

DB63

青 海 省 地 方 标 准

DB63/T 2158—2023

高寒高海拔公路隧道防排水设计指南

2023-08-28 发布

2023-10-01 实施

青海省市场监督管理局 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 1

5 调查与勘察 3

6 建筑材料 4

7 防水与堵水 8

8 截水与排水 9

9 其他结构 11

10 特殊环境隧道 12

附录 A（资料性）保温出水口示意图..... 12

参考文献 12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由青海省交通运输标准化专业技术委员会提出。

本文件由青海省交通运输厅归口。

本文件起草单位：青海省交通规划设计研究院有限公司、招商局重庆交通科研设计院有限公司、青海省交通工程技术服务中心、青海省交控建设工程集团有限公司。

本文件主要起草人：吴进军、王道良、高亮、黄班玛、赵春波、王璐石、张元、王昆、李航航、皮小强、廖峻、石波、王来发、徐由甲、郝坤、李吉哲、郑熙熙、李显睿、杜弼彪、马永瑛、郑旭光、董文艳、胡青平、刘家辉、袁超。

本文件由青海省交通运输厅监督实施。

高寒高海拔公路隧道防排水设计指南

1 范围

本文件提供了高寒高海拔公路隧道防排水设计的术语和定义、总则、调查与勘察、建筑材料、防水与堵水、截水与排水、其他结构和特殊环境隧道防排水设计指导等技术内容。

本文件适用于以钻爆法施工为主的高寒高海拔新建山岭公路隧道防排水设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 18173.2 高分子防水材料第2部分：止水带

GB/T 19472.1 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 29906 模塑聚苯板薄抹灰外墙外保温系统材料

JC 937 软式透水管

JT/T 665 公路工程土工合成材料排水材料

JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范

JTG 3370.1 公路隧道设计规范第一册土建工程

JTG C20 公路工程地质勘察规范

JTG E30 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

3 术语和定义

JTG 3370.1和 DB63/T 1674界定的术语和定义适用于本文件。

4 总则

4.1 一般原则

4.1.1 高寒高海拔公路隧道防排水设计宜遵循“防、排、截、堵相结合，多道设防，综合治理”的原则；地下水保护要求高的隧道宜采取“以堵为主、堵排结合”的原则。

4.1.2 宜按公路等级、防水部位、环境等要求，综合考虑施工、运营维护等因素，因地制宜、分段设防，采用耐久适用、经济合理的设计措施。

4.1.3 宜综合考虑地表水、地下水对隧道建设及运营的影响，防水系统完整，排水系统不冻结。

4.1.4 隧道洞口宜选择阳坡面，宜避开积（风吹）雪、热融、滑塌、冰锥、冰丘、第四系覆盖层及地下水发育等不良地质地段；隧道纵坡宜采用人字坡。

4.1.5 隧道施工期间的渗流和涌水现象，宜根据现场情况采取引流或堵水措施。

4.1.6 设计时宜考虑地质环境、地下水环境、大气环境和植被保护等。

4.2 防水等级

4.2.1 高寒高海拔地区公路隧道防水等级见表 1。

表1 公路隧道防水等级

防水等级	标准	适用范围
一级	不渗水，结构表面无湿迹	地下风机房及电器设备洞室
二级	不渗水，结构表面有少量、偶见的湿迹	1. 高速公路隧道 2. 一、二、三级公路隧道
三级	有少量漏水点，没有线流和漏泥沙，每昼夜漏水量 $<0.5\text{ L/m}^3$	1. 四级公路隧道 2. 通风竖井或斜井
四级	有漏水点，没有线流和漏泥沙，每昼夜漏水量 $<2.0\text{ L/m}^3$	1. 施工辅助坑道 2. 紧急疏散通道

4.2.2 隧道二次衬砌宜采用抗裂、抗冻的低温早强防水混凝土，抗渗等级不宜低于 P8。

4.3 隧道抗冻设防等级

4.3.1 寒冷地区或严寒地区隧道防排水抗冻设防等级及设防措施见表 2。

表2 隧道防排水抗冻设防等级及设防措施

气候分类	抗冻设防等级	最冷月平均气温 $t/^\circ\text{C}$	设防措施	
			主排水沟形式	二次衬砌混凝土抗渗等级
寒冷地区	三级	$-8 < t \leq -3$	深埋中心水沟	P10
严寒地区	二级	$-15 < t \leq -8$	深埋中心水沟、保温水沟	P10
	一级	$-25 < t \leq -15$	深埋中心水沟、宜设防寒泄水洞	P12
	一级	$t \leq -25$	深埋中心水沟、设防寒泄水洞	P12

注：二次衬砌混凝土抗渗等级见JTG/T 3310。

4.3.2 隧道自洞口向洞身抗冻设防长度宜根据隧道线形、长度、隧址区气候和地下水状况等，通过工程类比或数值模拟计算确定。当无实测数据时，隧道抗冻设防长度可参照采用表 3 推荐值或公式（1）计算确定。

