

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2017年工程建设标准规范制修订及相关工作计划〉的通知》(建标〔2016〕248号)的要求,标准编制组经过广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,修订了本标准。

本标准的主要内容是:总则,术语和符号,工程规划,防渗衬砌材料,工程设计,混凝土预制槽(板)制造,工程施工,施工质量控制与验收,工程监测,工程管理等。

本次修订的主要内容是:

1. 标准化内容明确为防渗衬砌,提出防渗等级概念及技术指标;
2. 对设计内容进行系统梳理,渠基纳入设计章节,完善设计方法,充实结构设计及稳定验算内容;
3. 补充渠道衬砌与防渗材料性能检验方法;
4. 按有关标准,局部调整了《渠道防渗工程技术规范》GB/T 50600-2010 中章节结构和有关内容。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由水利部负责日常管理,由中国灌溉排水发展中心负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送水利部(地址:北京市西城区白广路二条2号;邮编:100053)。

本标准主编单位:中国灌溉排水发展中心

本标准参编单位:中国水利水电科学研究院
西北农林科技大学
黑龙江省水利科学研究院

河北省水利水电勘测设计研究院

宁夏回族自治区水利厅

内蒙古河套灌区管理总局

长安大学

新疆维吾尔自治区水利厅

江西省赣抚平原水利工程管理局

天津市泽宝水泥制品有限公司

本标准主要起草人员:张绍强 杜秀文 张爱军 张 滨

杨海宁 邢义川 党 平 郭慧滨

何武全 王洪彬 步丰湖 安 鹏

孙景路 马俊永 刘龙虎 杨方福

郑建行

本标准主要审查人员:冯广志 赵竞成 王志民 吴剑疆

李广信 李红举 刘鹏刚 李文峰

高亚平

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(4)
3	工程规划	(7)
3.1	规划目标及防渗等级划分	(7)
3.2	渠道设计流量复核	(9)
3.3	工程总体布局	(10)
4	防渗衬砌材料	(13)
4.1	一般规定	(13)
4.2	混凝土	(13)
4.3	砌石	(16)
4.4	沥青混凝土	(17)
4.5	土工膜	(22)
4.6	模袋混凝土	(22)
4.7	膨润土防水毯	(23)
4.8	土工格室	(25)
4.9	塑料土工格栅	(27)
4.10	机编钢丝网	(28)
4.11	保温材料	(31)
4.12	伸缩缝填充材料	(32)
4.13	膜料的过渡层与保护层	(35)
5	工程设计	(37)
5.1	一般规定	(37)

5.2	荷载计算	(38)
5.3	渠道断面形式与水力计算	(39)
5.4	渠基处理	(46)
5.5	渠道边坡设计	(55)
5.6	防渗衬砌结构设计与稳定计算	(58)
5.7	结构措施与构造设计	(67)
5.8	整体预制式混凝土槽结构设计	(75)
5.9	附属设施设计	(76)
6	混凝土预制槽(板)制造	(78)
6.1	一般规定	(78)
6.2	原材料	(78)
6.3	模具	(81)
6.4	钢筋加工	(83)
6.5	成型、养护及脱模	(84)
6.6	混凝土预制槽(板)检验	(86)
6.7	存放、吊运及防护	(88)
7	工程施工	(90)
7.1	一般规定	(90)
7.2	填筑和开挖	(91)
7.3	特殊土渠基处理	(93)
7.4	渠基排水设施	(93)
7.5	膜料防渗	(94)
7.6	砌石防渗衬砌	(95)
7.7	混凝土防渗衬砌	(97)
7.8	机编钢丝网防渗衬砌	(100)
7.9	现场混凝土预制板防渗衬砌	(100)
7.10	模袋混凝土防渗衬砌	(101)
7.11	沥青混凝土防渗衬砌	(102)
7.12	装配式混凝土槽	(104)

7.13	渠坡加筋防渗衬砌	(104)
7.14	土工格室防渗衬砌	(105)
7.15	保温材料铺设	(106)
7.16	伸缩缝填充	(107)
8	施工质量控制与验收	(108)
8.1	一般规定	(108)
8.2	施工质量控制与检查	(108)
8.3	工程验收	(112)
9	工程监测	(114)
9.1	一般规定	(114)
9.2	静水法渗漏测验	(114)
9.3	动水法渗漏测验	(117)
9.4	变形监测	(118)
9.5	冻胀监测	(119)
9.6	渗流监测	(121)
10	工程管理	(123)
10.1	一般规定	(123)
10.2	工程运行管理	(123)
10.3	工程维修养护	(124)
附录 A	膨润土防水毯冻融循环与渗透系数联合测定 要求	(128)
附录 B	机编钢丝网拉伸试验要求	(131)
附录 C	种植土的质量要求	(133)
附录 D	推求渠道流量的正向递推水量平衡法	(135)
附录 E	渠道水力最佳断面及实用经济断面计算方法	(137)
附录 F	特殊土渠段场地与土质评价要求	(144)
附录 G	渠基的排水设施	(151)
附录 H	膜料防渗渠道土料保护层边坡稳定计算	(153)
附录 J	伸缩缝填充和裂缝处理施工要求	(156)

附录 K	整体预制式混凝土槽	(158)
附录 L	混凝土预制槽弯曲强力试验要求	(161)
附录 M	膜料接缝的要求和质量检查	(165)
附录 N	进场原材料验收检测项目	(167)
附录 P	渠道渗漏的静水法测验段设置和成果整理	(170)
附录 Q	渠道动水法测渗的流量、误差及渗漏水量的 计算	(183)
本标准用词说明		(187)
引用标准名录		(188)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(4)
3	Planning of seepage control and lining projects of the canal	(7)
3.1	Planning objectives and seepage control grade classification	(7)
3.2	Review of balance analysis results for water and soil resources	(9)
3.3	Engineering overall arrangement	(10)
4	Materials of seepage control and lining projects of the canal	(13)
4.1	General requirements	(13)
4.2	Concrete	(13)
4.3	Stone masonry	(16)
4.4	Asphalt concrete	(17)
4.5	Geomembrane	(22)
4.6	Geofabriform	(22)
4.7	Geosynthetic clay liner	(23)
4.8	Geocell	(25)
4.9	Plastic geogrid	(27)
4.10	Mechanical wire mesh	(28)
4.11	Thermal insulation materials	(31)

4.12	Filling material of expansion joint	(32)
4.13	Transition and cover layers of geosynthetic barriers	(35)
5	Design of seepage control and lining projects of the canal	(37)
5.1	General requirements	(37)
5.2	Load calculation	(38)
5.3	Section form and hydraulic calculation of the canal	(39)
5.4	Canal ground soil treatment	(46)
5.5	Design of canal slope	(55)
5.6	Structural design and stability calculation	(58)
5.7	Structural measures and constitution design	(67)
5.8	Structural design of integral precast concrete canal	(75)
5.9	Subsidiary facilities design	(76)
6	Manufacture of integral precast concrete canal(slabs)	(78)
6.1	General requirements	(78)
6.2	Raw materials	(78)
6.3	Mold	(81)
6.4	Reinforcement fabrication	(83)
6.5	Molding, curing and demoulding	(84)
6.6	Inspection of concrete precast canal (slabs)	(86)
6.7	Storage, transportation and protection	(88)
7	Construction	(90)
7.1	General requirements	(90)
7.2	Filling and excavation	(91)
7.3	Treatment of special ground soil of canal	(93)
7.4	Drainage facilities	(93)
7.5	Seepage control of geosynthetic barriers	(94)
7.6	Seepage control and lining for stone masonry	(95)
7.7	Seepage control and lining for concrete	(97)

7.8	Lining for mechanical wire mesh	(100)
7.9	Lining for on-site precast concrete slabs	(100)
7.10	Lining for geofabriform	(101)
7.11	Seepage control and lining for asphalt concrete	(102)
7.12	Integral precast concrete canal	(104)
7.13	Reinforcement of canal slope	(104)
7.14	Lining for geocell	(105)
7.15	Laying of thermal insulation material	(106)
7.16	Filling of expansion joint	(107)
8	Construction quality control and acceptance	(108)
8.1	General requirements	(108)
8.2	Construction quality control and inspection	(108)
8.3	Engineering acceptance	(112)
9	Monitoring	(114)
9.1	General requirements	(114)
9.2	Hydrostatic leakage test	(114)
9.3	Hydrodynamic leakage test	(117)
9.4	Deformation monitoring	(118)
9.5	Frost heave monitoring	(119)
9.6	Seepage pressure monitoring	(121)
10	Management	(123)
10.1	General requirements	(123)
10.2	Engineering operation management	(123)
10.3	Engineering maintenance	(124)
Appendix A	Combined determination method of freeze-thaw cycle and permeability coefficient for geosynthetic clay liner	(128)
Appendix B	Tensile test method for mechanical wire mesh	(131)

Appendix C	Quality requirements for planting soil	·····	(133)
Appendix D	Positive recursive water balance method for canal capacity	·····	(135)
Appendix E	Calculation method of canal hydraulic best section and practical economic section	·····	(137)
Appendix F	Evaluation methods of site and soil property for special soil canals	·····	(144)
Appendix G	Drainage facility	·····	(151)
Appendix H	Slope stability calculation of soil protective layer for geosynthetic barriers anti-seepage canal	·····	(153)
Appendix J	Construction method for expansion joint filling and cracks treatment	·····	(156)
Appendix K	Integral precast concrete canal	·····	(158)
Appendix L	Bending strength test method for concrete precast slots	·····	(161)
Appendix M	Method of seam and quality inspection for geosynthetic barriers	·····	(165)
Appendix N	Inspection and acceptance of raw materials	·····	(167)
Appendix P	Setting up and result analysis of hydrostatic leakage test	·····	(170)
Appendix Q	Flow rate, error and leakage volume calculation with hydrodynamic leakage test	·····	(183)
	Explanation of wording in this standard	·····	(187)
	List of quoted standards	·····	(188)

1 总 则

1.0.1 为统一渠道防渗衬砌工程的技术要求,提高建设质量和管理水平,充分发挥工程效益,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、改建或扩建的农田灌溉、供水、引水等渠道防渗衬砌工程的规划、设计、施工、监测和管理。

1.0.3 渠道防渗衬砌工程应坚持因地制宜、经济合理、经久耐用、运用安全、管理方便的原则,体现绿色、生态和节能等理念,积极采用成熟的新技术、新材料和新工艺,不断提高渠道防渗衬砌技术水平。

1.0.4 渠道防渗衬砌工程建设和管理除应符合本标准外,还应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

- 2.1.1 渠道防渗衬砌** canal seepage control and lining
减少渠道水量渗漏损失及固定渠槽渠坡、改善流态的技术措施。
- 2.1.2 防渗等级** seepage control grade
衡量采取防渗衬砌后渠道的渗漏程度的分级标度。
- 2.1.3 防渗层** impervious layer
设置于渠道(建筑物)表面或内部的渗透系数较小的材料层,以堵截渗流或延长渗径。
- 2.1.4 渠基** canal subsoil
支承设计超高以下渠道内坡和渠底的渠道防渗与衬砌体的岩土质基础。
- 2.1.5 渠坡** canal slope
渠道填筑或开挖形成的内坡(含设计超高以上迎水面边坡及影响渠道稳定的山体边坡)、外坡(背水面边坡)。
- 2.1.6 渠坡的边坡系数** coefficient of channel side slope
渠道断面斜坡面在水平方向的投影长度和在垂直方向的投影长度的比值。
- 2.1.7 渠坡的安全坡比** stable ratio of channel side slope
渠道断面稳定斜坡面的垂直高度与水平宽度的比值。
- 2.1.8 特殊土** special soil
具有特殊成因、特殊成分和特殊工程性质的湿陷性黄土、膨胀土、分散性黏土、盐渍土和冻土等土类。
- 2.1.9 稳定安全系数** safety coefficient of stability

滑动面上的抗滑力(或力矩)与滑动力(或力矩)的比值,或者衬砌体上的抗浮力(或抗冲力)与浮托力(或冲击力)的比值,包括边坡稳定安全系数,衬砌结构抗浮、抗滑、抗冲等稳定安全系数。

2.1.10 标准冻深 standard frost depth

邻近工程地点气温条件相近的气象站近期观测系列不短于20年的历年最大冻深。

2.1.11 伸缩缝 expansion joint

刚性材料防渗层(或保护层)为避免因受温度影响和地基变形产生裂缝而设计的接缝。

2.1.12 封(压)顶板 canal roof plate

位于渠坡衬砌板顶部用于保护渠坡衬砌板,防止雨水或渗水冲刷衬砌板与土基之间接触面的结构件,一般水平向布置。

2.1.13 石笼 stone cage

为防止基土受水流冲刷而设置用机编钢丝网(mechanical metal mesh)或者土工格栅(geogrid)编制的装填石块的笼子。机编钢丝网石笼分为网箱(gabion)和网垫(revet-mattress),厚度较宽度小很多的石笼称为网垫。

2.1.14 模袋混凝土 geofabriform

在由土工合成材料机织而成的双层或多层格状空腔模袋内填充混凝土,其凝结后形成的整体结构。

2.1.15 膜料 geosynthetic barriers

用于防渗的土工膜、复合土工膜、土工合成材料膨润土垫等防渗材料。

2.1.16 护脚 toe protection unit

为了保证渠坡砌护体的稳定性,在渠坡底部坡脚处设置的混凝土枕梁、石笼、加筋体等支撑结构体。

2.1.17 整体式预制渠槽 integral precast canal

采用工厂化预制成型工艺制作的整体式渠道槽体。

2.1.18 坡式衬砌结构 slope lining structure

敷设在斜坡上的渠道砌护结构。

2.1.19 墙式衬砌结构 wall lining structure

挡土墙式的渠道砌护结构。

2.2 符 号

T_a ——最冷月平均气温($^{\circ}\text{C}$)；

PI ——针入度指数；

$T_{R\&B}$ ——材料软化点温度($^{\circ}\text{C}$)；

Q_u ——渠道起始断面流量(m^3/s)；

Q_d ——渠道末端断面流量(m^3/s)；

Q ——渠道设计流量(m^3/s)；

q ——渠道防渗后的渗漏损失流量(m^3/s)；

K_a ——防渗渠道的单位面积渗漏量 $[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$ ；

$\bar{\chi}$ ——渠道在设计流量下的平均湿周(m)；

χ ——渠道的湿周(m)；

L ——渠道长度(km)；

ω ——过水断面面积(m^2)；

n ——渠道糙率；

R ——渠道水力半径(m)；

i ——渠道纵比降；

θ ——圆心角(rad)；

H ——断面水深(m)；

r ——圆弧半径(m)；

b ——弧形底的弦长(m)；

B ——水面宽(m)；

m ——边坡系数；

K_r ——渠底圆弧半径与断面水深之比；

H_1 ——暗渠直墙段高(m)；

H_2 ——暗渠顶部圆弧段水深(m)；

- e_0 ——水面以上的净空高度(m)；
- H_g ——暗渠断面的总高度(m)；
- H_3 ——底部圆弧矢高(m)；
- θ_1 ——底部圆弧圆心角(rad)；
- θ_2 ——水面宽圆弧圆心角(rad)；
- r_1 ——底部圆弧半径(m)；
- r_2 ——顶部圆弧半径(m)；
- d_{50} ——小于该粒径的土料质量占全部土料质量的 50% 对应的土颗粒粒径(mm)；
- ζ ——膨胀土自由膨胀率(%)；
- ϵ ——渠床置换比；
- Z_n ——置换深度(m)；
- Z_d ——设计冻土深度(m)；
- F_{st} ——抗滑安全系数；
- f_1 ——衬砌体与渠基的摩擦系数；
- φ ——渠基土的内摩擦角(°)；
- c ——渠基土的黏聚力(kPa)；
- c_0 ——滑动面上衬砌板与下部材料的凝聚力(kPa)；
- f_2 ——衬砌体材料的摩擦系数；
- F_c ——单块砌体抗滑安全系数；
- α ——渠坡的坡度角(°)；
- F_{st} ——衬砌结构抗浮稳定安全系数；
- t ——衬砌体的厚度(m)；
- Q_{lmax} ——同一时间连续 10 次测验的最大渗漏强度[L/(m²·h)]；
- Q_{lmin} ——同一时间连续 10 次测验的最小渗漏强度[L/(m²·h)]；
- \bar{Q} ——同一时间连续 10 次测验的渗漏强度平均值[L/(m²·h)]；

- η_i ——冻胀率(%)；
- Δh_i ——冻深为 H_i 时的冻胀量(cm)；
- H_i ——冻深(冻土层厚度内冻结前土层厚度)(cm)；
- k_{20} ——标准温度(20℃时)试样的渗透系数(cm/s)；
- k_T ——水温 T ℃时试样的渗透系数(cm/s)；
- η_T —— T ℃时水的动力黏滞系数[kPa·s(10^{-6})]；
- η_{20} ——20℃时水的动力黏滞系数[kPa·s(10^{-6})]；
- Δ_p ——湿陷性黄土渠基实际压力下的计算湿陷量(mm)；
- δ_{si} ——第 i 层渠基土在实际压力下的饱和湿陷系数；
- β_0 ——湿陷性评价中的地区修正系数。

3 工程规划

3.1 规划目标及防渗等级划分

3.1.1 规划目标应符合下列规定：

- 1 应与农田水利建设规划、灌区节水灌溉规划相适应；
- 2 防渗衬砌应根据水资源高效利用、生态环境保护的要求，分析确定节水目标。

3.1.2 应根据水资源的紧缺程度、供水成本、运行条件等分析确定渠道防渗等级，并应符合下列规定：

1 水资源紧缺地区的地表水灌区渠道、地下水超采区的井灌区渠道、扬程大于或等于 60m 的提水灌区渠道和填方高度大于或等于 6m 的渠道的防渗等级应采用 I 级；

2 不良地质条件渠道、特殊土渠基渠道、回灌补源渠道、扬程小于 60m 的提水灌区渠道和承担防洪等涉及安全的骨干渠道的防渗等级不应低于 II 级；

3 保持渠道断面和过流能力，并承担灌溉输水和生态补水要求的渠道的防渗等级宜采用 III 级、IV 级；

4 仅保持渠道断面和过流能力的衬砌工程的渠道防渗等级可采用 V 级；

5 跨流域长距离引水渠道的防渗等级宜提高一级；

6 已建防渗工程不能满足防渗等级要求时，应升级改造。

3.1.3 不同防渗等级的渠道的渗漏量不应大于表 3.1.3 的规定。

表 3.1.3 渠道防渗等级划分标准

防渗等级	I	II	III	IV	V
渠道单位面积渗漏量 [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	≤ 0.04	0.04~0.10	0.10~0.15	0.15~0.20	无防渗要求

3.1.4 应根据选定的渠道防渗等级分析各级渠道节水潜力。

3.1.5 渠道防渗衬砌工程合理使用年限应符合表 3.1.5 的规定。

表 3.1.5 渠道防渗衬砌工程合理使用年限

渠道级别		1	2	3	4	5
合理使用年限 (年)	灌溉渠道	50	50	50	30	20
	供(引、调)水渠道	100	100	50	30	30

3.1.6 防渗衬砌渠道工程级别应按表 3.1.6 划分。

表 3.1.6 防渗衬砌渠道工程级别划分标准

渠道级别		1	2	3	4	5
设计流量 (m ³ /s)	灌溉渠道	≥300	<300, ≥100	<100, ≥20	<20, ≥5	<5
	供(引、调)水渠道	≥50	<50, ≥10	<10, ≥3	<3, ≥1	<1

3.1.7 渠道防渗衬砌工程所处环境气候分区应符合表 3.1.7 的规定。

表 3.1.7 渠道防渗衬砌工程所处环境气候分区

气候分区	严寒区	寒冷区	温和区(微冻区)
最冷月平均气温(°C)	$T_a < -10$	$-10 \leq T_a \leq -3$	$T_a > -3$

3.1.8 化学侵蚀环境等级应符合表 3.1.8-1、表 3.1.8-2 的要求。

表 3.1.8-1 渠道防渗衬砌工程化学侵蚀环境等级

化学侵蚀环境等级	环境条件				
	水中硫酸根离子浓度 SO ₄ ²⁻ (mg/L)	土中硫酸根离子浓度(水溶值) SO ₄ ²⁻ (mg/kg)	水中镁离子浓度 Mg ²⁺ (mg/L)	水的酸碱度 (pH)	水中侵蚀性二氧化碳浓度 (mg/L)
轻度	200~1000	300~1500	300~1000	6.5~5.5	15~30
中度	1000~4000	1500~6000	1000~3000	5.5~4.5	30~60

续表 3.1.8-1

化学 侵蚀 环境 等级	环 境 条 件				
	水中硫酸根 离子浓度 SO_4^{2-} (mg/L)	土中硫酸根 离子浓度 (水溶值) SO_4^{2-} (mg/kg)	水中镁离子 浓度 Mg^{2+} (mg/L)	水的酸碱度 (pH)	水中侵蚀性 二氧化碳浓度 (mg/L)
严重	4000~10000	6000~15000	≥ 3000	4.5~4.0	60~100

注:1 表中化学侵蚀程度相应的硫酸根浓度,所对应的环境条件为非干旱、高寒地区的干湿交替环境;当无干湿交替(长期浸没于地表或地下水中)时,可按表中的侵蚀程度降低1级,但不低于轻度。

2 对于非干旱、高寒地区的部分含硫酸盐的水、土且部分暴露于大气中的建筑物,可按表中规定确定侵蚀程度。

3 当建筑物处于弱透水土体中时,土中硫酸根离子、水中镁离子、水中侵蚀性二氧化碳及水中pH值的侵蚀程度可按相应的等级降低1级,但不低于轻度;

4 对含有较高浓度氯盐的地下水、土,可不单独考虑硫酸盐的作用;

5 高压条件下,应提高相应的侵蚀程度。

表 3.1.8-2 干旱、高寒区渠道防渗衬砌工程硫酸盐环境侵蚀程度

化学侵蚀程度	环 境 条 件	
	水中硫酸根离子浓度 SO_4^{2-} (mg/L)	土中硫酸根离子浓度(水溶值) SO_4^{2-} (mg/kg)
轻度	200~500	300~750
中度	500~2000	7500~30000
严重	2000~5000	30000~75000

注:干旱区指干燥度系数大于2.0的地区,高寒区指海拔3000m以上的地区。

3.2 渠道设计流量复核

3.2.1 已建灌区渠道防渗衬砌应进行渠道设计流量复核,应包括下列内容:

1 可供水量复核;

- 2 需水量复核；
 - 3 水资源供需分析；
 - 4 确定防渗衬砌范围；
 - 5 核定渠道设计流量。
- 3.2.2 可供水量应根据已批准的水量分配方案复核；无水量分配方案时，地表水可供水量应根据取水断面的年来水量及月（旬）分配过程分析复核，地下水可供水量应根据灌区内地下水可开采量、机井的出水量分析复核。
- 3.2.3 应根据灌溉制度、灌溉面积及灌溉水利用系数分析复核灌溉需水量，并应重点分析作物种植结构调整、灌水方式变化、保护生态环境要求等对需水量的影响。
- 3.2.4 应根据不同水平年、不同保证率条件下的可供水量与灌溉需水量进行水资源供需分析，并按分析结果确定渠道防渗衬砌范围，核定各级渠道不同水平年的设计流量。

3.3 工程总体布局

- 3.3.1 防渗衬砌工程规划应根据水资源条件、渠道工程现状、地质条件、渠道功能和经济社会发展水平等因素，提出防渗衬砌工程总体布局，应包括下列内容：
- 1 防渗衬砌必要性与合理性分析；
 - 2 节水潜力分析；
 - 3 防渗衬砌原则；
 - 4 初步选定防渗衬砌工程方案；
 - 5 绘制防渗衬砌工程总体布置图。
- 3.3.2 防渗衬砌应遵循下列原则：
- 1 输水损失大、输水效率低的骨干渠道应防渗衬砌；
 - 2 提水灌区渠道及井灌区渠道应防渗衬砌；
 - 3 高填方、不良地质条件、回灌补源等涉及安全的骨干渠道应防渗衬砌；

4 城区段渠道在防渗衬砌的同时,应兼顾城市发展多功能需求;

5 防渗衬砌方案应与当地水资源、土地利用、生态环境保护规划及生态景观建设要求相协调;

6 防渗衬砌应与路、林、安全防护设施等形成有机整体;

7 防渗衬砌宜采用新技术、新材料、新工艺;

8 地下水位超过设计渠底,同时输水效率能满足设计要求的挖方渠道不宜防渗;

9 流速小、渠床稳定、过流能力能够满足设计要求的挖方渠道不宜衬砌;

10 渠基为膨胀土、分散性黏土、盐渍土、湿陷性黄土、强冻胀土等特殊土的3级及以上渠道的防渗衬砌应专门论证确定,3级以下渠道防渗衬砌可类比确定。

3.3.3 衬砌结构的耐久性应根据结构的合理使用年限、结构所处环境类别及作用等级分析确定。

3.3.4 应根据渠道功能定位及防渗衬砌要达到的节水和生态保护目标,并结合当地气象条件、水文地质及工程地质条件、自然生态状况、当地适宜的防渗材料以及工程运行要求,拟订不同的防渗衬砌工程方案,通过技术经济比较,初步提出防渗衬砌工程推荐方案,明确工程建设内容及规模。防渗衬砌方案应符合下列规定:

1 渠坡和渠基应稳定。

2 应选择满足防渗等级要求、输水及防淤抗冲耐磨能力高、施工简便、管理维护方便的防渗衬砌结构,严寒和寒冷地区的防渗衬砌结构应采取防冻胀措施。

3 改建、扩建渠道防渗衬砌工程可能使原渠道水力要素发生变化,在拟订防渗衬砌布局方案时,应合理采取优化渠道纵横断面、增设节制闸等工程措施,应使渠系水位满足下级渠道的取水要求,并与原渠系的水位平顺衔接。

4 现场浇筑混凝土防渗衬砌渠道,宜采用机械化施工方法;5

级渠道的防渗衬砌工程宜采用标准化设计的定型产品。

5 宜选择有利于生态环境的防渗衬砌结构,符合防渗衬砌工程对区域水环境、水生态和周边生态环境保护整体要求。

3.3.5 根据初步选定的防渗衬砌方案,绘制防渗衬砌工程总体布置图。总体布置图应符合下列规定:

- 1 应标明与规划相关的水利工程位置;
- 2 应标明各级渠道已建防渗衬砌工程位置,并说明建设年份、工程规模、结构形式等;
- 3 应标明各级渠道规划防渗衬砌工程位置,说明建设年份、工程规模、结构形式等,并能反映年度实施计划。

4 防渗衬砌材料

4.1 一般规定

4.1.1 防渗衬砌材料应根据工程所处的环境类别、环境作用等级和结构设计使用年限等因素进行选择。

4.1.2 对于特殊环境因素对结构耐久性的影响,可根据工程经验、试验研究、计算或综合分析等方法进行评估。材料的环境属性应符合国家绿色产品评价标准的规定。

4.1.3 采用新型防渗衬砌材料应经试验论证。

4.2 混凝土

4.2.1 渠道防渗衬砌混凝土的性能应符合表 4.2.1 的要求。

表 4.2.1 渠道衬砌混凝土最低强度和耐久性等级

化学侵蚀等级	混凝土性能	设计使用年限								
		严寒地区			寒冷地区			温和地区(微冻地区)		
		50年	30年	20年	50年	30年	20年	50年	30年	20年
无侵蚀	强度等级	C40	C35	C30	C30	C25	C25	C25	C25	C25
	抗冻等级	F300	F250	F200	F200	F150	F100	F100	F50	F50
	抗渗等级	≥W6			≥W6			≥W6		
轻度	强度等级	≥C45	C40	C35	C35	C30	C25	C25	C25	C25
	抗冻性能	F350	F300	F250	F250	F200	F150	F150	F100	F50
	抗渗等级	≥W6			≥W6			≥W6		
中度	强度等级	≥C45	≥C45	C40	C40	≥C35	C30	C30	C25	C25
	抗冻等级	F400	F350	F300	F300	F250	F200	F200	F150	F100
	抗渗等级	≥W6			≥W6			≥W6		

续表 4.2.1

化学侵蚀等级	混凝土性能	设计使用年限								
		严寒地区			寒冷地区			温和地区(微冻地区)		
		50年	30年	20年	50年	30年	20年	50年	30年	20年
严重	强度等级	≥C45	≥C45	≥C45	≥C45	C40	C35	C35	C30	C25
	抗冻等级	F450	F400	F350	F350	F300	F250	F250	F200	F150
	抗渗等级	≥W8			≥W8			≥W8		

注:1 强度等级的单位为 MPa;

2 抗冻等级的单位为快速冻融循环次数;

3 抗渗等级的单位为 0.1MPa;

4 预制混凝土构件的最低强度等级要提高一个等级,但不低于 C35;

5 氯化物环境下的混凝土性能应符合现行行业标准《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654 的规定。

4.2.2 选用的混凝土原材料应符合下列规定:

1 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定;在氯化物及硫酸盐化学腐蚀环境下还应符合现行行业标准《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654 的规定,冻融环境下宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

2 细骨料应质地坚硬、清洁、级配良好。天然砂的细度模数宜在 2.2~3.0 范围内,含泥量混凝土强度大于 C30 及有抗冻要求时不应大于 3%,强度小于 C30 时不应大于 5%,不应含有泥块;人工砂的细度模数宜在 2.4~2.8 范围内,人工砂饱和面干的含水率不宜超过 6%,石粉含量宜为 6%~12%。有抗冻要求的混凝土细骨料坚固性不应大于 8%。未经专门论证,不应使用碱活性细骨料。

3 粗骨料应质地坚硬、清洁、级配良好。应根据衬砌工程的尺寸选取骨料粒径。粗骨料的含泥量,当最大骨料粒径为 20mm、40mm 时不应大于 1.0%,当最大骨料粒径为 80mm、150(120)mm 时不应大于 0.5%,不应含有泥块。有抗冻要求的混凝土粗骨料

坚固性不应大于 5%。未经专门论证,不应使用碱活性粗骨料。

4 应根据工程的环境条件和混凝土的抗渗性、抗裂性、抗冻性及抗冲磨性选择外加剂,外加剂品种和混凝土中其他原材料的适应性应通过试验确定。有抗冻要求的混凝土应掺用引气剂或引气减水剂。不应采用含有氯化物的防冻剂和其他外加剂。

5 矿物掺合料宜采用粉煤灰、硅灰、磨细矿渣粉等活性掺合料。掺合料的品质、掺量应符合下列规定:

- 1) 粉煤灰掺合料宜选用游离氧化钙含量不大于 10% 的 I 级或 II 级粉煤灰。引气混凝土中的粉煤灰掺合料含碳量不宜大于 1.5%。
- 2) 硅灰掺量不宜超过胶凝材料总量的 10%。
- 3) 氯化物环境和化学腐蚀环境中的混凝土,宜掺合磨细矿渣粉或多元复合矿物掺合料。
- 4) 掺加其他类型的活性掺合料应进行试验论证。

6 拌和与养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

4.2.3 喷射混凝土性能应符合下列规定:

- 1 最小抗弯强度应符合表 4.2.3-1 的规定。

表 4.2.3-1 喷射混凝土最小抗弯强度

抗压强度等级	C25	C30	C35
抗弯强度 (MPa)	3.5	3.8	4.2

2 喷射混凝土设计强度等级符合表 4.2.3-1 的规定,1d 龄期的抗压强度不低于 5MPa。最小黏结强度应符合表 4.2.3-2 的规定。

表 4.2.3-2 喷射混凝土与岩石及混凝土基底最小黏结强度

黏结类型	与混凝土的最小黏结强度 (MPa)	与岩石的最小黏结强度 (MPa)
非结构作用	0.5	0.2
结构作用	1.0	0.8

4.3 砌 石

4.3.1 石料应洁净、坚硬、无风化剥落和裂纹,并应符合下列规定:

