防结晶涂层排水管 anti crystallization coating drainage pipe

内壁含有防结晶附着的涂层材料的排水管。

2.1.12 防结晶电场排水管 anti crystallization electric field drainage pipe

通过管壁外侧电场装置在排水管内部形成电场的排水管。

2.1.13 防结晶磁场排水管 anti crystallization magnetic field drainage pipe

通过管壁外侧磁场装置在排水管内部形成电场的排水管。

2.1.14 防结晶植绒排水管 anti crystallization flocking drainage pipe

内壁含有防结晶人工绒毛的普通排水管。

2.1.15 排水式止水带 drainage waterstop

兼具防水与排水功能的止水带。

2.1.16 防结晶排水式止水带 anti crystallization drainage waterstop

兼具防水与防结晶排水功能的止水带。

2.2 符 号

E —防结晶电场排水管内电场强度；

U —电场装置外接电压；

D —防结晶电场排水管外径；

H —防结晶电场排水管内感应磁场强度；

N —排水管外壁励磁线圈的匝数；

I —励磁电流；

Le —排水管缠绕线圈的有效磁路长度。

3 基本规定

3.1 基本要求

3.1.1 新建、改建和扩建隧道，应对地表水和地下水作妥善处理，洞内应有完整的防排水设施，以保证结构和设备的正常使用和行车安全。

3.1.2 隧道排水应遵循“防、排、截、堵结合，因地制宜，综合治理”的原则。

3.1.3 隧道修建及运营中的排水有可能影响周围环境，造成污染和危害时，应采取防污染和防其他公害的措施，并应防止水土流失、降低围岩稳定性及造成农田灌溉和生活用水困难等后患。

3.1.4 特长隧道、长度 3km 及以上的岩溶隧道、水文地质条件复杂的长隧道应进行专门的水文地质勘察与评价工作，综合确定地下水结晶难易程度等级。

3.1.5 隧道勘察应提供地下水离子浓度、地下水温度、地下水 pH 值等地下水测试资料。

3.1.6 隧道水文地质勘测应明确隧址区地下水结晶难易程度等级，地下水结晶难易程度分为“一般、中度、重度”三个等级。

3.1.7 隧道施工过程中应对地下水勘测结果进行校检，修正地下水结晶难易程度等级，动态调整排水系统设计参数。

3.1.8 隧道排水设计、施工、监测及养护应根据地下水结晶难易程度等级，合理选择排水管材、施工质量标准、监测形式及养护措施。

3.2 地下水结晶难易程度等级划分

3.2.1 地下水结晶难易程度等级应综合考虑地下水温度等级、地下水离子浓度等级和地下水 pH 值等级进行划分。

3.2.2 地下水温度等级划分应采用勘测钻孔时现场地下水水样测试结果，同时结合隧道施工过程中地下水温度测试结果进行修正。地下水温度等级按表 3.2.2 划分。

表 3.2.2 地下水温度等级

地下水温度等级	地下水温度 (°C)	结晶难易程度
I类	>55	不容易结晶
II类	0~<25	易结晶
III类	25~55	极易结晶

【条文说明】

国家标准《地下水资源储量分类分级》(GBT 15218-2021)附录 A 的表 A.1 对地下水按温度分成了极冷水、冷水、温水、温热水、热水等 5 类。根据调查，隧道施工过程中地下水温度一般在 20~30°C 之间，属于冷水到温水的范围，而比较高的如川藏铁路地下水温度达到 78°C 左右，属于热水范围。

表 A.1 按温度分类表

类型	极冷水	冷水	温水	温热水	热水
温度/°C	0~<4	4~<25	25~<40	40~<60	60~<100

目前，公路隧道排水系统结晶物成分主要为碳酸钙，一般情况下碳酸钙不溶于水。有关研究表明，在相同温度条件下碳酸钙溶解度随压力增大而增加；在相同压力条件下碳酸钙溶解度随温度增大而减小，变化曲线见图 3.2.2-1；温度约 45°C，压力 $\leq 0.2\text{MPa}$ ，最易产生 CaCO_3 结晶。微观层面，碳酸钙结晶状 25°C 为球霏石、30°C 为方解石、37°C 为文石。可以看出，30°C 时属于比较稳定的碳酸钙，其他温度情况下的碳酸钙晶型不稳定。另有研究指出，水流温度处于 40~50°C 时，最易产生结晶体；水流温度处于 70~80°C 时，最不易产生结晶体。

本次规范制定过程中，将地下水温度 25~55℃ 定义为Ⅲ类，即极容易结晶；将地下水温度 0~25℃ 定义为Ⅱ类，即易结晶；将地下水温度大于 55℃ 定义为Ⅰ类，即不容易结晶。

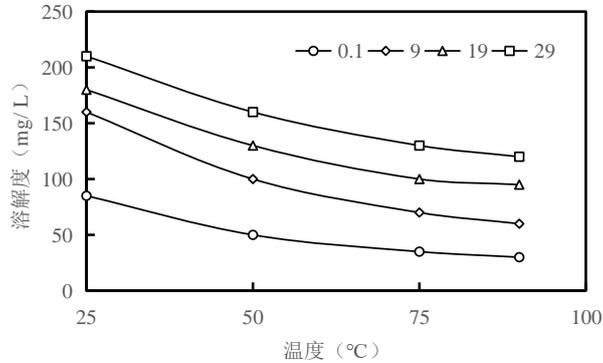


图 3.2.2-1 高温高压条件下碳酸钙在蒸馏水中的溶解度实验曲线（曲线参数为实验压力，单位 MPa）

3.2.3 地下水离子浓度等级划分应采用勘测钻孔时现场地下水水样测试成果，同时结合隧道施工过程中地下水离子浓度测试结果进行修正。地下水离子浓度等级按表 3.2.3 划分。

表 3.2.3 地下水离子浓度等级

等级	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻ (mg/L)
I类	<100	<200
II类	100~<300	200~<400
III类	≥300	≥400

【条文说明】

国家标准《地下水资源储量分类分级》（GBT 15218-2021）附录 A 的表 A.3 对地下水按硬度分成了极软水、软水、微硬水、硬水、极硬水等 5 类。根据调查，易发生结晶堵塞病害的地质环境中，地下水 Ca²⁺+Mg²⁺离子浓度绝大部分是低于 300mg/L，HCO₃⁻+CO₃²⁻离子浓度绝大部分是低于 400mg/L。也就是说，只要有这 4 种离子的存在，就会发生结晶堵管问题，因此按照这两个值进行等级划分。

表 A.3 按硬度分类表

类型	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ (mmol/L)	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ (mg/L)	德国度/度	硬度/以 CaCO ₃ 计
极软水	<1.5	<90	<4.2	<75
软水	1.5~<3.0	90~<270	4.2~<8.4	75~<150
微硬水	3.0~<6.0	270~<540	8.4~<16.8	150~<300
硬水	6.0~<9.0	540~<810	16.8~<25.2	300~<450
极硬水	≥9.0	≥810	≥25.2	≥450

注 1: 总硬度是地下水中含盐的特性指标, 其值是各种金属的溶解盐类的含量, 通常指水中钙和镁类盐类的总量。
注 2: 1 德国度相当于 1L 水中含 10mg CaO 或 7.19mg MgO。
注 3: 1 国际通用硬度相当于 1L 水中含 1mg CaCO₃。德国硬度=国际通用硬度×0.056, 或 1 德国度相当于 1L 水中含 17.8mg CaCO₃。