表3 隧道抗冻设防长度推荐值

最冷月平均气温/ $^\circ\text{C}$	防冻设防长度/m
$-15 < t \leq -10$	500~800
$t \leq -15$	≥ 800

(1)

式中：

y——防冻设防长度，单位为米（m）；

t——隧址区最冷月平均气温，单位为摄氏度（℃）。

4.3.3 对于无水或少量含水且无补给水的隧道，可不考虑抗冻设防。

4.4 抗冻保温层设计

4.4.1 隧道抗冻保温层设计宜综合考虑隧道长度、隧址区气象、水文条件、防排水方案、保温措施等，同时根据现场实际情况进行动态设计和调整。

4.4.2 当抗冻设防等级为一、二级时，宜结合隧址区气象、水文地质条件设置保温层；当抗冻设防等级为三级时，可设置保温层。

4.4.3 保温层厚度宜根据隧址区温度、围岩条件和保温层构造等计算分析确定。

5 调查与勘察

5.1 一般原则

5.1.1 结合公路等级、隧道特点和规模，确认资料收集、现场调查、隧址测绘、地质勘探及试验的工作内容及范围。

5.1.2 隧道设计前宜重点查明隧址区气象、水文、水质、地质、既有隧道情况，且在不同季节分别调查；需进行气象和水文观测的，观测周期不宜少于一年。

5.1.3 地形与地质调查除按照 JTG 3370.1 规定执行外，同时宜调查隧道洞口及中心水沟出水口处地形、地物，以及涎流冰、雪崩等不良地质和特殊地质现象。

5.1.4 宜采取工程地质调查与测绘、物探、勘探、室内试验、原位测试和定位观测等，综合评价隧址区工程地质条件。

5.2 气象

5.2.1 气象调查的内容宜按照 JTG 3370.1 执行，并调查隧址区降水量及最大冻土深度；气温调查包括隧址区年平均气温、最冷月平均气温、最低日平均气温等。

5.2.2 气象资料采用当地或条件相似的邻近气象台或气象站的实际观测值，必要时可在隧址区设立气象观测点（站）进行观测。

5.2.3 进行气象观测时，持续收集当地气象资料，需考虑但不限于下列因素：

- a) 观测内容包括降水量、气温、风向、风速、湿度等；
- b) 气象观测点或观测站布置在洞口 100 m 范围内，观测点处风向、风速、高程等与隧道洞口处接近；
- c) 气象观测从初步勘察阶段开始，直至隧道施工结束；
- d) 气象观测点或观测站在运营期间仍需保留，在隧道主体工程竣工验收后，观测点或观测站随主体工程一起移交；
- e) 积雪深度、风吹雪来源及移雪量、积雪原因；

- f) 雪崩的分布、类型、规模、频率及雪源等;
- g) 防治积雪及雪崩的工程措施及建议。

5.3 水文

5.3.1 水文地质调查按 JTG 3370.1 和 JTG C20 规定执行,且需考虑但不限于下列因素:

- a) 洞口地表水系与隧道线位关系;
- b) 地下水发育情况,以及地下水位随季节变化情况;
- c) 地下水类型、冻土位置及其分布范围;
- d) 可能造成隧道发生冻害的各种水源发育情况;
- e) 隧址区附近既有构造物(如隧洞)的水文地质情况;
- f) 冲沟、凹沟等地表汇水地形与隧道的关系,及对隧道涌水量的影响;
- g) 水文地质条件复杂的隧道洞口及浅埋段宜建立地下水观测点或观测站进行动态观测。

5.4 地质

5.4.1 地质勘察宜采用调绘、坑探、钻探和物探相结合的方法,查明隧址区域冻土特征,必要时可在冻土地段进行地温观测等原位试验。

5.4.2 地质构造和水文地质条件复杂的隧道,在收集资料和地质调绘后宜优先开展物探勘察,解译隧道洞身分布的物探异常区,以指导后续勘察工作。

5.4.3 钻孔宜布置在隧道物探异常区、经调查初步确定的断裂带、褶皱重点部位,必要时进行水力原位试验。

5.5 既有隧道

5.5.1 调查隧址区及临近地区既有隧道的冻害资料及防治经验。

5.5.2 收集既有隧道资料,需考虑但不限于下列因素:

- a) 隧道洞口处路基的冻胀、融沉变形的范围和程度;
- b) 保温层厚度、设置长度、保温层构造及损坏情况;
- c) 衬砌剥落、开裂的范围和程度;
- d) 衬砌渗漏水的位置与挂冰的范围和程度;
- e) 隧道内路面积水与结冰等范围和程度;
- f) 洞口挂冰的范围和程度、地表截排水沟与出水口结冰的状况;
- g) 地下排水系统状况;
- h) 技术状况评定、检测及设计文件等。