- 1 料石外形宜方正,表面凹凸不应大于 10mm;
- 2 块石宜上下面平整、无尖角薄边,块重不应小于 20kg;
- 3 卵石的长径不应小于 20cm;
- 4 石板表面应平整、规则,厚度不应小于 50mm;

5 砌石的性能指标与检测方法应符合现行行业标准《砌石坝设计规范》SL 25 的规定。

4.3.2 砌石用水泥砂浆(细粒混凝土)应符合下列规定:

1 强度等级应根据表 4.3.2 和砌石体的设计强度的要求确定,砂浆用水泥强度等级宜不低于 42.5 级,宜采用中粗砂。

2 拌和物的表观密度不宜小于 1900kg/m³。

3 稠度宜在 30mm~50mm 范围内选用,分层度应不大于 30mm。

表 4.3.2 砂浆(细粒混凝土)的强度等级(MPa)

防渗结构		砌筑砂浆		砌筑细粒混凝土		勾缝砂浆	
		温和地区	严寒和寒冷地区	温和地区	严寒和寒冷地区	温和地区	严寒和寒冷地区
砌石	料石	M7.5~ M10	M10~ M15	C25	C30	M10~ M15	M15~ M20
	块石(卵石)	M5~ M7.5	M7.5~ M10	C25	C30	M7.5~ M10	M10~ M15
	石板	M7.5~ M10	M10~ M15	—	—	M10~ M15	M15~ M20
混凝土预制板		M7.5~ M10	M10~ M20	高于预制板混凝土强度一个等级		M10~ M15	M15~ M20

注:砌筑细粒混凝土粗骨料的最大粒径不应大于 15mm,级配良好。

4 具有抗冻要求时,经设计要求的冻融试验后,质量损失率不应大于 5%,抗压强度损失率不应大于 25%。

5 应采用机械搅拌,搅拌时间不应小于 120s。掺用粉煤灰和外加剂砂浆搅拌时间不应小于 180s。

6 水泥砂浆的性能检测方法宜按现行行业标准《水工混凝土试验规程》SL 352 的规定执行。

4.4 沥青混凝土

4.4.1 沥青混凝土可采用石油沥青或者聚合物改性沥青,其质量应符合表 4.4.1-1 与表 4.4.1-2 的规定,各项性能检测方法应按现行行业标准《水工沥青混凝土试验规程》DL/T 5362 和《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 的规定执行。石油沥青的品种和标号应根据工程类别、结构性能要求、当地气温、运行条件和施工要求等进行选择。炎热地区或高寒地区,可选择聚合物改性沥青。

表 4.4.1-1 石油沥青的质量要求

指 标	沥青标号										
	90 号					70 号					50 号
针入度(25℃,5s, 100g)(0.1mm)	80~100					60~80					40~60
适用的气候分区	1-1	1-2	1-3	2-2	2-3	1-3	1-4	2-2	2-3	2-4	1-4
针入度指数 PI	-1.5~+1.0										
软化点(R&B)(℃)	≥45			≥44		≥46		≥45			≥49
60℃动力黏度(Pa·s)	≥160			≥140		≥180		≥160			≥200
10℃延度(cm)	≥45	≥30	≥20	≥30	≥20	≥20	≥15	≥25	≥20	≥15	≥15
含蜡量(蒸馏法)(%)	≤2.2										
闪点(℃)	≥245					≥260					
溶解度(%)	≥99.5										
密度(15℃)(g/cm ³)	实测记录										
薄膜烘箱试验(或旋转薄膜烘箱)后残留物											
质量变化(%)	±0.8										
残留针入度比(25℃) (%)	≥57					≥61					≥63
残留延度(10℃)(cm)	≥8					≥6					≥4

表 4.4.1-2 聚合物改性沥青的技术要求

指 标	SBS 类(I 类)				SBR 类(II 类)				EVA、PE 类(III 类)			
	I-A	I-B	I-C	I-D	II-A	II-B	II-C	III-A	III-B	III-C	III-D	
针入度 25℃, 5s(0.1mm), 100g	>100	80~100	60~80	30~60	>100	80~100	60~80	>80	60~80	40~60	30~40	
针入度指数 <i>PI</i>	≥-1.2	≥-0.8	≥-0.4	≥0	≥-1.0	≥-0.8	≥-0.6	≥-1.0	≥-0.8	≥-0.6	≥-0.4	
延度 5℃, 5cm/min(cm)	≥50	≥40	≥30	≥20	≥60	≥50	≥40	—	—	—	—	
软化点 $T_{R\&B}$ (℃)	≥45	≥50	≥55	≥60	≥45	≥48	≥50	≥48	≥52	≥56	≥60	
运动黏度 ^[2] 135℃(Pa·s)	≤3											
闪点(℃)	≥230											
溶解度(%)	≥99											
弹性恢复 25℃(%)	≥55	≥60	≥65	≥75	—							—
黏韧性(N·m)	≥5											
韧性(N·m)	≥2.5											
储存稳定性 ^[3] 离析, 48h 软化点差(℃)	≤2.5				—				无改性剂明显析出、凝聚			
薄膜烘箱试验(或旋转薄膜烘箱)后残留物												
质量变化(%)	≤±1.0											
针入度比 25℃(%)	≥50	≥55	≥60	≥65	≥50	≥55	≥60	≥50	≥55	≥58	≥60	
延度 5℃(cm)	≥30	≥25	≥20	≥15	≥30	≥20	≥10	—				

4.4.2 沥青混凝土所用粗骨料宜采用碱性岩石破碎的碎石。当采用天然卵石料时,其用量不宜超过粗骨料用量的 50%,并经试验研究论证;当采用酸性粗骨料时,应采取增强骨料与沥青黏附性的措施,并经试验研究论证。粗骨料应质地坚硬、新鲜,不因加热而引起性质变化,其性能指标应满足表 4.4.2 的要求,各项性能检测方法宜按现行行业标准《水工沥青混凝土试验规程》DL/T 5362 的规定执行。

表 4.4.2 粗骨料的技术要求

项 目	指 标
表观密度(kg/m ³)	≥2600
与沥青黏附性(级)	≥4
针片状颗粒含量(%)	≤25
压碎值(%)	≤30
吸水率(%)	≤2
含泥量(%)	≤0.5
耐久性(%)	≤12

注:1 与沥青黏附性水煮法测试;

2 针片状颗粒含量采用颗粒最大、最小尺寸比大于 3 计算;

3 压碎值试验压力采用 400kN;

4 耐久性指标采用硫酸钠干湿循环 5 次的质量损失计算。

4.4.3 沥青混凝土所用细骨料可选用人工砂、天然砂、加工碎石筛余的石屑,但其级配应符合要求;细骨料应质地坚硬、新鲜,不因加热而引起性质变化,其性能指标应满足表 4.4.3 的要求,各项性能检测方法应按现行行业标准《水工沥青混凝土试验规程》DL/T 5362 的规定执行。

表 4.4.3 细骨料的技术要求

项 目	指 标
表观密度(kg/m ³)	≥2550
水稳定等级(级)	≥6

续表 4.4.3

项 目	指 标
耐久性(%)	≤ 15
有机质及泥土含量(%)	≤ 2

注:1 水稳定等级指标采用硫酸钠溶液煮沸 1min 测得;

2 耐久性指标采用硫酸钠干湿循环 5 次的质量损失计算。

4.4.4 沥青混凝土所用填料宜采用石灰岩粉、白云岩粉,也可采用滑石粉、普通硅酸盐水泥。当采用粉煤灰时,需经试验研究论证。填料应不结团块、不含有机质及泥土,其性能指标应满足表 4.4.4 的要求,各项性能指标的检验方法按现行行业标准《水工沥青混凝土试验规程》DL/T 5362 的规定进行。

表 4.4.4 填料的技术要求

项 目	指 标	
表观密度(kg/m^3)	≥ 2500	
亲水系数	≤ 1	
含水率(%)	≤ 0.5	
细度(%)	$< 0.6\text{mm}$	100
	$< 0.15\text{mm}$	> 90
	$< 0.075\text{mm}$	> 85

4.4.5 渠道防渗层沥青混凝土的主要技术指标应满足表 4.4.5 的要求,各项性能检测方法应按现行行业标准《水工沥青混凝土试验规程》DL/T 5362 的规定执行。

表 4.4.5 碾压式沥青混凝土防渗层的技术要求

项 目	指 标	
孔隙率(%)	芯样	≤ 3
	马歇尔试件	≤ 2
渗透系数(cm/s)	$\leq 1 \times 10^{-8}$	

续表 4.4.5

项 目	指 标
水稳定系数	≥ 0.9
斜坡流淌值(mm)	≤ 0.8
冻断温度(°C)	按当地最低气温确定
弯曲或拉、压强度与应变	根据温度、工程特点和运用条件等通过计算提出要求

4.4.6 渠道整平层沥青混凝土的主要技术指标应满足表 4.4.6 的要求,各项性能检测方法应按现行行业标准《水工沥青混凝土试验规程》DL/T 5362 的规定执行。

表 4.4.6 碾压式沥青混凝土整平胶结层的技术要求

项 目	指 标
孔隙率(%)	10~15
热稳定系数	≤ 4.5
水稳定系数	≥ 0.85

4.4.7 渠道防渗沥青混凝土封闭层使用的沥青玛蹄脂、改性沥青玛蹄脂或其他防水材料,应与防渗层面黏结牢固,高温不流淌、低温不脆裂,并易于涂刷和喷洒。其斜坡热稳定性和检验方法应符合表 4.4.7 的规定。

表 4.4.7 封闭层的技术要求和检验方法

项 目	指 标	检验方法及说明
斜坡热稳定性	不流淌	在沥青混凝土防渗层 20cm×30cm 面上涂 2mm 厚封闭层,在 1:1.7 坡度或按设计坡度,70°C,48h 条件下,按现行行业标准《水工沥青混凝土试验规程》DL/T 5362 的方法检验

4.4.8 沥青混凝土防渗层与岸边基岩或与混凝土结构连接处的楔形体沥青砂浆或细粒沥青混凝土应保证连接部位黏结牢固、稳

定、变形均匀协调。其材料和配合比应结合工程条件通过试验确定,必要时应进行模型试验论证。其主要技术指标应满足表 4.4.8 的要求,各项性能检测方法应按现行行业标准《水工沥青混凝土试验规程》DL/T 5362 和《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》SL 501 的规定执行。

表 4.4.8 楔形体沥青砂浆或细粒沥青混凝土主要技术指标

项 目	指 标
孔隙率(%)	≤ 2
小梁弯曲应变(%)	≥ 4
施工黏度(Pa·s)	$\geq 10^3$
分离度	≤ 1.05

4.5 土工膜

4.5.1 土工膜宜采用高密度聚乙烯、聚氯乙烯和复合土工膜等材料,不应掺加再生料或回收料。

4.5.2 高密度聚乙烯、聚氯乙烯土工膜的厚度应不小于 0.5mm,高密度聚乙烯土工膜的性能指标及检验方法应符合现行国家标准《土工合成材料 聚乙烯土工膜》GB/T 17643 的规定,聚氯乙烯土工膜的性能指标及检验方法应符合现行国家标准《高分子防水材料 第 1 部分:片材》GB 18173.1 的规定。

4.5.3 复合土工膜的膜料有效厚度不应小于 0.5mm,性能指标及检验方法应符合现行国家标准《土工合成材料 非织造复合土工膜》GB/T 17642 的规定。

4.6 模袋混凝土

4.6.1 土工模袋宜采用锦纶或丙纶等长丝机织布制作,机织布的性能应符合现行国家标准《土工合成材料 长丝机织土工布》GB/T 17640 的规定。

4.6.2 土工模袋的外观质量应符合表 4.6.2 的规定。

表 4.6.2 土工模袋外观质量

序号	项 目	要 求
1	经、纬密度偏差	在 100mm 内与公称密度相比不允许缺少 2 根以上
2	断丝	在同一处不允许有 2 根以上的断丝；同一处断丝 2 根以内(包括 2 根),100m ² 内不超过 6 处
3	蛛丝	不允许有大于 50mm ² 的蛛网,100m ² 内不超过 3 个
4	模袋边不良	整卷模袋不允许连续出现长度大于 2000mm 的毛边、散边
5	接口缝制	不允许有断口和开口；若有断线必须重合缝制,重合缝制搭接长度不小于 200mm
6	布边抽缩和边缘不良	允许距土工模袋边缘 20mm 内有布边抽缩和边缘不良现象

4.6.3 土工模袋的缝制强度不应小于标称断裂强度的 0.5 倍。土工模袋的检测方法按照现行行业标准《土工合成材料测试规程》SL 235 的规定执行。

4.6.4 模袋混凝土(砂浆)的强度等级、耐久性等级性能指标和检测方法应符合本标准第 4.2 节的规定。

4.6.5 模袋混凝土试样制备应符合下列规定：

1 应缝制吊袋；吊袋应为与模袋相同材料的织物缝制而成的布袋，吊袋尺寸应为直径 150mm、长 1500mm。

2 应在拌和机口或充灌口取样，灌入吊袋中，灌入长度为 1200mm，吊置时间为 10min~20min，待无拌和水渗出时，放下吊袋，取出混凝土拌合物。

3 根据试验项目要求，应按照现行行业标准《水工混凝土试验规程》SL 352 的要求装入标准试模中制样、养护和测试。

4.7 膨润土防水毯

4.7.1 膨润土防水毯应表面平整、厚度均匀，无破洞、破边、残留

断针,针刺应均匀。

4.7.2 使用的膨润土应为钠基膨润土,膨润土的性能指标及检验方法应符合表 4.7.2 的规定。

表 4.7.2 膨润土防水毯的膨润土质量要求及检验方法

项 目	性能指标	检 验 方 法
膨润土膨胀指数(mL/2g)	≥ 24	符合《膨润土》GB/T 20973 的相关规定
吸蓝量(g/100g)	≥ 30	
膨润土耐久性(mL/2g)	≥ 20	
膨胀指数变化率(%)	≥ 80	符合《天然钠基膨润土防渗衬垫》JC/T 2054 的相关规定
粒状膨润土:0.2mm~2.0mm 颗粒含量(%)	≥ 80	符合《土工试验规程》SL 237 的相关规定
粉状膨润土:小于 0.075mm 颗粒含量(%)	≥ 80	

4.7.3 膨润土防水毯的性能指标及检验方法应符合表 4.7.3 的规定,试验取样应符合现行国家标准《土工合成材料 取样和试样的准备》GB/T 13760 的规定执行。

表 4.7.3 膨润土防水毯的性能指标及检验方法

项 目		性 能 指 标		检 验 方 法
		GCL-NP	GCL-OF	
单位面积质量 (g/m ²)	天然钠基	≥ 3800	≥ 3800	符合《土工合成材料测试规程》SL 235 的相关规定
	人工钠化	≥ 4800	≥ 4800	
拉伸强度(N/100mm)		≥ 600	≥ 700	
最大负荷下伸长率(%)		≥ 10	≥ 10	
剥离强度 (N/100mm)	非织造布与编织布	≥ 40	≥ 40	
	PE膜与非织造布	—	≥ 30	
渗透系数(cm/s)		$\leq 5.0 \times 10^{-9}$	$\leq 5.0 \times 10^{-10}$	符合《钠基膨润土防水毯》JG/T 193 的相关规定

续表 4.7.3

项 目	性能指标		检验方法
	GCL-NP	GCL-OF	
滤失量(mL)	≤18	≤18	符合《钻井液材料规范》GB/T 5005 的相关规定
耐静水压	0.4MPa, 1h,无渗漏	0.6MPa, 1h,无渗漏	符合《钠基膨润土防水毯》JG/T 193 的相关规定

注:1 GCL-NP 为针刺法 GCL;

2 GCL-OF 为针刺覆膜法 GCL。

4.7.4 膨润土防水毯抗冻融性能指标及检验方法应符合表 4.7.4 的规定。

表 4.7.4 膨润土防水毯抗冻性要求及检验方法

项 目	性能指标		检验方法
	GCL-NP	GCL-OF	
100 次冻融循环后的渗透系数(cm/s)	≤ 5.0×10^{-8}	≤ 5.0×10^{-9}	符合本标准附录 A 的规定

4.8 土工格室

4.8.1 土工格室宜由聚酯/聚酰胺纳米纤维与乙烯基质形成的高分子材料(PCA)或改性的高密度聚乙烯(HDPE)等材料制成。

4.8.2 土工格室的规格应符合表 4.8.2 的规定。

表 4.8.2 土工格室规格

特 性	规格尺寸						备 注
焊缝间距 (mm)	330±2.5	356±2.5	445±2.5	600±2.5	660±2.5	712±2.5	—
格室高度 (mm)	50±1,75±1,100±1,120±2,150±2,200±2						—

续表 4.8.2

特 性	规格尺寸						备 注
格室打开后对角线长度(mm)	210×245	224×260	290×340	385×430	420×490	448×520	每条对角线长度偏差±3%

4.8.3 土工格室应根据渠道不同的条件选择,格室性能应符合表 4.8.3 的规定。

表 4.8.3 土工格室的渠道条件与性能要求

渠道条件			格室性能要求				
坡比	坡面瞬时最大流速(m/s)	边坡高度(m)	片材屈服强度(不打孔)(kN/m)	片材屈服强度(打孔)(kN/m)	焊接强度(kN/m)	低温冲击脆化性能(°C)	焊缝长期力学性能指标(kN/m)
≤1:1.5	≤8	≤50	≥20	≥15	≥26	-70	13
>1:1.5 ≤1:1.0	≤5	≤8	≥20	≥15	≥26	-70	13
		≤12	≥21	≥16	≥27	-70	13.5
>1:1.0 ≤1:0.5	≤8	≤15	≥23	≥17	≥27	-70	13.5
	≤2	≤3	≥21	≥16	≥27	-70	13.5
	≤5	≤5	≥23	≥17	≥27	-70	13.5

4.8.4 土工格室应配套锚杆、加筋带以及限位帽和连接键等配件。配件的性能应符合下列规定:

1 锚杆宜选用热轧带肋钢筋锚杆、玻璃纤维增强筋锚杆或玄武岩纤维复合筋锚杆,材料的性能应符合国家现行标准《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》GB 1499.2、《土木工程用玻璃纤维增强筋》JG/T 406 和《公路工程 玄武岩纤维及其制品 第4部分:玄武岩纤维复合筋》JT/T 776.4 的规定。

2 加筋带宜选用高强度聚酯纤维工业长丝单丝编织带、芳纶纤维工业长丝单丝编织带或聚丙烯三股纽绳,材料的性能应符合

表 4.8.4-1 的要求。

表 4.8.4-1 加筋带性能指标

材质	宽度或直径(mm)	断裂强度(kN)	断裂伸长率(%)
高强度聚酯纤维 工业长丝单丝编织带	13	≥ 3.11	9~15
	19	≥ 6.70	
	19	≥ 9.30	
芳纶纤维 工业长丝单丝编织带	10	≥ 8.90	≤ 3.5
	16	≥ 13.34	
	19	≥ 18.90	
聚丙烯三股扭绳加筋带	6	≥ 4.4	—

3 限位帽材宜为高分子材料 PCA 或改性的 HDPE,性能应符合表 4.8.4-2 的要求;连接键材质宜为高分子材料尼龙,抗拉屈服强度应大于 10kN。

表 4.8.4-2 限位帽规格与性能指标

材质	PCA 或改性的 HDPE	
抗压强度(MPa)	≥ 655	
适用范围	直径 12mm 锚杆	直径 14mm 锚杆

4.9 塑料土工格栅

4.9.1 塑料土工格栅可采用聚丙烯单拉塑料格栅、高密度聚乙烯单拉塑料格栅和聚丙烯双拉塑料格栅,土工格栅色泽应均匀,原材料的性能指标应满足表 4.9.1 的要求。

表 4.9.1 塑料土工格栅原材料性能指标

项目	性能要求	检验方法
炭黑含量与分布	炭黑含量 $\geq 2.0\%$,炭黑分布应均匀,分散表观等级不低于 B 级	符合《聚烯烃管材、管件和混配料中颜料或炭黑分散度的测定》GB/T 18251,符合《聚乙烯管材和管件炭黑含量的测定》GB/T 13021 的相关规定

续表 4.9.1

项 目	性能要求	检验方法
灰分	$\leq 1.0\%$	符合《塑料 灰分的测定 第1部分:通用方法》GB/T 9345.1 的相关规定
抗紫外线强度保持率	$\geq 90\%$	符合《土工合成材料测试规程》SL 235 的相关规定

4.9.2 塑料土工格栅的外观应无损伤、无破裂。网孔大小形状应一致,宽度不应有负偏差。

4.9.3 塑料土工格栅的力学性能应符合现行国家标准《土工合成材料 塑料土工格栅》GB/T 17689 的规定。

4.10 机编钢丝网

4.10.1 机编钢丝网的钢丝性能应符合现行行业标准《工程机编钢丝网用钢丝》YB/T 4221 的规定,机编钢丝网及组合体产品尺寸及偏差、镀层、网面的力学性能和耐久性应符合现行行业标准《工程用机编钢丝网及组合体》YB/T 4190 的规定。

4.10.2 机编钢丝网网孔尺寸及允许偏差应符合表 4.10.2 的规定。

表 4.10.2 机编钢丝网网孔尺寸及允许偏差

网孔型号	网孔尺寸 (mm)	网孔尺寸 偏差(mm)	钢丝直径 (mm)	结构形式
M6	60	0 +8	2.0 ^①	卷网、网垫
			2.2 ^①	
			2.4	卷网
			2.7	卷网、网箱

续表 4.10.2

网孔型号	网孔尺寸 (mm)	网孔尺寸 偏差(mm)	钢丝直径 (mm)	结构形式
M8	80	0 +10	2.2 ^①	支挡结构用的加筋土单元 ^①
			2.4	卷网
			2.7 ^①	支挡结构用的加筋土单元 ^② 网箱、卷网
			3.0	卷网、网箱
			3.4	
			3.9	
M10	100	-4 +12	2.7 3.0	卷网

注:①金属镀层或有机涂层;

②加筋土产品需有机涂层。

4.10.3 网丝、端丝、边丝和绑扎丝直径应符合表 4.10.3 的规定。

表 4.10.3 网丝、端丝、边丝和绑扎丝直径

网丝和绑扎丝直径(mm)	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.4	3.9
端丝和边丝直径(mm)	2.4	2.7	3.0	3.4	3.9	4.4	4.9

4.10.4 有机涂层钢丝直径应符合表 4.10.4 的规定。

表 4.10.4 有机涂层钢丝直径标准

裸丝芯材直径(mm)	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.4
有机涂层钢丝直径(mm)	2.5	2.9	3.1	3.4	3.7	4.2

4.10.5 不同环境条件下机编钢丝网的选择应符合表 4.10.5 的规定。

表 4.10.5 机编钢丝网的适用条件

环境条件	防腐处理类型	
	有机涂层	金属镀层
寒冷地区、严寒地区	—	Zn 95%/Al 5% 合金
	—	Zn 90%/Al 10% 合金

续表 4.10.5

环境条件	防腐处理类型	
	有机涂层	金属镀层
温和地区轻度污染	—	Zn 95%/Al 5% 合金
	—	Zn 90%/Al 10% 合金
	聚氯乙烯(PVC)	Zn 95%/Al 5% 合金
	聚酰胺(PA6)	
	聚氯乙烯(PVC)	Zn 90%/Al 10% 合金
	聚酰胺(PA6)	
温和地区中度污染	聚氯乙烯(PVC)	Zn 95%/Al 5% 合金
	聚酰胺(PA6)	Zn 90%/Al 10% 合金
	聚氯乙烯(PVC)	
	聚酰胺(PA6)	
温和地区重度污染	聚氯乙烯(PVC)	Zn 95%/Al 5% 合金
	聚酰胺(PA6)	
	聚氯乙烯(PVC)	Zn 90%/Al 10% 合金
	聚酰胺(PA6)	
	聚酯(P)	

4.10.6 机编钢丝网成品网面的抗拉强度不应低于表 4.10.6 的规定。

表 4.10.6 成品网面抗拉强度

网孔型号	钢丝直径(mm)	网面(kN/m)	翻边(kN/m)
M6	2.0	30	21
M8	2.7	50	35
M10	2.7	37	26

4.10.7 机制钢丝网的配件应符合下列规定：

1 绑扎钢丝、水平加强丝的材质和力学指标应与网丝一致；

2 C型钉应由高强度的镀锌、镀锌铝合金镀层或不锈钢钢丝制成,钢丝直径不小于3.0mm。C型钉最小拉开值应不小于2.0kN。C型钉最小拉开值检验方法应符合本标准附录B.1的规定。

4.10.8 机编钢丝网面钢丝的力学性能试验方法应按照现行国家标准《金属材料拉伸试验 第1部分:室温试验方法》GB/T 228.1的规定执行,网面的抗拉强度及网面翻边强度的试验方法应按照本标准附录B的规定执行,各种涂层的耐久性检验应按照现行行业标准《工程用机编钢丝网及组合体》YB/T 4190的规定执行。

4.11 保温材料

4.11.1 渠道衬砌用保温材料可采用模塑聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)、挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)和硬质聚氨酯泡沫塑料(PU)。

4.11.2 模塑聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)的导热系数不应大于 $0.039\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,体积吸水率不应大于2%,应变10%的抗压强度不应小于150kPa;300次冻融循环后,体积吸水率不应大于3%,导热系数不应大于 $0.042\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

4.11.3 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)的导热系数不应大于 $0.030\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,体积吸水率不应大于1.5%,应变10%的抗压强度不应小于150kPa;300次冻融循环后,体积吸水率不应大于3%,导热系数不应大于 $0.032\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

4.11.4 硬质聚氨酯泡沫塑料(PU)的导热系数不应大于 $0.024\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,体积吸水率不应大于4%,应变10%的抗压强度不应小于150kPa;300次冻融循环后,体积吸水率不应大于6%,导热系数不应大于 $0.032\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

4.11.5 保温材料的试验方法按照现行国家标准《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法》GB/T 10294、《硬质泡沫塑料吸水率的测定》GB/T 8810、《硬质泡沫塑料 压缩性能的测定》

GB/T 8813 和《建筑用绝热制品 抗冻融性能的测定》GB/T 33011 的规定执行。

4.11.6 渠道防渗衬砌、保温防冻采用其他新型材料应经试验确定。

4.12 伸缩缝填充材料

4.12.1 伸缩缝填充材料应黏结力强、变形性能大、耐高温好、耐老化、无毒、无环境污染,并易于施工嵌填等要求。对有特殊要求的填充材料应符合耐碱、盐等标准的规定。在运行条件下不应与衬砌体分离,并应适应长期浸泡、低温和冻融循环等环境。

4.12.2 石油沥青聚氨酯填缝材料应符合下列规定:

1 形态应为均匀膏状物,无结皮、凝胶或不易分散的固体团块,无焦油、甲苯、二甲苯、汽油等刺激性气味;

2 技术要求和检测方法应符合表 4.12.2 的规定;

3 材料的试验黏结基材应符合现行国家标准《建筑密封材料试验方法 第 1 部分:试验基材的规定》GB/T 13477.1 的规定。

表 4.12.2 石油沥青聚氨酯填缝材料的性能指标及检验方法

序号	项 目	性能指标	检 验 方 法
1	密度(g/cm^3)	≤ 1.4	符合现行国家标准《建筑密封材料试验方法 第 3 部分:使用标准器具测定密封材料挤出性的方法》GB/T 13477.3 的相关规定
2	表干时间(h)	≤ 24	符合现行国家标准《建筑密封材料试验方法 第 5 部分:表干时间的测定》GB/T 13477.5 的相关规定
3	最大拉伸黏结强度 (MPa)	≥ 0.3	符合现行国家标准《建筑密封材料试验方法 第 9 部分:浸水后拉伸黏结性的测定》GB/T 13477.9 的相关规定

续表 4.12.2

序号	项 目		性能指标	检 验 方 法
4	最大拉伸黏结断裂伸长率(%)		≥ 250	符合现行国家标准《建筑密封材料试验方法 第9部分:浸水后拉伸黏结性的测定》GB/T 13477.9 的相关规定
5	定伸黏结性(%)		≥ 125	符合现行国家标准《建筑密封材料试验方法 第10部分:定伸黏结性的测定》GB/T 13477.10 的相关规定
6	弹性恢复率(%)		≥ 70	符合现行国家标准《建筑密封材料试验方法 第11部分:浸水后定伸黏结性的测定》GB/T 13477.11 的相关规定
7	耐紫外线老化 50℃±3℃, 168h	最大拉伸黏结强度保持率(%)	≥ 70	符合现行国家标准《硫化橡胶人工气候老化(荧光紫外灯)试验方法》GB/T 16585 的相关规定
		最大拉伸黏结断裂伸长率保持率(%)		

4.12.3 止水带应符合下列规定:

1 应采用天然橡胶制品,表面平整、弹性好,遇水稳定不膨胀,耐久性好;

2 技术要求应符合现行国家标准《高分子防水材料 第2部分:止水带》GB 18173.2 的规定。

4.12.4 沥青砂浆应符合下列规定:

1 沥青应采用石油沥青,拌制过程中应搅拌均匀,结构密实,满足工程要求的防渗性能,有一定的弹塑性和耐候性;

2 技术要求和检测方法符合表 4.12.4 的规定。

表 4.12.4 沥青砂浆的性能指标及检验方法

项 目	性能指标	检 验 方 法
硬度(邵尔 A)(度)	15~65	符合现行国家标准《硫化橡胶或热塑性橡胶压入硬度试验方法 第 1 部分:邵氏硬度计法(邵尔硬度)》GB/T 531.1 的相关规定
最大拉伸黏结强度(MPa)	≥ 0.1	符合现行国家标准《建筑密封材料试验方法 第 8 部分:拉伸黏结性的测定》GB/T 13477.8 的相关规定
最大拉伸黏结伸长率(%)	≥ 50	
耐高温性能	80℃, 3h, 下垂值 $\leq 1\text{mm}$	将沥青砂浆制成 100mm×100mm×5mm 的试块 3 块, 置于实验室标准温度下 24h 后, 放在角度为 45°的支架平板上, 使样品与水平面成 45°夹角, 样品下边与水平面平行, 并做标志; 将样品放入 80℃烘箱中, 保持 3h 后取出放凉, 量测下边缘的下垂值
耐低温性能	-50℃, 3h, 绕 $\phi 25\text{mm}$ 圆棒, 无裂纹	将沥青砂浆制成 100mm×100mm×5mm 的试块 3 块, 置于实验室标准温度下 24h 后; 将试样和 $\phi 25\text{mm}$ 圆棒一起放入 -50℃低温冰箱中, 保持 3h 后, 立即将试样绕 $\phi 25\text{mm}$ 圆棒一周, 观察试样表面是否有裂纹

4.12.5 遇水膨胀橡胶应符合下列规定:

1 材料表面不应有开裂、缺胶等影响使用的缺陷, 每 1m 膨胀橡胶表面不应有超过 4 处深度大于 2mm 且面积大于 16mm² 的凹痕、气泡、杂质、明疤等缺陷;

2 性能指标应符合现行国家标准《高分子防水材料 第 3 部分:遇水膨胀橡胶》GB 18173.3 的规定。

4.12.6 混凝土接缝密封嵌缝板应符合下列规定:

1 应采用低密度高压聚乙烯交联模压发泡材料制成的半硬质闭孔泡沫塑料嵌缝板; 产品应颜色与泡孔均匀一致, 表面平整, 无明显收缩变形和切割刀痕。

2 性能指标应符合现行行业标准《混凝土接缝密封嵌缝板》JC/T 2255 的规定。

4.12.7 混凝土接缝密封胶应符合下列规定：

1 宜采用以聚硅氧烷为主要成分、室温固化的单组分密封胶，材料外观应细腻、均匀膏状物，不应有气泡、结皮和凝胶。

2 混凝土接缝密封胶的性能指标应符合现行国家标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683 的规定。

4.13 膜料的过渡层与保护层

4.13.1 膜料的过渡层可采用黏性土料、砂性土料和砂浆。

4.13.2 膜料的保护层应符合下列规定：

1 膜料的保护层可采用黏性土料、砂砾土料、混凝土和砌石。

2 采用黏性土料作为膜料防渗渠道的保护层时，压实度应达到 0.92 以上。

3 采用砂砾土料作为膜料防渗渠道的保护层时，级配宜符合图 4.13.2 推荐的范围。砂砾料的最大粒径宜为 75mm~150mm。砂砾料的颗粒级配筛分试验宜按现行行业标准《土工试验规程》SL 237 的规定执行。

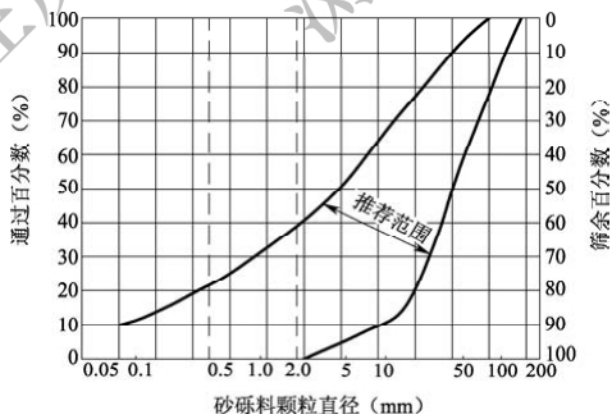


图 4.13.2 砂砾料保护层的级配

4 采用混凝土作为膜料防渗渠道的保护层时,混凝土及原材料的性能要求和检验方法应符合本标准第 4.2 节的规定。

5 采用砌石作为膜料防渗渠道的保护层时,砌石的性能要求及检验方法应符合本标准第 4.3 节的规定。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

5 工程设计

5.1 一般规定

5.1.1 防渗衬砌设计应使结构在设计使用年限内,以安全且经济的方式满足规定的各项功能要求。

5.1.2 防渗衬砌应满足下列功能要求:

1 保持良好的使用性能,满足渠道的输水要求;

2 能承受在施工和运行期间可能出现的各种作用,满足渠基、渠坡和衬砌结构稳定要求,且能克服渗漏、冻胀、冲刷、淤积、盐胀、侵蚀等不利因素的影响;

3 具有足够的耐久性能。

5.1.3 防渗衬砌设计时,应根据下列要求采取措施,使结构不出现或少出现可能的损坏:

1 避免、消除或减少结构可能受到的危害;

2 采用对可能受到的危害反应不敏感的结构类型;

3 使结构具有整体稳定性;

4 采用适当的材料和合理的构造,制定结构制作、施工和使用等的控制措施。

5.1.4 防渗衬砌结构设计应具备气象、地形、工程地质和水文地质等资料,以及渠基和渠坡土的物理力学试验资料。

5.1.5 防渗衬砌工程设计应依据规划确定的防渗等级、工程等级和环境条件,进行荷载计算、渠道断面形式选择和水力计算、渠基处理设计、渠坡设计与边坡稳定分析、衬砌结构设计和稳定分析,以及结构措施与构造设计和附属设施设计。

5.1.6 5级渠道宜采用标准化设计、工厂化生产、装配化施工的预制混凝土渠槽。流量小于 $1\text{m}^3/\text{s}$ 时,宜采用整体式预制渠槽。

5.1.7 填筑高度和开挖深度大于或等于6m、特殊土和存在冻胀变形的渠段应进行渠道渗漏、变形、冻胀和孔隙水压力等监测设计。

5.2 荷载计算

5.2.1 应将渠道上可能同时作用的各种荷载按基本和特殊两类进行组合,组合方式应符合表 5.2.1 的要求,并按最不利条件确定设计荷载组合。

表 5.2.1 荷载组合表

荷载组合	计算情况	荷载									
		自重	附加荷载	土压力	水重	孔隙水压力或扬压力	淤沙压力	冰压力	冻胀力	地震荷载	施工荷载
基本组合	设计水位	✓	✓	✓	✓	✓					
	冰冻情况	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		
特殊组合	I	施工情况	✓	✓	✓						✓
		加大水位	✓	✓	✓	✓	✓				
	II	地震情况	✓		✓	✓	✓			✓	
		水位骤降	✓	✓	✓		✓				

注：“✓”表示推荐需要计算的荷载。

5.2.2 荷载计算方法应符合现行行业标准《水工建筑物荷载设计规范》SL 744 的规定。

5.2.3 地震动峰值加速度大于 0.1g 地区的渠道的边坡稳定计算应计列地震荷载,地震荷载计算应符合现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》SL 203 的规定。

5.3 渠道断面形式与水力计算

5.3.1 渠道断面形式应根据渠道级别、规模、现状条件、防渗结构和渠基处理形式等因素,经技术经济比较分析确定。断面形式可选用梯形、矩形、复合形、弧形底梯形、弧形坡脚梯形、U形,严寒和寒冷地区4级及以上防渗衬砌渠道工程宜采用弧形坡脚梯形或者弧形底梯形渠道。

5.3.2 渠道水力计算应包括下列内容:

- 1 确定防渗衬砌后的渠道设计流量;
- 2 复核确定渠道断面形式、尺寸;
- 3 确定渠道的糙率、纵坡和流速;
- 4 复核渠道设计水面线。

5.3.3 防渗衬砌后渠道设计流量的计算应符合下列要求:

1 未设分水口的渠道,当不计渠道水面蒸发损失和管理损失时,其渠道起始断面流量应按下列公式计算:

$$Q_0 = Q_d + q \quad (5.3.3-1)$$

$$q = K_a \bar{\chi} L / 86.4 \quad (5.3.3-2)$$

式中: Q_0 ——渠道起始断面流量(m^3/s);

Q_d ——渠道末端断面流量(m^3/s);

q ——渠道防渗后的渗漏损失流量(m^3/s)。有类似防渗渠道的实测资料时, q 值按实测资料确定;无实测资料时,按式(5.3.3-2)进行估算;

K_a ——防渗渠道单位面积的渗漏量 [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$],可据防渗等级和防渗衬砌结构形式(表5.6.3)类比确定;

$\bar{\chi}$ ——渠道在设计流量下的平均湿周(m);

L ——渠道长度(km)。

2 有多个分水口的渠道,其流量计算可按逆向递推和正向递推两种方法进行,并应符合下列规定:

- 1) 逆向递推法可用于已知各分水口的流量时,求渠首流量。
通过计算各渠段的渗漏损失流量,从渠尾逆水流向逐渠

段递推,求出渠首流量。

- 2) 正向递推法可用于已知渠首流量及各分水口分水流量比例,求各分水口的分水流量。渠首流量、各渠段渗漏损失流量、各分水口的分水流量应符合水量平衡条件。计算时,从渠首顺水流方向逐渠段递推,通过试算,求出各分水口的分水流量,推求渠道流量的正向递推水量平衡法应符合本标准附录 D 的规定。

3 加大流量及最小流量应按现行国家标准《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288 规定计算。

5.3.4 渠道的断面尺寸计算应符合下列规定:

- 1 渠道的断面尺寸应满足式(5.3.4-1)要求。

$$Q = \omega \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \quad (5.3.4-1)$$

式中:Q——渠道设计流量(m^3/s);

ω ——过水断面面积(m^2);

n ——渠道糙率;

R ——渠道水力半径(m);

i ——渠道纵比降。

2 断面平均流速应满足不冲不淤的要求。允许不冲流速可按表 5.3.4-1 选用,不淤流速可按适宜于当地条件的经验公式计算。黄土地区渠道的不淤流速可按现行国家标准《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288 的相关规定确定。

表 5.3.4-1 渠道的允许不冲流速

防渗衬砌结构类别	防渗衬砌材料名称及施工情况	允许不冲流速(m/s)
砌石	浆砌料石	4.00~6.00
	浆砌块石	3.00~5.00
	浆砌卵石	3.00~5.00
	干砌卵石挂淤	2.50~4.00
	浆砌石板	<2.50

续表 5.3.4-1

防渗衬砌结构类别	防渗衬砌材料名称及施工情况	允许不冲流速(m/s)
混凝土	现场浇筑施工	<8.00
	预制铺砌施工	<5.00
	喷射法施工	<10.00
沥青混凝土	现场浇筑施工	<3.00
	预制铺砌施工	<2.00
膜料 (土料保护层)	黏土质砂、粉土质砂	<0.45
	细粒土质砂	<0.60
	含砾细粒土、含砂细粒土	<0.65
	黏土、粉土	<0.70
	砂砾料	<0.90

注:表中膜料防渗土料保护层的允许不冲流速为水力半径 $R=1\text{m}$ 时的情况。当 $R \neq 1\text{m}$ 时,表中的数值应乘以 R^α 。砂砾料、卵石,疏松的细粒土质砂和黏土,取 $\alpha=1/4 \sim 1/3$;中等密实的细粒土质砂和黏土,粉土, $\alpha=1/5 \sim 1/4$ 。

3 U形和弧形底梯形防渗渠道断面(图 5.3.4-1)的断面尺寸及水力计算应按下列方法进行:

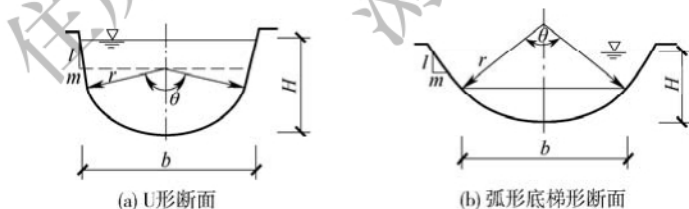


图 5.3.4-1 U形和弧形底梯形防渗渠道断面

1) 断面尺寸的各主要指标按式(5.3.4-2)~式(5.3.4-5)进行计算:

$$\omega = \left(\frac{\theta}{2} + 2m - 2\sqrt{1+m^2} \right) K_r^2 H^2 + 2(\sqrt{1+m^2} - m) K_r H^2 + mH^2 \quad (5.3.4-2)$$

$$\chi = 2 \left(\frac{\theta}{2} + m - \sqrt{1+m^2} \right) K_r H + 2H \sqrt{1+m^2} \quad (5.3.4-3)$$

$$K_r = \frac{r}{H} \quad (5.3.4-4)$$

$$b = 2r / \sqrt{1+m^2} \quad (5.3.4-5)$$

式中： χ ——湿周(m)；

θ ——渠底圆弧的圆心角(rad)；

H ——断面水深(m)；

r ——渠底圆弧半径(m)；

b ——弧形底的弦长(m)；

m ——渠道上部直线段的边坡系数， $m = \cot \frac{\theta}{2}$ 。

2) U形渠道 K_r 的取值：渠顶以上挖深不超过 1.5m，边坡系数 m 小于或等于 0.3，渠线经过耕地时，值可按表 5.3.4-2 选用。填方渠道、渠顶平坦的挖方渠道， K_r 取 1.0~0.8。

表 5.3.4-2 U形渠道 K_r 值

m	0	0.1	0.2	0.3	0.4
$\theta(^{\circ})$	180	168.6	157.4	146.6	136.4
K_r	0.65~0.72	0.62~0.68	0.56~0.63	0.49~0.56	0.39~0.47

注：挖深大、土质好、土地价值高时取小值。

4 弧形坡脚梯形防渗渠道断面(图 5.3.4-2)，断面尺寸水力计算应按式(5.3.4-6)~式(5.3.4-9)计算。

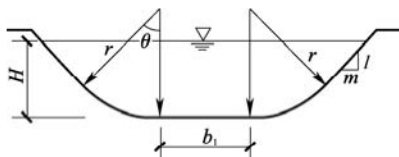


图 5.3.4-2 弧形坡脚梯形防渗渠道断面

$$\omega = (\theta + 2m - 2\sqrt{1+m^2})K_r^2 H^2 + 2(\sqrt{1+m^2} - m)K_r H^2 + mH^2 + b_1 H \quad (5.3.4-6)$$

$$\chi = 2(\theta + m - \sqrt{1+m^2})K_r H + 2H\sqrt{1+m^2} + b_1 \quad (5.3.4-7)$$

$$K_r = \frac{r}{H} \quad (5.3.4-8)$$

$$B = 2m(H-r) + 2r\sqrt{1+m^2} + b_1 \quad (5.3.4-9)$$

式中： θ ——圆弧坡脚的圆心角(rad)；

H ——断面水深(m)；

r ——渠底圆弧半径(m)；

b_1 ——渠底水平段宽(m)；

B ——水面宽(m)；

m ——渠道上部直线段的边坡系数， $m = \cot\theta$ 。

5 暗渠防渗断面(图 5.3.4-3)，其宽深比应按施工要求并通过经济比较选定，宜采用窄深式断面。水面以上的净空高度 e_0 的取用：箱形可采用 $e_0 \geq H_g/6$ (H_g 为暗渠断面的总高度)，城门洞形及正反拱形可采用 $e_0 \geq H_g/4$ 。

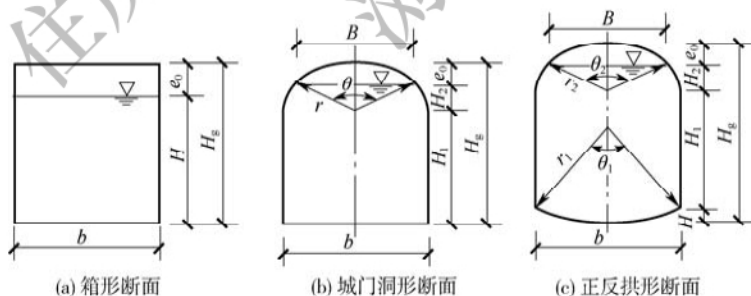


图 5.3.4-3 暗渠防渗断面

1) 城门洞形断面应按式(5.3.4-10)~式(5.3.4-13)计算：

$$\omega = H_1 b + \frac{1}{2} [r^2 (\pi - \theta) + B H_2] \quad (5.3.4-10)$$

$$\chi = b + 2H_1 + (\pi r - r\theta) \quad (5.3.4-11)$$

$$B = 2\sqrt{r^2 - H_2^2} \quad (5.3.4-12)$$

$$\theta = 2\arctan\left(\frac{\sqrt{r^2 - H_2^2}}{H_2}\right) \quad (5.3.4-13)$$

式中： H_1 ——暗渠直墙段高(m)；

H_2 ——暗渠顶部圆弧段水深(m)；

b ——暗渠宽(m)；

B ——水面宽(m)；

r ——顶部圆弧半径(m)；

θ ——水面宽圆弧圆心角(rad)。

2) 正反拱形断面应按式(5.3.4-14)~式(5.3.4-18)计算：

$$\omega = bH_1 + \frac{1}{2}[r_1^2\theta_1 - b(r_1 - H_3) + r_2^2(\pi - \theta_2) + BH_2] \quad (5.3.4-14)$$

$$\chi = 2H_1 + r_1\theta_1 + r_2(\pi - \theta_2) \quad (5.3.4-15)$$

$$\theta_1 = 2\arctan\frac{\sqrt{r_1^2 - (r_1 - H_3)^2}}{r_1 - H_3} \quad (5.3.4-16)$$

$$\theta_2 = 2\arctan\frac{\sqrt{r_2^2 - H_2^2}}{H_2} \quad (5.3.4-17)$$

$$B = 2\sqrt{r_2^2 - H_2^2} \quad (5.3.4-18)$$

式中： H_3 ——底部圆弧矢高(m)；

θ_1 ——底部圆弧圆心角(rad)；

θ_2 ——水面宽圆弧圆心角(rad)；

r_1 、 r_2 ——底部、顶部圆弧半径(m)。

6 梯形渠道水力最佳断面及实用经济断面应按现行国家标准《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288 规定的方法计算；弧形底部梯形防渗渠道水力最佳断面和实用经济断面的计算应符合附录 E.1 的规定；弧形坡脚梯形渠道水力最佳断面和实用经济断面的计算应符合附录 E.2 的规定。

5.3.5 渠道的糙率、纵坡和超高应按下列要求确定：

1 渠道的糙率应根据防渗结构类别、施工工艺、养护情况合理选用，并符合下列要求：

- 1) 有条件时宜采用类似条件下的实测值；
- 2) 缺乏实测资料时，渠道糙率可按表 5.3.5 选定；
- 3) 膜料防渗砂砾料保护层渠道的糙率可按式(5.3.5-1)计算：

$$n = 0.028d_{50}^{0.1667} \quad (5.3.5-1)$$

式中： n ——砂砾料保护层的糙率；

d_{50} ——砂砾料累计含量 50%时的粒径(mm)。

- 4) 同一断面采用不同衬砌材料时，综合糙率应按湿周加权平均计算。

表 5.3.5 不同材料防渗衬砌渠道糙率

防渗衬砌结构类别	防渗衬砌渠道表面特征	糙 率
砌石	浆砌料石、石板	0.015~0.023
	浆砌块石	0.020~0.025
	干砌块石	0.030~0.033
	浆砌卵石	0.025~0.027
	干砌卵石，砌工良好	0.027~0.032
	干砌卵石，砌工一般	0.032~0.037
	干砌卵石，砌工粗糙	0.037~0.042
混凝土	抹光的混凝土面	0.013~0.014
	金属模板浇筑，平整顺直，表面光滑	0.013~0.015
	刨光木模板浇筑，表面一般	0.015~0.016
	表面粗糙，缝口不齐	0.016~0.018
	修整及养护较差	0.017~0.019
	预制板砌筑	0.014~0.016
	预制渠槽	0.013~0.015

续表 5.3.5

防渗衬砌结构类别	防渗衬砌渠道表面特征	糙 率
混凝土	平整的喷浆面	0.015~0.016
	不平整的喷浆面	0.017~0.018
	波状断面的喷浆面	0.018~0.025
沥青混凝土	机械现场浇筑,表面光滑	0.012~0.014
	机械现场浇筑,表面粗糙	0.015~0.017
	预制板砌筑	0.016~0.018
膜料	土料保护层	0.022~0.027
	砂石料保护层	0.027~0.030
模袋混凝土	机械现场充填灌注,表面粗糙	0.020~0.022
网垫、网箱衬砌	填装良好	0.027~0.030

2 新建渠道的纵向坡比应符合现行国家标准《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288 的规定;改建渠道的纵坡应根据地形条件和输水水位的要求,经技术经济比较确定。

3 渠道衬砌超高应根据安全、运行、生态和经济等因素确定。

5.3.6 渠道水面线应满足各级渠道灌溉取水要求,并与原渠系的水位平顺衔接。

5.4 渠基处理

5.4.1 渠基处理设计应包括下列内容:

- 1 确定渠基土的填筑标准;
- 2 评价渠基土的湿陷性、膨胀性、冻胀或盐胀等不利特性对渠道的影响程度;
- 3 确定渠基土处理方式。

5.4.2 渠基土体的压实标准应符合下列规定:

- 1 黏性土填方渠道应按压实度控制,1级、2级渠道的压实度不小于0.95,3级、4级渠道的压实度不小于0.93,其他渠道的压

实度不小于 0.91；

2 非黏性土填方渠道应按相对密度控制,1 级、2 级渠道的相对密度不小于 0.70,3 级、4 级渠道的相对密度不小于 0.65,其他渠道的相对密度不小于 0.60；

3 挖方渠道表层 20cm~40cm 范围内渠基土应碾压,压实标准应与同级填方渠道相同；

4 砂性土、粉质黏土 5 级渠道可用浸水泡实法施工,干密度不应小于 $1.50\text{g}/\text{cm}^3$ ；

5 半挖半填渠道、新老结合渠基的结合处应采用台阶回填的方法处理,压实标准应与同级填方渠道相同；

6 有抗震要求的渠道应按现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》SL 203 的有关规定执行。

5.4.3 湿陷性黄土渠基处理应符合下列规定：

1 湿陷性黄土地区的渠道防渗衬砌工程应进行湿陷性评价,确定湿陷等级。湿陷性黄土的评价应符合本标准附录 F.1 的规定。

2 不同等级的湿陷性黄土渠基处理应符合下列规定：

1) 湿陷性等级为 I 级,可以不做处理。

2) 渠基湿陷等级为 II、III、IV 级时,3 级及以上渠道渠基处理应消除全部湿陷量；4 级渠道处理后剩余湿陷量应不大于 50mm；5 级渠道处理后剩余湿陷量应不大于 150mm。

3 渠基处理应考虑防渗措施减小黄土湿陷性的效果。效果评价可采用非饱和增湿变形理论分析方法进行。

4 湿陷性黄土渠基处理方法宜按表 5.4.3 选择。

表 5.4.3 湿陷性黄土渠基处理方法

处理方法	适用范围和施工要求	适宜处理厚度(m)
垫层法	地下水位以上,局部或整体处理。单层铺设厚度不大于 30cm,灰土垫层的灰土体积比宜为 2:8 或 3:7,垫层压实系数宜大于或等于 0.95	1~3

续表 5.4.3

处理方法	适用范围和施工要求	适宜处理厚度(m)
灰土挤密桩	地下水位以上,整体处理。桩间土挤密压实度应大于或等于 0.95,桩体采用 3:7 或者 2:8 灰土,压实度大于或等于 0.95	5~15
强夯法	地下水位以上,饱和度 $S_r \leq 60\%$ 的湿陷性黄土,局部或整体处理。试夯点数应根据场地复杂程度、土质均匀性和渠道等级综合因素确定,夯点和夯击次数应根据试夯结果确定,土的含水量宜低于塑限含水量 $1\% \sim 3\%$,夯击次数宜为 2 遍~3 遍,地基处理质量要有检测记录	3~12
预浸水法	自重湿陷性黄土渠基,湿陷等级为 III 级或 IV 级,可消除地面 6m 以下湿陷性黄土层的湿陷性。浸水水深不宜小于 30.0cm,浸水变形稳定标准为最后 5d 的平均湿陷量小于 1mm/d。对预浸水处理效果应进行检验,评价湿陷性的消除程度。对地面 6m 以上的土层应进行处理	>10
深翻回填法	适宜于大、中型渠道地基,翻夯深度不小于 1.0m~1.5m	4

5.4.4 膨胀土渠基处理应符合下列规定:

1 应查明膨胀土的分布,膨胀性的分类应符合表 5.4.4-1 的规定。

表 5.4.4-1 膨胀性的分类

自由膨胀率 $\zeta(\%)$	膨胀性
$40 \leq \zeta < 65$	弱
$65 \leq \zeta < 90$	中
$\zeta \geq 90$	强

2 宜按表 5.4.4-2 所列要求进行膨胀土渠基处理,对于重要渠段,还应采取抗滑措施。

表 5.4.4-2 膨胀土渠基处理方法

处理方法	要 求	适应范围
结构措施	采用适应基土变形的渠道断面和防渗结构	弱膨胀土
换土	采用非膨胀黏性土或粗粒土置换部分膨胀土,置换厚度应依据膨胀土膨胀分类选取,换土的最小厚度应满足隔离层抵抗膨胀变形要求。中膨胀土的置换厚度宜为 1.0m~1.5m,强膨胀土置换厚度宜为 2.0m	中、强膨胀土
掺石灰改良	膨胀土掺石灰。渠道内坡面和渠顶(或戗台),石灰掺量宜为 4%~8%(质量比),并压实处理,压实度应不少于 0.95,处理厚度宜不低于 50cm	中、强膨胀土
掺水泥改良	水泥石。渠道内坡面和渠顶(或戗台),水泥掺量宜为 7%~10%(质量比),并压实处理,处理厚度宜不低于 50cm	
防排水结合	采用竖井结合水平孔排渗设施、辐射井排渗设施。竖井和辐射井位置和间距应根据降雨强度和地下水情况确定	中、强膨胀土

3 换填或固化处理膨胀土渠基时,宜挖除地表 0.30m~0.60m 的膨胀土,并用灰土或者水泥石处理。

4 衬砌固脚基础应稳固。

5.4.5 分散性黏土渠基处理应符合下列规定:

1 应查明分散性黏土的分布,分散性黏土的分类应符合本标准附录 F.2 的规定。

2 宜按表 5.4.5 所列要求进行分散性黏土渠基处理。

表 5.4.5 分散性黏土渠基处理方法

处理方法	要 求	适用范围
土性改良	渠基、渠顶宜采用掺石灰改良处理,石灰掺量宜大于 5%,处理厚度宜为 20cm,干密度不应小于 1.60g/cm ³ 。堤顶(戗台)改性土层上应覆盖不少于 10cm 厚的非分散性土	分散性黏土

续表 5.4.5

处理方法	要 求	适用范围
反滤保护	渠道外坡宜采用砂料或土工布反滤保护,砂料厚度宜为 20cm,最大粒径应小于 2.0mm,混合级配砂平均粒径(d_{50})宜小于 0.6mm,不均匀系数宜为 3~4;宜采用不小于 400g/m ² 的针刺非织造土工布,土工布的等效孔径应根据反滤试验确定	分散性黏土
防渗	渠基、渠顶宜用土工膜防渗,土工膜在堤顶处应水平延伸 1.0m~1.5m。堤顶膜上应覆盖 40cm~50cm 厚的当地土,并应压实。宜采用不小于 0.5mm 厚的土工膜防渗。冻胀土区应设置伸缩节	过渡型土

5.4.6 盐渍土渠基处理应符合下列规定:

1 盐渍土分类应符合表 5.4.6-1 的规定。

表 5.4.6-1 盐渍土分类

盐渍土程度	平均含盐量(%)		
	氯盐渍土及亚氯盐渍土	硫酸盐渍土及亚硫酸盐渍土	碱性盐渍土
弱盐渍土	0.3~1	—	—
中盐渍土	1~5	0.3~2	0.3~1
强盐渍土	5~8	2~5	1~2
超盐渍土	≥8	≥5	≥2

2 填方盐渍土渠基处理措施应符合下列规定:

- 1) 新建盐渍土渠道宜采用填方形式,地下水位或地表积水位低于渠底高程的最小高度符合表 5.4.6-2 的规定。不符合要求时,应采取抬升渠底高程或者降低地下水位等工程措施。

表 5.4.6-2 地下水位或地表积水位低于渠底高程的最小高度

土质类别	高出地面(m)		高出地下水位或地表积水水位(m)	
	弱、中盐渍土	强、超盐渍土	弱、中盐渍土	强、超盐渍土
砾类土	0.4	0.6	1.0	1.1

续表 5.4.6-2

土质类别	高出地面(m)		高出地下水位或地表积水水位(m)	
	弱、中盐渍土	强、超盐渍土	弱、中盐渍土	强、超盐渍土
砂类土	0.6	1.0	1.3	1.4
黏性土	1.0	1.3	1.8	2.0
粉性土	1.3	1.5	2.1	2.3

2)盐渍土作为填筑材料应符合表 5.4.6-3 的要求。

表 5.4.6-3 盐渍土作为填筑材料的使用条件

分类	使用条件	可用性
弱盐渍土	直接可用	可用
中盐渍土	硫酸钠含量不超过 1%；易溶的碳酸盐含量不超过 0.5%	满足条件可用
强盐渍土	采用适应土变形的渠道断面和防渗结构，置换非盐胀冻胀土或化学改性等措施	采取措施后可用

3 挖方盐渍土渠基的处理深度不应小于设计冻深，且渠顶或台台处理深度应大于 0.5m，渠道内坡面处理深度应大于 1.0m，渠基处理宜按表 5.4.6-4 规定的方法。

4 地表强盐渍土层过厚时，应设置封闭隔断层，隔断层宜设置在渠基底面以下 0.8m 处；存在盐胀时隔断层应设在产生盐胀的深度以下。

表 5.4.6-4 挖方渠道盐渍土处理方法

处理方法	要求	适用土类
结构措施	宜采用适应基土变形的渠道断面和防渗结构	氯化钠盐渍土、碳酸钠盐渍土
换填垫层	可采用非盐渍土的级配砂砾石和中粗砂、碎石、矿渣、粉煤灰等换填。地下水位较高时，垫层设计中应做好地基排水设计，防止垫层被盐渍化，宜设置盐分隔断层	硫酸盐渍土、亚硫酸盐渍土、碱性盐渍土

续表 5.4.6-4

处理方法	要 求	适用土类
化学措施	采用氢氧化钙、氯化钠、氯化钙的添加剂处理,化学添加剂的最优掺量,应根据盐胀土中易溶盐的成分和含量,通过试验确定	硫酸盐渍土、亚硫酸盐渍土

注:硫酸盐为主的盐渍土渠基处理不宜采用石灰材料。

5.4.7 冻胀性土渠基处理措施应符合下列规定:

1 当渠基同时具备标准冻深大于 0.1m、土中粒径小于 0.075mm 的土粒含量大于 10%(重量比)、冻结初期土的含水量大于 0.9 倍塑限含水量或地下水位至渠底的埋深小于土的毛管水上升高度加设计冻深时,应进行防冻胀处理。

2 渠基土的设计冻深、冻胀量和冻胀性级别,应按现行国家标准《水工建筑物抗冰冻设计规范》GB/T 50662 的规定确定。膨胀土的冻胀性应符合附录 F.3 的规定。

3 当渠基土的冻胀性属 I、II 级时,宜按渠道级别等采用下列断面形式和防渗衬砌结构:

- 1) 5 级渠道宜采用预制混凝土渠槽;
- 2) 3、4 级渠道宜采用弧形坡脚梯形断面或弧形底梯形断面、板膜复合防渗衬砌结构;
- 3) 1、2 级渠道采用弧形坡脚梯形断面、板膜复合防渗衬砌结构,并增设纵向伸缩缝;
- 4) 梯形混凝土防渗衬砌渠道,可采用架空梁板式(预制 II 形板)或预制空心板式防渗衬砌结构;
- 5) 抗冻胀结构的断面尺寸和衬砌体厚度也可将自然渠槽最大冻胀量作为初始位移荷载施加于衬砌结构,通过有限元结构优化计算确定。不同土质的最大冻胀量应按现行国家标准《水工建筑物抗冰冻设计规范》GB/T 50662 的规定取值。