3.2.4 地下水 pH 值等级划分应采用勘测钻孔时现场地下水水样测试成果, 同时结合隧道施工过程中地下水 pH 值测试结果进行修正。

地下 pH 值等级按表 3.2.4 划分。

表 3.2.4 地下水 pH 值等级

地下水 pH 值等级	pH 值	结晶难易程度
I 类	5~7	不容易结晶
II 类	7~10	易结晶
III 类	10~12	极易结晶

【条文说明】

国家标准《地下水资源储量分类分级》(GBT 15218-2021) 附录 A 的表 A.4 对地下水按 pH 值分成了强酸性水、弱酸性水、中性水、弱碱性水、强碱性水等 5 类。根据调查, 方解石的沉淀速率在 pH 值接近 10 时最高, 排水管充水状态和 pH 值对结晶量的产生具有耦合作用, 管道结晶量随 pH 值的增大而增大, 当 pH 值为 8~10 时, 半充水状态结晶量更高。贵阳至黄平高速公路龙昌隧道现场水样 pH 值 5.7~6.0, 也出现结晶堵管问题。

表 A.4 按 pH 值分类表

类型	强酸性水	弱酸性水	中性水	弱碱性水	强碱性水
pH 值	<5.0	5.0~<6.5	6.5~<8	8~<10.0	≥10.0
注：硫化矿物（黄铁矿、黄铜矿及闪锌矿等）的氧化是酸性水形成的重要原因。酸性水对钢铁等金属有腐蚀作用，当 pH 值<4 时，腐蚀性剧增。pH 值<7 的水，一般对建筑物的基础呈酸性侵蚀。					

3.2.5 地下水结晶难易程度等级应在勘测阶段进行初步划分，在施工图设计阶段应进行详细划分，施工过程中应根据掌子面地下水测试成果进行修正，动态设计排水系统。地下水结晶难易程度等级按表 3.2.5 进行划分。

表 3.2.5 地下水结晶难易程度等级

温度等级	离子浓度等级	pH 值等级	结晶难易程度等级	
I 类	I 类	I 类	一般	
		II 类	中度	
		III 类		
	II 类	II 类	I 类	重度
			II 类	
			III 类	
	III 类	III 类	I 类	
			II 类	
			III 类	
II 类		I 类	I 类	一般
			II 类	
			III 类	
	II 类	II 类	I 类	中度
			II 类	
			III 类	
	III 类	III 类	I 类	重度
			II 类	
			III 类	

温度等级	离子浓度等级	pH 值等级	结晶难易程度等级
Ⅲ类	Ⅰ类	Ⅰ类	一般
		Ⅱ类	中度
		Ⅲ类	
	Ⅱ类	Ⅰ类	重度
		Ⅱ类	
		Ⅲ类	
	Ⅲ类	Ⅰ类	
		Ⅱ类	
		Ⅲ类	

征求意见稿

4 地下水测试

4.1 一般规定

4.1.1 地下水测试应在隧道勘测阶段进行，施工阶段应进行取样测试验证。

4.1.2 地下水取样范围、数量应能满足地下水结晶难易程度等级划分需求。

4.1.3 地下水水质分析指标数量应能满足地下水结晶难易程度分级要求。

4.1.4 地下水温度、pH 值宜在现场进行原位测试。

4.2 取样及保存

4.2.1 当有足够经验或充分资料，认定遂址区及其附近的地下水不含有易产生结晶物的离子时，可不取样进行试验分析。否则，应取地下水（地表水）进行试验分析，并按本规程评定地下水结晶难易程度等级。

4.2.2 地下水采集应在雨季和旱季分别进行，应在每个水文地质单元内采取地下水样品，钻孔内利用水样瓶采集或在抽水试验稳定阶段在堰箱出水口接纳，并适量采集地表水试样，每个场地不应少于 3 件。

【条文说明】

4.2.2 因雨季与旱季地下水赋存情况存在显著差异，综合雨季与旱季水样分析结果确定地下水结晶难易程度等级。当隧道地质构造和水文地质条件简单

时，钻孔数量可适当少一些；当地质条件复杂时，钻孔数量适当增加。

4.2.3 地下水试样的采集应符合下列规定：

1 水试样应能代表天然条件下的水质情况；

2 水试样应及时试验，清洁水放置时间不宜超过 72 小时，稍受污染的水不宜超过 48 小时，受污染的水不宜超过 12 小时。

【条文说明】

4.2.3 地下水样的采取应注意下列几点：

1 采取原水样应用硬质玻璃瓶或无色聚乙烯塑料瓶。

2 简分析水样取 1000ml，分析侵蚀性二氧化碳的水样取 500ml，并加大理石粉 2~3g，全分析水样取 3000ml；

3 取水容器要洗净，取样前应用水试样的水对水样瓶反复冲洗三次，再将水采集于瓶中，所采集的水样不得受到任何污染；

4 取平行水样时应在相同条件下同时采集，容器材料也应相同；

5 采取水样时应将水样瓶沉入水中预定深度缓慢将水注入瓶中，严防杂物混入，水面与瓶塞间要留 1cm 左右的空隙；

6 水样采取后要立即封好瓶口，贴好水样标签，及时送化验室。

7 稍受污染的水指水质变化不大的；受污染的水指取水处周边有明确污染源肯定会进入水源的水。

4.2.4 地下水试样的保存以及管理应符合现行《地下水水质分析方法 第 2 部分：水样的采集和保存》（DZT 0064.2）以及的《水质 采样样品的保存和管理技术规定》（HJ 493）规定。

4.3 试样测试

4.3.1 地下水分析的测试项目包括： Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 OH^- 、pH 值、游离 CO_2 、总硬度、温度。

4.3.2 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、游离 CO_2 的测

试应符合现行《饮用天然矿泉水检验方法》（GB 8538）的规定。

4.3.3 地下水温度应在取样点进行原位测试并做好记录，测试设备及精度、测试方法应符合现行《水质 水温的测定-温度计或颠倒温度计测定法》（GB 13195）的规定。

【条文说明】

4.3.3 高地温地区应取地下热水进行化学全分析、气体分析、固形物的光谱分析及放射性物质的测定；取地热区常温地下水、地表水进行水化学分析。取水点应有代表性，分布应均匀。

4.3.4 地下水 pH 值应尽量在取样点进行原位测试并做好记录，否则，应在采样后把样品保持在 0~4℃，并在采样后 6h 之内进行测定。测试设备及精度、测试方法应符合现行《水质 pH 值的测定 玻璃电极法》（GB 6920）、《饮用天然矿泉水检验方法》（GB 8538）、《水质 pH 值的测定 电极法的规定》（HJ 1147）的规定。

4.3.5 地下水 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 OH^- 的测试方法应符合现行《地下水水质检验方法 滴定法测定碳酸根、重碳酸根和氢氧根》（DZ/T 0064.49）的规定。

4.4 测试报告

4.4.1 地下水测试资料的编制应包括下列内容：

1 工程水文地质说明：应阐明地下水水化学类型、地下水温度、离子浓度以及 pH 值等的分布范围，预测可能出现结晶堵塞的地段，初步提出处理原则、建议。

2 工程地质图：应标明围岩类别、地下水水化学类型、地下水

温度分区、地下水离子浓度变化范围、地下水 pH 值，比例为 1:2000~1:10000。

3 代表性断面图：应标明地下水初步划分结晶难易程度等级，比例为 1:200~1:1000。

4 水化学平面图、水化学剖面图及各种水化学曲线图。

5 水化学分析成果总表，化学成分对比表。

6 勘探、测试资料，观测点、地质照片等资料。

征求意见稿

5 材料

5.1 一般规定

5.1.1 隧道排水管类型、规格应根据地下水结晶难易程度等级确定，保证隧道排水通畅。

5.1.2 隧道排水材料应满足国家、行业标准和设计要求，有出厂合格证明，并按相关规范进行检验。不得使用有毒、污染环境材料。

【条文说明】

排水盲管、土工布、止水带、防结晶排水管等所用材料，在长期使用中如有有毒物质释放，不予采用，进入现场的这些材料需进行抽检。

5.2 排水盲管

5.2.1 排水盲管性能应符合现行《软式透水管》（JC937）及《埋地用聚乙烯（PE）结构壁管道系统第 1 部分：聚乙烯双壁波纹管材》（GB/T 19472.1）的有关规定。