6 建筑材料

6.1 一般原则

6.1.1 材料符合结构强度、耐久性、低温性能的要求。

6.1.2 隧道注浆止水材料形成结石体除具有一定的抗压、抗拉强度外,同时具有抗渗、抗冲刷及耐老化性能,浆液固化时收缩小并不受低温影响;注浆材料宜优先采用水泥类材料,也可采用快凝早强水泥-水玻璃浆液。

6.1.3 存在侵蚀性地下水时,针对侵蚀类型采用抗腐蚀性、抗侵蚀性防排水材料,并宜提高混凝土防水等级。

6.1.4 隧道二次衬砌混凝土结构采用具有抗冻性能的水泥混凝土，可采用掺加引气剂或引气减水剂的引气水泥混凝土。

6.2 混凝土材料

6.2.1 混凝土所用的材料需考虑但不限于下列因素：

- a) 混凝土除符合结构强度和耐久性的要求外，同时宜满足抗冻、抗渗和抗侵蚀的需要；
- b) 严寒地区隧道的混凝土强度等级适当提高；
- c) 引气混凝土的粉煤灰拌合料其烧失量不大于 5 %。

6.2.2 抗冻水泥混凝土的冻融环境等级见表 4，且需考虑但不限于下列因素：

- a) 偶尔浸水的水泥混凝土构件，其冻融环境可以按表 4 中的中度饱水规定适当降低，但降低后的冻融环境等级不低于 D1；
- b) 位于冻结线以上土中的水泥混凝土构件，其冻融环境等级可根据当地实际情况和经验适当降低，但降低后的冻融环境等级不低于 D1；
- c) 本表适用于隧道洞门及明洞的水泥混凝土构件，对隧道洞内的衬砌水泥混凝土构件，其冻融环境可以按表中规定适当降低，但降低后的冻融环境等级不低于 D1；
- d) 偶尔遭受冻害的中度或高度饱水混凝土构件，其冻融环境等级可适当降低，但降低后的冻融环境等级不低于 D1。

表4 抗冻水泥混凝土的冻融环境等级

冻融次数n（次/年）	冻融环境等级			
	无盐环境		有盐环境	
	中度饱水	高度饱水	中度饱水	高度饱水
n≤10	D1	D1	D2	D3
10<n≤60	D1	D2	D3	D4
60<n≤120	D3	D4	D5	D6
120<n≤180	D4	D5	D6	D7
n>180	D5	D6	D7	D7
注1：中度饱水指冰冻前浸水或受潮，混凝土内饱水程度不高；高度饱水指冰冻前长期或频繁接触水或湿润土体，混凝土内高度水饱和。				
注2：有盐环境是指冻结的水中含有盐，包括海水、盐渍土或其他含有氯化物的环境，以及使用有机、无机类除冰盐环境。				
注3：冻融环境等级划分见JTG/T 3310。				

6.2.3 隧道水泥混凝土抗冻等级见表 5。

表5 隧道水泥混凝土抗冻等级

冻融环境等级	设计基准期/年		
	100	50	30
D1	F200	F150	F100
D2	F250	F200	F150
D3	F300	F250	F200
D4	F350	F300	F250

D5	F400	F350	F300
----	------	------	------

表5 隧道水泥混凝土抗冻等级（续）

冻融环境等级	设计基准期/年		
	100	50	30
D6	F450	F400	F350
D7	F450	F400	F400
注1：水泥混凝土抗冻性采用快速冻融试验方法测试，按JTG E30中规定的T 0565进行，但冻融循环次数按本表规定执行。			
注2：设计使用年限小于30年的以30年计。			

6.2.4 引气水泥混凝土强度等级与最大水胶比见表6。

表6 引气水泥混凝土最低强度等级与最大水胶比

抗冻等级	设计基准期/年					
	100		50		30	
	最低强度等级	最大水胶比	最低强度等级	最大水胶比	最低强度等级	最大水胶比
F100	—	—	—	—	Ca30	0.55
F150	—	—	Ca35	0.50	Ca30	0.55
F200	Ca35	0.50	Ca35	0.50	Ca30	0.55
F250	Ca40	0.45	Ca35	0.50	Ca30	0.55
F300	Ca40	0.45	Ca40	0.45	Ca30	0.55
F350	Ca45	0.40	Ca40	0.45	Ca35	0.50
F400	Ca45	0.40	Ca45	0.40	Ca35	0.50
F450	Ca50	0.36	Ca45	0.40	Ca40	0.45
注1：如采取表面防水处理等附加措施,可降低大体积混凝土对最低强度等级和最大水胶比的抗冻要求。						
注2：表中Ca50表示引气水泥混凝土的强度等级为50 MPa，其余类推。						

6.3 防水卷材与缓冲层

6.3.1 防水卷材与缓冲层组合使用，需考虑但不限于下列因素：

- a) 防水材料在最低温度下不冷脆、抗老化，冬春冻融循环后性能不变；
- b) 防水层材料宜具有良好的抵抗拉伸、撕裂、顶破性能、抗低温性能、耐久性和抗搓揉特性等；
- c) 采用预铺反粘类防水卷材时，防水卷材低温-35℃时弯折无裂纹。