4 当渠基土的冻胀性属 III、IV、V 级时,宜按渠道级别等采用

下列断面形式和防渗衬砌结构：

- 1) 流量小于 $1\text{m}^3/\text{s}$ 的渠道宜采用地表式整体式预制混凝土渠槽，槽底应设置保温层或非冻胀性土置换层，槽侧回填土高度宜小于槽深的 $1/3$ 。
 - 2) 渠深不超过 1.5m 的宽浅渠道，宜采用矩形断面，渠岸用挡土墙式结构，渠底用平板结构，墙与板连接处设冻胀变形缝。
 - 3) 4 级及以上渠道的断面和防渗结构应符合本标准第 5.4.7 条第 3 款的规定。
 - 4) 深挖方渠道，可采用暗渠、暗涵(管)形式。
- 5 冻胀土基处理措施应符合下列规定：
- 1) 衬砌层下应设置保温层，保温材料宜采用模塑聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)、挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)、硬质聚氨酯泡沫塑料(PU)，性能指标应满足第 4.11 节的要求。保温材料类型的选择应根据工程实际，经技术经济比较确定。保温材料的密度应大于 $30\text{kg}/\text{m}^3$ 、压缩强度应大于 120kPa 。
 - 2) 地下水位较高的地方不宜设置保温层。当设置保温层时，应在保温层底部铺设导水层或其他排水设施，并进行抗浮验算。
 - 3) 采用非冻胀性土置换冻胀土渠基时，置换层应设置反滤和排水。1 级~3 级渠道的置换深度可根据工程经验确定，必要时通过试验验证。4 级及以下渠道置换深度可按式(5.4.7)计算：

$$Z_n = \epsilon Z_d - t \quad (5.4.7)$$

式中： Z_n ——置换深度(m)；

ϵ ——渠床置换比，可按表 5.4.7 取值；

Z_d ——设计冻深(m)；

t ——衬砌层厚度(m)。

表 5.4.7 渠床置换比

地下水位埋深 Z_w (m)	土 质	置换比 ϵ (%)	
		坡面上部	坡面下部、渠底
$Z_w \geq Z_d + 2.0$	黏土、粉土	50~70	70~80
$Z_w \geq Z_d + 1.5$	含砾细粒土、含砂细粒土		
$Z_w \geq Z_d + 1.0$	细粒土质砂、细粒土质砾	40~50	
Z_w 小于上述值	黏土、粉土、含砾细粒土、含砂细粒土	60~80	80~100
	细粒土质砂、细粒土质砾	50~60	50~80

4) 当地下水位较高或渠床水分较大时,应设置排水系统。

5) 采用压实或强夯法提高渠基土的密度,应同时满足压实度不低于 0.95,干密度不低于 $1.60\text{g}/\text{cm}^3$,且不小于天然干密度的 1.05 倍要求。压实深度不应小于渠床置换深度。

5.4.8 沙漠渠道渠基处理应符合下列规定:

1 应进行气象资料调查、地质勘察和渠基土物理力学参数试验。

2 宜选用条带布置方案,应采用机械化施工。施工机具的选择、填筑厚度、碾压遍数、施工方法及工艺等措施及参数通过碾压试验确定。

3 填方沙漠渠道应清除 50cm 厚的表层土,并用振动碾进行碾压,40cm 深度范围内相对密度达到 0.75 以上再进行填筑。

4 沙漠渠基在防渗层之上应设置坚实基础,坚实基础宜采用砂砾石垫层,清除砂砾石中的植物根、含盐层、剔除粒径大于 13cm 的石块。垫层相对密度不小于 0.8,垫层厚度不宜低于 40cm。

5 沙漠渠道两侧 50m~150m 范围内应采取芦苇等长纤维草方格和种植林灌草等措施进行固沙防护和生态绿化,应形成临时措施和永久措施、工程措施和生物措施相结合的防风固沙体系。

6 渠道两侧应分别布置有施工、运管道路,防风固沙带,通信光缆等建筑物设施。

5.4.9 其他特殊渠基处理应符合下列规定:

1 寒冷地区和严寒地区膨胀土渠基、盐渍土渠基的评价和处理应分析计算冻胀与盐胀、冻胀与膨胀的耦合作用。

2 软弱土基可采用置换法处理。换填砂砾石时,相对密度应不小于 0.70;换填土料时,渠基的压实度不应小于 0.93。

3 污染土渠基应进行污染土地基的评价,并采取防止腐蚀的措施。

4 地下水位高于渠底的刚性材料防渗渠道和埋铺式膜料防渗渠道,应按附录 G 规定在渠基设置排水设施,并保证排水出口畅通。

5 严寒地区、寒冷地区地下水位较高或渠基水分较大的渠基应设置排水系统。当冻结层或置换层到不透水层或弱透水层的厚度小于 10m 时,在渠底每隔 10m~20m 设一眼盲井;当渠基的冻结深度内有排水出路时,在设计冻深底部设置纵、横向暗排系统;对于冬季输水的防渗渠道,当渠侧有傍渗水补给渠基时,在最低水位以上设置反滤排水体。

6 对边坡的裂缝、孔隙和小洞穴可采用灌浆法填堵,灌浆材料可用黏土浆、水泥黏土浆等,灌浆参数宜通过试验确定。浅层窑洞、墓穴和大孔洞,可采用开挖回填法处理。

7 地下水位较高且易发生滑坡的渠坡,以及中膨胀土、强膨胀土渠坡,可采用加筋土进行渠坡处理。土质边坡的筋材可用土工布,砂砾石渠坡的筋材可用土工格栅。加筋土的设计应按现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30 的规定执行。

5.5 渠道边坡设计

5.5.1 渠道边坡设计应包括下列内容:

1 复核边坡坡型和坡比;

- 2 边坡稳定性分析；
- 3 边坡防护措施设计。

5.5.2 边坡坡型和坡比复核应符合下列规定：

1 深挖方和高填方渠道边坡可采用复式或阶梯形断面，在渠道以上每隔 5m~10m 设宽度不小于 1.0m 的戗台。

2 边坡的坡比和最小边坡系数，应根据工程地质和水文地质条件，通过边坡稳定性分析确定。当渠道深度小于或等于 3m 的挖方渠道，最小边坡系数 m 可按表 5.5.2-1 选用，也可按工程类比法确定；填方渠道的渠堤填方高度小于或等于 3m，其内、外边坡最小边坡系数 m 可按表 5.5.2-2 选用。

表 5.5.2-1 挖方渠道最小边坡系数

土 类	渠道深度(m)		
	<1	1~2	2~3
夹砂的卵石和砾石	1.25	1.50	1.50
黏土、粉土、含砾细粒土、含砂细粒土	1.00	1.00	1.25
黏土质砂、粉土质砂	1.25	1.25	1.50
含细粒土砂	1.50	1.50	1.75
砂	1.75	2.00	2.25
强风化的岩石	0.10~0.20	0.20	0.25
弱风化和未风化的岩石	0~0.05	0.05	0.10

表 5.5.2-2 填方渠道最小边坡系数

土 类	填方高度(m)					
	<1		1~2		2~3	
	内坡	外坡	内坡	外坡	内坡	外坡
黏土、粉土	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.00
含砾细粒土、含砂细粒土	1.25	1.00	1.25	1.00	1.50	1.25
黏土质砂、粉土质砂、含细粒土砂	1.50	1.25	1.50	1.25	1.75	1.50
砂	1.75	1.50	2.00	1.75	2.25	2.00

3 膜料防渗渠道的土料保护层内坡的最小边坡系数 m ,可按本标准附录 H 的方法计算确定,无条件时可按表 5.5.2-3 选用。

表 5.5.2-3 膜料防渗土料保护层内坡的最小边坡系数 m

保护层土料类别	渠道设计流量(m^3/s)			
	<2	2~5	5~20	>20
黏土、粉土、含砾细粒土、含砂细粒土	1.50	1.50~1.75	1.75~2.00	2.25
黏土质砂、粉土质砂	1.50	1.75~2.00	2.00~2.25	2.50
含细粒土砂	1.75	2.00~2.25	2.25~2.50	2.75

5.5.3 渠道边坡稳定分析应符合下列规定:

1 4级及以上渠道边坡应进行渗流及渗透稳定计算。1级和2级渠道渗流计算宜采用数值分析方法,3级及以下渠道渗流计算可采用解析方法。设排水设施的高填方渠道边坡应按排水有效和失效两种情况进行渗流分析。

2 4级及以上渠道应按现行行业标准《水利水电工程边坡设计规范》SL 386 规定的方法和抗滑稳定安全系数标准计算渠道边坡的稳定性。荷载组合应符合本标准表 5.2.1 的规定。正常运行条件应为设计水位下的基本组合,非正常运行条件 I 应为加大水位下的特殊组合 I,非正常运行条件 II 应为地震或水位降落下的特殊组合 II。

3 4级及以上渠道边坡稳定分析的计算参数应通过试验确定。

5.5.4 黄土地区渠道高边坡应按高度分级,每一级高度宜为 5m~10m;分级设置戽台,戽台宽度不应小于 1.5m,稍高于坡高 1/2 附近的戽台宽度应为 6m~12m;塍边渠道的单级坡比宜采用 1:0.25~1:0.6,深挖方渠道的单级坡比宜采用 1:0.75~1:1;平均坡比应按边坡稳定计算确定。

5.5.5 膨胀土渠道边坡稳定分析除进行深层抗滑稳定分析外,还应采用组合圆弧法分析浅层牵引式滑动的稳定性。

5.5.6 沙漠渠道边坡的稳定性分析,宜通过土工试验确定砂土的设计密度、强度参数,用极限平衡法进行计算。渠道内坡的安全坡比宜为 1:2.5,填方渠道外坡的安全坡比宜为 1:3。

5.5.7 冻胀土渠道边坡的稳定分析应考虑冻融循环引起的水分迁移而导致渠基土体强度的衰减。

5.5.8 渠道边坡防护措施设计应满足下列规定:

1 渠顶和外坡表面应设置防水排水措施,高填方渠道外边坡坡脚宜设置反滤体或反滤护坡压脚,反滤体或压脚的护砌高度不应低于填方渠道高度的 1/4;

2 黄土塬边渠道渠顶以上边坡及外边坡应设置表面排水系统,坡脚宜采用浆砌石护砌;

3 膨胀土渠道和分散性黏土渠道边坡的防护措施宜按表 5.5.8 的规定选择。

表 5.5.8 膨胀土和分散性黏土渠道边坡的防护措施

处理方法	要 求	适应范围
坡面防护	每隔 10m~20m 应设置纵向、横向混凝土排水沟;渠道外坡及挖方渠道戗台以上内坡,当坡高小于 4m 时,宜换土厚度 20cm~30cm,种植草皮;当坡高大于或等于 4m 时,宜设置混凝土格构或土工格栅;种植草皮	弱、中、强膨胀土;分散性、过渡性土
坡体排水	膨胀土渠坡滑坡段布置竖井结合水平孔排渗设施或辐射井排渗设施,竖井和辐射井位置和间距布置根据坡体渗流情况确定;分散性黏土渠道边坡坡面宜在坡脚设置反滤保护体	中、强膨胀土;分散性、过渡性土
加筋土	采用土工格栅加筋补强渠坡。土工格栅选型根据工程需要确定,土工格栅自由段长度、锚固长度、分层填土厚度等应依据渠坡稳定性分析确定	中、强膨胀土

5.6 防渗衬砌结构与稳定计算

5.6.1 防渗衬砌结构设计应包括下列内容:

- 1 防渗衬砌结构形式选择；
- 2 结构尺寸与工程措施设计；
- 3 结构稳定性验算。

5.6.2 防渗衬砌结构应满足下列规定：

- 1 合理使用年限和耐久性的要求；
- 2 防渗等级的要求；
- 3 使用环境要求；
- 4 防渗、防冲、防护、防冻胀等功能要求；
- 5 工程施工、运行、维修、管护要求；
- 6 生态景观要求。

5.6.3 应结合当地气象条件、水文地质及工程地质条件、自然生态状况、当地适宜的防渗材料、占地以及工程运行情况，按表 5.6.3 拟定不同的防渗衬砌工程形式，通过经济技术比较选定，并应符合下列规定：

- 1 单一结构形式不能满足功能要求时，可采用组合形式；
- 2 混凝土衬砌宜采用等厚板，1 级、2 级渠道当渠基有较大变形时，可采用楔形板、肋梁板、中部加厚板或 U 形板；
- 3 土地紧缺或者地形限制的渠段宜采用墙式衬砌结构，5 级渠道宜采用预制渠槽，流量小于 $1\text{m}^3/\text{s}$ 时宜采用整体式预制渠槽；
- 4 水资源缺乏和特殊土地地区宜采用刚性保护层加土工膜料的复合衬砌形式；
- 5 地下水位高于渠底时，应设置排水设施，不应在地下水位以下设置土工膜；
- 6 加固、改建、扩建工程应对原衬砌形式进行评价，根据评价结果确定衬砌方案；
- 7 应根据生态景观等建设要求，采用工程措施与生物措施相结合的衬砌结构形式；
- 8 当渠基土需要反滤保护时，应在衬砌体与渠基土之间设置

反滤层；当有抗冻胀要求时，应根据渠基抗冻要求，在衬砌体与渠基土之间设置换填层（或保温层）。反滤层和换填层（或保温层）设计应与衬砌体一并考虑。

表 5.6.3 防渗衬砌结构形式及适用条件

类型	防渗衬砌形式	渠道单位 面积渗漏 量参考值 [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	适合的防渗 等级	适用条件
坡式衬砌结构	现浇混凝土+防渗膜料 预制板(细石混凝土填缝)+防渗膜料 模袋混凝土+防渗膜料 土工格室(填混凝土)+ 防渗膜料	≤ 0.04	I级~V级	宜用于对防渗要求高的渠段。不宜用于地下水位高于渠底的渠段
	压实黏土+防渗膜料	≤ 0.10	II级~V级	宜用于对防渗要求高而流速较小的渠段。不宜用于地下水位高于渠底的渠段
	机制金属网垫(网箱)+ 防渗膜料 土工格室(填碎石)+防 渗膜料	≤ 0.15	III级~V级	宜用于对防渗要求较高而渠基土软弱的渠段。不宜用于地下水位高于渠底的渠段
	现浇混凝土衬砌 现浇沥青混凝土 模袋混凝土	≤ 0.15	III级~V级	宜用于对防渗要求较高的渠段
	预制混凝土板(细石混凝土填缝) 土工格室(填混凝土)	≤ 0.20	IV级~V级	宜用于对防渗有一定要求,以保持渠道断面和过流能力为主的渠道

续表 5.6.3

类型	防渗衬砌形式	渠道单位 面积渗漏 量参考值 [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	适合的防渗 等级	适用条件
坡式衬砌结构	预制混凝土板(不填缝) 浆砌石 干砌卵石(挂淤) 格构梁+干砌卵石(或植 生袋) 机制金属网垫(网箱) 土工格室(填碎石、填土料)	≤ 0.40	V级	宜用于对防渗不做要求,仅保持渠道断面和过流能力的渠道衬砌
	喷射混凝土衬砌	≤ 0.15	Ⅲ级~V级	宜用于岩基、风化岩基、深挖方且渠基土强度高的渠道
墙式衬砌结构	混凝土挡土墙+防渗 膜料 浆砌石挡土墙+防渗 膜料	≤ 0.04	I级~V级	宜用于对防渗要求高的渠段。不宜用于地下水位高于渠底的渠段
	混凝土挡土墙	≤ 0.15	Ⅲ级~V级	宜用于对防渗要求较高的渠段
	浆砌石挡土墙	≤ 0.20	Ⅳ级~V级	宜用于对防渗有一定要求,以保持渠道断面和过流能力为主的渠道
	机制金属网箱	≤ 0.40	V级	宜用于对防渗不做要求,仅保持渠道断面和过流能力的渠道衬砌
	加筋挡土墙+防渗膜料	≤ 0.04	I级~V级	宜用于特殊土渠段

续表 5.6.3

类型	防渗衬砌形式	渠道单位面积渗漏量参考值 [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	适合的防渗等级	适用条件
整体预制	预制式混凝土矩形槽	≤ 0.10	Ⅱ级~Ⅴ级	1. 预制渠槽适用于5级渠道； 2. 整体式预制渠槽适用于设计流量为 $1\text{m}^3/\text{s}$ 以下的渠道；
	预制式混凝土U型槽	≤ 0.15	Ⅲ级~Ⅴ级	3. 渠槽下设防渗膜料时,可满足Ⅰ级防渗等级要求

5.6.4 坡式衬砌结构的厚度应根据工程合理使用年限和耐久性、工程荷载条件、渠基土性、衬砌材料、构造要求和施工工艺等因素和类似工程拟定,经衬砌结构的稳定性验算合理确定。

5.6.5 衬砌结构的稳定性验算应在满足渠坡、渠基自身稳定的条件下,根据地形、工程地质、水文地质、结构形式和填筑材料等特性对渠道进行分段,选择典型断面进行荷载计算,并应进行抗滑稳定性计算、抗浮稳定性计算、抗冲稳定计算、抗裂验算和抗冻胀验算。

5.6.6 抗滑稳定计算应进行整体抗滑稳定、内部抗滑稳定和单块砌体抗滑稳定计算。整体现浇衬砌结构可不进行单块砌体抗滑稳定计算。稳定计算应符合下列规定:

1 基本荷载组合应对结构竣工且尚未行水时和设计水位两种情况进行计算。特殊荷载组合应对加大水位、地震和水位降落三种情况进行计算;

2 衬砌体底部渠基土较软弱时,应进行整体抗滑稳定计算,抗滑稳定计算应符合下列规定:

1)滑动面假设为 ABC (图 5.6.6-1), AB 是衬砌板与渠基土的接触面, BC 为过接触面底点深入渠基土的圆弧, C

点不宜超过对岸渠底坡脚。

- 2) 最小抗滑稳定安全系数应采用组合滑动面的简化毕肖普法搜索确定。
- 3) 衬砌板也应进行条分;衬砌板与渠基土之间的摩擦角和凝聚力宜根据衬砌板和渠基土的类型,通过试验确定。缺乏试验资料时,可参照类似工程或按国家现行标准《堤防工程设计规范》GB 50286、《水工挡土墙设计规范》SL 379 的规定选取。
- 4) 抗滑安全系数 F_s 不应小于表 5.6.6 的规定。

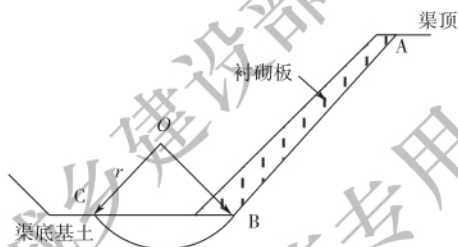


图 5.6.6-1 整体稳定计算滑动面

表 5.6.6 衬砌板与渠基土之间抗滑安全系数允许值

荷载组合		渠道等级				
		1	2	3	4	5
基本组合		1.35	1.30	1.25	1.20	1.15
特殊组合	I	1.20	1.15	1.10	1.05	1.05
	II	1.10	1.05	1.05	1.00	1.00

3 衬砌体自身结构不紧密或者埋深较大不易发生整体滑动时,应采用极限平衡法进行内部抗滑稳定计算。滑动面可简化为折线 abc (图 5.6.6-2),维持极限平衡的衬砌体内部摩擦系数 f_2 值可按式(5.6.6-1)计算。 f_2 大于 $\tan\phi$ 时,衬砌结构内部抗滑稳定符合要求, ϕ 应为衬砌体内部衬砌体的内摩擦角($^\circ$),应采用饱和

三轴固结不排水剪切试验的总应力指标,5级渠道也可采用工程类比确定。

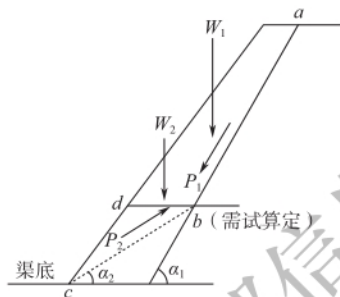


图 5.6.6-2 内部稳定计算滑动面

$$Af_2^2 - Bf_2 + C = 0 \quad (5.6.6-1)$$

$$A = \frac{mm_1(m_2 - m_1)}{\sqrt{1 + m_1^2}} \quad (5.6.6-2)$$

$$B = \frac{m_2 W_2}{W_1} \sqrt{1 + m_1^2} + \frac{m_2 - m_1}{\sqrt{1 + m_1^2}} + \frac{n(m_1^2 m_2 + m_1)}{\sqrt{1 + m_1^2}} \quad (5.6.6-3)$$

$$C = \frac{W_2}{W_1} \sqrt{1 + m_1^2} + \frac{1 + m_1 m_2}{\sqrt{1 + m_1^2}} \quad (5.6.6-4)$$

$$n = \frac{f_1}{f_2} \quad (5.6.6-5)$$

式中: f_2 ——护坡材料的摩擦系数;

f_1 ——衬砌体与渠基的摩擦系数,可按式(5.6.6-1)选用;采用保温板、土工膜衬砌时,衬砌板与保温板(土工膜)间的摩擦系数值应通过试验测定;

m_1 ——折点 b 以上衬砌体内坡的坡率,等于 $\tan\alpha_1$;

m_2 ——折点 b 以下衬砌体内坡的坡率,等于 $\tan\alpha_2$;

W_1 —— b 点以上衬砌体的重量(kg);

W_2 —— b 点以 bcd 部分衬砌体的重量(kg)。

4 对不嵌缝的砌块衬砌结构,应按式(5.6.6-6)进行单块砌

体抗滑稳定计算,安全系数 F_c 应不小于表 5.6.6 的规定。

$$F_c = \frac{f_1 (\sum W - \sum P) \cos \alpha_b + c_0 A_c}{(\sum W - \sum P) \sin \alpha_b} \quad (5.6.6-6)$$

式中: F_c ——为单块砌体抗滑安全系数;

f_1 ——为滑动面上衬砌板与下部材料的摩擦系数;

c_0 ——为滑动面上衬砌板与下部材料的凝聚力(kPa);

$\sum W$ ——为衬砌板的全部自重和附加荷载(kN);

$\sum P$ ——为衬砌板下滑动面上垂直滑动面上的全部扬压力(kN);

α_b ——为渠坡的坡度角($^\circ$);

A_c ——为衬砌板的底面积(m^2)。

5.6.7 抗浮稳定计算应符合下列规定:

1 当渠道地下水位高于渠底置换层底部高程且排水不畅时,或者衬砌板下敷设保温板等轻质置换材料时,应将衬砌板和轻质置换材料作为一个整体进行抗浮稳定计算。

2 基本组合应包含设计水位情况,特殊组合应包含加大水位情况。

3 抗浮稳定应按式(5.6.7)计算。

$$F_{sf} = \frac{\sum V}{\sum U} \quad (5.6.7)$$

式中: F_{sf} ——衬砌结构抗浮稳定安全系数;

$\sum V$ ——作用在衬砌板上的全部向下的垂直力之和(kN);

$\sum U$ ——作用在衬砌板基底面上的扬压力(kN)。

4 安全系数不应小于表 5.6.7 的规定。

表 5.6.7 衬砌结构抗浮稳定安全系数允许值

荷载组合	渠道等级				
	1	2	3	4	5
基本组合	1.20	1.20	1.15	1.10	1.10
特殊组合	1.10	1.10	1.05	1.05	1.05

5.6.8 抗裂验算计算应符合下列规定:

- 1 全断面现浇衬砌结构的工程应进行衬砌体抗裂验算;
- 2 钢筋混凝土衬砌结构抗裂验算应符合现行行业标准《水工混凝土设计规范》SL 191 的规定;
- 3 素混凝土衬砌板拉应力不应超过混凝土的允许抗拉强度,可采用有限单元法计算衬砌板的拉应力。

5.6.9 严寒地区、寒冷地区衬砌结构应进行抗冻胀验算,验算方法应符合现行国家标准《水工建筑物抗冰冻设计规范》GB/T 50662 的规定。

5.6.10 抗冲稳定计算应符合下列规定:

- 1 当渠道设计流速大于 3m/s 时应进行抗冲稳定计算。
- 2 基本组合应包含设计水位情况,特殊组合应包含加大水位情况。

3 混凝土衬砌结构满足整体抗冲稳定所需的衬砌厚度可按式(5.6.10-1)计算,波长等波浪要素可通过风浪计算确定,计算方法应符合现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 的规定。

$$t = \eta H_b \sqrt{\frac{\gamma_w}{\gamma_b - \gamma_w} \frac{L_b}{B_b m}} \quad (5.6.10-1)$$

式中: t ——混凝土衬砌板厚度(m);

η ——系数,对开缝板可取 0.075;对上部为开缝板,下部为闭缝板可取 0.10;

H_b ——计算波高,取 $H_{1\%}$ (m),渠道波浪计算得出;

γ_b ——混凝土板的重度(kN/m^3);

γ_w ——水的重度(kN/m^3);

L_b ——波长(m),渠道波浪计算得出;

m ——斜坡的坡比;

B_b ——沿斜坡方向(垂直于水边线)的衬砌板长度(m)。

4 土堤上的干砌石衬砌结构,满足抗冲稳定所需的厚度可按式(5.6.10-2)计算:

$$t = K_1 \frac{\gamma_w}{\gamma_b - \gamma_w} \frac{H_b}{\sqrt{m}} \sqrt[3]{\frac{L_b}{H_b}} \quad (5.6.10-2)$$

式中： t ——斜坡干砌块石衬砌厚度(m)；

K_1 ——系数，对于一般干砌石可取 0.266，对于砌方石、条石取 0.225；

γ_b ——混凝土板的重度(kN/m³)；

γ_w ——水的重度(kN/m³)；

H_b ——计算波高(m)，当 $d/L \geq 0.125$ ，取 $H_{b4\%}$ ；当 $d/L < 0.125$ ，取 $H_{b13\%}$ ， d 为坡前水深(m)；采用渠道波浪计算确定；

L_b ——坡长(m)；

m ——斜坡坡比。

5.6.11 墙式衬砌结构的厚度、结构措施和构造设计应符合现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 的规定。

5.6.12 钢筋混凝土无压暗渠的设计应符合现行行业标准《水工混凝土结构设计规范》SL 191 的规定。

5.7 结构措施与构造设计

5.7.1 结构措施与构造设计应包括下列内容：

- 1 边坡护脚、封顶板、渠内排水设施和垫层等结构措施设计；
- 2 典型防渗衬砌结构的结构措施设计；
- 3 伸缩缝、与渠道建筑物交叉连接等构造设计。

5.7.2 渠道内坡护脚设计应满足下列规定：

1 应在渠道内坡坡脚处设置护脚；渠底不衬砌时，两岸护脚之间宜间隔一定距离设置横向支撑梁。

2 护脚可采用石笼、混凝土或钢筋混凝土块体、土工格栅加筋体、模袋混凝土压脚及混合形式等。

3 护脚的断面尺寸应满足自身和渠道边坡衬砌结构的稳定要求，护脚高度宜为水深的 $1/3 \sim 1/5$ 。

4 分散性渠基应在护脚底部设置土工布反滤层。

5.7.3 边坡防渗衬砌结构顶部应设置水平封顶板,宽度宜为20cm~50cm。当采用衬砌板下设砂砾石置换时,封顶板宽度应覆盖置换层并超出10cm;当衬砌高度小于渠深时,应将封顶板嵌入渠堤。封顶板的厚度宜与衬砌板相同。

5.7.4 渠基内排水设施应满足下列要求:

1 地下水位高于渠底的浆砌石和混凝土衬砌结构应设置排水孔,孔径宜为50mm~100mm,孔距可为2m~3m,宜呈梅花形布置。

2 防渗等级为1级的湿陷性黄土和膨胀土地区的1级、2级渠道工程,渠基内应设置排水设施,排水设施应符合本标准附录G的规定。

3 严寒地区、寒冷地区采用逆止阀、排水沟(管)时应采取防冻措施。

5.7.5 分散性黏土渠基衬砌结构与基土之间应设置土工布反滤层,并应在衬砌结构顶部设置长度大于1.0m的封顶板。

5.7.6 砌石防渗衬砌结构应采用下列结构措施:

1 干砌卵石挂淤渠道,应在砌体下面设置砂砾石垫层,或铺设复合土工膜料层。

2 浆砌石板防渗层下,应铺设厚度为4cm~5cm的砂料或水泥砂浆作垫层。

3 防渗等级3级及以上渠道,在砌石层下应加铺黏土、三合土、塑性水泥土或复合土工膜料层。

5.7.7 沥青混凝土防渗衬砌应采用下列结构措施:

1 沥青混凝土防渗衬砌结构的构造应满足图5.7.7的要求,岩石地基的衬砌应设置整平胶结层。

2 封闭层可采用沥青玛蹄脂或改性乳胶沥青涂刷。沥青玛蹄脂涂刷厚度宜为2mm~3mm,配合比应满足高温下不流淌、低温下不脆裂的要求。

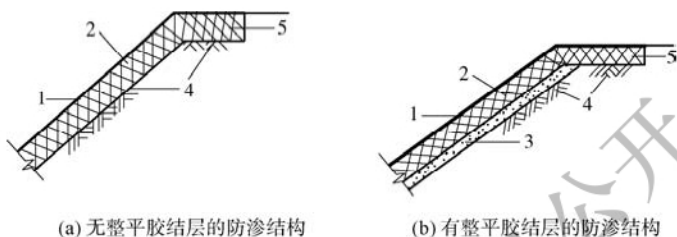


图 5.7.7 沥青混凝土防渗结构形式

1—封闭面层；2—沥青混凝土防渗层；3—整平胶结层；4—土(石)渠基；5—封顶板

3 整平胶结层宜采用等厚断面,厚度按能填平岩石基面的原则确定。

4 防渗层沥青混凝土应满足低温抗裂性能的要求。

5 预制沥青混凝土板的边长应根据安装、搬运条件确定;宜用密度大于 $2.30\text{g}/\text{cm}^3$ 的沥青砂浆或沥青玛蹄脂。

5.7.8 膜料防渗衬砌结构应采用下列结构措施:

1 膜料防渗层应采用埋铺式结构宜按图 5.7.8-1 布置。无过渡层的防渗结构宜用于土渠基上黏性土保护层+复合土工膜的工程;有过渡层的防渗结构宜用于刚性保护层+复合土工膜的工程。

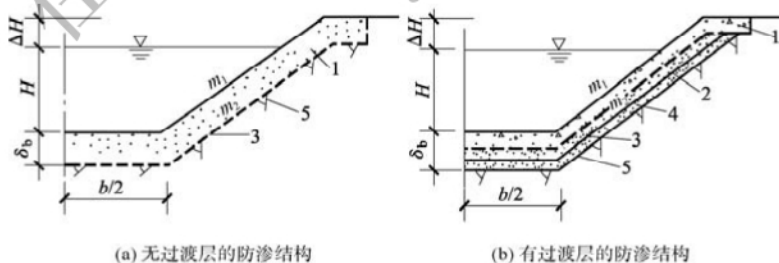


图 5.7.8-1 埋铺式膜料防渗结构

1—黏性土、灰土或混凝土、石料、砂砾料保护层；2—膜上过渡层；

3—膜料防渗层；4—膜下过渡层；5—土渠基或岩石、砂砾石渠基

2 膜料防渗层可分全铺式、半铺式和底铺式三种。半铺式和底铺式可用于宽浅渠道,或渠坡有树木的改建渠道。

3 膜料防渗层顶部宜按图 5.7.8-2 铺设。

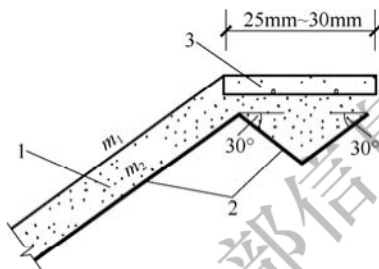


图 5.7.8-2 膜料顶部铺设形式

1—保护层;2—膜料防渗层;3—封顶板

4 防渗膜料可采用土工膜、复合土工膜、膨润土防水毯等材料,宜按下列规定选用:

- 1) 土工膜、复合土工膜的有效防渗厚度应不小于 0.5mm;
- 2) 寒冷、严寒地区和特殊土渠段,宜采用复合土工膜;芦苇等穿透性植物丛生的渠段,宜采用膨润土防水毯;
- 3) 地下水或渠道水体中钠、钙、镁等阳离子浓度超过 1000mg/L 时,选用膨润土防水毯应经过试验论证;
- 4) 非特殊土渠段的 5 级渠道可采用土工膜。

5 过渡层材料及厚度应按下列要求确定:

- 1) 过渡层材料,在温和地区可采用灰土、水泥土;在严寒和寒冷地区宜采用水泥砂浆;
- 2) 采用土及砂料作过渡层时,应采取防止淘刷的措施;
- 3) 过渡层的厚度宜为 4cm~5cm。