【条文说明】

5.2.1 环、纵向排水盲管采用其他材料排水盲管性能可参考相关国家规范使用和检验。国家发改委 2004 年发布的《软式透水管》JC 937 建材行业标准规定弹簧盲管的主要性能指标如下：

1 外观：外观应无撕裂、无孔洞、无明显脱纱，钢丝保护材料无脱落，钢丝骨架与管壁联结为一体。

2 尺寸偏差：外径尺寸允许偏差应符合表 1 规定。

表 1 外径尺寸允许偏差

单位：mm

规格	FH50	FH80	FH100	FH150	FH200	FH250	FH300
外径尺寸允许偏差	±2.0	±2.5	±3.0	±3.5	±4.0	±6.0	±8.0

3 构造要求：包括钢丝的直径、间距和保护层厚度应符合表 2 规定。

表 2 构造要求

项目		规格						
		FH50	FH80	FH100	FH150	FH200	FH250	FH300
钢丝	直径, mm ≥	1.6	2.0	2.6	3.5	4.5	5.0	5.5
	间距, 圈/m ≥	55	40	34	25	19	19	17
	保护层厚度, mm ≥	0.30	0.34	0.36	0.38	0.42	0.60	0.60

注：钢丝直径可加大并减少每米的圈数，但应保证能满足表 4 所列耐压扁平率的要求。

3 滤布性能：滤布性能应符合表 3 规定。

表 3 滤布性能

项目	性能指标						
	FH50	FH80	FH100	FH150	FH200	FH250	FH300
纵向抗拉强度, kN/5cm, ≥	1.0						
纵向伸长率, %, ≥	12						
横向抗拉强度, kN/5cm, ≥	0.8						
横向伸长率, %, ≥	12						
圆球顶破强度, kN, ≥	1.1						
CBR 顶破强力, kN, ≥	2.8						
渗透系数 K_{20} , cm/s, ≥	0.1						
等效孔径 O_{95} , mm	0.06~0.25						

注：圆球顶破强度试验及 CBR 顶破强力试验只需进行其中的一项，FH50 由于滤布面积较小，应采用圆球顶破强度试验；FH80 及以下的建议采用 CBR 顶破强力试验。

4 耐压扁平率：耐压扁平率应符合表 4 规定。

表 2 耐压扁平率

规格		FH50	FH80	FH100	FH150	FH200	FH250	FH300
耐压扁平率	1%, ≥	400	720	1600	3120	4000	4800	5600
	2%, ≥	720	1600	3120	4000	4800	5600	6400
	3%, ≥	1480	3120	4800	6400	6800	7200	7600
	4%, ≥	2640	4800	6000	7200	8400	8800	9600
	5%, ≥	4400	6000	7200	8000	9200	10400	12000

注：钢丝直径可加大并减少每米的圈数，但应保证能满足表 4 所列耐压扁平率的要求。

5.2.2 排水盲管原材料检验数量及方法应符合下列规定：

1 检验数量：纵向、环向盲管分别按同标记、同规格且不大于2000m、5000m为1批。施工单位每批检验一次，监理单位按施工单位检验次数的10%见证检验，且至少一次。

2 检验方法：检查质量证明文件，试验检验。试验检验项目同产品标准的出厂检验。

5.2.3 中心盲沟（管）宜采用预制无砂混凝土管，强度不应小于3MPa。

【条文说明】

5.2.3 规定无砂混凝土排水管强度的目的是防止施工或使用过程中被压扁而缩小排水空间。

5.3 防结晶排水管

5.3.1 硬水环境隧道防结晶排水管分为防结晶涂层排水管、防结晶植绒排水管、防结晶电场排水管、防结晶磁场排水管。

【条文说明】

5.3.1 硬水环境隧道防结晶排水管根据其作用机理进行分类。

（1）防结晶涂层排水管作用机理：利用管道内壁涂层的疏水性及光滑性，在排水管内壁形成光滑的疏水性薄层，防止结晶物附着形成结晶体而堵塞排水管。

（2）防结晶植绒排水管作用机理：地下水在植绒排水管内流动过程中，结晶物附着在管壁及绒毛上，在地下水作用下，绒毛上结晶物累积到一定量就会自发脱落，在水流作用下被冲走，保证了排水管的过水断面而不会使排水管发生堵管。

（3）场防结晶电磁排水管作用机理：通过排水管外部增加电磁场发生装置，在管内形成电磁场，使管内地下水中阴阳离子分开，减少结晶离子碰撞机

会，从而有效防止结晶物的生成。

5.3.2 防结晶涂层排水管主要包括 PE 或者 PVC 管体以及内壁防结晶涂层，防结晶附着的涂层厚度不宜小于 0.25mm，应具有良好的耐蚀性、抗渗性、附着力和柔韧性。其技术指标应符合表 5.3.2 的要求。

表 5.3.2 防结晶涂层技术指标

项目	指标
粘结强度 (MPa)	$\geq 0.15\text{MPa}$
抗弯性	挠曲 L/100, 涂层不起层、脱落
耐水性 (h)	$\geq 24\text{h}$

【条文说明】

5.3.2 涂层排水管防结晶原理主要是利用管道内壁涂层的疏水性及光滑性，在排水管内壁形成光滑的疏水性薄层，防止结晶物附着形成结晶体而堵塞排水管。管壁涂层除了不与结晶物结合外，还要能与管壁有机结合，保持持久的粘接力，避免地下水中泥沙颗粒的运动摩擦而使涂层脱落，因而明确了涂层与管壁之间的粘结强度。同时，现场排水管施工过程中不可避免会产生完全，因而明确了涂层的抗弯性。

5.3.3 防结晶植绒排水管主要包括 PE 或者 PVC 管体以及内壁绒毛，防结晶绒毛应具有良好的耐蚀性和柔韧性，其技术指标应符合表 5.3.3 的要求。

表 5.3.3 防结晶植绒技术指标

项目	指标
绒毛长度 (mm)	$\leq D/5$
绒毛直径 (mm)	$\leq D/100$
植绒纵向间距 (mm)	$D/4 \sim D/2$
植绒环向间距 (°)	5~15

注：表中 D 为防结晶排水管内径；环向间距为防结晶排水管圆心角度数。

【条文说明】

5.3.3 植绒排水管防结晶原理主要是：地下水在植绒排水管内流动过程中，

结晶物附着在管壁及绒毛上，绒毛上结晶物累积到一定量在地下水作用下就会脱落，进而在水流作用下被冲走，保证了排水管的过水断面而不会使排水管发生堵管。大量试验研究表明，绒毛长度、绒毛直径、植绒纵向间距与环向间距等因素对植绒排水管结晶物分布规律影响较大，因而对上述因素提出了明确指标。

5.3.4 防结晶电场排水管主要包括 PE 或者 PVC 管体以及管壁外侧电场发生装置，电场装置对称布设在管道外壁两侧，应做好防水措施且具有良好的耐腐蚀性。管内电场强度按下式（5.3.4）进行计算。

$$E = U/D \quad (5.3.4)$$

式中： E —防结晶电场排水管内电场强度，单位 V/m；

U —电场发生装置外接电压，单位 V；

D —防结晶电场排水管外径，单位 m。

【条文说明】

5.3.4 电场排水管防结晶原理主要为：通过排水管道外部电场发生装置，使管内形成一定强度的电场，在电场作用下，地下水中阴阳离子因运动轨迹不同而分开，降低了结晶阴阳离子的碰撞与接触机会，从而有效防止结晶物的形成，起到预防结晶堵管的作用。因实际工程中排水管道管径大小有所变化，设计时只针对地下水结晶难易程度等级提出电场强度大小，管内电场强度与管径有着直接关系，因而提出了管内电场强度计算公式，便于施工时根据实际情况进行外部电压的调整。