6.3.2 缓冲层材料宜采用土工布，需考虑但不限于下列因素：

- a) 单位面积质量不小于 400 g/m²；
- b) 有良好的导水性、化学稳定性、耐久性，能适应初期支护变形；
- c) 可抵抗地下水或混凝土、砂浆析出水的侵蚀。

6.4 保温材料

6.4.1 隧道隔热保温材料宜具备导热性小、防火性好、防水及耐腐蚀性好等特点的弹性材料，且考虑材料性能劣化的不利影响。

6.4.2 宜选用硬质聚氨酯材料、聚苯乙烯泡沫塑料、酚醛泡沫塑料、硬质聚乙烯泡沫塑料等，物理性

能、外观质量和试验方法按 GB/T 29906 规定执行。

6.5 止水带

6.5.1 宜选用具有良好的弹性、耐磨性、耐老化性、抗撕裂性能，且具有抗变形能力和防水性能的橡胶材料，使用温度范围适宜为-45℃～60℃。

6.5.2 物理性能、尺寸公差、外观质量和试验方法，按 GB18173.2 规定执行。

6.6 管材

6.6.1 隧道内的管材根据使用功能不同，主要分为软式透水管和双壁波纹管；且无毒、耐碱等特性，管体能承受不小于 0.5 MPa 的压力，具有良好的透水性，能顺壁面密贴铺设。

6.6.2 透水软管组成材料的物理性能、尺寸偏差、构造要求和相关项目试验方法，按 JC 937 和 JT/T 665 规定执行。

6.6.3 双壁波纹管的物理力学性能、结构与连接方式、规格尺寸和相关项目试验方法，按 GB/T 19472.1 规定执行。

6.6.4 打孔波纹管孔眼规格宜为 10 mm×1 mm～30 mm×3 mm，透水面积宜不小于 40 cm²/m。

6.7 注浆材料

6.7.1 注浆材料需考虑但不限于下列因素：

- a) 具有良好的流动性、可灌性，凝胶时间可调节；
- b) 固化时收缩小，与围岩、混凝土、砂土等有一定的粘结力，稳定性好；
- c) 注浆时不产生离析和沉淀，且终凝后结石体具有一定的抗压、抗拉强度；
- d) 抗渗性好，耐久性强；
- e) 在动水条件下满足抗分散性，具备初凝时间短、早期强度高、结石体抗冲刷性能好等。

6.7.2 注浆材料选择宜根据所处工程与水文地质条件和注浆目的选择，需考虑但不限于下列因素：

- a) 根据混凝土性能选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥、水玻璃等硅酸盐材料；有其他特殊要求时可使用特种水泥，水泥强度等级不低于 42.5；
- b) 强酸性环境中不宜采用普通硅酸盐水泥、水玻璃类。

6.7.3 注浆浆液宜根据隧道围岩及水文情况、注浆目的、注浆工艺和注浆设备等因素，并结合经济性，按表 7 选用：

表7 注浆浆液表

工程地质条件	浆液选择
围岩、衬砌内裂隙宽度小于 0.15 mm	宜采用磨细水泥、化学浆
围岩、衬砌内裂隙宽度大于 0.15 mm 和水流速度小于 200 m/d	采用水泥浆或黏土—水泥浆
含水岩层吸水量大于 7 L/（min·m ² ）和地下水流速小于 200 m/d	宜采用水泥—水玻璃浆液
地下水流速大于 200 m/d	采用水泥—水玻璃浆液
粉细砂地层（粘土含量低于 2 %）可注性一般的地层	可采用超细水泥浆液
含水、粉细砂、致密土体、淤泥质软土、软弱破碎围岩等地层	可采用含水细砂型水泥基特种注浆材料
淤泥质软土地层	注入水泥—粉煤灰、水泥—膨润土复合浆

6.7.4 当采用水泥—水玻璃浆液时，水玻璃浓度宜不小于 40 Be，水玻璃模数宜为 2.4~3.2，水泥浆与水玻璃浆体积比宜控制在 1:0.4~1:1，注浆施工用水的 pH 值宜不小于 4.0。

6.7.5 超细水泥浆中水泥平均粒径不宜大于 4 μm ，最大粒径宜不大于 20 μm ，比表面积宜不小于 850 m^2/kg 。

6.7.6 新型注浆材料宜采用环氧树脂类、水溶性聚氨酯类浆液等。

7 防水与堵水

7.1 一般原则

7.1.1 隧道二次衬砌防水宜遵循“以衬砌结构自防水为主体，以接缝防水为重点”的原则。

7.1.2 加强主洞与辅助通道连接处的防水措施。

7.1.3 对于岩溶、富水等特殊地段，宜分段进行防水设计。

7.2 防水层

7.2.1 初期支护及二次衬砌之间防水层需考虑但不限于下列因素：

- 采用焊接连接的防水卷材幅宽不宜小于 4 m，厚度不小于 1.5 mm，搭接长度不小于 150 mm，搭接缝为热熔双焊缝，焊缝宽度不小于 10 mm，分段铺设的防水板的边缘部位预留不小于 250 mm 的搭接余量；
- 防水板搭接缝与衬砌施工缝错开大于 80 cm。