6 土料保护层的厚度,根据渠道流量大小和保护层土质情况,可按表 5.7.8-1 选用。

7 土料保护层的压实度不应小于 0.91。

表 5.7.8-1 土料保护层的厚度

保护层土质	土料保护层的厚度 (cm)			
	渠道设计流量 (m^3/s)			
	<2	2~5	5~20	>20
黏土质砂、粉土质砂、含细粒土砂	45~50	50~60	60~70	70~75
含砾细粒土、含砂细粒土	40~45	45~55	55~60	60~65
黏土、粉土	35~40	40~50	50~55	55~60

8 膜料防渗结构与建筑物的连接,应符合下列规定:

- 1)膜料防渗层宜采用图 5.7.8-3 黏结或锚接形式;

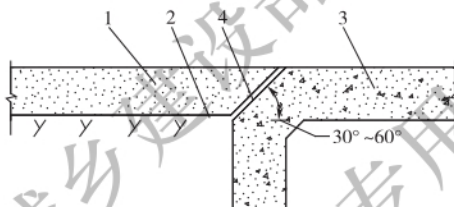


图 5.7.8-3 膜料防渗层与渠系建筑物连接形式

- 1—保护层;2—膜料防渗层;3—建筑物;4—膜料与建筑物黏结面

- 2)采用土料保护层的膜料防渗渠道与跌水、闸、桥等建筑物连接时,应在建筑物上、下游采用石料、混凝土保护层;并应在连接处设置伸缩缝。

5.7.9 模袋混凝土防渗衬砌应采用下列结构措施:

1 渠顶宜用混凝土或浆砌块石固定膜袋,并应设置防止地表水侵蚀模袋下渠基土的措施;

2 模袋底端应设混凝土护脚棱体,并应采取防冲刷措施;

3 模袋两侧侧翼宜设压袋沟;

4 相邻模袋接缝处下面应设土工布反滤层;

5 地下水位高的渠道应在混凝土充填后初凝前开孔埋设排水管,间距宜为 1.0m~1.5m。

5.7.10 土工格室防渗衬砌应采用下列措施：

1 土工格室的高度宜按下列规定选择：

- 1)设计边坡小于 $1:3$ 时,宜大于或等于 75mm ;
- 2)设计边坡为 $1:3\sim 1:1.75$ 时,宜大于或等于 100mm ;
- 3)设计边坡大于 $1:1.75$ 时,宜大于或等于 150mm 。

2 土工格室的焊缝间距应按下列规定选择：

- 1)格室内填充土时,当坡度小于或等于 $1:1.75$,格室焊缝间距应小于或等于 712mm ,当坡度大于或等于 $1:1.75$ 时,格室焊缝间距应小于或等于 445mm ;有绿化要求时,宜采用石料与种植土混合的方式,种植土壤的质量要求应符合本标准附录C的规定;
- 2)格室内填充颗粒料时,当设计流速小于或等于 1m/s 宜选用细砾或中砾;当设计流速 $1\text{m/s}\sim 2\text{m/s}$ 时,宜选用中砾或粗砾;当 $2\text{m/s}\sim 3\text{m/s}$ 时,宜选用粗砾;
- 3)格室内填充颗粒料时,焊缝间距应根据格室高度及颗粒料最大粒径按表5.7.10选择;

表 5.7.10 集料填充格室焊缝间距

格室高度 (mm)	50	75	100	120	150	200	可选择的焊缝间距 (mm)
集料最大粒径 (mm)	25	37.5	50	65	65		330
					75		356
	50	75	100	100	100		445
				115	115		600
				120	125		660
					150		712

- 4)格室内填充混凝土时,当边坡坡度小于或等于 $1:3.0$ 时,格室焊缝间距应小于或等于 712mm ,当边坡坡度大于或等于 $1:3.0$ 时,格室焊缝间距应小于或等于

445mm。

3 格室内填充材料宜按下列要求选择：

- 1) 水面以上格室内可填充土料、砂砾料等，格室内可种植草皮，形成草皮护坡；
- 2) 水面以下可在格室内填充混凝土，格室内混凝土强度等级和抗冻性能不应小于本标准表 4.2.1 的规定。

4 每平方米土工格室的固定锚杆的个数不宜少于 1 根，长度应按渠基土质、渠道规模等因素确定，锚固深度不应小于 0.5m。

5.7.11 机编钢丝网箱、网垫防渗衬砌应采用下列措施：

- 1 地下水位较高的渠道可用机编钢丝网箱、网垫衬砌。
- 2 坡式护坡宜采用网垫，墙式护坡宜采用网箱。
- 3 渠坡应设置护脚。
- 4 填充材料应符合下列规定：

- 1) 网箱和网垫宜采用石料填充，网箱填石粒径宜为 100mm~200mm，网垫填石粒径宜为 75mm~150mm；
- 2) 石料级配应良好，粒径分布 d_{85}/d_{15} 应大于 1.5，孔隙率不应大于 0.3；
- 3) 常水位以上部分需绿化时，宜采用石料与种植土混合的方式，种植土壤的质量要求应符合本标准附录 D 的规定。

5.7.12 伸缩缝设置应符合下列规定：

1 刚性材料渠道防渗衬砌结构及膜料防渗的刚性保护层均应设置伸缩缝。

2 防渗衬砌层与建筑物连接处应按伸缩缝结构要求处理。

3 伸缩缝的间距应依据气温变幅、渠基情况、防渗材料和施工方式按表 5.7.12 选用；伸缩缝的形式应符合图 5.7.12 的要求；伸缩缝的宽度宜为 2cm~4cm，当采用衬砌机械连续浇筑混凝土时，切割缝宽可采用 1cm~2cm。伸缩缝的填充材料选用应符合第 4.1.12 条的要求，封盖材料可采用沥青砂浆。伸缩缝填料的制

作方法可按本标准附录 J 的规定执行。

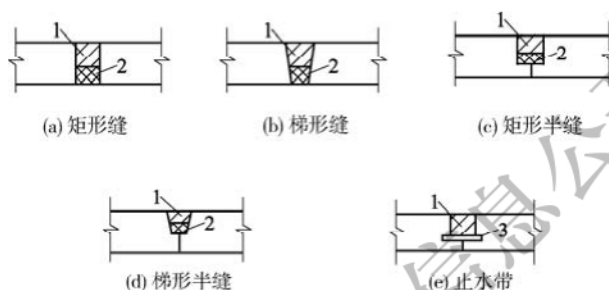


图 5.7.12 刚性材料伸缩缝形式

1—封盖材料；2—弹性填充材料；3—止水带

表 5.7.12 防渗渠道的伸缩缝间距

防渗结构	防渗材料和施工方式	纵缝间距(m)	横缝间距(m)
砌石	浆砌石	只设置沉降缝	
混凝土	钢筋混凝土,现场浇筑	4~8	4~8
	混凝土,现场浇筑	3~5	3~5
	混凝土,预制铺砌	4~8	6~8

注：当渠道为软基或地基承载力明显变化时，浆砌石防渗结构宜设置沉降缝。

5.7.13 勾缝与砌筑缝等构造应符合下列规定：

1 混凝土预制板和浆砌石应采用水泥砂浆或水泥混合砂浆砌筑，水泥砂浆勾缝；砌筑和勾缝砂浆的强度等级可按本标准第 4.3.2 条选定；

2 混凝土 U 型槽和整体预制式矩形渠槽，应采用高分子止水带及其专用胶连接；

3 浆砌石可用细粒混凝土砌筑，细粒混凝土强度等级不低于 C25，最大粒径不大于 10mm；

4 砌筑缝宜采用矩形、梯形或企口缝(图 5.7.13)，缝宽宜为 1.5cm~2.5cm。

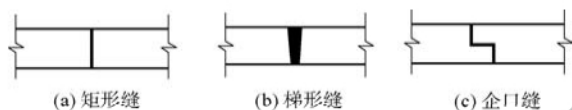


图 5.7.13 砌筑缝形式

5.7.14 防渗衬砌渠道的堤顶宽度可按表 5.7.14 选用,渠堤兼作公路时应按道路要求确定。U 型和矩形渠道,路面边缘宜距渠口边缘 0.5m~1.0m。堤顶应做成向外倾斜 1/100~2/100 的斜坡。高边坡防渗衬砌渠道应设置纵向排水沟。

表 5.7.14 防渗衬砌渠道的堤顶宽度

渠道设计流量(m ³ /s)	<2	2~5	5~20	>20
堤顶宽度(m)	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~2.5	2.5~4.0

5.7.15 新老结构之间的结合部位及跨渠建筑物与渠道连接部位应进行专门设计。

5.8 整体预制式混凝土槽结构设计

5.8.1 整体预制式混凝土槽结构设计应包括下列内容:

- 1 水力验算与规格选取;
- 2 结构验算;
- 3 地基承载力复核;
- 4 防冻胀设计。

5.8.2 整体预制式混凝土槽的材料性能应满足本标准第 4.2 节的规定;整体预制式混凝土槽的弯曲强力应符合本标准附录 L 的要求,并应出具出厂合格证。

5.8.3 整体预制式混凝土槽的断面形式和尺寸可按本标准附录 L 规定的规格选用,过流能力应通过水力计算确定,满足渠道正常的输水要求及水面线衔接的要求,糙率取 1.3%~1.5%,超高不应小于 0.1m。

5.8.4 整体预制式混凝土槽应按现行行业标准《水工混凝土结构设计规范》SL 191 的规定进行承载能力极限状态设计计算和抗裂验算。承载力安全系数 K 宜取 1.9。

5.8.5 地基承载力复核应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定计算。冻胀力应按现行国家标准《水工建筑物抗冰冻设计规范》GB/T 50662 的规定取值。

5.8.6 寒冷地区、严寒地区整体预制式混凝土槽基础应根据本标准第 5.4 节进行防冻胀设计。

5.8.7 整体预制式混凝土槽的接缝止水设计应符合下列规定：

- 1 接缝止水材料应符合本标准第 4.12 节的规定；
- 2 典型接缝止水结构应符合图 5.8.7 的规定。

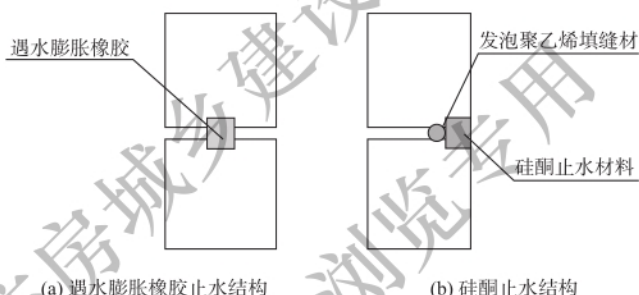


图 5.8.7 整体预制式混凝土槽典型接缝止水结构

5.9 附属设施设计

5.9.1 渠堤道路设计应符合下列规定：

1 4 级及以上渠道的渠堤道路应满足施工与管理的车辆通行要求；

2 3 级及以上渠道的渠堤道路宜采用硬化路面；

3 道路应设置限行设施。

5.9.2 防护与安全设施设计应符合下列规定：

1 踏步等附属设施应与主体衬砌结构同步配套，设计标准应

与主体衬砌结构相同；

2 渠道应设置安全警示标识,穿越城镇、乡村等人口密集区的渠道应设置阻拦索和围栏等安全防护设施；

3 渠道应设置清理树枝等漂浮物的设施。

5.9.3 高于 6.0m 的 1 级、2 级渠道填方渠道及高边坡的挖方渠道宜设置安全监测设施。

5.9.4 监测设施、量测水的标准断面、测流桥、量测设施的安装基础与预埋设施等设计应与主体工程同步进行。

5.9.5 信息自动采集、传输等设备的安装基础与预埋设施等设计应与主体工程同步进行。

5.9.6 根据生态保护与建设的要求,应设置动物逃生通道、生态护砌、渠坡植被种植、渠堤绿化等生态防护设施。

6 混凝土预制槽(板)制造

6.1 一般规定

6.1.1 生产企业应具备保证产品质量要求的生产工艺设施、试验检测条件,建立完善的质量管理体系和可追溯的质量控制制度,有持证要求的岗位应持证上岗。

6.1.2 混凝土预制槽(板)生产应编制制作工艺、模具、质量控制、成品存放和防护等方案,冬期生产应有防低温专项措施。

6.1.3 生产企业的质量检测、试验、计量等设备及仪器仪表均应检定合格,并在有效期内使用。企业不具备试验能力的检验项目,应委托具有相应资质的质量检测机构检验。

6.1.4 定制特殊的混凝土预制槽(板)生产应建立首件验收制度。应在产品生产前进行样品试制,经建设、设计、施工和监理等相关单位认可后方可正式生产。

6.1.5 混凝土预制槽(板)的质量检验应按模具、钢筋、混凝土和结构性能等检验项目进行。混凝土预制槽(板)的质量评定应根据钢筋、混凝土、结构性能和检验资料进行,当上述各检验项目的质量均合格时,方可评定为合格产品。

6.1.6 混凝土预制槽(板)出厂应向使用单位出具质量证明文件。

6.2 原材料

6.2.1 原材料进场应具有质量证明文件,并按本标准和设计文件的要求及合同约定进行检验,合格后方可使用。

6.2.2 混凝土预制槽(板)采用的原材料应按进场批次进行检验。经产品认证符合要求的原材料或连续三次进场检验均一次检验合格的原材料,检验批容量可扩大一倍。

6.2.3 原材料检验项目、频次应符合表 6.2.3-1 的要求,焊接钢筋网片尺寸允许偏差应符合表 6.2.3-2 的要求。

6.2.3-1 混凝土原材料进场验收检测项目

材料名称	检测频次	检测项目	检测标准	备注
钢筋	同一厂家、同一牌号且同一规格不超过 60t 钢筋为一批,超过 60t 的部分,每增加 40t (含不足 40t) 增加一个拉伸试验试件和一个弯曲试验试件	每批应抽取试件进行屈服强度、抗拉强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差检验	符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分:热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1、《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 和《冷轧带肋钢筋》GB 13788 的相关规定	—
成型钢筋网	同一厂家、同一类型且同一钢筋来源的成型钢筋网不超过 30t 为一批	每批中每种钢筋牌号、规格均应至少抽取 1 个钢筋试件,总数不应少于 3 个,进行屈服强度、抗拉强度、伸长率和重量偏差检验	符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 3 部分:钢筋焊接网》GB/T 1499.3 的相关规定	对热轧钢筋制成的成型钢筋网,能提供原材料力学性能第三方检验报告时,可仅进行重量偏差检验;焊接钢筋网片尺寸允许偏差应符合表 6.2.3-2 的规定
水泥	同一厂家、同一品种、同一代号、同一强度等级且连续进厂的水泥,袋装水泥不超过 200t 为一批,散装水泥不超过 500t 为一批	每批抽取试样进行水泥强度、安定性和凝结时间检验,设计有其他要求时,尚应对相对应的其他性能进行试验	符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的相关规定	—

续表 6.2.3-1

材料名称	检测频次	检测项目	检测标准	备注
矿物掺合料	同一厂家、同一品种、同一技术指标的矿物掺合料,粉煤灰和粒化高炉矿渣粉不超过200t为一批,硅灰不超过30t为一批	每批抽取试样应进行细度(比表面积)、需水量比(流动度比)和烧失量(活性指数)、游离氧化钙和安定性试验,设计有其他要求时,尚应对相应的其他性能进行试验	符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596、《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046、《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的相关规定	—
外加剂	同一厂家、同一品种的减水剂不超过50t为一批	每批抽取试样应进行固体含量、减水率、1d抗压强度比、pH值和密度试验	符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的相关规定	—
骨料	同一厂家(产地)且同一规格的骨料不超过400m ³ 或600t为一批	天然细骨料每批抽取试样应进行颗粒级配、细度模数、含泥量和泥块含量试验;机制砂还应增加石粉含量和压碎指标值试验;应对碱活性骨料专项试验 天然粗骨料每批抽取试样应进行颗粒级配、含泥量、泥块含量和针片状颗粒含量试验;应对碱活性骨料专项试验	符合本标准第4.2.2条的规定	—

续表 6.2.3-1

材料名称	检测频次	检测项目	检测标准	备注
钢纤维	用于同一工程的相同品种且相同规格的钢纤维不超过 20t 为一批	每批抽取试样应进行抗拉强度、弯折性能、尺寸偏差和杂质含量试验	符合本标准第 4.2.2 条的规定	
合成纤维	用于同一工程的相同品种且相同规格的合成纤维不超过 10t 为一批	每批抽取试样应进行纤维抗拉强度、初始模量、断裂伸长率、耐碱性能、分散性相对误差和混凝土抗压强度比试验,增韧纤维还应进行韧性指数和抗冲击检验结果次数比试验	符合本标准第 4.2.2 条的规定	—

表 6.2.3-2 焊接钢筋网片尺寸允许偏差

检验项目	长、宽	网眼尺寸	对角线	端头不齐
允许偏差(mm)	±5	±10	≤5	≤5

6.2.4 混凝土拌制及养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的要求。

6.2.5 脱模剂应符合现行行业标准《混凝土制品用脱模剂》JC/T 949 的规定。

6.3 模 具

6.3.1 模具应具有足够的承载力、刚度和稳定性,符合外观质量和尺寸偏差要求。设计及制造应符合下列规定:

- 1 应满足混凝土预制槽(板)质量、生产工艺和周转次数等要

求,支模、脱模应方便;

2 模具的部件与部件之间应连接牢固,混凝土预制槽(板)预留孔洞和预埋件的安装应定位牢固;

3 用作底模的台座、胎模、地坪及铺设的底板等应平整光洁,不得有下沉、裂缝、起砂和起鼓;

4 模具接缝应紧密,并应采取有效的防漏浆和防漏水措施;

5 自制模具应根据混凝土预制槽(板)特点确定工艺方案并出具加工图纸,经检验合格后方可批量制作;外购模具进厂时应提供设计图纸和使用说明书。

6.3.2 模具组装和使用应符合下列规定:

1 模具应保持清洁,定期检查侧模、预埋件和预留孔洞定位措施的有效性;应制定防止模具变形和锈蚀的措施;重新启用的模具应检验合格;

2 模具内表面的脱模剂应涂刷均匀、无漏刷、无堆积,且不得沾污钢筋,不得影响混凝土预制槽(板)的外观效果;

3 模具附带的埋件或工装应定位准确,安装应牢固可靠;

4 模具与平模台间的螺栓、定位销、磁盒等固定方式应可靠;

5 模具的起吊装置应安全可靠、操作方便。

6.3.3 混凝土预制槽(板)模具尺寸允许偏差和检验方法应符合表 6.3.3 的规定。

表 6.3.3 混凝土预制槽(板)模具尺寸允许偏差和检验方法

项次	检验项目、内容	允许偏差(mm)	检验方法
1	长度	+1,-2	用钢尺量平行构件高度方向,取其中偏差绝对值最大处
2	宽度、高(厚度)	+2,-4	用钢尺测量两端或中部,取其中偏差绝对值最大处
3	底模表面平整度	+2	用 2m 靠尺和塞尺量
4	对角线差	+3	用钢尺测量纵、横两个方向对角线

续表 6.3.3

项次	检验项目、内容	允许偏差(mm)	检验方法
5	侧向弯曲	≤ 2	拉线,用钢尺量测侧向最大弯曲处; L 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸
6	翘曲	≤ 2	对角拉线测量交叉点间距离值的两倍
7	组装缝隙	+1	用塞尺量测,取最大值
8	端侧模与模高低差	+1	用钢尺量测

6.3.4 预埋件宜用工具式螺栓、卡具固定在模板或支架上,并应保护好丝扣。模具的预埋件和预留孔洞安装的允许偏差应符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 模具的预埋件和预留孔洞安装允许偏差

项次	检验项目		允许偏差(mm)	检验方法
1	预留洞	中心线位置	3	用钢尺量测纵横两个方向的中心线位置,记录其中较大值
		尺寸	+3.0	用钢尺量测纵横两个方向尺寸,取其最大值
2	预埋起吊螺母	中心线位置	3	用钢尺量测纵横两个方向的中心线位置,记录其中较大值
		外露长度	+5.0	用钢尺测量

6.4 钢筋加工

6.4.1 钢筋加工、制作和钢筋连接及质量检验应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

6.4.2 钢筋网片安装应符合下列规定:

- 1 钢筋网片表面应清洁;

2 应设置钢筋固定垫块并绑扎牢固,垫块应按梅花状布置,间距应满足钢筋限位、控制变形及混凝土保护层厚度要求;

3 钢筋网片的尺寸允许偏差和检验方法应符合表 6.4.2 的规定。

表 6.4.2 钢筋网片的允许偏差和检验方法

项次	检验项目、内容	允许偏差(mm)	检验方法
1	长、宽	±5	钢尺检查
2	网眼尺寸	±10	钢尺量测,连续三档,取最大值
3	端头不齐	5	钢尺检查

6.5 成型、养护及脱模

6.5.1 混凝土应采用有自动计量装置的强制式搅拌机搅拌,原材料称量的允许偏差应符合表 6.5.1 的规定。

表 6.5.1 混凝土原材料每盘称量的允许偏差

材料名称	胶凝材料	粗、细骨料	水、外加剂
允许偏差(%)	±2	±3	±1

6.5.2 混凝土抗压强度及抗冻性检验应符合下列规定:

1 每拌制 100 盘且不超过 100m^3 的同一配合比的混凝土为 1 个检验批次,每工作班不应少于 1 个检验批次;

2 每批次制作强度检验试块和抗冻性检验试块不应少于 3 组,随机抽取 1 组同条件转标准养护后进行检验,其余可作为同条件试件在脱模和出厂时进行强度检验;

3 评定蒸汽养护的混凝土预制槽(板)强度和抗冻性的混凝土试块,应随同构件蒸养后再转入标准条件养护 28d;

4 混凝土预制槽(板)出厂时的混凝土强度应大于设计强度等级的 75%。

6.5.3 混凝土浇筑应符合下列规定:

1 混凝土浇筑前,预埋件及预留钢筋的外露部分宜采取防止污染的保护措施;

2 混凝土放料高度宜小于 600mm, 并应均匀摊铺;

3 混凝土浇筑应连续进行, 浇筑过程中应控制模具、吊具等的变形和移位;

4 混凝土从搅拌机出料到浇筑完毕的延续时间不宜超过 90min, 气温高于 25℃ 时不宜超过 60min。

6.5.4 混凝土振捣宜采用振动台, 振捣工艺应根据混凝土的品种、工作性、混凝土预制槽(板)的规格和形状等因素确定。振捣过程中应控制模具无漏浆、无变形和吊具移位。

6.5.5 混凝土预制槽(板)养护应符合下列规定:

1 混凝土浇筑完毕后应及时覆盖保湿。

2 加热养护可选择蒸汽加热、电加热或模具加热等方式。加热养护制度应通过试验确定, 常温下预养护时间宜为 2h~6h, 升温、降温速度不宜超过 20℃/h, 最高养护温度不宜超过 70℃, 脱模时构件表面与环境的温差不宜超过 25℃。

3 养护剂涂刷应在混凝土终凝后进行。

6.5.6 混凝土预制槽(板)脱模起吊的混凝土强度不应低于 25MPa。

6.5.7 混凝土预制槽(板)脱模后, 对不影响结构性能、钢筋、预埋件或者连接件锚固的局部破损和构件表面的非受力裂缝, 应及时修补。修补材料的抗拉强度和抗压强度应大于构件的设计强度, 处理方法见表 6.5.7。

表 6.5.7 脱模后构件表面破损和裂缝处理方案

表面破损情况		处理方案	方 法
破损	1. 影响结构性能且不能恢复的破损;	废弃	目测
	2. 影响钢筋、连接件、预埋件锚固的破损;	废弃	目测
	3. 上述 1、2 以外的, 长度超过 20mm 的破损;	修补 1	目测、卡尺测量
	4. 上述 1、2 以外的, 长度 20mm 以下的破损	现场修补	—

续表 6.5.7

表面破损情况		处理方案	方 法
裂缝	1. 影响结构性能且不可恢复的裂缝；	废弃	目测
	2. 影响钢筋、连接件、预埋件锚固的裂缝；	废弃	目测
	3. 裂缝宽度大于 0.3mm 且裂缝长度超过 300mm 的；	废弃	目测、卡尺测量
	4. 上述 1、2、3 以外的，宽度超过 0.2mm 的裂缝；	修补 2	目测、卡尺测量
	5. 上述 1、2、3 以外的，宽度不足 0.2mm 且在外表面的裂缝	修补 3	目测、卡尺测量

注：1 修补 1：用不低于混凝土设计强度的专用修补浆料修补；

2 修补 2：用环氧树脂浆料修补；

3 修补 3：用专用抗冻防水浆料修补。

6.6 混凝土预制槽(板)检验

6.6.1 混凝土预制槽(板)生产时应制订措施避免出现外观质量缺陷。外观质量缺陷根据其影响结构性能、安装和使用功能的严重程度，可按表 6.6.1 规定划分为严重缺陷和一般缺陷。

表 6.6.1 外观质量缺陷分类

名 称	现 象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	钢筋未被混凝土包裹而外露	纵向受力钢筋有露筋	其他钢筋有少量露筋
蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	主要受力部位有蜂窝	其他部位有少量蜂窝
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度均超过保护层厚度	主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	主要受力部位有夹渣	其他部位有少量夹渣
疏松	混凝土中局部不密实	主要受力部位有疏松	其他部位有少量疏松

续表 6.6.1

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
裂缝	缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	主要受力部位有影响结构性能或使用功能的裂缝	其他部位有少量不影响结构性能或使用功能的裂缝
连接部位缺陷	连接处混凝土缺陷及连接钢筋、吊具松动等缺陷	连接部位有影响结构传力性能的缺陷	连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平等	有影响使用功能的外形缺陷	有不影响使用功能的外形缺陷
外表缺陷	表面麻面、掉皮、起砂、沾污等	有影响使用功能的外表缺陷	有不影响使用功能的外表缺陷

6.6.2 混凝土预制槽(板)脱模后应及时对外观质量进行全数目测检查。混凝土预制槽(板)外观质量不应有缺陷,出现一般缺陷的应进行修整并达到合格;出现严重缺陷的应报废。

6.6.3 混凝土预制槽(板)尺寸偏差及预留孔、吊具的位置和检验方法应符合表 6.6.3 规定。

表 6.6.3 混凝土预制槽(板)外形尺寸允许偏差及检验方法

项次	检查项目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	尺寸	长度	±5	用钢尺量两端及中间部,取其中偏差绝对值较大值
		宽度	±5	
		厚度	±3	用钢尺量板四角和四边中部位置共 8 处,取其中偏差绝对值较大值
2	对角线差		6	在表面和两侧面,用尺量测两对对角线的长度,取其绝对值的差值

续表 6.6.3

项次	检查项目		允许偏差 (mm)	检验方法
3	表面 平整度	内表面	4	用 2m 靠尺安放在构件表面上,用楔形塞尺量测靠尺与表面之间的最大缝隙
		外表面	3	
	侧向弯曲		≤ 5	拉线,钢尺量最大弯曲处; L 为构件长度
	扭翘		≤ 5	四对角拉两条线,量测两线交点之间的距离,其值的 2 倍为扭翘值; L 为构件长度
4	预留孔 (洞)	中心线位置偏移	5	用钢尺量测纵横两个方向的中心线位置,记录其中较大值
		孔尺寸	± 5	用钢尺量测纵横两个方向尺寸,取其最大值
5	吊具	中心线位置偏移	10	用钢尺量测纵横两个方向的中心线位置,记录其中较大值
		钢衬凸出长度	0, -10	用钢尺量

6.6.4 应全数检验混凝土预制槽(板)的预留孔、吊具的规格、数量。

6.6.5 混凝土预制槽的结构性能检验应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

6.6.6 混凝土预制槽(板)检验合格后,应有构件编号、制作日期、生产单位和质量等级等信息出厂标识。

6.7 存放、吊运及防护

6.7.1 混凝土预制槽(板)存放过程中应做好安全和质量防护,并应符合下列规定:

- 1 存放场地应平整、坚实,并应有排水措施;
- 2 存放区宜实行分区管理和信息化台账管理;
- 3 应按产品品种、规格型号和检验状态分类存放,产品标识应明显、耐久和内容明确;
- 4 应合理设置垫块支点位置,支点宜与起吊点位置一致;与混凝土面接触的垫块应采取防污措施;
- 5 混凝土预制槽宜平放且用两条垫木支撑,多层叠放时,垫木应上下对齐,且不宜超过 4m 或 6 层;
- 6 冬季生产和存放的混凝土预制槽(板)在未达到设计龄期时应采取防冻措施。

6.7.2 混凝土预制槽(板)吊装应符合下列规定:

- 1 起重设备应根据混凝土预制槽(板)形状、尺寸及重量等参数进行配置,吊具的额定荷载应经验算或试验检验,并应定期检查;
- 2 起吊时应保证吊具连接可靠、各个吊点受力均匀、吊点合力与构件重心重合;
- 3 应保持吊装稳定,吊索水平夹角宜为 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$,构件不得长时间悬停在空中。

6.7.3 混凝土预制槽(板)在运输过程中应符合下列规定:

- 1 应采取防止发生倾覆、变形和移位的固定措施;
- 2 应设置防止槽(板)边角部位或固定链索接触处损伤的柔性垫片;
- 3 叠放不宜超过 3 层。

7 工程施工

7.1 一般规定

7.1.1 施工前应熟悉设计文件,编制施工组织设计,并做好准备工作,应符合下列规定:

1 应根据设计选择原材料,并结合施工条件和特点确定施工工序和工艺;

2 应做好施工用水、用电和道路的通畅工作,及堆料场、拌和场和预制场等施工场地的布置和平整工作;

3 应根据现场条件和施工方案进行土方挖填平衡复核,确定土方调配方案;

4 应根据设计要求和施工需要,设置永久性排水设施或必要的临时性排洪、排水设施;

5 应对试验和施工的设备进行检测、率定和试运转,不符合要求的应予维修或更换。

7.1.2 材料和设备应分类保管存放,并应标识产地、规格。砂石骨料应分仓存放;水泥、掺合料和外加剂等材料应采取防雨、防潮措施;土工合成材料应采取防紫外线措施。

7.1.3 渠道防渗衬砌工程不宜在低温季节施工,确需施工且当日平均气温连续 5d 稳定在 5°C 以下或最低气温连续 5d 稳定在 -3°C 以下时,应编制低温施工方案。

7.1.4 应根据灌区的测量控制网建立工程范围内施工测量控制网,平面控制网等级不应低于五级,高程控制网不应低于四级。

7.1.5 衬砌结构施工前应按设计要求检验坡面、铺设面、基槽的平面位置、尺寸和高程等。

7.2 填筑和开挖

7.2.1 渠道基槽应根据设计断面测量放线,进行挖、填和修整。基槽放样应设置中心线、上开口线、下开口线和转折点等进行控制。挖、填和修整应严格控制渠道基槽断面的高程、尺寸和平整度,渠槽断面的允许偏差值应符合表 7.2.1 的要求。

表 7.2.1 渠槽断面的允许偏差值(mm)

项 目	渠槽断面的允许偏差值			
	土 渠		石 渠	
	4 级及以上渠道	5 级渠道	4 级及以上渠道	5 级渠道
渠底高程	±30	±20	±50	±30
渠道中心线	30	20	50	30
渠底宽度	±50	±30	±100	±40
堤顶高程	±30	±20	±100	±50
渠槽上口宽度	±80	±40	±100	±50
渠底及内边坡平整度 (用 2m 直尺检查)	±30	±20	凸不大于 30 凹不大于 100	凸不大于 30 凹不大于 100