5.3.5 防结晶磁场排水管主要包括 PE 或者 PVC 管体以及管壁外侧磁场发生装置，磁场装置对称布设在管道外壁两侧，应做好防水措施且具有良好的耐腐蚀性。磁场发生装置按磁场产生方式分为感应磁场与永磁体磁场，应符合以下规定：

1 感应磁场主要由缠绕在排水管外壁的通电线圈电流产生，线圈应做好防水、防腐处理，同时兼具散热性能。管内感应磁场强度

按下式（5.3.5）进行计算。

$$H = N \times I / L_e \quad (5.3.5)$$

式中： H —防结晶电场排水管内感应磁场强度，单位 A/m；

N —排水管外壁励磁线圈的匝数；

I —励磁电流（测量值），单位 A；

L_e —排水管缠绕线圈的有效磁路长度，单位 m。

2 永磁体磁场主要由钕磁铁充磁形成，其强度衰减周期不应低于 10 年。

【条文说明】

5.3.5 磁场排水管防结晶原理主要为：通过排水管道外部磁场发生装置，使管内形成一定强度的磁场，在磁场作用下，地下水中阴阳离子因运动轨迹不同而分开，降低了结晶阴阳离子的碰撞与接触机会，从而有效防止结晶物的形成，起到预防结晶堵管的作用。

1 感应磁场主要通过管壁外缠绕的通电线圈产生，线圈通电过程中会产生一定热量，再加上排水管道埋在混凝土内部，因此要求线圈必须做好防水、防腐以及具有一定的散热功能。磁场强度换算单位换算： $1T=1000mT=800000A/m$ 。

2 永磁体磁场主要由钕磁铁充磁形成，磁铁分为南极（S）和北极（N），南极和北极相对布置在管道外壁。鉴于永磁铁磁场的来源形式以及保证磁场防结晶作用，规定了永磁体磁场强度的衰减时间。

5.4 排水式止水带

5.4.1 排水式止水带主要分为普通排水式止水带与防结晶排水式止水带。防结晶排水式止水带又分为涂层防结晶排水式止水带与植绒防结晶排水式止水带。

【条文说明】

伴随着公路建设的快速发展，公路隧道的修建也增长迅速，但是因渗漏水影响运营的隧道约占已建成隧道的 80%左右。渗漏水原因除了复杂的地质环境所造成的结构自防水失效外，还有一个重要的因素就是工程缝处止水结构的失效，而现有的止水带，安装工艺复杂，稍有不慎就会导致安装不到位而致使止水结构失效。根据研发成果提出了排水式止水带（图 5.4-1），主要应用于隧道环向施工缝处，在防水的同时又能发挥排水的作用。

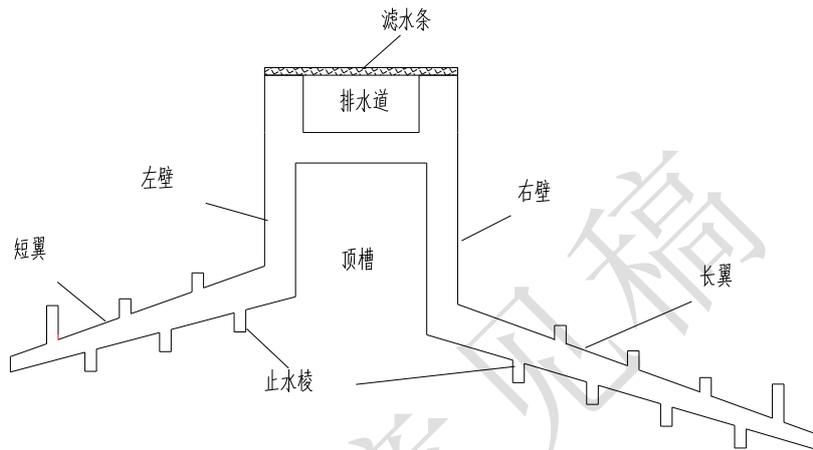


图 5.4-1 普通排水式止水带

同时结合防结晶排水管以及中埋式和背贴式止水带的优点，提出了防结晶排水式止水带，最大程度发挥排水式止水带的作用。主要包括高分子防结晶排水式止水带（图 5.4-2）与植绒防结晶排水式止水带（图 5.4-3）。

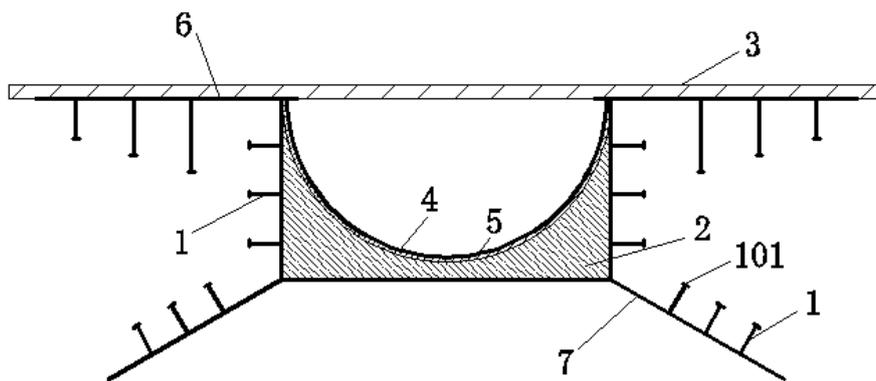


图 5.4-2 防结晶排水式止水带（1（101）止水棱、2卡槽、3土工布、4高分子涂层、5半圆软管、6上锚固板、7下锚固板）

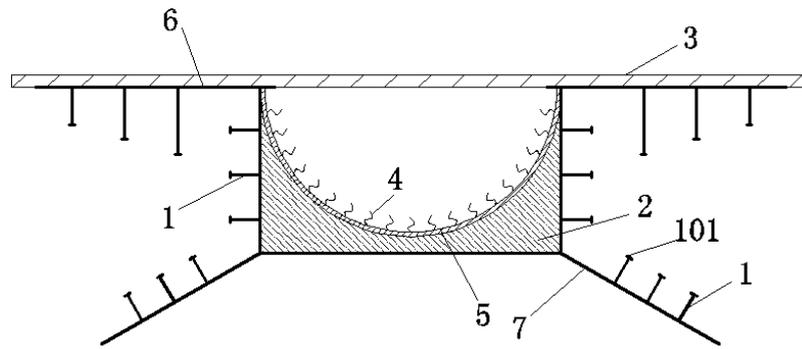


图 5.4-3 防结晶排水式止水带（1（101）止水棱、2 卡槽、3 土工布、4 绒毛层、5 半圆软管、6 上锚固板、7 下锚固板）

5.4.2 普通排水式止水带主要用于地下水结晶难易程度等级一般或地下水中不含结晶物离子的工程区域。

【条文说明】

普通排水式止水带主要应用于地下水结晶难易程度等级一般的工程区域，或者经地下水测试分析后表明地下水中不含产生结晶物的离子。

5.4.3 普通排水式止水带与防结晶排水式止水带材料应满足国家、行业标准和设计要求，有出厂合格证明，并按相关规范进行检验。不得使用有毒、污染环境材料。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 隧道排水设计应与隧道防水设计同步，保证洞内排水系统完整通畅。