7.2.2 隧道模筑混凝土衬砌施工缝、沉降缝、伸缩缝的防水措施宜按表 8 选用。

表8 施工缝、沉降缝、伸缩缝防水措施

工程部位		防水层	施工缝				变形缝（沉降缝）		
防水措施		防水卷材	中埋式止水带	预埋注浆管	防水密封材料	背贴止水带	中埋式止水带	背贴止水带	防水密封材料
防冻设防等级	三级	选用	—	宜选一种	宜选一种	宜选一种	选用	宜选一种	宜选一种
防冻设防等级	二级	选用	选用	选用	宜选一种	宜选一种	选用	选一种	选一种
	一级	选用	选用	选用	至少选一种	至少选一种	选用	至少选一种	至少选一种

7.3 混凝土结构防水

7.3.1 喷射混凝土结构防水需考虑但不限于下列因素：

- 喷射混凝土的厚度不小于 50 mm，抗渗等级不低于 P6；
- 混凝土抗压强度等级不小于 C25；
- 在富水地段喷射混凝土的厚度不小于 80 mm，抗渗等级不低于 P8。

7.3.2 二次衬砌混凝土结构防水需考虑但不限于下列因素：

- 混凝土抗压强度等级不低于 C35；
- 二次衬砌厚度宜大于 30 cm，辅助坑道结构的二次衬砌厚度宜大于 25 cm；
- 混凝土抗渗等级大于 P8；
- 迎水面结构裂缝宽度不超过 0.2 mm，背水面结构裂缝宽度不超过 0.3 mm，且不贯通；
- 迎水面钢筋保护层厚度宜大于 60 mm，背水面钢筋保护层厚度宜大于 50 mm。

7.3.3 预留预埋洞室的衬砌结构与主体结构相同，洞室拐角处注意防水板搭接牢靠密封。

7.4 接缝防水

7.4.1 施工缝、变形缝防水构造措施根据工程的公路等级、功能及环境需求确定，并优先选用可修复的防水构造形式及材料。

7.4.2 防水混凝土宜连续浇筑，并少留施工缝。当留设施工缝时，需考虑但不限于下列因素：

- a) 结构有预留孔洞时，施工缝距孔洞边缘不小于 300 mm；
- b) 环向施工缝宜避开地下水和裂隙水较多的地段，并与变形缝相结合。

7.4.3 变形缝需满足密封防水、适应变形、施工方便、检修容易等需求，需考虑但不限于下列因素：

- a) 变形缝处混凝土结构的厚度不小于 300 mm；
- b) 沉降缝最大允许沉降差值小于 30 mm；
- c) 宽度宜为 20 mm~30 mm。

7.4.4 施工缝、沉降缝等的设置宜避开局部作用不利的部位，当不能避开时需采取防护措施。

7.4.5 不同衬砌类型二次衬砌厚度不同的施工缝，较薄一侧的衬砌厚度需有不小于 350 mm 纵向区段加厚至与较厚一侧相同的厚度。

7.5 堵水设计

7.5.1 注浆堵水设计前，对隧址区的工程地质与水文地质、周边环境进行详细调查与勘察。

7.5.2 注浆堵水设计需对注浆方式、注浆范围和注浆材料等进行针对性设计。

7.5.3 掌子面前方存在较高水压的富水区或较高水位水体，具有较大可能大规模的涌水突水，或围岩结构软弱自稳能力差，开挖后可能导致掌子面失稳而诱发突水突泥，或排水后对地下水、地表水及周边环境影响较大时，宜采用超前帷幕注浆或超前周边预注浆。

7.5.4 围岩自稳性较好，隧道开挖后围岩或初期支护出现股状水、大面积淋漓水，且地下水排放对隧道周边地下水和地表水影响较大或超过设计允许排放标准时，宜采用围岩径向注浆堵水。

7.5.5 隧道穿越富水、冻融循环的破碎围岩段，宜采取注浆措施形成防渗圈。

7.5.6 注浆时洞内气温和浆液温度不低于 5℃。

8 截水与排水

8.1 一般原则

8.1.1 隧道排水系统遵循运营管养方便、防堵、防溢的原则，并考虑施工、运营期间的可维护性。

8.1.2 隧道、辅助坑道排水采用自流排水。

8.1.3 隧道横通道需设置一定的纵坡，以利于排水。

8.1.4 当地下水发育、有长期补给来源或揭示有较大地下水通道，地下水的存在对隧道造成安全隐患时，可加大水沟断面尺寸、利用辅助坑道或设置泄水洞等作为截、排水设施。