注:渠底高程、堤顶高程误差为负值的测点不得连续出现。

7.2.2 填方渠道填筑应符合下列规定:

1 填筑土方的压实控制指标应满足设计要求,3 级及以上的渠道填筑应通过碾压试验确定碾压机械、填筑厚度和碾压遍数等压实参数。4 级、5 级渠道机械压实时,每层铺土厚度不应大于 30cm,人工夯实时,每层铺土厚度不应大于 20cm,压实参数可通过标准击实和相对密度试验确定。土方填料含水率与最优含水率的允许偏差为±3%,否则应进行洒水或翻晒等处理。

2 填筑前应清除填筑范围内的草皮、树根、淤泥、腐殖土、泥炭和建筑垃圾等杂物;处理渗水泉眼、井窖、墓穴、树坑、坑塘及动

物巢穴等。

3 相邻填筑单元填筑面应均匀上升,相对高差不应超过2次填筑的厚度。

4 填方渠道内、外坡的填筑宽度应分别超出设计断面不少于0.5m。

5 填方渠道渠堤应预留下沉量,预留下沉量为填土高度的2%~3%。

6 当渠线横向的地面坡度较大时,应采用台阶回填的方法填筑。

7 渠外坡脚安全范围内不应取土,安全范围应按满足渠坡稳定的要求分析确定。

7.2.3 改造渠道的基槽填筑,应提前停水,或采用抽排、翻晒等方法降低基土含水量,并应清除杂草、淤积泥沙等杂物。5级渠道可将全渠填满至设计高程后,再按设计开挖至衬砌层铺设断面。4级及以上渠道,宜采用局部填筑补齐的方法进行填筑,新老结合面的处理应采用台阶回填的方法填筑,填筑质量应符合本标准第7.2.2条的要求。

7.2.4 开挖渠道时应每隔5m~10m挖出标准断面,并应采用断面样板逐段检查、反复修整,达到设计要求。开挖到渠槽设计高程时,应标定渠线中心桩、两侧开挖线的位置和高程。开挖后渠槽基土的密实程度应满足设计要求,天然密实程度达不到设计要求时,应进行压实处理。

7.2.5 岩石基础渠道基槽采取微量爆破等措施时,不应造成渠基裂缝或稳定性下降。开挖后的渠道基槽尺寸偏差应满足表7.2.1的要求。

7.2.6 采用膜料及沥青混凝土防渗时,应将渠道基槽内残留的草籽、草根和树根等杂物清除干净。

7.2.7 大型土方工程、排水施工作业过程中,应监测附近构筑物、管线和道路等设施的变形情况,提出应对措施。

7.3 特殊土渠基处理

7.3.1 特殊土渠基处理应符合下列规定：

- 1 土料、填料的压实参数应通过试验确定；
- 2 土料应过筛，并应控制含水率；
- 3 填料应分层填筑、分层压实，每层摊铺厚度不应大于30cm；
- 4 雨天不得施工。

7.3.2 湿陷性黄土渠基施工应按现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的规定执行。灰土或水泥土制备应采用机械搅拌。

7.3.3 膨胀土渠基施工应符合下列规定：

- 1 强膨胀土不得作为渠堤填料，中等膨胀土经处理后胀缩率不大于0.7%后可作为填料，弱膨胀土可直接用于填料使用，填筑土料的土块粒径不应大于37.5mm，填筑表面应及时防护；
- 2 膨胀土渠基处理宜采用分段快速作业，不应使渠基暴晒或泡水；
- 3 施工开挖应预留30cm~50cm的保护层。

7.3.4 分散性黏土渠基施工应符合下列规定：

- 1 施工中应采取防止坡面雨水冲刷的措施；
- 2 当采用灰土或水泥土处理分散性黏土时，应通过击实试验确定填料参数，土料应过筛，填料应采用机械搅拌均匀；
- 3 反滤土工布应铺设平整，接缝可采用搭接或缝接的方式，搭接宽度不应小于30cm。

7.3.5 盐渍土渠基施工宜在土壤含盐量低的季节施工，施工时应清除渠基表层的强盐渍土、有盐结皮和松散土层。

7.4 渠基排水设施

7.4.1 渠基排水设施应在验收合格的渠道基槽上进行施工。

7.4.2 应按设计要求开挖排水沟、集水井和集(排)水管基槽。开挖断面应平整、尺寸准确,并应控制比降。

7.4.3 应按设计要求在排水沟、集水井和集(排)水管基槽内填筑卵石或碎石,周围做好反滤。集(排)水管应控制比降,管段之间的接头应牢固,管道周围应做好反滤。

7.4.4 排水系统中沟、井和管之间应连接牢固、可靠。

7.4.5 逆止阀的安装宜结合防渗衬砌层施工同时进行,逆止阀的周边与防渗衬砌层连接应紧密、不透水。

7.5 膜料防渗

7.5.1 膜料铺设应符合下列规定:

- 1 膜料应根据渠道尺寸合理选择幅宽,减少现场拼接量;
- 2 铺设顺序应先上游后下游,上游压下游,接缝应垂直水流方向;
- 3 膜料铺设应预留 3%~5%的伸缩变形余量,应排除膜下空气;
- 4 膜料连接可采用焊接、黏结和搭接,焊接、黏结的搭接宽不应少于 10cm,搭接宽不应小于 20cm,破洞修补搭接范围应大于孔洞周边 10cm~20cm;坡脚、坡顶转折处、断面变化处等应力集中区 1m 范围不应设连接缝;
- 5 焊接工艺及参数应根据焊接试验确定,焊缝应整齐,不得滑焊和漏焊;
- 6 作业人员应穿胶鞋或软底鞋作业;焊机不用时不得直接放置膜面;铺设完成后,应尽量减少膜面作业;温度低于 5℃时,应停止焊接作业。

7.5.2 岩石或砂砾石基槽,在铺设过渡层前应对基槽进行整平,清除尖锐棱角部分,过渡层铺设应平整、无突出物。

7.5.3 填筑过渡层或保护层的施工速度应与铺膜速度相匹配,避免膜层裸露时间过长。

7.5.4 土料保护层施工应满足下列要求：

- 1 填筑保护层的土料应不含石块、树根和草根等杂物；
- 2 填筑保护层时，不应使用损伤膜料的施工方法；
- 3 保护层厚度大于 15cm，应分层铺筑；每层摊铺厚度；人工夯实时，不宜大于 20cm；机械夯压时，不宜大于 30cm；土料夯实后压实度应大于 0.93，厚度应略大于设计厚度，经修整达到设计渠道断面。

7.5.5 用砂砾料做保护层时，级配应符合本标准第 4.13.2 条的规定，铺设时逐层振压密实。发现膜层孔洞应及时修补。

7.6 砌石防渗衬砌

7.6.1 砌石砂浆应按设计强度等级进行配合比试验和拌制，随拌随用，自出料到用完，其允许间歇时间不应超过 3h，施工气温超过 30℃时，不应超过 2h。砂浆性能应符合本标准第 4.3.2 条的规定。

7.6.2 砌石结构施工时，应先洒水润湿渠基，然后在渠基或垫层上铺一层厚度 2cm~5cm 的砂浆，再铺砌石料。砌体宜均衡上升，相邻段砌筑高差和每日砌筑高度不宜超过 1.2m。

7.6.3 浆砌石衬砌结构的施工，应符合下列规定：

- 1 石料安放应符合下列规定：
 - 1) 浆砌块石应大面朝外、错缝摆放，并应选择较大、较规整的块石砌在渠底和渠坡下部；
 - 2) 浆砌料石和石板，在渠坡应纵砌，在渠底应横砌；料石错缝距离宜为料石长的 1/2；
 - 3) 浆砌卵石，相邻两排应错开茬口，并选择较大的卵石砌于渠底和渠坡下部，大头朝下；
 - 4) 浆砌块石挡土墙式防渗结构，应先砌角石、面石，后砌腹石，面石与腹石交错连接；浆砌料石挡土墙式防渗结构，面石中应有足量的丁石与腹石相连。

2 石料砌筑应符合下列规定：

- 1) 砌筑前石料表面的泥垢、水锈等杂质应清除干净，并洒水润湿；
- 2) 浆砌料石和块石，应随铺浆随砌石，干摆试放，分层砌筑，坐浆饱满；每层铺水泥砂浆厚度，料石宜为 $2\text{cm}\sim 3\text{cm}$ ，块石宜为 $3\text{cm}\sim 5\text{cm}$ ；块石缝宽超过 5cm 时，应填塞小片石；
- 3) 卵石可采用挤浆砌筑；
- 4) 浆砌石板应保持砌缝密实平整，石板接缝间的不平整度不超过 1cm 。

3 浆砌料石、块石、卵石和石板，宜在砌筑砂浆初凝前勾缝。勾缝自上而下用砂浆充填、压实和抹光。浆砌料石、块石和石板宜勾平缝；浆砌卵石宜勾凹缝，缝面宜低于砌石面 $1\text{cm}\sim 2\text{cm}$ 。

7.6.4 干砌卵石挂淤衬砌结构的施工应符合下列规定：

1 砌筑顺序应符合下列规定：

- 1) 应按先渠底后渠坡的顺序砌筑；
- 2) 砌渠底时，平渠底宜从渠坡脚的一边砌向另一边；弧形渠底应从渠中线开始向两边砌筑；
- 3) 渠坡从下而上逐排砌筑；
- 4) 卵石下铺设膜料时，应在膜料上铺设土料过渡层，边铺膜，边压土，边砌石。

2 砌筑应符合下列规定：

- 1) 卵石长边应垂直于渠底或渠坡立砌，不应前俯后仰，左右倾斜；卵石的较宽侧面应垂直于水流方向；
- 2) 每排卵石应厚薄相近，大头朝下，错开茬口，挤紧砌实；
- 3) 渠底两边和渠坡脚的第一排卵石，应比其他卵石大 $8\text{cm}\sim 12\text{cm}$ ；
- 4) 卵石砌筑后，应先用小石填缝至缝深的一半，再用片状石块卡缝；

5)用较大的卵石水平砌筑封顶石。

7.6.5 砌筑后应在 12h 内开始养护,养护时间不应少于 14d。

7.7 混凝土防渗衬砌

7.7.1 模板制作的允许偏差值,应符合表 7.7.1 的规定。现浇混凝土模板安装净距,沿渠道纵向的允许偏差值为 $\pm 10\text{mm}$,沿宽度方向的允许偏差值为 $\pm 30\text{mm}$ 。预制混凝土板框架模板两对角线长度差的允许偏差值为 7mm 。模板的其他要求应符合现行行业标准《水工混凝土施工规范》SL 677 的有关规定。

表 7.7.1 模板制作的允许偏差值(mm)

偏差名称	允许偏差值	
	木模	钢模
与现浇边坡混凝土板设计斜长和表面模板设计长度相应尺寸的偏差	+20	+10
与混凝土板设计厚度和伸缩缝设计深度、宽度相应尺寸的偏差	± 3	± 2
模板面局部不平整度(用 2m 直尺检查)	± 3	± 2
拼接的相邻两板面高度差	± 1	—
拼接板的缝隙	± 1	—
连接配件的孔眼位置	—	± 1

7.7.2 钢筋的加工、接头、安装要求应符合现行行业标准《水工混凝土施工规范》SL 677 的有关规定。

7.7.3 混凝土配合比应符合下列规定:

1 应根据设计强度、抗冻、抗渗等耐久性设计指标要求进行试验和施工调整,并经批准后使用。

2 防渗混凝土的最大水胶比应符合表 7.7.3-1 的规定。抗冻混凝土最大水胶比和最小胶凝材料用量应符合表 7.7.3-2 的规定。粗骨料宜采用连续级配。

表 7.7.3-1 抗渗混凝土最大水胶比

设计抗渗等级	最大水胶比	
	C25、C30	C30 以上混凝土
W6	0.60	0.55
≥W8	0.55	0.50

表 7.7.3-2 抗冻混凝土最大水胶比及最小胶凝材料用量

设计抗冻等级	最大水胶比		最小胶凝材料用量 (kg/m ³)
	无引气剂时	掺引气剂时	
F50	0.55	0.60	300
F100	0.50	0.55	320
F150	—	0.50	350
F200 及以上	专门论证		

3 外加剂的使用及其掺量应通过试验确定。有抗冻要求的宜掺加引气剂,含气量宜为 3%~6%。外加剂应和水配成一定浓度的溶液使用。

4 处于化学腐蚀环境的混凝土,应进行专题试验研究确定混凝土的配合比。

5 混凝土的配料均应以质量计,允许偏差应符合表 7.7.3-3 的规定。

表 7.7.3-3 材料称量的允许偏差值

材料名称	混凝土、灰土、砂浆							沥青混凝土、沥青砂浆			
	水	外加剂	石灰	水泥	砂料	粉煤灰	石料	沥青	填料	砂料	石料
称量允许 偏差值(%)	±2.0	±1.0	±3.0	±2.0	±3.0	±2.0	±3.0	±0.5	±1.0	±2.0	±2.0

7.7.4 宜选用集中拌制混凝土。现场拌制混凝土应采用机械拌制。

7.7.5 混凝土的运输过程应防止分离、漏浆、严重泌水、过大温升和坍落度损失,运输过程应遮盖保温,混凝土的装载高度不应低于

40cm。产生初凝、坍落度损失过大、雨淋、失水过多和遭受冰冻等情况应按废料处理。

7.7.6 浇筑混凝土前，土渠基应先洒水浸润；在岩石渠基上浇筑混凝土，或需要与早期混凝土结合时，应将基岩表面清洗干净，将原混凝土凿毛并清洗干净，铺一层厚度为2cm~3cm的水泥砂浆。

7.7.7 现场浇筑混凝土，宜结合永久缝采用分块跳仓法施工。混凝土自由下落高度应小于1.5m。同一浇筑块应连续浇筑。因故中断或超过表7.7.7规定的允许间歇时间，应按施工缝处理。

表 7.7.7 混凝土浇筑允许间歇时间

混凝土浇筑时的 气温(℃)	允许间歇时间(min)	
	普通硅酸盐水泥、中热硅酸盐 水泥、硅酸盐水泥	低热矿渣硅酸盐水泥、矿渣硅 酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥
20~30	90	120
10~20	135	180
5~10	195	—

7.7.8 采用衬砌机等特殊工艺浇筑时，应制订专门的施工控制要求。

7.7.9 混凝土应采用机械振捣，并符合下列规定：

1 混凝土入仓后应先平仓后振捣；

2 使用表面式振动器时，振板行距宜重叠5cm~10cm；

3 坡面混凝土浇筑宜采用滑模施工，并符合现行行业标准《水工建筑物滑动模板施工技术规范》SL 32的规定；

4 振捣器不应直接碰撞模板、钢筋及预埋件；边角部位及钢筋预埋件周围应辅以人工捣固；

5 振捣时间应以粗骨料无显著下沉且开始表面泛浆时为准。

7.7.10 采用喷射法施工应符合现行行业标准《喷射混凝土应用技术规程》JGJ/T 372的规定。

7.7.11 现场浇筑混凝土完毕应及时收面，收面后混凝土表面应

密实、平整和光滑。

7.7.12 连续浇筑混凝土可用切缝机或人工切制半缝形的伸缩缝。

7.7.13 混凝土浇筑完毕后,应及时养护,养护期宜为 14d~28d,早期宜覆膜养护。

7.8 机编钢丝网防渗衬砌

7.8.1 机编钢丝网应贮存在空气流通、无腐蚀性气体的场所。

7.8.2 建基面应平整、密实和无杂物,渠基压实度应满足设计要求。

7.8.3 钢丝网的间隔网与网身应呈 90°相交。采用与网垫同材质的绞丝绑扎,并绞紧。各交接边应每间隔 10cm~15cm 单圈、双圈交替绞合绑扎。

7.8.4 填充石料应振捣密实,人工砌垒整平。

7.8.5 每层网箱填充完成后,应同步分层夯实网箱挡墙后的回填土,每层土摊铺厚度不应大于 30cm,回填齐平后,方可再叠砌上一层网箱。

7.9 现场混凝土预制板防渗衬砌

7.9.1 混凝土预制板预制场地应符合下列规定:

- 1 宜靠近衬砌渠道,进出交通便利;
- 2 应具备水、电及养护条件;
- 3 应具备足够的制作、养护和贮存场地;
- 4 制作平台应找平并硬化;
- 5 振动台和脱模场应设置遮阴和防雨设施。

7.9.2 混凝土预制板应符合下列规定:

1 模具应符合本标准第 6.3 节的规定;塑料模具应具有足够的刚度、耐磨性能和内壁光洁,且可重复使用 50 次以上,模具几何尺寸偏差值应小于 1mm。

2 成型宜采用振动台振捣,振动台的工作参数应经试验确定;

3 成型后应及时养护,脱模强度应大于设计强度的 50%。

7.9.3 预制板成品应按照规格、浇筑日期分区堆放并标记。预制板可采用叠放方式,层与层之间应垫平、垫实,各层支垫应上下对齐,最下面一层支垫应通长设置。叠放层数宜为 3 层~6 层。混凝土预制板强度应达到 75% 以上时方可运输。

7.9.4 混凝土预制板砌筑施工应符合下列规定:

1 砌筑前应复测渠基断面;

2 垫层砂浆和填缝混凝土(砂浆)应采用机械拌和;

3 砌筑应自下而上铺设和填缝;

4 预制板安装时应采用垫块定位,缝宽误差应小于 2mm;板缝应按设计深度清理,洒水浸润后拆除垫块;板缝回填混凝土(砂浆)应捣固密实,表面与预制板平齐收光,并及时养护。

7.10 模袋混凝土防渗衬砌

7.10.1 模袋铺设和连接施工应符合下列规定:

1 应检查模袋外观质量,破损、断纱等严重缺陷的不得使用,轻微缺陷经修补合格后可使用;

2 渠顶锚固槽内每隔 1m~2m 应设置定位桩固定模袋;模袋铺设后横、纵缝应平直,每个模袋纵横方向应预留不小于 6% 的收缩量;

3 相邻模袋连接缝合应平直和连续,缝制宽度不应小于 5cm,针脚间距不应大于 0.8cm;

7.10.2 模袋混凝土配合比应按试验确定,混凝土应具备良好的和易性、流动性和泵送性。坍落度宜控制在 23cm±2cm 范围内。

7.10.3 混凝土灌注应符合下列规定:

1 灌注前应用砂浆和水润滑管道,水上部分模袋应洒水湿润;

2 应先灌注渠顶锚固槽内的模袋,后灌注边坡模袋;边坡模袋应自下而上、先两边后中间充灌;

3 泵送距离不宜超过 50m,充灌速度宜为 $10\text{m}^3/\text{h}\sim 15\text{m}^3/\text{h}$,充灌压力宜为 $0.2\text{MPa}\sim 0.3\text{MPa}$;充灌应连续不间断至饱满平整;

4 模袋充灌饱满后应立即封扎袋口,表面清理干净,养护时间不少于 14d。

7.11 沥青混凝土防渗衬砌

7.11.1 沥青混合料的拌制应符合下列规定:

1 沥青应熔化脱水,沥青量应控制在加热容器的 $60\%\sim 70\%$,加热中应清除杂质,脱水后恒温时间不得超过 6h;

2 在拌制沥青混合料前,宜预先用烘干机加热骨料;当用炒盘加热骨料时,应加强搅拌,防止局部过热;

3 沥青混合料拌制宜采用强制式搅拌机;拌和时应先将骨料与矿粉拌和均匀,再倒入沥青拌和,直至色泽均匀、不出现花白料为止。

7.11.2 沥青混合料运输时应采取保温措施,运输机具的容积和数量应与沥青混合料的拌和能力及铺筑机械的生产能力相适应。在卸料和运输过程中应避免沥青混合料出现离析和分层现象。运输机具停用时应及时清理干净。

7.11.3 沥青混合料的摊铺厚度、压实温度、碾压遍数和压实度等施工工艺参数应根据设计要求通过现场试验确定。压实度可采用 $1.2\sim 1.5$ 。

7.11.4 现场铺筑施工,应符合下列规定:

1 有整平胶结层的防渗结构,可先铺筑整平胶结层,再铺筑防渗层。

2 铺筑防渗层,按现场试验选定的摊铺厚度均匀摊铺。沥青混合料摊铺和压实的温度控制标准应符合表 7.11.4 的规定。

表 7.11.4 防渗衬砌层施工温度控制标准

施工项目	沥青脱水 及加热	粗细骨料 加热	混合料 拌和	摊铺	开始压实	终止压实
温度控制标准 (°C)	160±10	170~190	160~180	130~150	120~140	85~120

注：整平胶结层压实温度可较防渗层降低 20°C。

3 宜采用振动碾压实沥青混合料。应先静压 1 遍~2 遍，再振动压实。压实渠道边坡时，应上行振动、下行不振动。小型渠道可采用静压或平面振动器压实。应按试验选定的压实温度和遍数进行压实，不应漏压，施工接缝处应重叠碾压 10cm~15cm。

4 防渗衬砌层与建筑物连接处和机械难以压实的部位，应辅以人工压实。

5 沥青混凝土防渗衬砌层应连续铺筑，减少冷接缝。

6 当防渗层不大于 10cm 时，宜采用单层铺筑；采用双层铺筑时，结合面应干燥、洁净，并均匀涂刷一薄层热沥青或稀释沥青，涂刷量不应超过 $1\text{kg}/\text{m}^2$ 。上层、下层冷接缝的位置应错开 1m 以上，施工接缝应采用斜面平接，斜面坡度宜为 45° 。

7.11.5 沥青混凝土预制板的预制和铺砌，应符合下列规定：

1 沥青混凝土预制板的预制宜采用钢模板；预制板应振压密实、尺寸准确、六面平整光滑、无缺角和无石子外露等缺陷；

2 预制板振实后即可拆模，降温后方可搬动，预制板可采用水平叠放方式，层与层之间应采用膜料隔离，叠放高度不应超过 0.5m；

3 沥青混凝土预制板应按本标准第 7.8.4 条的要求砌筑。

7.11.6 封闭层的涂刷，应符合下列规定：

1 在洁净、干燥的防渗层面上应均匀涂刷沥青玛蹄脂或改性乳胶沥青作为封闭层；沥青玛蹄脂涂刷时的温度不应低于 160°C ，涂刷量宜为 $2\text{kg}/\text{m}^2 \sim 3\text{kg}/\text{m}^2$ ；

2 涂刷后禁止人、畜和机械通行。

7.11.7 施工中,应采取必要的安全防火及防护措施。

7.12 装配式混凝土槽

7.12.1 装配式混凝土槽预制应符合下列规定:

1 宜采用金属模具,模具应具有足够的刚度和耐磨性能,内壁光洁,模具几何尺寸偏差值小于 2mm;

2 宜采用振动台振捣,振动台的工作参数应经试验确定;

3 可采用覆膜保湿、喷涂养护剂、太阳能覆膜和蒸汽等方法养护;野外和冬期生产的预制构件宜采用蒸汽养护方式;达到设计强度的 75%以上时可脱模;

4 堆放应按照规格、型号和浇筑成型日期分区并标记;预制板可采用叠放方式,层与层之间应垫平、垫实,各层支垫应上下对齐,最下面一层支垫应通长设置;叠放层数宜为 3 层~6 层;

5 经检验合格后方可出厂。

7.12.2 装配式混凝土槽安装应符合下列规定:

1 安装前应复测渠基底部高程;

2 应先机械压实垫层,再铺设保温层;

3 结构吊装设备吊具吊索的规格应经验算确定;

4 拼接式 L 型渠槽应先定位安装两侧 L 型构件、再现浇渠底混凝土;

5 止水胶条应牢固粘接在矩形槽的胶圈槽内;

6 渠槽安装应槽身平直、无错口,接缝均匀。

7.12.3 应及时回填渠槽两侧填土,回填土的压实度应大于 0.91。

7.13 渠坡加筋防渗衬砌

7.13.1 土工格栅摊铺到位后应及时填筑土料,不应长时间暴晒或暴露。填筑土料中不得含强酸性、强碱性物质。

7.13.2 土工格栅的铺设应符合下列规定:

1 铺设格栅前,应对地表进行清理,不得有尖锐的突出物;格栅纵向应垂直于坡面铺设,并应拉直、平顺,不得扭曲、褶皱;在斜坡上铺设时,应保持一定松紧度;

2 渠坡加筋宜采用单向塑料土工格栅,格栅的横向搭接不小于 2 个横肋间距,或每隔 2m 宜用绑扎扣或 U 型钉连接固定;格栅的纵向宜用连接棒搭接;

3 双层格栅的上、下层接缝应错开,接缝的错开长度应大于 50cm;

4 格栅应采用人工分层铺设,应根据碾压层的厚度和设计反包长度预留足够的格栅长度;

5 格栅不应受损,出现破损时应及时修补或更换。

7.13.3 加筋渠坡的填筑应符合下列规定:

1 用机械或人工将填土堆放在拉紧后的格栅上,车辆和施工机械不得直接碾压格栅;

2 采用机械碾压时,土料的摊铺厚度不应大于 30cm;

3 超填宽度不应小于 50cm;近坡面处宜用轻型机械压实,也可叠放土工袋保持坡面平整;

4 应将预留格栅反包至上层填土,并用土覆压;

5 应通过试验确定分层碾压厚度及遍数。

7.14 土工格室防渗衬砌

7.14.1 土工格室应储存在仓库内,户外储存应加盖苫布,应远离热源及阳光直射。储存期不应超过 12 个月。

7.14.2 土工格室的安装应符合下列规定:

1 格室搭接宜采用飞边搭接、壁板切断端搭接,应沿格室横向搭接;飞边搭接应使用连接键;

2 格室沿坡向两组格室连接时,宜采用端部壁板拼接;三组及以上格室连接时,宜采用端部焊缝拼接;

3 格室展铺应自上而下,用锚杆固定格室;弧形、锥形等特殊

形状宜调整或裁剪格室的展开程度；坡面转折处的最小垂直弯曲半径应符合表 7.14.2 的要求；对设有加筋带要求的格室应预穿加筋带。

表 7.14.2 格室高度与最小垂直弯曲半径

格室高度 (mm)	长向最小垂直弯曲半径 (mm)	宽向最小垂直弯曲半径 (mm)
50	300	400
75	400	600
100	600	1000
120	720	1200
150	900	1500
200	1200	2000

7.14.3 坡顶封顶应不少于一个完整的格室单元，格室单元应压固或锚固固定。

7.14.4 坡脚应采用平铺、埋压与叠砌等方式固定。平铺长度不应小于 3 倍冲刷深度且不少于 50cm 并锚固，埋压、叠砌深度不应小于 1.5 倍冲刷深度且不少于 30cm。

7.14.5 填充料回填应符合下列规定：

1 土及集料应从坡顶到坡脚填充，混凝土应从坡脚到坡顶填充；

2 填充料自由下落高度应小于 0.5m；

3 填充料铺填应均匀，超填高度应大于 5cm；

4 黏性土填充压实度不应小于 0.85，砂及砂砾石填充相对密度不应小于 0.60，混凝土填充应振捣密实。

7.15 保温材料铺设

7.15.1 保温材料应储存于干燥、通风和干净的仓库内，不得接近热源，不得与化学药品接触。堆放平整，不应重压猛摔、日晒雨淋。

7.15.2 保温层的铺设应符合下列规定：

- 1 应清除渠基表面的杂物,并复测渠基断面;
- 2 采用双层铺设时,上下接缝应交错,错开距离不应小于0.2m;

3 保温板连接可采用平接、搭接和企接,直线段宜采用搭接或企接方式,曲线段宜采用平接方式;板间用黏合剂胶结;铺设应平顺、嵌挤紧密和不留孔隙,弯道处局部可适当加宽;

4 铺设过程中不应踩踏保温板。

7.15.3 保温层铺设完毕,经检查合格后,应及时铺筑上垫层,保温层不应长时间暴露。保温层上垫层可选用中粗砂、砂浆等。中粗砂应级配良好、质地坚硬,砂不得含有杂草、垃圾及粒径大于5mm的块、碎石。

7.16 伸缩缝填充

7.16.1 伸缩缝填充前,应将缝内杂物、粉尘清理干净,并保持缝壁干燥。

7.16.2 伸缩缝材料的选择应根据衬砌结构的类型按本标准第4.12节选择。应根据填充材料的性能和工艺要求确定填充方法。

7.16.3 伸缩缝填充施工中,应做到缝形整齐、尺寸合格、填充紧密和表面平整。

7.16.4 填缝材料在配制、运输和填充过程中应采取卫生、安全等防护措施。

8 施工质量控制与验收

8.1 一般规定

- 8.1.1 渠道防渗衬砌工程的施工质量控制与检查,应按现行行业标准《灌溉与排水工程施工质量评定规程》SL 703 的规定执行。
- 8.1.2 施工现场质量管理应依据施工技术标准,健全质量管理体系,完善施工质量检验制度。
- 8.1.3 主要材料进场应进行现场验收。
- 8.1.4 各工序应按施工技术标准进行质量控制,每道工序完成后,应进行检查。工序之间,应进行交接检验,并形成记录。

8.2 施工质量控制与检查

- 8.2.1 渠道防渗衬砌工程原材料质量控制应符合下列规定:
- 1 工程采用的主要材料、构件等进场时,应查验质量证明文件,混凝土掺合料、外加剂等还应提供使用说明书;
 - 2 原材料进场后,应按照本标准附录 N 的规定进行现场验收;
 - 3 使用新材料应经过技术经济论证、制订质量技术标准和施工质量控制方法。
- 8.2.2 渠基填筑施工质量的控制与检查应符合下列规定:
- 1 应按设计要求控制填筑压实度及相对密度;
 - 2 渠槽断面应尺寸准确、平整和密实,偏差值应符合表 7.2.1 的规定。
- 8.2.3 混凝土防渗衬砌施工质量的控制与检查应符合下列规定:
- 1 混凝土配合比应随时抽检复查;应检查混凝土拌和物的均匀性、坍落度和振捣的密实性;4 级及以上渠道按每 100m 渠段、5

级渠道每 200m~500m 宜取一组试样进行强度试验、抗冻试验；

2 应每班检验一次砂石料的含水率、含泥量(石粉含量)、外加剂的配用量、混凝土的拌和时间和含气量；

3 应检查钢筋架设的位置、间距、保护层厚度、焊接质量及钢筋的型号、直径和各部位尺寸；

4 混凝土拆模后,应检查混凝土外观质量,发现问题及时处理；

5 施工中的各道工序,均应严格检查并验收,前一工序未验收合格,不得进行下一工序；

6 施工中各种材料的称量偏差值应符合本标准表 7.7.3 的规定。

8.2.4 砌石防渗衬砌施工质量的控制与检查应符合下列规定：

1 应按设计要求检查砌石厚度、平整度及砌筑质量和密实性；

2 4 级及以上渠道,砌筑砂浆宜每 100m 渠段,5 级渠道每 200m~500m 取一组试样进行抗压强度试验。

8.2.5 沥青混凝土防渗衬砌施工质量的控制与检查应符合下列规定：

1 沥青混合料的制备质量、沥青混凝土原材料加热、混合料拌和、摊铺、碾压的温度控制,应符合表 8.2.5 的规定；

2 应检验拌和的均匀性、摊铺厚度及压实后防渗层的密度和厚度；90%以上测点的密度应达到设计密度,最小厚度不应小于设计厚度的 90%；渗透系数不应大于 1×10^{-7} cm/s。

表 8.2.5 沥青混合料制备质量标准

检测项目	取样地点	检测内容	质量标准	取样数量
原材料	拌和机 称重系统 (允许偏差)	沥青(%)	± 0.3	每日 1 次
		石料(%)	± 2	
		砂料(%)	± 2	
		填料(%)	± 1	