6.1.2 隧道防结晶排水结构设计应结合地下水结晶难易程度等级进行，与其配套的辅助结构及机电设施应同步进行设计。

6.1.3 隧道横向排水管及二衬施工缝排水式止水槽应排水通畅。

6.1.4 施工阶段应采集掌子面地下水进行水质分析，验证或修正勘察阶段地下水结晶难易程度等级划分。

6.1.5 隧道排水应积极采用可靠的新技术、新材料、新工艺。

6.2 排水设计

6.2.1 隧道内排水应符合下列规定：

1 路面两侧应设路侧边沟。

2 路侧边沟排水坡度宜与隧道纵坡一致。

3 路侧边沟宜采用矩形断面。路侧边沟为暗沟时，应按 25~30m 间距设滤水算和沉沙池。沉沙池底部纵向两侧过渡段应采用弧形。

4 当隧道内不设中心水沟时，衬砌背后的地下水可引入路侧边沟，路侧边沟沟底低于路面结构层底不宜小于 50mm。可在车行横洞处设置检查井，与内侧路侧暗沟相连，便于管道机器人寻常检测。

5 应采取措施防止电缆沟积水。可采用单向排水管将电缆沟积

水接入路侧暗沟。

【条文说明】

6.2.1

3 沉沙池底部纵向两侧过渡段采用弧形，便于管道机器人对路侧暗沟进行检测。

4 当路侧边沟为暗沟时，为方便日常巡查养护，可在车行横洞设置检查井与内侧路侧暗沟相连，便于采用管道机器人进行日常巡查养护。现有管道机器人爬行距离可以达到 300m 以上，车行横洞的设置每 750m~1000m 一个，能满足日常巡查检测需求。

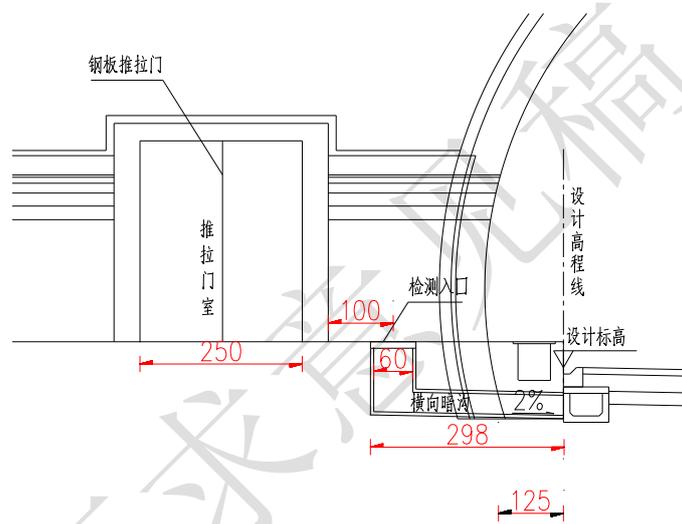


图 6.2.1-1 检测井设计示意图

5 工程实践表明，富水段电缆沟存在积水，容易形成结晶物，同时也对电缆产生一定的腐蚀，可采用单向排水管将电缆沟积水接入路侧暗沟。

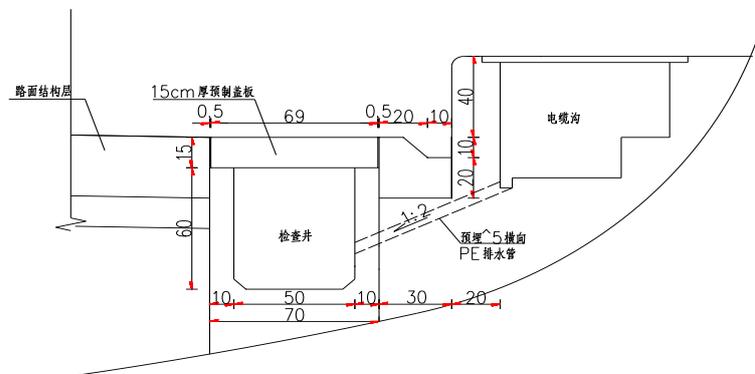


图 6.2.1-2 电缆沟与路侧暗沟单向排水管设计示意图

6.2.2 路面结构层以下设中心水沟时，应符合下列规定：

1 中心水沟宜与路侧边沟分开设置。

2 中心水沟可设在隧道中央，也可设在隧道两侧，位置、数量和深度应根据隧道长度、路面宽度、仰拱形式、冻结深度等确定。

3 中心水沟断面宜采用矩形，断面尺寸应根据隧道长度、纵坡、地下水涌水量确定。

4 中心水沟沉砂池与检查井设置间距应结合地下水结晶难易程度等级进行设置，不宜大于表 6.2.1.1 的规定。沉砂池与检查井底部纵向两侧过渡段应采用弧形。

表 6.2.1.1 沉砂池与检查井设置间距

地下水结晶难易程度等级	沉砂池间距 (m)	检查井间距 (m)
一般	100	150
中度	80	120
重度	50	100

5 检测井井盖可被路面面层覆盖。

【条文说明】

6.2.2

4 沉砂池与检查井底部纵向两侧过渡段采用弧形，便于管道机器人对中心排水沟进行检测。

6.2.3 隧道衬砌排水设计应符合下列规定：

1 二次衬砌边墙背后底部应设纵向排水盲管，其排水坡度应与隧道纵坡一致，管径不应小于 100mm，应按照表 6.2.3.1 地下水结晶难易程度等级进行管径设计。纵向排水盲管设置位置不得侵占二次衬砌空间。

表 6.2.3.1 纵向排水盲管直径

地下水结晶难易程度等级	纵向排水盲管直径 (mm)
一般	100
中度	120
重度	160

2 防水层与初期支护间应设环向排水盲管，其间距不宜大于 10m，水量较大的地段应加密，围岩有集中水渗出时可单独加设竖向排水盲管直接引排。环向排水盲管、竖向排水盲管应与纵向排水盲管连通，直径不应小于 50mm。环向排水盲管直径与设置间距应按照表 6.2.3.2 地下水结晶难易程度等级进行设计。

表 6.2.3.2 环向排水盲管直径与设置间距

地下水结晶难易程度等级	环向排水盲管直径 (mm)	环向排水盲管间距 (m)
一般	50	10
中度	80	8
重度	100	5

3 横向排水管应在衬砌边墙脚穿过二次衬砌与纵向排水盲管连通，设有中心水沟的隧道应连接至中心水沟，不设中心水沟的隧道应连接至路侧边沟。

4 横向排水管直径不宜小于 80mm，排水坡度不宜小于 3%，沿隧道纵向间距不宜大于 10m，水量较大的地段应加密，应按照表 6.2.3.3 地下水结晶难易程度等级进行设计。

表 6.2.3.3 横向排水管直径、设置间距

地下水结晶难易程度等级	横向排水管直径 (mm)	横向排水管间距 (m)
一般	80	10
中度	100	8
重度	160	5

5 横向排水管宜采用防结晶排水管，防结晶排水管类型应结合地下水结晶难易程度等级按照表 6.2.3.4 进行设计。

表 6.2.3.4 横向防结晶排水管

地下水结晶难易程度等级	排水管类型	推荐参数
一般	涂层排水管	涂层厚度不小于 0.25mm。
	植绒排水管	绒毛长度 5~20mm，环向间距 10°~30°（圆心角），纵向间距 25~55mm。
	电场排水管	电场强度 100V/m。
	磁场排水管	磁场强度 0.1T。
中度	植绒排水管	绒毛长度 10~20mm，环向间距 10°~30°（圆心角），纵向间距 25~55mm。
	电场排水管	电场强度 240V/m。
	磁场排水管	磁场强度 0.2T。
重度	植绒排水管	绒毛长度 15~20mm，环向间距 10°~30°（圆心角），纵向间距 25~55mm。
	电场排水管	电场强度 480V/m。
	磁场排水管	磁场强度 0.3T。