8.1.5 抗冻设防段隧道排水系统宜设置保温措施，见 4.4。

8.2 洞口截水

8.2.1 洞口设置截水沟，截水沟的设置视现场地形条件及实际情况而定，一般距边仰坡开挖线以外不小于 5 m，截水沟坡度与地形坡度相适应，以减少开挖，并利于排水。

8.2.2 采取措施防止洞外路面水流入隧道内。

8.2.3 洞口截水天沟汇水宜顺地势引入洞外路基截水天沟或引排至远离隧道的地势低洼的沟谷处或汇入地表既有水体，排水路径避开不良、不稳定地质体；当无法避开时，预先进行处理，消除隐患。

8.3 衬砌排水

8.3.1 隧道衬砌排水系统包括纵向排水盲管、环向盲管、竖向盲管、横向导水管、泄水孔等。

8.3.2 二次衬砌两侧边墙背底部沿隧道设置纵向排水盲管，需考虑但不限于下列因素：

- a) 直径不小于 100 mm，布设位置不宜侵占隧道二次衬砌空间；
- b) 排水管坡度与隧道纵坡一致；
- c) 受冻胀影响的部位，需采取保温措施。

8.3.3 防水层与初期支护间设置环向盲管和竖向盲管，需考虑但不限于下列因素：

- a) 设置间距根据出水量大小、出水面积确定，且不大于 10 m；
- b) 水量较大、抗冻设防段，纵向间距宜加密或成束设置；
- c) 集中出水部位宜单独设置竖向盲管直接引排；
- d) 二次衬砌的环向施工缝、沉降缝及变形缝处宜设环向盲管；
- e) 环向盲管、竖向盲管需与边墙底部的纵向排水盲管连通；
- f) 竖向盲管、环向盲管直径不小于 50 mm。

8.3.4 横向导水管宜在衬砌边墙脚穿过二次衬砌与纵向排水管连通，需考虑但不限于下列因素：

- a) 纵向间距不大于 10 m，水量较大、抗冻设防等地段可适当加密；
- b) 横向导水管与中心沟直接连通排水，不采用反滤层渗水进入中心沟的方式排水；
- c) 排水坡度不小于 1.0%，抗冻设防段不小于 2.0%，直径不小于 100 mm；
- d) 受冻胀影响的部位，采取保温措施。

8.3.5 当地下水结晶物或沉积物易堵塞排水系统管路时，可采取边墙增设泄水孔，加大排水管径，加大横向导水管坡率，采用防结晶管材等措施。

8.4 保温水沟

8.4.1 保温水沟通常分为侧沟和中心沟两种类型。

8.4.2 保温水沟设置长度需根据隧道长度、水量大小、水温、主导风向、水沟坡度等因素综合类比确定，有条件时可根据隧道内实测温度确定。

8.4.3 保温水沟底纵坡宜与路线纵坡一致，但不小于 0.5%。保温水沟与洞外暗沟连接时，洞外暗沟坡度不小于 2%。

8.4.4 保温水沟过水断面尺寸根据水力计算确定，且满足计算最大涌水量的过水能力有富余，有条件时尽量加大水沟断面尺寸。其保温结构形式宜与隧道衬砌断面设计相适应。保温水沟盖板底面需敷设保温材料，或采用双层盖板，盖板中间敷设保温材料。

8.4.5 保温水沟需设置检查井，检查井避开施工缝和变形缝设置。检查井下需设沉砂池，以便清淤，检查井盖板的保温措施与保温水沟一致。

8.5 深埋中心水沟

8.5.1 深埋中心水沟沟底宜设置于隧道内最大冻结深度以下，断面宜采用矩形，断面尺寸宜考虑隧道长度、纵坡、地下水涌水量等因素并根据水力计算确定，且计算最大涌水量的过水能力有富余，有条件时尽量加大中心水沟断面尺寸。

8.5.2 深埋中心水沟洞身段纵坡宜与路线纵坡一致，出水口段中心水沟坡度宜不小于 3%。

8.5.3 深埋中心水沟回填材料除具有防冻、渗水功能外，宜采取措施防止石屑、泥砂渗入水沟引起水沟淤积。

8.5.4 深埋中心水沟需设置检查井，检查井间距宜不大于 100 m，且在与一般水沟交界处设置一处检查井，断面形式可采用方形或圆形，检查井下宜设沉砂池，检查井盖板下宜敷设保温材料。