续表 8.2.5

检测项目	取样地点	检测内容	质量标准	取样数量
沥青 混合料	出机口	外观检查	色泽均匀,稀稠一致,无花白料、黄烟及异常现象	每单元 5次以上
		温度	正常 165℃~180℃,盛夏最低 145℃,冬季最低 155℃,最高不大于 185℃	
	配合比抽样 (允许偏差)	沥青(%)	±0.3	每单元 1 次
		石料(%)	±5	
		砂料(%)	±4	
		填料(%)	±1	

8.2.6 膜料防渗工程应量测膜料的铺设高度,检测膜料接缝质量、膜料损伤等情况,发现损伤应及时修补,修补合格后再进行下一工序。

8.2.7 预制混凝土矩形槽安装质量的控制与检查应符合下列规定:

- 1 应按设计要求全数检查预制混凝土矩形槽之间接缝;
- 2 预制混凝土矩形槽安装尺寸偏差不应超出±5mm;
- 3 应按设计要求检查 L 形渠底钢筋的型号、规格、数量、位置、锚固长度及混凝土结合面质量。

8.2.8 模袋混凝土施工质量的控制与检查应符合下列规定:

- 1 应及时检查土工模袋展开铺设后的表面质量;
- 2 应按设计要求检查充灌混凝土的原材料、配合比、拌和物性能;
- 3 应检查模袋成型厚度。

8.2.9 土工格室施工质量的控制与检查应符合下列规定:

- 1 应检查格室接缝及损伤等情况,损伤应及时修补,修补合格后方可进行下一工序;

- 2 应检查锚杆的规格、位置、数量和锚固情况；
- 3 应检查预穿加筋带的规格、数量和位置；
- 4 每 100m 渠段宜取一组填充料检验土料压实度、砂砾石相对密度及混凝土抗压强度。

8.2.10 机编钢丝网施工质量的控制与检查应符合下列规定：

- 1 应检查机编钢丝网垫、网箱安装后几何尺寸，尺寸偏差应符合表 8.2.10 的规定；

表 8.2.10 机编钢丝网几何尺寸偏差

指 标	机编钢丝网垫			机编钢丝网箱		
	高度	宽度	长度	高度	宽度	长度
允许偏差 (%)	±10	±3	±3	±5	±3	±3

- 2 应用 2m 靠尺抽查网垫面层平整度，平整度不应大于 3cm；
- 3 应用 2m 靠尺抽查网箱墙面平整度，平整度不应大于 5cm；挡墙倾斜度不应大于 0.5%。

8.2.11 保温材料施工质量检验方法及允许偏差应符合表 8.2.11 的规定：

表 8.2.11 保温层铺设质量检测标准

项次	检 查 项 目	规定或允许偏差	检查方法与频率
1	隔热层厚度	±5mm	每 100m ² 检查 10 点，钢针
2	隔热层宽度	不小于设计值	每 100m ² 检查 5 点，尺量
3	中线至边缘	±30mm	每 100m 检查 10 点，尺量
4	隔热层接缝	符合设计要求	每 100m ² 检查 10 点，尺量，目测

8.2.12 接缝材料施工质量的控制与检查应符合下列规定：

- 1 应检查接缝材料与混凝土的相容性；
- 2 应全数检查侧壁清洁、干燥等情况；
- 3 应全数检查接缝外观质量；
- 4 保温层结构尺寸的允许偏差值应符合表 8.2.12 的规定。

表 8.2.12 保温层结构尺寸的允许偏差值

项次	检查项目	规定或允许偏差	检查方法与频率
1	隔热层厚度	±5mm	每 100m ² 检查 10 点, 钢针
2	隔热层宽度	不小于设计值	每 100m ² 检查 5 点, 尺量
3	中线至边缘	±30mm	每 100m 检查 10 点, 尺量
4	隔热层接缝	符合设计要求	每 100m ² 检查 10 点, 尺量, 目测

8.2.13 渠道防渗衬砌工程各部尺寸的偏差值应符合表 8.2.13 的规定;最大渗漏量应满足防渗等级的要求。

表 8.2.13 防渗衬砌渠道断面尺寸和防渗结构尺寸的允许偏差值

项 目		允许偏差值(cm)	
		土 基	石 基
渠底高程		±(1~3)	±(1~2)
渠道中心线		±(1~3)	±(1~2)
渠底宽度		+ (2~4)	+ (3~5)
断面上口宽度		+ (3~5)	+ (4~6)
平整度		±(1~2)	±(1~2)
伸缩缝间距	现场浇筑施工	±2	±2
	预制铺砌施工	±5	—
边坡防渗结构斜长度		+ (1~2)	+ (1~2)
现浇施工,渠坡、渠底防渗结构纵向分块长度		±(0.5~1)	±(0.5~1)
现浇施工,渠坡、渠底防渗结构横向分块长度		+ (3~5)	+ (1~6)
预制板两对角线长度差值		±0.7	—
防渗结构厚度	现场浇筑施工	±5%	-5%~-15%
	砌石防渗及预制铺砌施工	±(5%~10%)	—

注:大型、中型渠道取大值;小型渠道取小值或设计值。

8.3 工程验收

8.3.1 渠道防渗衬砌工程验收应符合现行行业标准《水利水电建

设工程验收规程》SL 223 的规定。

8.3.2 竣工验收除应整理归档验收规程规定的资料外,还应整理归档资料并符合下列规定:

1 应提供防渗衬砌项目鉴定评估资料及渗漏、渠道水利用系数等本底资料;

2 应专门整理归档防渗衬砌工程历次改造地质勘探资料及对比分析资料;

3 应提供历次防渗衬砌项目建设标准、位置、数量和面积等资料;

4 应提供防渗衬砌工程渗漏、变形、渗压和冻胀监测初始值。

8.3.3 各种资料应建立动态数据库,长期保存。

8.3.4 竣工验收前应配备完善渠段运行标志、标识,安全警示标识,运行警戒水位标识等。

9 工程监测

9.1 一般规定

9.1.1 渠道防渗衬砌工程监测内容应符合下列规定：

1 高填方、深挖方、特殊土渠基的渠道(渠段)应进行变形观测和渗流观测；

2 严寒和寒冷地区的防渗衬砌渠道可进行冻胀观测；

3 需要评价渠道防渗效果时应进行渠道渗漏损失测验；

4 其他渠道(渠段)的监测应以安全巡查为主。

9.1.2 监测设计应包括设置监测项目、布置监测设施、拟定监测方法、提出整理分析监测资料的技术要求。

9.1.3 监测工作应满足下列规定：

1 观测人员相对固定；

2 记录相关的环境因素,包括荷载、温度、降水和渠道水位等；

3 尽量使用同一仪器与设备；

4 采用相同的观测方法和统一的数据处理方法；

5 应取得观测数据的初值,做好记录并长期保存。

9.1.4 观测仪器和设备应定期进行检查、校验,并做好记录。

9.1.5 每期观测结束后,应及时处理观测数据。观测数据出现异常变化等可能危及渠道安全运行情况时,应即刻汇报,采取相应的措施。

9.2 静水法渗漏测验

9.2.1 静水法渗漏测验应符合下列规定：

1 渗漏测验应在渠段达到正常运行条件后进行；

2 试验段应顺直、完整且断面规则；

- 3 应具备水源与交通条件；
- 4 隔离堤应完整，不应产生漏水、沉陷和裂缝；
- 5 水面蒸发设备、降雨量观测设备应安装完毕并可正常使用；
- 6 加水系统的供水能力应大于测验段最大渗漏强度的 1.5 倍。

9.2.2 测验段的设置应符合附录 P 第 P.1 节的规定。

9.2.3 静水法渗漏测验宜包括注水、恒水位和变水位观测，以及降雨量和蒸发量观测。

9.2.4 测验段注水应符合下列规定：

- 1 测初渗量时，尽快地连续注水；加水后水位等于测验水位加 $1/2$ 加水前、后水位的差值；

- 2 刚停止输水的渠道，待渠道干涸、地下水恢复恢复正常后，方可进行初渗量测验；

- 3 土渠测验段注水应防止渠面冲刷；

- 4 应同时向测验段及渗漏平衡区注水，并使两侧水位基本相同。

9.2.5 当进行恒水位观测时，对于断面规则的较大流量渠道和渗漏量大的渠道，宜采用水位下降法；对于小流量或渗漏量小的渠道，宜采用称量法，并应符合下列规定：

- 1 水位下降法测验应符合下列规定：

- 1) 加水前水位和加水后水位的平均值等于测验水位；

- 2) 观测时段的长度可根据加水前、后水位差的大小确定；加水前、后水位差值，可在 $5\% \sim 10\%$ 测验水深间选用，渗漏量大的渠道和测验水深小于 1.0m 的渠道取大值，反之取小值；

- 3) 向测验段加水时，当水位已平稳，且达到规定的加水后水位时，方可将此时间及相应水位记入附录 P 表 P.2.9-3；随后，待水位下降到规定的加水前水位时，可将其时间及相应水位记入同一表格中；同时应迅速将水位加至规定

的加水后水位,再重复作下一时段观测;

- 4) 观测水位应准确,当水面平稳时,3只水尺读数相差不得超过2mm。

2 称量法测验应符合下列规定:

- 1) 应使每个观测时段加水前、后水位的平均值等于测验水位;加水前、后水位差值可同于水位下降法规定值;当水位下降至加水前水位时,应迅速加水至加水后水位;准确测读加水前、后水位,并应称量每一观测时段的加水量,记入附录Q表Q.2.9-4;
- 2) 加水时间包括在各观测时段内;每次水位达到加水后水位的时间,即为上一观测时段的结束时间,也是本观测时段的开始时间;两观测时段间没有间隔。

9.2.6 恒水位测验时,当连续出现10次以上观测时段相同,渗流量接近,渗漏强度的最大值、最小值差满足下式时,可认为渗漏稳定,恒水位渗漏测验完成。

$$\frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{\bar{Q}} \times 100\% \leq 10\% \quad (9.2.6)$$

式中: Q_{\max} ——同一时间连续10次测验的最大渗漏强度[L/(m²·h)];

Q_{\min} ——同一时间连续10次测验的最小渗漏强度[L/(m²·h)];

\bar{Q} ——同一时间连续10次测验的渗漏强度平均值[L/(m²·h)]。

9.2.7 同时进行变水位测验时,应在恒水位测验结束后立即进行变水位测验;只进行变水位测验时,应先注水至测验水位加1/2加水前、后水位差值处,泡渠2d~4d,并满足本标准式(9.2.6)时,方可进行观测。

9.2.8 变水位观测应符合下列规定:

- 1 采用水位下降法时,可用等水位降落差值测至最低水位,

也可用等时段观测；观测结果记入附录 P 表 P. 2. 9-7；

2 采用称量法时，应从最高测验水位加 1/2 加水前、后水位差值处开始，至每个欲测验水位结束，记录各测试水位起止时间和所加水量，同一水位应重复测验 2 次~3 次，观测结果录入见附录 P 表 P. 2. 9-8。

9.2.9 降雨量和蒸发量观测应符合下列规定：

1 降雨量观测与渗漏量观测同步进行；观测结果记入附录 P 表 P. 2. 9-1；

2 渗漏量很小的渠道，同一时段蒸发量占蒸发与渗漏总量的 2% 以上时，蒸发量观测与渗漏量观测同步进行；观测结果记入附录 P 表 P. 2. 9-2；

3 观测方法按现行行业标准《降水量观测规范》SL 21 和《水面蒸发观测规范》SL 630 的要求进行。

9.3 动水法渗漏测验

9.3.1 测渗前应对拟测试渠道进行实施动水法测渗可行性论证，依据测试目的、渠道自然状况、水流条件、运行调度方案、仪器配备和人员情况等进行综合评价，确定是否采用。

9.3.2 测渗前应制订动水法测试实施方案，完成对人员的培训等工作。

9.3.3 动水法测验应符合下列规定：

1 测验应在选定的上、下两个观测断面上进行流量测定；

2 观测期间流量应稳定，中间无分流；

3 测验段上、下断面观测条件、观测仪器应一致；

4 观测断面应选择在渠道的顺直段，其上下游顺直段长度均不小于 10 倍渠宽，水流均匀，无漩涡和回流。

9.3.4 动水法测试前应对渠段全程进行勘察，了解渠道的完好情况，分水口和涵管的位置、数量、淤积及障碍物情况，并应及时进行渠道清淤、清障、清除杂草和封堵分水口及涵管。

9.3.5 测试的渠道应有足够的长度。测试渠段的长度应根据测流仪器的精度、测试量精度,经误差分析后估算确定。

9.3.6 采用流速仪测流时,测速垂线的数目应根据断面流速分布的均匀程度而定,不宜少于5条。每根测速垂线上的测点数应根据测试精度的要求和水深而定,可选用五点法、三点法、二点法或一点法。每个测点上计算流速仪转数的测速历时不宜小于100s。测点的具体位置应符合表9.3.6的规定。

表 9.3.6 测速垂线上的流速测点分布位置

测法	相对水深位置
五点法	水面附近,0.2h,0.6h,0.8h,渠床附近
三点法	0.2h,0.6h,0.8h
二点法	0.2h,0.8h
一点法	0.6h

注:1 h 为测点所在测线处水深;

2 相对水深位置由水面算起。

9.3.7 监测段上、下断面同时观测,观测时间保持一致。流量测试达到一定次数后,应计算各断面流量的标准差、随机不确定度及测试渠段的渗漏损失水量。该值满足测试要求时即可结束测试,具体流量、标准差和随机不确定度的计算应按本标准附录 Q 的要求进行。

9.4 变形监测

9.4.1 渠道变形监测项目应包括水平位移和垂直位移监测,宜按照横断面布置。横断面位置和间距应结合渠道级别、结构类型、地质条件、施工顺序和运行条件等因素确定。

9.4.2 填方渠道变形监测每个横断面的测点不宜少于2个,渠顶应设置1个~2个测点,迎水侧渠坡设计水位以上应布置1个测点,背水侧渠坡根据堤高、坡度等条件设置。挖方渠道测点不宜少于2个,坡顶地面应设置1个~2个测点,迎水坡设计水位以上可

每 5m~10m 高度设置 1 个测点。

9.4.3 表面水平位移监测可采用视准线法、交会法和测距法等方法,垂直位移监测可选择精密水准法、三角高程法等。

9.4.4 渠道内部变形监测宜按照横断面布置,深层水平位移监测可采用测斜仪或多点位移计,垂直位移监测可采用沉降计或多点位移计。

9.4.5 变形观测次数应符合下列规定:

- 1 施工期根据施工安全的需要设置观测次数;
- 2 试通水前后,应各观测 1 次;
- 3 渠道运行期,每年行水前和行水结束后应各观测 1 次;
- 4 超水位运行期、位移量显著变化时、发生地震后和水位骤降时应增加观测次数。

9.5 冻胀监测

9.5.1 应根据渠基土质、地下水位、冻胀措施和渠道走向等因素选定冻胀监测段的位置,宜无人工干扰。

9.5.2 冻胀观测内容应包括气象、地温、冻深、冻胀量、土壤水分和地下水位等。观测时间与次数应根据监测目的和要求确定;宜优先选用自动观测,各项目观测应同步进行,并观测渠道外观变化。冻胀观测宜在工程经过一个灌溉周期和一个冻融周期后进行。

9.5.3 气象资料可采用当地气象站观测资料;无资料时应按小型气象站的要求设置百叶箱、雨量筒等设备,观测气温和降水量等。

9.5.4 监测观测点的布置应符合下列规定:

- 1 地温、冻深、冻胀量和土壤水分观测点应沿渠道横断面设置;观测点的位置和数量可根据渠道断面大小确定;
- 2 观测设备穿过防渗衬砌层时,交接面应密封;
- 3 观测设备应垂直渠道衬砌表面埋设;
- 4 地下水位观测井宜设置在观测段一侧或两侧。

9.5.5 地温观测应符合下列规定：

1 地温观测应观测渠基土不同深度的温度及随时间与环境变化的过程；

2 地温观测深度应大于最大冻土深度；

3 长期观测时地温的观测深度宜大于最大冻深 1m；

4 宜采用钻孔方式成孔，温度传感器宜分层埋设，自土层表面 1m 深度范围内，按 0.1m~0.2m 间隔布设，1m 以上按 0.3m~0.5m 间隔布设；

5 自动采集宜采用热敏电阻或铂电阻温度传感器，观测精度宜为 0.05℃；人工观测应采用地温计；

6 人工观测每月应不少于 4 次；开始冻结、最大冻深、开始融解及完全融通时应加密观测次数；

7 地温观测资料整理应以 X 轴为观测时间、Y 轴为不同深度的地温绘制曲线。

9.5.6 冻深观测应符合下列规定：

1 冻深应采用丹尼林(Denillin)冻深器观测；内管灌注当地地下水至刻度的 0 线处；

2 冻深器安装时应保持外管和内管的 0 线刻度平齐，并与地表齐平；冻土器宜采用钻孔法垂直埋入土中，外管壁四周与土层之间的空隙应采用细土充填密实；

3 当地面温度降到 0℃或以下土壤开始冻结时，应在每日上午 8 时观测一次，直至次年土壤完全融通时结束；观测操作应迅速，内管不应弯折；

4 冻深也可利用地温观测结果推求得到，但应标定地基土体的冻结温度；

5 冻深观测资料整理应以 X 轴为观测时间、Y 轴为不同位置的冻结(融解)深度绘制曲线。

9.5.7 地下水位观测应符合下列规定：

1 观测井宜用 $\phi 50\text{mm}$ 钢管制作，管顶应加盖保护，管下端

1m 范围内应采用滤水管,管外用土工布包裹,滤水管与钻孔间用砾石填充,滤水管应淹没在地下水位 1m 以下;

2 地下水位观测应采用测绳或水位计,并用水准仪测量孔口和地面相对基点的高程变化;

3 宜采用自动观测;人工观测每月应不少于 4 次;

4 地下水位观测资料整理应以 X 轴为观测时间,Y 轴为地下水位绘制曲线。

9.5.8 冻胀量观测应符合下列规定:

1 冻胀量应采用水准仪测量,水准仪的精度应符合现行行业标准《水利水电工程测量规范》SL 197 的规定;

2 应设置测量基准点,基准点应设置在不受土壤冻结影响的建筑物或基岩上;

3 测量点标识应牢固可靠。

9.5.9 土壤水分观测应采用现场钻孔取样后用烘干法或土壤水分仪测定。

9.5.10 冻胀率宜按下式计算:

$$\eta_f = \frac{\Delta h_f}{H_f} \times 100\% \quad (9.5.10)$$

式中: η_f ——冻胀率(%);

Δh_f ——冻深为 H_f 时的冻胀量(cm);

H_f ——冻深(cm),即冻土层厚度内冻结前土层厚度。

9.6 渗流监测

9.6.1 渠道渗流监测项目宜包括渠堤浸润线、渠堤与渠基渗透压力等,宜结合表面变形监测断面设置。

9.6.2 渠道渗流监测测点布置应符合下列规定:

1 浸润线可采用渗压计、测压管监测,每个监测断面测点不应少于 3 个;

2 层状透水渠基渗透压力监测点宜在各透水层中布置,沿横

断面中、下游和渗流出口附近布置,每个透水层测点不应少于 3 个;

3 对有贯穿渠道的断层、破碎带、软弱带和岩溶等不利地质条件的渠段,测点宜沿其走向,在渠基的接触面、截渗槽等重点部位布置。

9.6.3 渠道渗流监测的仪器选择、埋设和监测方法应符合下列规定:

1 渗压计的量程上限宜取静水压力和超孔隙水压力之和的 1.2 倍;

2 已建渠道宜采用钻孔法埋设,在建渠道宜采用坑式法埋设;

3 进行测压管水位观测时,应同时测量管孔的高程。

9.6.4 观测次数和时间应根据观测目的和要求确定。湿陷性黄土渠道应在运行初期加密观测;膨胀土渠道应在雨季加密观测;高填方和深挖方渠段应进行长期监测。

9.6.5 渗流观测资料整理应从时程变化和空间分布两个方面进行。

10 工程 管理

10.1 一 般 规 定

10.1.1 渠道工程运行和维修养护管理应建立渠系工程安全评价标准,并应根据耐久性要求制定工程维修养护技术标准。

10.1.2 防渗衬砌渠道应定期按照渠系工程安全评价标准对工程状况进行鉴定,判定安全类别,并依据工程维修养护技术标准进行改造、维修和养护。

10.1.3 应建立健全工程档案资料管理,工程的设计、施工、验收、监测和建设管理的技术资料应及时归档。

10.2 工 程 运 行 管 理

10.2.1 工程技术管理宜包括工程安全评价标准的制定、安全运行技术要求、安全监测、改造效果观测等内容。

10.2.2 渠道工程安全评价标准的制定应符合下列规定:

1 工程评价内容包括功能、外观、结构、强度、耐久性、稳定和运行状况等;

2 评价对象应边界明确、功能相对独立;子系统安全评价结论可作为整个系统安全评价的依据;

3 安全类别评定标准可根据运用指标达到程度、工程完好程度、缺陷对正常运行的影响程度等因素分类建立;

4 工程评价方法可采用层次分析法、类比法等;

5 评价的程序应包括前期准备、现场调查、检测、分析评估和编制报告。

10.2.3 渠道观测应符合下列规定:

1 应根据工程安全和运行管理要求,进行渠道断面变形观

测、渠基沉降观测、水位观测、渗漏量测验、裂缝观测、渗压观测和渠道冲淤观测等；

2 渠道断面变形观测内容主要包括渠道高程、宽度及内外坡比等，防渗衬砌渠段应不少于 5 年观测一次，特殊渠段应适当增加观测次数；

3 渠基沉降宜采用四等以上水准观测；每年开灌前、灌溉结束后应各观测 1 次，在地质情况复杂和出现特殊工程运行状况的渠段应增加观测次数；

4 渠道运行水位观测每日不应少于 6 次；超过警戒水位或水位变化急剧时期，应适当增加观测次数；

5 渠道冲淤变化观测应每年灌溉结束后观测一次，汛期根据情况进行观测；

6 裂缝观测应观测裂缝深度、缝宽、走向以及裂缝分布情况，观测后应做好详细记录并绘制裂缝分布状况图；

7 填方渠道应观测坡面及穿渠建筑物连接处的渗流出溢点的位置、高程和渗透破坏情况；

8 应结合灌溉水利用系数测算分析，每年进行骨干渠道典型渠段渗漏量观测；

9 冻胀观测应在冻胀周期内进行，观测内容包括冻深、冻胀变形、地温、分层含水量和地下水位等；人工观测每月不应少于 4 次，开始冻结、最大冻深、开始融解及完全融通时应加密观测次数；

10 应建立观测数据自动监测系统平台。

10.2.4 应根据各种观测数据，分析评估工程运行状况，采取安全运行处理措施。

10.2.5 应开展水资源优化调度的灌溉制度、灌溉方式等灌溉试验；应定期核定灌溉面积、种植结构、灌溉输水和配水水量等基础数据。

10.3 工程维修养护

10.3.1 维修养护应按工程性质、技术复杂程度和规模大小，分为

养护、小修工程、中修工程和大修工程四类。各类维修养护工程的分类应符合表 10.3.1 的规定。

表 10.3.1 维修养护工程分类

工程项目	日常养护	小修工程	中修工程	大修工程
渠道	<ol style="list-style-type: none"> 清除渠道淤泥、杂物,保持渠道整洁; 土基渠道整平; 混凝土衬砌层伸缩缝的日常清缝、灌缝及修补裂缝; 浆砌石补缝、干砌石码实和衬砌层整平; 格室(格宾)挂淤清理; 处理沥青混凝土衬砌层的泛油、拥包、裂缝和松散等病害; 膜料保护层恢复 	<ol style="list-style-type: none"> 土基渠道局部处理土体崩塌、冲刷; 混凝土衬砌层的局部修补;预制混凝土衬砌渠道局部修复;接缝材料的局部更换; 砌石应及时填补、楔紧个别脱落或松动的块石; 格室(格宾)网片局部修补; 沥青衬砌层修补坑槽、沉陷,处理波浪、局部龟裂等病害; 膜料局部修补 	<ol style="list-style-type: none"> 土基渠道加固,处理严重病害; 混凝土衬砌层病害的处理;预制混凝土衬砌渠道小面积修复;接缝材料的整段更换; 砌石应及时更换风化或冻毁的块石并嵌砌紧密; 格室(格宾)网片小面积修补; 沥青衬砌层严重病害的处理; 膜料小面积更换 	<ol style="list-style-type: none"> 整段用稳定材料改善渠基,稳定边坡; 影响混凝土衬砌层正常运行的严重病害,整渠段需拆除重建; 砌石在块石塌陷、垫层被淘刷时,应先翻出块石、恢复砌体和垫层后,再将块石嵌砌紧密; 格室(格宾)网片整组更换; 影响沥青混凝土衬砌层正常运行的严重病害,整渠段需拆除重建; 膜料整渠段更换
渠顶及沿线设施	<ol style="list-style-type: none"> 保持渠顶路面高程,清除路面泥土、杂物,保持路面整洁; 标识牌、里程碑桩和界碑等维护 	<ol style="list-style-type: none"> 局部处理渠顶道路翻浆、坑槽和沉降等; 护栏、隔离栅、标识牌和里程碑桩等修理、或部分添置更换 	<ol style="list-style-type: none"> 渠顶道路翻浆、坑槽和沉降等; 全线新设或更换永久性标识牌、里程碑和界碑等;护栏、隔离栅等的全面修理更换;通信、监控、收费和供配电设施的维修 	<ol style="list-style-type: none"> 整段渠顶道路翻浆、坑槽和沉降等; 整段增设护栏、隔离栅等;通信、监控、收费和供配电设施的更新

续表 10.3.1

工程项目	日常养护	小修工程	中修工程	大修工程
绿化	行道树、花草的抚育、抹芽、修剪、治虫和施肥	1. 行道树、花草缺株的补植； 2. 行道树冬季刷白	更新、新植行道树、花草	

10.3.2 渠基工程维修养护应符合下列规定：

- 1 应保持堤顶宽度和现状断面尺寸满足设计要求；
- 2 渠顶兼作交通道路时，路基和路面应满足车辆通行要求；
- 3 渠顶路面应顺直平坦、无坑、无明显凹陷和起伏，每 10 米延长路面高低起伏不大于 $\pm 10\text{cm}$ ；
- 4 渠堤外坡比应符合设计要求，坡面应平整、无塌陷、滑坡、裂缝、雨淋沟、洞穴和渗水管涌等；
- 5 渠基应无裂缝、沉降；渠道淤积厚度或冲刷深度应在渠道设计水深的 $\pm 5\%$ 以内。

10.3.3 防渗衬砌结构维修养护应符合下列规定：

- 1 现浇混凝土裂缝宽度应小于 2mm ；表面剥蚀深度应小于 5mm ，单位面积内剥蚀面积应小于 5% ；两个伸缩缝间不均匀变形量应小于 $\pm 1\text{cm}$ ，整体变形量应小于 $\pm 2\text{cm}$ ；变形引起的结构破损体积比例应小于 5% ；
- 2 预制混凝土板表面剥蚀面积应小于 10% ，每 10 米延长不均匀变形量应小于 $\pm 1\text{cm}$ ，不应出现滑塌，伸缩缝应完好无脱落；
- 3 浆砌石每 10 延长米变形量应小于 $\pm 5\text{cm}$ ；变形引起的结构破损体积比例应小于 10% ；单位体积内石料风化比例应小于 5% ；
- 4 机编钢丝网每 10 延长米不均匀变形量应小于 $\pm 5\text{cm}$ ，断裂比例应小于 10% ；变形引起的结构破损体积比例应小于 10% 。

10.3.4 防渗材料应完好、没有外露和明显变形，保护层厚度应满

足设计要求,局部冲刷或淤积平均厚度应小于设计值的 $\pm 10\%$ 。

10.3.5 渠堤防护林存活率不应小于90%,乔灌木布设比例应符合设计要求;种树位置在渠堤外侧应低于渠顶50cm,有防渗衬砌结构的渠堤内侧不应种树。

10.3.6 各种观测设施应完好。警示牌、界桩和里程碑等标识设置应符合设计要求且完好无损;穿越人群密集区设置的护栏及安全警示牌应完好无损;管理房、库房等基础设施应齐备、完好,满足正常的工作和调度运行。

10.3.7 应定期进行渠道变形观测以及严寒和寒冷地区冻胀观测,冻胀观测应选择不同防渗类型和自然条件的断面。

10.3.8 应根据管理单位运行管理的需要定期进行渠道防渗工程监测。

住房城乡建设部
浏览专用

附录 A 膨润土防水毯冻融循环 与渗透系数联合测定要求

A.0.1 试验装置宜由试样筒、温控顶板、冷冻液循环管、补水管、位移传感器、温度传感器与数据采集系统等组成[图 A.0.1(a)]。膨润土防水毯冻融循环试验应在冻土冻胀试验箱内进行。渗透系数测定装置宜由供水装置、流动测量系统和渗透室等组成[图 A.0.1(b)]。

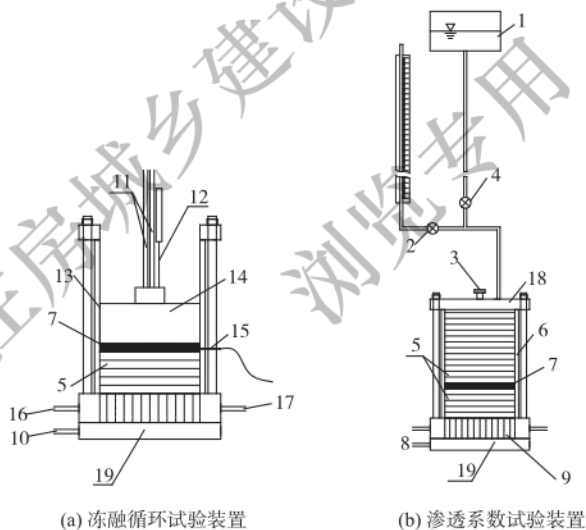


图 A.0.1 膨润土防水毯冻融循环与渗透系数测定联合试验装置

- 1—供水装置；2—变水头管；3—排气阀；4—进水管；5—透水石；6—渗透室；
7—GCL；8—出水管；9—排水孔；10—补水管；11—顶板冷冻液循环管；
12—位移传感器；13—试样筒；14—温控顶板；15—温度传感器；
16—底板冷冻液入口；17—底板冷冻液出口；18—渗透室顶板；19—底板

A.0.2 试样制备应按现行行业标准《土工合成材料测试规程》SL 235 规定裁剪试样及状态调节,并符合下列规定:

1 膨润土毛样尺寸不应小于试样直径的 3 倍;

2 圆形样板的直径不应小于试样的直径且不应大于试样直径 2mm;

3 膨润土毛样边缘应水化,水化材料宜为去离子水,水化时间宜为 2min~5min;

4 毛样裁剪后试样上、下土工织物纤维不应相互连通,且试样的直径不应小于 100mm,也不应大于 102mm。

A.0.3 冻融循环试验应符合下列规定:

1 试样上下应放置滤纸和透水石,试样与试样筒之间应采用膨润土粉末密封;

2 试样筒应整体置入冻胀试验箱,位移传感器应与顶板垂直,温度传感器应插入试样中心并密封;

3 试样饱和时间宜为 48h,应缓慢补水,并应同时采集位移与温度的数据;

4 试样应经过冻结与融解,冻结应控制底板温度为 1℃,并应控制顶板温度至 -20℃,试样应冻结 4h;融解应控制顶板温度至 +20℃,试样融解宜为 2h;