6.2.4 隧道模筑混凝土衬砌环向施工缝应根据地下水结晶难易程度等级设置排水式止水带或防结晶排水式止水带，止水带两侧底端端部应与纵向排水盲管连通。

【条文说明】

6.2.4 工程现场实际调研表明，绝大多数运营隧道环向施工缝处存在渗漏水结晶病害问题，通过设置防结晶排水式止水带，可起到排水与防结晶的作用，增加地下水渗流通道。

6.3 构造设计

6.3.1 一般规定

1 应根据横向防结晶排水管类型进行衬砌内预留、预埋及构造物设计，预留、预埋及构造物设计应与相关专业进行协调。

2 预留硐室和预埋件应能保证隧道结构的稳定和结构强度，不得损害隧道衬砌结构的支护能力。

6.3.2 预留预埋应符合下列规定：

1 预留硐室尺寸拟定应能满足设备放置空间和维护操作空间。

2 预留硐室应避开衬砌结构变形缝和施工缝布置，避开距离不宜小于 1.5m。

3 预留硐室应做好防水设计，预留硐室内应不渗不漏。

6.3.3 预埋在衬砌内的各种管线，应置于衬砌截面的中部，管壁距衬砌内外侧边缘不应小于 100mm。

6.3.4 采用防结晶电磁场排水管时，预留硐室结构尺寸不小于 80cm（长）×30cm（高）×20cm（厚）。当需要对横向排水管排水情况进行长期监测时，监测探孔与电缆线管应采用不宜变形的管道提前埋设，监测探孔与电缆线管直径不宜小于 50mm。

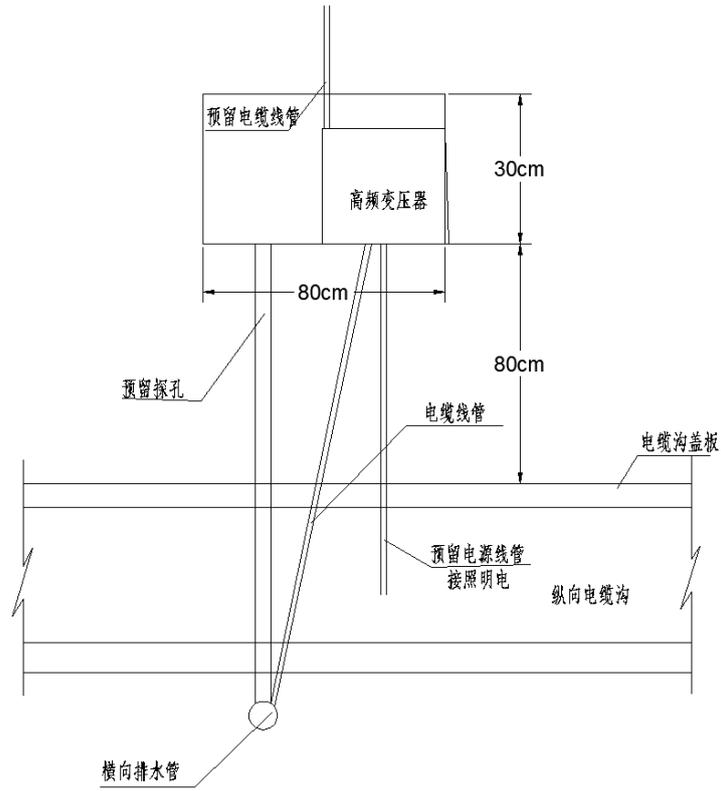


图 6.3.4-1 监测探孔与用电设备布设结构立面示意图

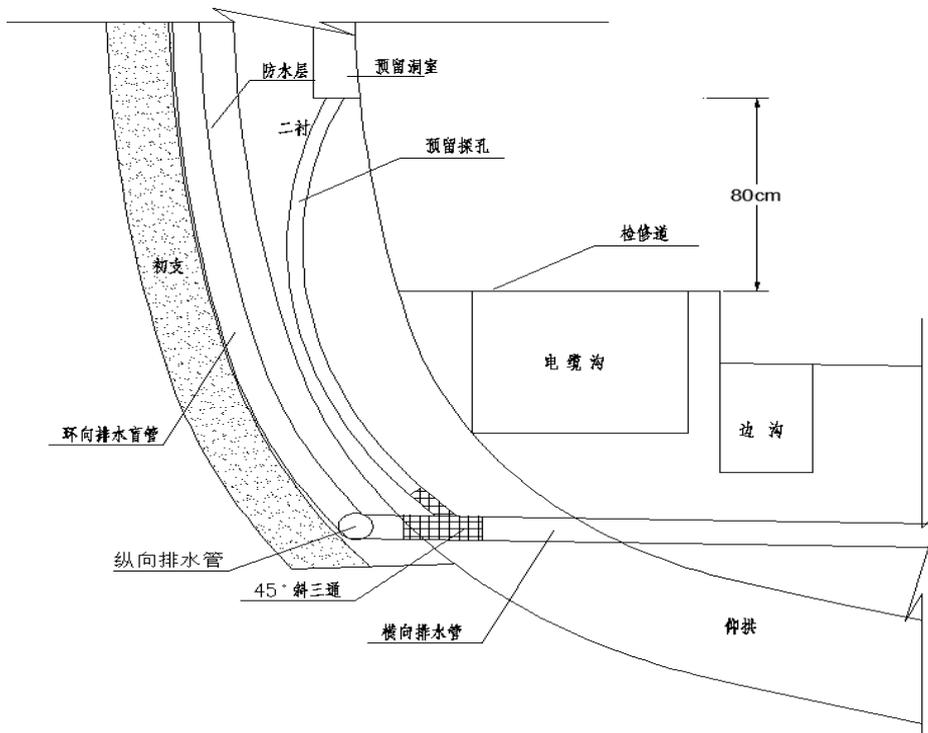


图 6.3.4-2 监测探孔布设结构剖面示意图

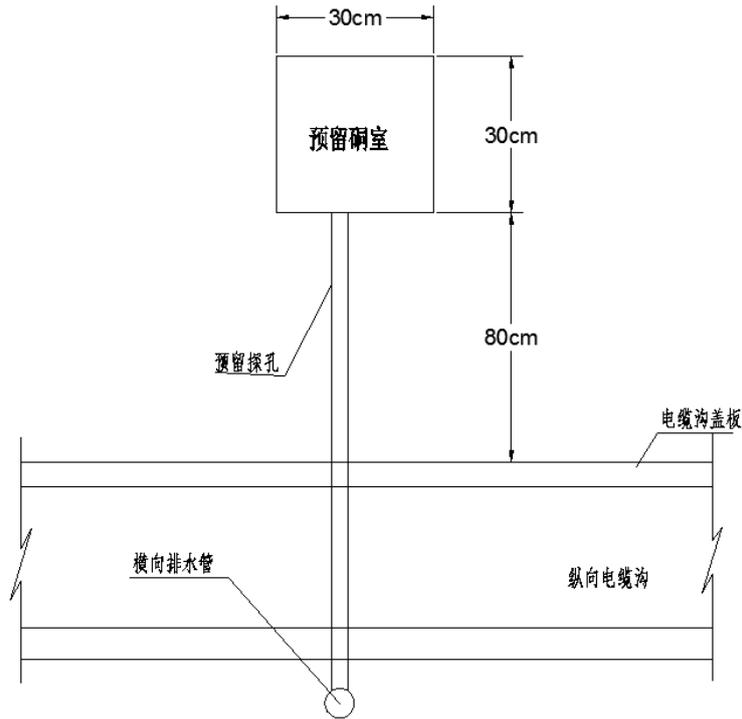


图 6.3.4-3 监测探孔布设结构立面图

6.3.5 运营期防结晶横向排水管监测位置应地下水结晶难易程度等级根据地质类型选择，每种地质条件、每种地下水结晶难易程度等级的监测孔不应低于于 1 个。横向排水管监测探头宜布置在排水管的进水口与中部，排水管较短时可布设在排水管进水口附近 200mm。