8.6 防寒泄水洞

- 8.6.1 防寒泄水洞宜设置于隧道下方；上下行分离式隧道，可合并设置于两隧道之间冻融圈以外。
- 8.6.2 防寒泄水洞的埋置深度需在最大冻结深度以下，且确保隧道底部稳定。
- 8.6.3 防寒泄水洞的结构尺寸、支护参数根据实际泄水量、施工条件、地质条件和埋置深度等因素综合确定。
- 8.6.4 防寒泄水洞宜设铺底，拱部及边墙宜留有足够的泄水孔，其间距宜不小于 1 m。
- 8.6.5 防寒泄水洞设置检查井时，检查井间距宜为 100 m～150 m，检查井宜设双层盖板，盖板之间填塞保温材料，出口宜设置防寒保温措施。

8.7 保温出水口

- 8.7.1 隧道保温水沟、深埋中心水沟、防寒泄水洞、洞外暗沟等，宜设防寒保温出水口。
- 8.7.2 防寒保温出水口设计需考虑但不限于下列因素：
 - a) 选择背风、朝阳、排水通畅的位置，纵坡大于 5 %；
 - b) 地形较陡时采用端墙式保温出水口；地形平坦时采用掩埋保温圆包头式保温出水口，保温出水口示意图见附录 A；
 - c) 有条件时，宜加大出水口排水坡度。

9 其他结构

- 9.1 隧道明洞防排水设计需考虑但不限于下列因素：
 - a) 采用明洞式整体衬砌时，明洞衬砌外贴式防水层采用双层或多层；
 - b) 明洞开挖边坡外需设置截水沟，断面采用梯形；
 - c) 明洞衬砌外表面需敷设宽幅卷材防水层，并采用防水砂浆或砌砖保护，明洞回填顶坡面设置不小于 2 %排水坡度，拱背回填土顶面铺设 0.5 m～1.0 m 的隔水层；
 - d) 明洞防水层外侧间隔 2 m～3 m 沿环向设置排水盲沟，盲沟外裹土工布，直接将水导引至墙脚外侧的纵向排水管中；
 - e) 明洞回填土顶面设置排水沟防止拱背积水。对端墙式洞门，明洞回填顶面的排水沟设在端墙背面、回填面与开挖边仰坡的交接位置或其他需要的位置；对明洞式洞门，排水沟可设在仰坡平台位置、回填面与开挖边仰坡的交接位置。
- 9.2 连拱隧道防排水需考虑但不限于下列因素：
 - a) 优先采用复合式中墙，有利结构防水；
 - b) 采用复合式中墙的连拱隧道，其防水设计与分离式隧道基本相同，复合式中墙竖向导水管设置电伴热等主动保温防冻措施；
 - c) 连拱隧道根据结构需要设置变形缝，两侧主洞和中墙变形缝需设置在同一位置，并注意隧道纵向荷载对结构的影响。
- 9.3 棚洞防排水需考虑但不限于下列因素：
 - a) 棚洞衬砌外表面敷设卷材防水层，并采用防水砂浆或砌砖保护，棚洞回填顶坡面设置不小于 2 %排水坡度，回填土顶面铺设黏土隔水层进行防水；
 - b) 棚洞接缝防水设计，见 7.4；
 - c) 棚洞靠山侧墙背宜设排水盲沟，靠山侧墙脚宜设泄水孔，纵向间距为 5 m～10 m，在可能发生水流冻结的段落，泄水孔宜采取保温措施。

10 特殊环境隧道

10.1 黄土、侵蚀性环境、岩溶、冻土及等建设条件复杂的隧道，防排水系统宜进行针对性设计，且采用分区防水。

10.2 黄土地区的陷穴和潜蚀洞穴需采取防止地表水侵入隧道的措施。对较浅洞穴，可采用开挖回填夯实等处理措施；对较深的洞穴，宜采用注浆封堵等处理措施。

10.3 隧道穿越冻融环境、氯化物环境、化学腐蚀环境等侵蚀性环境时，宜对地下水的侵蚀性级别进行评估。

10.4 侵蚀性环境中的排堵原则宜根据侵蚀性等级区别考虑，对钢筋混凝土具有强腐蚀性的地下水以堵水为主；弱腐蚀性时，可采用限制排放。

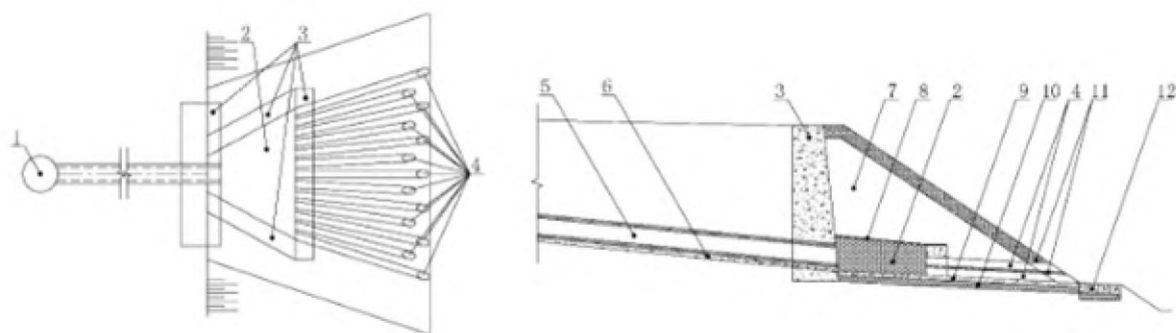
10.5 岩溶水宜采取疏导为主的原则进行处理；岩溶管道水以恢复或维持既有排泄通道为原则进行处理。当岩溶管道水下游排泄能力、淤积和上游来水量难以确定时，宜另设排泄通道引排。