6.4 机电设计

6.4.1 采用防结晶电磁场排水管时，电缆线应按设计要求进行敷设，连接牢固可靠，并做好防腐设计。

6.4.2 防结晶电场排水管变压器所提供的电压值应能满足设计要求，应根据地下水结晶难易程度等级与排水管径确定变压器规格。

6.4.3 设备用电设计还应符合《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施（JTG D70/2-2014）》第 11.2.2 款的规定。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 隧道防排水措施应遵循“防、排、截、堵相结合，因地制宜，综合治理”的原则，应对地表水、地下水妥善处理，形成完整的防排水系统，应使防水可靠、排水畅通。

7.1.2 隧道建设过程中应进行地下水测试分析，及时修正地下水结晶难易程度等级，动态调整排水方案。

7.1.3 隧道排水系统应不淤积，不堵塞。施工完成后，应对建筑垃圾及时清理和对排水管道及时疏通，并进行灌水排水试验检查。

7.2 排水系统施工

7.2.1 隧道施工过程中应重视对排水系统的保护。排水管道应定位准确、安装牢固，确保防水有效、排水管路通畅。

7.2.2 环向、纵向、横向排水（盲）管施工应符合设计和下列规定：

1 排水（盲）管的材质、强度、透水性应符合相关规范的规定，尺寸规格应满足设计要求，盲管不得有凹瘪、扭曲。

2 环向排水盲管、竖向排水盲管应紧贴初期支护表面敷设，布置间距应满足设计要求，应在有集中渗水位置敷设，在地下水较大地段应适当加密。

3 纵向排水盲管敷设的纵向坡度应与隧道纵坡一致，不得起伏不平，不得侵占衬砌结构空间。

4 环向排水盲管、竖向排水盲管与纵向排水盲管应采用三通连

接，并应连接牢固。

5 横向泄水管应采用硬质不透水管，横向泄水管与纵向排水盲管应采用三通连接，并应连接牢固，衬砌混凝土浇筑时应露出横向泄水管管头。

6 横向导水管应与泄水管管头连接牢固。

7 横向导水管宜采用切槽方式铺设，浇筑路面混凝土时，槽顶面应采取隔离措施。

8 横向导水管排水坡度不应小于设计值。

9 环向排水盲管、竖向排水盲管、纵向排水盲管及透水的横向导水管的管体应用土工布包裹。

7.2.3 横向防结晶排水管施工应符合设计和下列规定：

1 防结晶涂层排水管施工与一般横向排水管施工要求一致。

2 防结晶电场排水管施工应注意保护电场发生装置，避免破坏电场发生装置的防水防腐蚀层，否则，在混凝土浇筑前应进行修复，并对电场发生装置电路进行检测。施工过程中应注意预埋线缆与线缆管的保护，衬砌混凝土浇筑完成后应及时将电场发生装置接入电源。

3 防结晶磁场排水管施工应注意保护磁场发生装置，避免破坏磁场发生装置的防水防腐蚀层，否则，在混凝土浇筑前应进行修复，并对磁场发生装置电路进行检测。施工过程中应注意预埋线缆与线缆管的保护，衬砌混凝土浇筑完成后应及时将电场发生装置接入电源。

4 防结晶植绒排水管施工与一般横向排水管施工要求一致。

5 防结晶排水管仰拱混凝土浇筑完成后应及时进行管内泥浆的清理，充分发挥防结晶效果。

7.2.4 排水式止水带施工应符合设计和下列规定：

1 止水带埋设位置应准确，其中间排水空间中线应与变形缝的中心线重合；

2 止水带先施工一侧混凝土时，其端模应支撑牢固，严防漏浆；

3 止水带的接缝宜为一处，并连接牢固，不得设在结构转角处，宜设在距铺底面不小于 300mm 的边墙上；

4 止水带在转弯处应做成圆弧形，且转角半径应随止水带的宽度增大而相应加大。

【条文说明】

排水式止水带安装步骤主要分为四步：

第一步：将排水式快速安装止水槽长翼一侧朝向衬砌段的先浇侧。为了使排水式止水槽结构科学合理，新型排水式快速安装止水槽的两侧不对称，所以安装需注意其方向性。

第二步：按“米”字形沿隧道环向临时固定排水式快速安装止水槽，即在若干几何特征位置插入端头模板。可排水式止水槽都是定长生产，而隧道的外轮廓则不禁相同，通过先临时固定排水式快速安装止水槽，可以调整排水式快速安装止水槽沿四周的松紧程度，再利用橡胶材料的弹性，便能使排水式快速安装止水槽适应隧道轮廓的种种变化。

第三步：妥善连接排水通道和纵向排水管。通常止水槽的长度都留有余量，在止水带的实际用长确定后，截除止水槽下端的多余部分。然后将一段 $\Phi 20\text{mm}$ 、长 250mm 的波纹排水管的一端插入止水槽下端的排水通道，另一端

穿过防水层置于纵向排水管之上。整条止水槽的两下端都如此处理。

第四步：自下而上逐块插入端头模板并可靠固定，止水带安装即完成。

7.2.5 隧道防排水工程质量应符合下列规定：

1 高速公路、一级公路、二级公路隧道拱部、边墙、设备箱洞不渗水，路面无湿渍，有冻害地段的隧道衬砌背后不积水、排水沟不冻结，车行横通道、人行横通道等服务通道拱部不滴水，边墙不淌水。

2 三级公路、四级公路隧道拱部不滴水，边墙不淌水，设备箱洞不渗水，路面不积水、不淌水，有冻害地段的隧道衬砌背后不积水、排水沟不冻结。

7.3 结构施工

7.3.1 预留硐室模板应与二衬钢筋绑扎同步进行，预留探孔及预留电缆线管应在浇筑二衬混凝土前埋设。

7.3.2 用于长期监测的预留探孔管道应与排水管同步施工。

7.4 机电施工

7.4.1 设备用电缆线应与电缆线管同时布设，做好保护措施。

7.4.2 电缆线铺设完成后，应进行通电检查。

7.5 排水施工质量验收标准

7.5.1 隧道排水应符合下列基本要求：

1 隧道纵向排水管、横向排水管、环向排水管的材质和规格应满足设计要求。

2 横向排水管、环向排水管的间距应满足设计要求。

3 纵向排水管、中心排水沟（管）基座的坡度应满足设计要求。

4 排水管整体线形应平顺，排水管接头应不得出现松动。

5 排水工程施工完成后，应清理排水系统中的建筑垃圾，及时疏通排水管道，并进行灌水排水试验。

7.5.2 隧道排水工程质量的检查，应满足以下要求：

1 隧道排水的施工质量应全数检查；

2 隧道排水系统必须通畅，并满足设计要求，宜采用观察检查或尺量检验。

7.5.3 排水沟（管）实测项目应符合《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80-1）的规定。

7.5.4 排水外观质量应符合下列规定：

沟槽盖板应无松动，破损。

7.5.5 排水式止水带应与衬砌端头模板正交，实测项目应符合《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80-1）的规定。

止水带外观质量应符合下列规定：

1 止水带应无松脱、扭曲。

2 止水带连接缝应无裂口、脱咬

7.6 结构施工质量验收标准

7.6.1 预留洞室尺寸应满足设计要求。

7.6.2 预留探孔及预留电缆线管径向变形不宜超过管径的 5%。

7.7 机电施工质量验收标准

7.7.1 洞内供电线路布设和安装应符合《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660-2020）第 12.4 款的规定。

7.7.2 电缆线连接应牢固可靠。

7.7.3 变压器示值应满足设计要求。

征求意见稿

8 养 护

8.1 一般规定

8.1.1 隧道排水系统养护应贯彻“预防为主、防治结合”的方针，加强预防性养护，保持隧道排水系统正常的使用状态。

8.1.2 隧道管养时，应建立排水系统养护技术档案，并且纳入公路隧道信息化养护管理系统。

8.1.3 应积极而慎重的采用新技术、新材料、新设备与新工艺，使养护达到安全实用、质量可靠、经济合理、技术先进的要求。

8.2 排水系统养护

8.2.1 隧道排水系统养护频率不宜低于《公路隧道养护技术规范（JTG H12-2015）》表 4.3.1-1 和表 4.3.1-2 规定的频率。

8.2.2 防结晶排水管养护频率应结合监测设备监测情况，宜不低于表

8.2.2.1 规定的频率，及时对该类地质段的所有横向排水管进行疏通。

表 8.2.2.1 隧道防结晶排水管养护频率

地下水结晶难易程度等级	养护频率	养护方法
一般	1 次/季度	高压气（水）
中度	1 次/2 月	高压气（水）、化学试剂等
重度	1 次/月	化学试剂

8.2.3 隧道排水设施应按下列规定进行清理和疏通：

- 1 应保持无淤积、排水通畅。
- 2 在汛期前、汛中和汛后以及极端降水天气后，应对排水设施

进行检查和清理疏通。在冰冻季节，应增加排水沟的清理频率。

3 对于纵坡较小的隧道或隧道的洞口区段，应增加清理和疏通的频率；对于窖井和沉砂池，应将其底部沉积物清理干净。

8.2.4 排水系统结构检查应符合《公路隧道养护技术规范（JTG H12-2015）》第 4.4 款的规定。

8.2.5 排水系统技术状况评定应与隧道总体结构技术状况评定同步进行。

8.2.6 应保持隧道内外排水设施完好，发现破损或缺失应及时修复；排水管堵塞时，可用高压水或压缩空气疏通。应及时清理排水边沟、中心水沟、沉砂池等排水设施中的堆积物，不定期检查排水沟盖板和沟墙，及时修复破损、翘曲的盖板。寒冷地区应及时清除排水沟内结冰堵塞。排水的金属管道应定期做好防腐处理。《公路隧道养护技术规范（JTG H12-2015）》第 4.6.12 条的规定。

8.3 机电设施养护

8.3.1 一般规定

1 机电设施的养护应包括日常巡查、清洁维护、机电检修与评定、专项工程等内容，应符合《公路隧道养护技术规范（JTG H12-2015）》第 5.1.1 条的规定。

2 养护人员应经上岗培训，并熟练掌握设施的使用要领和技术特性。特殊工种上岗前应进行专门培训，并符合国家相关规定，经考核持证上岗。

3 机电设施养护应使各类设备技术状况达到产品说明书、设计文件和有关规范的要求。

4 排水系统机电设施技术状况评定应与隧道整体机电设施技术状况评定同步。

5 机电设施养护应配备专门的电工工具、测试仪器、清洁工具、安全防护设备，对配备的专用工具应定期检定，耐高压工具试验应不少于 1 次/半年，测试仪器校对应不少于 1 次/年，安全防护设备检查应不少于 1 次/半年。

6 机电设施养护应准确记录各种设备的检查情况，准确记录机电设施故障，建立专门的技术档案。机电设施故障应按月填报，应按应急预案定期进行联调联试。

8.3.2 日常巡查

1 日常巡查应检查机电设施是否处在正常工作状态和是否存在故障隐患，应观察变压器、高低压配电柜及变配电室内相关设备的外观及运行状态，判断是否有外观破损、声响、发热、气味、放电等异常现象。

2 日常巡查频率，高速公路应不少于 1 次/d，其他各级公路可按 1 次/1~ 3d 进行。极端天气和交通量增加较大时，应提高日常巡查的频率。

3 日常巡查可采用人工与信息化手段相结合的方式。发现异常情况时，应予以报告，并做好记录，必要时应进行拍照和摄像。

8.3.3 清洁维护

1 机电设施应根据养护等级、交通组成、污垢对机电设施功能影响程度、清洁方式和环境条件等因素进行清洁维护。清洁维护频率宜不低于《公路隧道养护技术规范（JTG H12-2015）》表 5.3.1 的规定值。

2 机电设施采用湿法清洁时，应注意保护人员安全和机电设施内部电气元件安全，并应防止液体渗入设施内；采用干法清洁时，应采取必要的降尘措施，对清扫不能去除的污垢，经判别可用湿法清洁时，可用清洁剂进行局部特别处理。

3 机电设施清洁维护应保持设备外观干净、整洁、无污垢，并保证机电设施完好。

8.3.4 及时调整排水管配套高频变压器示值，使其满足设计要求。

8.3.4 供配电设施检修

1 供配电设施经常检修、定期检修主要项目及其检修频率可按《公路隧道养护技术规范（JTG H12-2015）》表 5.4.1 确定。

2 供配电设施养护应执行相关设备的检修规程和国家的有关规定。养护人员应持有特殊工种上岗证书，并配备专门的电工检修工具。

3 供电线路的养护应按电力部门的有关规定进行。当供电线路存在异常情况时，应采取措施并及时通知有关部门。

4 供配电设施需进行带电养护作业时，应使隧道内、变配电室

及中心控制室相互协调，密切配合，并严格按电气操作规程的有关要求进行。

8.4 监控与通信设施检修

8.4.1 一般规定

1 监控与通信设施经常检修、定期检修主要项目及其检修频率可按《公路隧道养护技术规范（JTG H12-2015）》表 5.8.1 确定。

2 高速公路隧道监控软件系统维护应不少于每年 1 次，一级及一级以下公路隧道监控软件系统维护宜不少于每年 1 次。维护时应 对软件系统进行修改完善，保证联动运行功能的实现和软件可靠性 各项技术措施的落实，并应按使用说明或用户手册进行。

8.4.2 及时对排水管内有污染的监测探头进行维护或更换。

8.5 排水系统长期监测

8.5.1 排水系统长期监测应制定专项监测方案，监测资料应进行归 档。

8.5.2 排水系统长期监测频率可与养护频率一致，及时疏通排水管内 堵塞物。

8.5.3 排水系统长期监测可采用人工现场监测，也可以采用远程监 测。采用远程监测时，在排水系统设计阶段应同步设计远程监控设 施所需的结构与机电设施。

【条文说明】

8.5.3 排水系统现场监测主要采用工业内窥镜或者管道机器人进行，远程监

测主要通过管道内预埋摄像头，通过通信网络将管内图像实时传递到电脑或手机终端，根据监测画面确定排水管道养护方案。

征求意见稿

本规范用词说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

(1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

(2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

- 1 《地下水资源储量分类分级》 GB T 15218
- 2 《地下水质量标准》 GBT-14848
- 3 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 4 《铁路工程地质勘察规范 2》 TB-1001
- 5 《铁路工程不良地质勘察规程》 TB 10027
- 6 《地下水水质分析方法 第 2 部分：水样的采集和保存》 DZT 0064.2
- 7 《水质 采样样品的保存和管理技术规定》 HJ 493
- 8 《饮用天然矿泉水检验方法》 GB 8538
- 9 《软式透水管》 JC 937
- 10 《埋地用聚乙烯（PE）结构壁管道系统第 1 部分：聚乙烯双壁波纹管材》 GB/T 19472.1
- 11 《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》 JTG 3370.1
- 12 《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》 JTG D70/2
- 13 《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》 JTG F80-1
- 14 《铁路隧道防排水技术规范》 TB 10119
- 15 《公路隧道施工技术规范》 JTGT 3660
- 16 《公路隧道养护技术规范》 JTG H12