10.6 多年冻土地层隧道需考虑但不限于下列因素：

- a) 洞口宜选择在背风、向阳、利于排水的位置，宜避免涎流冰、风吹雪停积、雪崩等不良地段；
- b) 合理选择隧道埋置深度，将隧道设置于不受季节影响的多年冻土层中，深埋水沟、防寒泄水洞采取冻土融化措施；
- c) 多年冻土区公路隧道设置抗冻设防段，其设防段长度可根据隧道长度、当地最冷月平均气温、地下水水量、洞口风速等综合确定；
- d) 采用三层复合式衬砌的多年冻土隧道，在一次衬砌与二次衬砌之间设置保温层和防水层，设置方式从内至外依次为土工布、防水板、保温板、防水板；
- e) 隧道模筑混凝土衬砌具有抗渗、抗冻功能，抗渗等级不小于 P10；
- f) 多年冻土区隧道施工时选择在寒冷季节进洞，洞口边仰坡开挖设置遮阳措施与边仰坡保温措施，开挖暴露不宜过长，以免冻土融化；
- g) 对于多年冻土区，不宜采用注浆防渗；
- h) 隧道开挖后及时封闭，对于高含冰量冻土地段，可采用潮喷工艺，防止岩面发生热融，造成围岩失稳。

附录 A
(资料性)
保温出水口示意图

端墙式保温出水口、圆头包式保温出水口，分别见图 A.1、A.2

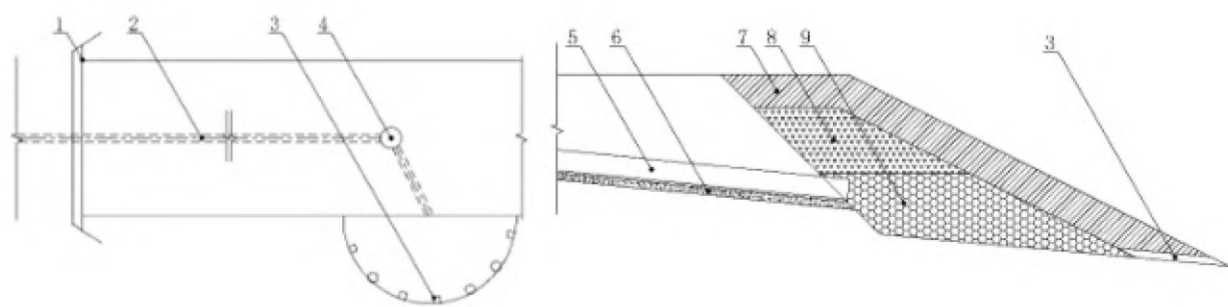


a) 端墙式保温出水口平面示意图 b) 端墙式保温出水口立面示意图

标引序号说明:

- 1——检查井;
- 2——填片石;
- 3——挡墙;
- 4——泄水口;
- 5——排水沟/管;
- 6——混凝土基座;
- 7——煤渣;
- 8——土工布;
- 9——混凝土垫层;
- 10——砂砾垫层;
- 11——浆砌片石;
- 12——现浇混凝土。

图A.1 端墙式保温出水口示意



a) 圆头包式保温出水口平面示意图 b) 圆头包式保温出水口立面示意图

标引序号说明:

- 1——隧道洞口桩号;
- 2——洞外暗沟;
- 3——泄水口;
- 4——检查井;
- 5——排水沟;
- 6——混凝土基座;
- 7——拍头草、泥炭或草袋宜就地取材;
- 8——隧道弃渣;
- 9——碎石透水层。

图A.2 圆头包式保温出水口示意图

参 考 文 献

- [1]GB 50108 地下工程防水技术规范
 - [2]GB 50208 地下防水工程质量验收规范
 - [3] GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
 - [4]JTG/T 3660 公路隧道施工技术规范
 - [5] JTG/T 5440 公路隧道加固技术规范
 - [6] JTG B01 公路工程技术标准
 - [7] JTG/T D31-04 多年冻土地区公路设计与施工技术细则
 - [8] JTG/T D31-06 季节性冻土地区公路设计与施工技术规范
 - [9] JTG/T D33 公路排水设计规范
 - [10]YS/T 5211 注浆技术规程
 - [11] DB63/T 1674 多年冻土区公路隧道技术规范
 - [12] DB63/T 1923 公路隧道防排水工程施工质量检验评定
-