5 试验过程应始终保持试样底部湿润;

6 冻融循环次数应符合设计要求;

7 拆卸冻融试验筒应将温度传感器插孔用玻璃胶密封。

A.0.4 渗透试验应符合下列规定:

1 渗透室应由冻融试验筒、透水石组成,安装的透水石重量应与冻融循环装置温控顶板的相等;

2 渗透室的安装应保持顶板与渗透室侧壁及底板与渗透室侧壁的密封;

3 渗透系数应采用变水头试验,试样开始时水头与终止时水头的压力差不应低于 10kPa±0.5kPa,并应连续测记 2 次~3 次,

同时测记试验开始时与终止时水温。

A.0.5 联合测定的渗透系数计算应符合下列规定：

1 测试温度下的渗透系数应按下式计算：

$$k_T = 2.3 \frac{aL_s}{A_1 T_1} \lg \frac{h_{1t}}{h_{2t}} \quad (\text{A.0.5-1})$$

式中： k_T ——渗透系数(cm/s)；

a ——变水头管截面积(cm²)；

L_s ——渗径(cm)，等于试样高度；

h_{1t} ——开始时水头(cm)；

h_{2t} ——终止时水头(cm)；

A_1 ——试样的断面积(cm²)；

T_1 ——时间(s)；

2.3——ln 和 lg 的换算系数。

2 标准温度下的渗透系数应按下式计算：

$$k_{20} = k_T \frac{\eta_T}{\eta_{20}} \quad (\text{A.0.5-2})$$

式中： k_{20} ——标准温度(20℃时)试样的渗透系数(cm/s)；

k_T ——水温 T ℃时试样的渗透系数(cm/s)；

η_T —— T ℃时水的动力黏滞系数[kPa·s(10⁻⁶)]；

η_{20} ——20℃时水的动力黏滞系数[kPa·s(10⁻⁶)]。

附录 B 机编钢丝网拉伸试验要求

B.1 机编钢丝网 C 型钉拉伸试验要求

- B.1.1** 试验装置应具有足够大的拉力;夹具系统不应影响 C 型钉闭合之后的半径。
- B.1.2** C 型钉试验样品应在现场抽取,每种类型应抽取 5 个以上。
- B.1.3** 试验条件应符合下列规定:
- 1 加载在试验样品上的作用力方向应与 C 型钉闭合后重合部分中心点处切线方向垂直;作用力的加载应连续不间断;
 - 2 加载速率宜为 5mm/min。
- B.1.4** 应选取 5 个试样中拉开力的最小值,为 C 型钉的抗伸强度。

B.2 机编钢丝网网片拉伸试验要求

- B.2.1** 网面拉伸强度和翻边强度试验,应在现场随机选取网面试样。
- B.2.2** 网面拉伸强度试验和网面翻边强度试验试样尺寸及固定方法应符合现行行业标准《工程用机编钢丝网及组合体》YB/T 4190 的规定。
- B.2.3** 试验设备应符合现行国家标准《金属材料 拉伸试验 第 1 部分:室温试验方法》GB/T 228.1 的规定。
- B.2.4** 试验条件应符合下列规定:
- 1 试验加载速度宜采用 6mm/min;
 - 2 宜预加 4000N 的荷载,试样中每根钢丝应均匀受力;
 - 3 试验室温宜为 15℃~35℃;

4 对网面拉伸强度试验,当第一根网面钢丝断裂时,应终止试验;对网面翻边强度试验,网面翻边处散开或者网面钢丝断裂并达到的峰值荷载时,应终止试验;

5 试样上下两端均应绞边,网面固定应牢固、受力应均匀。

B. 2. 5 网面拉伸强度或翻边强度应按下式计算:

$$T_L = \frac{P_m}{B_L} \times 1000 \quad (\text{B. 2. 5})$$

式中: T_L ——网面拉伸强度或网面翻边强度(kN/m);

P_m ——破坏荷载(kN);

B_L ——有效试样宽度(mm)。

附录 C 种植土的质量要求

C.0.1 种植土的选择应符合下列规定：

- 1 种植土壤可采用一级、二级、三级(表 C.0.1)；
- 2 乔木、灌木和竹类种植土壤宜达到三级或以上级别；
- 3 一、二年生花卉、多年生花卉种植土壤宜达到二级或一级；
- 4 草皮种植土宜达到三级或以上级别。

表 C.0.1 种植土理化指标

项 目	分 级 指 标		
	一 级	二 级	三 级
土壤 pH 值	6.5~7.5	6.5~8.5	
土壤全盐量(%)	≤0.12		
土壤湿密度(g/m ³)	≤1.20	≤1.35	
通气孔隙度(%)	>10	8~10	5~8
有机质(g/kg)	≥25	≥15	≥10
水解性氮(mg/kg)	≥150	≥100	≥60
有效磷(mg/kg)	≥20	≥15	≥10
速效钾(mg/kg)	≥130	≥120	≥100
石粒含量(%)	≤20		
	粒径≤2cm		粒径≤5cm

C.0.2 种植土理化指标的检测方法应符合表 C.0.2 的规定。

表 C.0.2 种植土理化指标检测方法

项 目	测定方法	检测标准
土壤 pH 值	电位法(水浸提)	NY/T 1121.2
土壤全盐量	质量法	NY/T 1121.16

续表 C.0.2

项 目	测定方法	检测标准
土壤容重	环刀法	NY/T 1121.4
通气孔隙度	环刀法	NY/T 1121.4
有机质	重铬酸钾氧化-外加热法	NY/T 1121.6
水解性氮	碱解-扩散法	LY/T 1229
有效磷	钼锑抗比色法	NY/T 1121.7
速效钾	光焰分度计法	NY/T 889
石粒含量	筛分法	SL 237

附录 D 推求渠道流量的正向递推水量平衡法

D. 0. 1 当一条具有多个分水口的渠道(图 D. 0. 1-1), 被 n 个分水口分为 n 个渠段, 渠首的总引水流量为 Q_0 已知, 各分水口的引水流量为 $Q_i (i=1, 2 \cdots, n)$ 未知, 仅知它们之间的相对比值, 求 Q_i 时, 应从渠首开始, 顺水流方向, 逐个渠段递推求解。求解时应在每个渠段满足式(D. 0. 1-1)的要求, 并应在每个分水口满足式(D. 0. 1-2)的要求, 达到水量平衡(图 D. 0. 1-2)。

$$Q_{di} = Q_{wi} - q_i \quad (\text{D. 0. 1-1})$$

$$Q_{w, i+1} = Q_{di} - Q_i \quad (\text{D. 0. 1-2})$$

式中: Q_{wi} ——渠段 i 的起始断面流量 (m^3/s);

$Q_{w, i+1}$ ——渠段 $i+1$ 的起始断面流量 (m^3/s);

Q_{di} ——渠段 i 的末端断面流量 (m^3/s);

q_i ——渠段 i 的渗漏损失流量 (m^3/s);

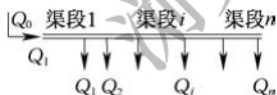


图 D. 0. 1-1 多分水口渠道分段图

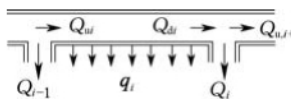


图 D. 0. 1-2 渠段 i 流量分布图

D. 0. 2 计算应具备下列已知条件:

- 1 渠道的几何尺寸, 各渠段的渗漏损失规律;
- 2 渠首的总引水流量 Q_0 ;
- 3 各分水口的引水流量比值。

$$R_i = \frac{Q_i}{Q_1} (i = 1, 2, \dots, n) \quad (\text{D. 0. 2})$$

D. 0. 3 计算步骤应符合下列规定：

1 应假定各分水口的引水流量 Q_i ，使之符合由 R_i 确定的比值关系。

2 应从渠首顺水方向逐个渠段计算渗漏损失流量 q_i ，并按式 (D. 0. 1-1) 和式 (D. 0. 1-2) 推算本渠段的末端断面流量 Q_{di} 及下一渠段的起始断面流量 $Q_{u,i+1}$ 。

3 每计算出一个 Q_{di} 后，在尚未达到该渠道最末端的分水口 n 时，应与 Q_i 进行比较。若 Q_{di} 大于 Q_i ，则应按步骤 2 的方法继续向下个渠段推算；若 Q_{di} 小于或等于 Q_i 时，则应按下列公式进行各分水口流量的修正，得出修正的流量系列 Q'_i ，返回步骤 2，从渠首开始重新计算。

$$DQ = Q_{di} - \sum_i^n Q_i \quad (\text{D. 0. 3-1})$$

$$Q'_i = Q_i + DQ \cdot \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i} \quad (\text{D. 0. 3-2})$$

4 当计算已达到该渠道最末端分水口，即 $i = n$ 时，比较 Q_{dn} 与 Q_n 。若 $\frac{Q_{dn} - Q_n}{Q_n} \leq E\%$ ， E 为规定的计算误差，则计算结束，计算采用的 Q_i 即为所求结果。若不满足规定的计算误差要求，则应按下式计算出流量修正值 DQ ，再按式 (D. 0. 3-2) 求出修正后的流量系列 Q'_i ，返回渠首，按步骤 2 重新计算。

$$DQ = Q_{dn} - Q_n \quad (\text{D. 0. 3-3})$$

附录 E 渠道水力最佳断面及实用经济断面计算方法

E. 1 弧形底梯形渠道

E. 1. 1 弧形底梯形渠道的水力最佳断面可按下列公式计算：

$$H_0 = 1.542 \left(\frac{Q_n}{\sqrt{i}(\theta + 2m)} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (\text{E. 1. 1-1})$$

$$r_0 = H_0 \quad (\text{E. 1. 1-2})$$

$$b_0 = \frac{2H_0}{\sqrt{1+m^2}} \quad (\text{E. 1. 1-3})$$

$$\omega_0 = \left(\frac{\theta}{2} + m \right) H_0^2 \quad (\text{E. 1. 1-4})$$

$$\chi_0 = (\theta + 2m) H_0 \quad (\text{E. 1. 1-5})$$

式中： H_0 ——水力最佳断面水深(m)；

r_0 ——水力最佳断面渠底圆弧半径(m)；

b_0 ——水力最佳断面弧形底的弦长(m)；

ω_0 ——水力最佳断面的过水断面面积(m²)；

χ_0 ——水力最佳断面湿周(m)。

E. 1. 2 弧形底梯形渠道水力最佳断面及实用经济断面之间应符合下列公式计算：

$$\alpha = \frac{\omega}{\omega_0} = \left(\frac{R_0}{R} \right)^{\frac{2}{3}} = \left[\frac{\omega_0 \chi}{\omega \chi_0} \right]^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{1}{\alpha} \frac{\chi}{\chi_0} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (\text{E. 1. 2-1})$$

$$AK_r^2 + BK_r + C = 0 \quad (\text{E. 1. 2-2})$$

$$A = (2m - 2\sqrt{1+m^2} + \theta)^2 - 2\alpha^4(2m + \theta) \left(\frac{\theta}{2} + 2m - 2\sqrt{1+m^2} \right) \quad (\text{E. 1. 2-3})$$

$$B = 4\sqrt{1+m^2}(2m - 2\sqrt{1+m^2} + \theta) - 4\alpha^4(2m + \theta)(\sqrt{1+m^2} - m) \quad (\text{E. 1. 2-4})$$

$$C = 4(1+m^2) - 2\alpha^4(2m + \theta) \cdot m \quad (\text{E. 1. 2-5})$$

式中： ω ——实用经济断面的过水断面面积(m^2)；

R_0 ——水力最佳断面的渠道水力半径(m)；

R ——实用经济断面的渠道水力半径(m)；

χ ——实用经济断面的湿周(m)；

K_r ——实用经济断面的渠底圆弧半径 r 与水深 H 之比；

α ——实用经济断面与水力最佳断面的过水断面面积之比。

E. 1. 3 弧形底梯形渠道实用经济断面计算应符合下列规定：

1 在已知渠道流量 Q 、渠道比降 i 、渠道糙率 n 的条件下，应选定渠道边坡系数 m ，并计算水力最佳断面的水深 H_0 、过水断面面积 ω_0 、湿周 χ_0 。

2 应选择几种拟采用进行比较的 α 值。

3 应针对每种 α 值按式(E. 1. 2-2)～式(E. 1. 2-5)计算出相应的渠底圆弧半径与水深之比值 $K_r = r/H$ 。

4 应按下列公式计算出相应于不同 α 值的各项实用经济断面指标：

$$H = \frac{(2m + \theta)\alpha^{\frac{5}{2}}}{(2m - 2\sqrt{1+m^2} + \theta)K_r + 2\sqrt{1+m^2}} H_0 \quad (\text{E. 1. 3-1})$$

$$r = K_r H \quad (\text{E. 1. 3-2})$$

$$b = \frac{2r}{\sqrt{1+m^2}} \quad (\text{E. 1. 3-3})$$

$$\omega = \alpha\omega_0 \quad (\text{E. 1. 3-4})$$

$$\chi = (\alpha)^{\frac{5}{2}} \chi_0 \quad (\text{E. 1. 3-5})$$

式中： H ——实用经济断面水深(m)；

r ——实用经济断面渠底圆弧半径(m)；

b ——实用经济断面弧形底的弦长(m)。

5 应对不同 α 值的实用经济断面进行综合比较后确定选用方案。

E. 1. 4 不同 α 值对应的 K_r 、 H_0/H 、 b/H 、 χ/χ_0 也可由表 E. 1. 4-1~表 E. 1. 4-4 查出。

表 E. 1. 4-1 实用经济断面 K_r 值

α	边坡系数 m					
	0.50	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
1.01	1.555	1.904	2.146	2.436	2.776	3.166
1.02	1.832	2.365	2.734	3.176	3.693	4.287
1.03	2.063	2.757	3.235	3.809	4.479	5.248
1.04	2.271	3.114	3.694	4.388	5.200	6.132

表 E. 1. 4-2 水力最佳断面与实用经济断面水深比值 H_0/H

α	边坡系数 m					
	0.50	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
1.01	1.140	1.159	1.164	1.167	1.169	1.171
1.02	1.193	1.222	1.229	1.235	1.238	1.241
1.03	1.229	1.268	1.278	1.285	1.290	1.293
1.04	1.257	1.305	1.318	1.326	1.332	1.336

表 E. 1. 4-3 实用经济断面的 b/H 值

α	边坡系数 m					
	0.50	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
1.00	1.789	1.414	1.249	1.109	0.992	0.894
1.01	2.782	2.693	2.681	2.703	2.754	2.832
1.02	3.277	3.345	3.416	3.523	3.665	3.834
1.03	3.691	3.899	4.042	4.225	4.444	4.694
1.04	4.063	4.404	4.615	4.868	5.160	5.488

表 E. 1. 4-4 实用经济断面与水力最佳断面湿周比值

α	1. 00	1. 01	1. 02	1. 03	1. 04
χ/χ_0	1. 000	1. 025	1. 050	1. 077	1. 103

E. 2 弧形坡脚梯形渠道

E. 2. 1 弧形坡脚梯形渠道水力最佳断面在已知 Q 、 n 、 i 、 m 、 θ_1 并拟定 K_r 的条件下,可按下列公式计算:

$$H_0 = 1.542 \left[\frac{nQ}{\sqrt{i} [(4\sqrt{1+m^2} - 4m - 2\theta)(K_r - 1)^2 + 2\theta + 2m]} \right]^{\frac{3}{8}} \quad (\text{E. 2. 1-1})$$

$$r_{10} = K_r H_0 \quad (\text{E. 2. 1-2})$$

$$\omega_0 = \frac{1}{2} [(4\sqrt{1+m^2} - 4m - 2\theta)(K_r - 1)^2 + 2\theta + 2m] H_0^2 \quad (\text{E. 2. 1-3})$$

$$\chi_0 = [(4\sqrt{1+m^2} - 4m - 2\theta)(K_r - 1)^2 + 2\theta + 2m] H_0 \quad (\text{E. 2. 1-4})$$

$$b_{10} = 2H_0 [\sqrt{1+m^2} - m + (\theta + 3m - 3\sqrt{1+m^2})K_r + (2\sqrt{1+m^2} - 2m - \theta)K_r^2] \quad (\text{E. 2. 1-5})$$

式中: H_0 ——水力最佳断面水深(m);

r_{10} ——水力最佳断面渠底坡脚圆弧半径(m);

ω_0 ——水力最佳断面的过水断面面积(m^2);

χ_0 ——水力最佳断面湿周(m);

b_{10} ——水力最佳断面的渠底水平段宽(m)。

E. 2. 2 弧形坡脚梯形渠道的水力最佳断面和实用经济断面之间应符合下列公式的规定:

$$\alpha = \frac{\omega}{\omega_0} = \left(\frac{R_0}{R} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{\chi}{\alpha\chi_0} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (\text{E. 2. 2-1})$$

$$K_b^2 + 4BK_b + 4C = 0 \quad (\text{E. 2. 2-2})$$

$$K_b = \frac{b_1}{H} \quad (\text{E. 2. 2-3})$$

$$B = [m' - (m' - m - \theta)K_r] - \alpha^4 [(2m' - 2m - \theta)(K_r - 1)^2 + \theta + m] \quad (\text{E. 2. 2-4})$$

$$C = [m' - (m' - m - \theta)K_r]^2 - \alpha^4 [(2m' - 2m - \theta)(K_r - 1)^2 + \theta + m] \times [m + 2(m' - m)K_r - (2m' - 2m - \theta)K_r^2] \quad (\text{E. 2. 2-5})$$

$$K_r = \frac{r}{H} = \frac{r_0}{H_0} \quad (\text{E. 2. 2-6})$$

$$m' = \sqrt{1 + m^2} \quad (\text{E. 2. 2-7})$$

式中： α ——实用经济断面与水力最佳断面的过水断面面积之比；

ω ——实用经济断面的过水断面面积(m^2)；

R_0 ——水力最佳断面的水力半径(m)；

R ——实用经济断面的水力半径(m)；

χ ——实用经济断面的湿周(m)；

b_1 ——实用经济断面的渠底水平段宽(m)；

H ——实用经济断面的水深(m)；

r ——实用经济断面坡脚圆弧半径(m)。

E. 2. 3 弧形坡脚梯形渠道实用经济断面的计算应符合下列规定：

1 在已知渠道流量 Q 、渠道比降 i 、渠道糙率 n 的条件下，选定渠道断面上部直线段的边坡系数 m ，并拟定涉及断面形式的 K_r 值。

2 按式(E. 2. 1-1)~式(E. 2. 1-5)计算水力最佳断面条件下的 H_0 、 r_{10} 、 ω_0 、 χ_0 、 b_{10} 。

3 当认为水力最佳断面的渠道宽深比不够理想需要进行调整时，可先拟定不同的 α 值，再按式(E. 2. 2-2)或查表 E. 2. 3 得出 K_b 。

4 按下式求出实用经济断面的水深 H ：

$$H = \frac{(4\sqrt{1+m^2} - 4m - 2\theta)(K_r - 1)^2 + 2\theta + 2m}{(2\theta + 2m - 2\sqrt{1+m^2})K_r + 2\sqrt{1+m^2} + K_b} H_0 \alpha^{\frac{5}{2}} \quad (\text{E. 2. 3})$$

5 校核各种 α 条件下的渠道流速是否满足不冲不淤的要求，并通过比较，选定渠道的断面尺寸。

表 E. 2. 3 弧形坡脚梯形渠道实用经济断面 K_b 值

m	α	K_r				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
0.50	1.01	1.779	1.494	1.234	0.999	0.791
	1.02	2.236	1.940	1.673	1.435	1.225
	1.03	2.642	2.338	2.065	1.823	1.612
	1.04	3.028	2.716	2.437	2.191	1.979
0.75	1.01	1.625	1.404	1.197	1.004	0.826
	1.02	2.091	1.864	1.653	1.458	1.279
	1.03	2.505	2.273	2.059	1.861	1.682
	1.04	2.899	2.663	2.445	2.245	2.065
1.00	1.01	1.542	1.363	1.193	1.032	0.879
	1.02	2.031	1.849	1.677	1.514	1.361
	1.03	2.467	2.282	2.107	1.944	1.790
	1.04	2.881	2.694	2.517	2.352	2.198
1.25	1.01	1.509	1.360	1.217	1.080	0.948
	1.02	2.033	1.883	1.738	1.600	1.467
	1.03	2.500	2.348	2.202	2.063	1.930
	1.04	2.944	2.790	2.643	2.503	2.370

续表 E. 2. 3

m	α	K_r				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
1.50	1.01	1.512	1.386	1.263	1.144	1.028
	1.02	2.079	1.951	1.828	1.708	1.592
	1.03	2.584	2.455	2.330	2.210	2.094
	1.04	3.064	2.934	2.808	2.687	2.571
1.75	1.01	1.542	1.432	1.325	1.220	1.117
	1.02	2.157	2.046	1.938	1.832	1.730
	1.03	2.704	2.593	2.484	2.378	2.275
	1.04	3.224	3.112	3.003	2.897	2.794
2.00	1.01	1.590	1.494	1.398	1.305	1.213
	1.02	2.257	2.160	2.064	1.970	1.878
	1.03	2.851	2.753	2.656	2.562	2.470
	1.04	3.415	3.316	3.220	3.126	3.033

附录 F 特殊土渠段场地与土质评价要求

F.1 湿陷性黄土地区渠道地基湿陷性评价要求

F.1.1 渠基黄土湿陷性评价应包含下列内容：

- 1 渠基湿陷性黄土层勘察；
- 2 室内黄土湿陷试验；
- 3 实际压力下黄土饱和湿陷量计算；
- 4 现场浸水试验或现场浸水载荷试验；
- 5 湿陷等级确定。

F.1.2 渠基黄土层勘察应符合现行国家标准《水利水电工程地质勘察规范》GB 50487 的规定。试验取样应自地表每隔 1m 采取不扰动土样，土样应保持天然的湿度、密度和结构，并应符合Ⅰ级土样质量的要求。

F.1.3 室内黄土湿陷试验组数应符合下列规定；

- 1 挖方渠道应从渠道加大流量水位到勘探深度底面每 1m 做 1 组；
- 2 填方渠道和半挖半填渠道应从填方基面到勘探深度底面每 1m 做 1 组。

F.1.4 黄土湿陷试验方法应符合下列规定：

- 1 不扰动土样的制样质量等级应为Ⅰ级；平行试验试样的密度的允许差值不应大于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 。
- 2 试验前环刀、透水石应洗净、风干和冷却，滤纸、透水石的湿度应接近试样的天然湿度。
- 3 试样浸水宜用蒸馏水；试样浸水前、后的稳定标准应为下沉量不大于 $0.01\text{mm}/\text{h}$ 。
- 4 试样的实际上覆压力计算应符合下列规定：

1) 挖方渠道应按下列式计算:

$$P = P_{zz} + P_{qz} \quad (\text{F. 1. 4-1})$$

式中: P ——试样的实际上覆压力值(kPa);

P_{zz} ——自渠道加大流量水位到试样所处高程之间的黄土体的饱和自重压力(kPa);

P_{qz} ——渠道衬砌结构的自重压力(kPa)。

2) 填方渠道和半挖半填渠道应按下列式计算:

$$P = P_{zz} + P_{tz} \quad (\text{F. 1. 4-2})$$

式中: P_{zz} ——自填方基面到试样所处高程之间的黄土体的饱和自重压力(kPa);

P_{tz} ——自渠顶到填方基面之间的填土体的自重压力(kPa)。

3) 计算饱和自重压力时, 试样上覆土的饱和密度应按下列式计算:

$$\rho_{\text{sat}} = \rho_d \left(1 + \frac{S_r e}{G_s} \right) \quad (\text{F. 1. 4-3})$$

式中: ρ_{sat} ——土的饱和密度(g/cm^3);

ρ_d ——土的干密度(g/cm^3);

S_r ——土饱和度, 可取 85%;

e ——土的孔隙比;

G_s ——土颗粒的相对密度。

5. 湿陷试验的步骤应符合下列规定:

1) 应分级加荷, 并测定试样的垂直下沉量。在 0~200kPa 压力以内, 每级增量宜为 50kPa; 大于 200kPa 压力时, 每级增量宜为 100kPa, 最大加荷压力应为试样的实际上覆压力。每级加荷下沉稳定后方可施加下一级荷载。

2) 应在加至试样实际上覆压力并下沉稳定后浸水, 待浸水下沉稳定后测读附加下沉量。

3) 实际上覆压力下的湿陷系数 δ_{ps} 值应按下列式计算:

$$\delta_{ps} = \frac{h_p - h'_p}{h_0} \quad (\text{F. 1. 4-4})$$

式中： h_p ——加至实际上覆压力时，保持天然湿度和结构的试样下沉稳定后的高度（mm）；

h'_p ——在浸水（饱和）作用下，试样附加下沉稳定后的高度（mm）；

h_0 ——试样的原始高度（mm）。

4) 湿陷起始压力 P_{sh} 值应按《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 第 4.3.5 条、第 4.3.6 条的要求试验、取值。

F.1.5 黄土的湿陷性应采用实际上覆压力下的饱和湿陷系数 δ_{ps} 进行判定。当湿陷系数小于 0.015 时，应判定为非湿陷性黄土；当湿陷系数大于或等于 0.015 时应判定为湿陷性黄土。

F.1.6 实际上覆压力下黄土饱和湿陷量 Δ_{ps} 的计算应符合下列规定：

1 挖方渠道湿陷量计算应自渠道最大输水位至非湿陷性黄土层的顶面，不应累计湿陷系数小于 0.015 的土层。填方和半挖半填渠道的计算起始面应为填方基面。

2 湿陷量计算值应按下式计算：

$$\Delta_{ps} = \beta_0 \sum_{i=1}^n \delta_{psi} h_i \quad (\text{F.1.6})$$

式中： Δ_{ps} ——实际上覆压力下黄土饱和湿陷量（mm）；

δ_{psi} ——第 i 层土的湿陷系数；

h_i ——第 i 层土的厚度（mm）；

β_0 ——地区修正系数。

在缺乏实测资料时，陇西地区可取 1.50，陇东、陕北、晋西地区可取 1.20，关中地区可取 0.90，其他地区可取 0.50。

F.1.7 现场试验测定黄土饱和湿陷量 Δ_{ps} 应符合下列规定：

1 挖方渠道宜采用现场浸水试验测定，应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的规定，试验前应将试坑范围内加大流量水位高程以上的土体挖除并设置试坑；

2 填方和半挖半填渠道宜采用现场浸水载荷试验测定，试验

应在填方基础上进行,并应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的规定,载荷板上施加的最大压力应等于上覆填土的基底压力。

F.1.8 应以实际上覆压力下黄土饱和湿陷量 Δ_{ps} 按表 F.1.8 确定渠基的湿陷性等级。

表 F.1.8 渠道工程黄土地基湿陷性等级表

Δ_{ps} (mm)	$\Delta_{ps} \leq 50$	$50 < \Delta_{ps} \leq 150$	$150 < \Delta_{ps} \leq 350$	$\Delta_{ps} > 350$
湿陷等级	I	II	III	IV

F.2 分散性黏土评价要求

F.2.1 采用针孔试验评价土的分散性应符合表 F.2.1 的规定。

表 F.2.1 针孔试验评价渠基土分散性标准

类别	水头 (m)	在某一水头下的 试验持续时间(min)	最终流量 (mL/s)	流出水的 混浊情况	最终孔径 (mm)
分散性土	50	5	1.0~1.4	混浊	≥ 2.0
	50	10	1.0~1.4	较混浊	> 1.5
过渡型土	50	10	0.8~1.0	稍混浊	≤ 1.5
	180	5	1.4~2.7	较透明	—
	380	5	1.8~3.2	较透明	≥ 1.5
非分散土	1020	5	> 3	稍透明	< 1.5
	1020	5	< 3	透明	1.0

F.2.2 孔隙水溶液试验评价土的分散性应符合图 F.2.2 的规定。

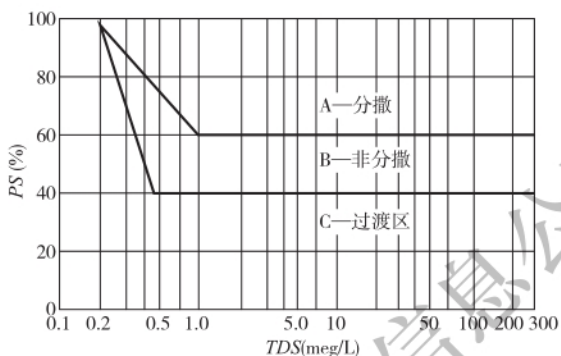


图 F.2.2 孔隙水溶液评价渠基土分散性标准

注: $TDS = \text{阳离子交换总数} = \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$

$PS = \text{可交换钠离子百分数} = \text{Na} / TDS \times 100\%$

F.2.3 土块试验评价土的分散性应符合表 F.2.3 的规定。

表 F.2.3 土块试验评价渠基土分散性标准

类别	浸水后土块特征
分散性土	土块水解后混浊,土很快扩散到整个量杯底部,水呈雾状,经久不清
过渡型土	土块水解后四周有微量混浊水,但扩散范围很小
非分散土	无分散出胶粒的反应,土块水解后在量杯底部以细颗粒平堆,水色是清的,或稍混浊后很快又变清

F.2.4 双比重计试验评价土的分散性应符合表 F.2.4 的规定。

表 F.2.4 双比重计试验评价渠基土分散性标准

类别	分散度判别指标(D_f)
分散性土	$>50\%$
过渡型土	$30\% \sim 50\%$
非分散土	$<30\%$

注:分散度计算公式: $D_f = \frac{\text{不加分散性时小于 } 5\mu\text{m} \text{ 颗粒含量}}{\text{加分散性小于 } 5\mu\text{m} \text{ 颗粒含量}} \times 100\%$ 。

F.3 膨胀土冻胀性试验要求

F.3.1 试验装置(图 F.3.1)宜由试样盒、恒温箱、温度控制系统、温度监测系统、补水系统、变形监测系统和加压系统组成。

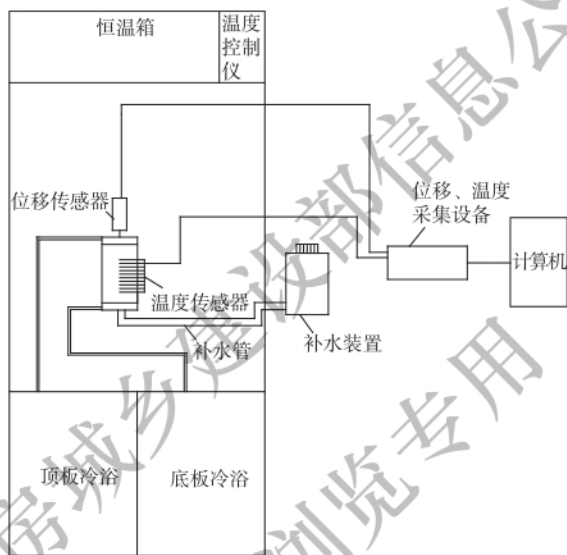


图 F.3.1 膨胀土冻胀性试验装置

F.3.2 试样制备应符合现行行业标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 规定,采用压样法或击样法制作。试样应为高 10cm、直径 10cm。

F.3.3 试样的周侧、顶板和底板内应插入热敏电阻温度计,并安装位移传感器。应排除补水管路的气泡,恒温箱温度宜设定为 20℃。

F.3.4 膨胀性试验应符合下列规定:

1 应自下而上向容器内注入清水,应记录注入的水量并保持水面高出试样 5mm;

2 注水后每隔 2h 测记位移计读数一次,直至两次读数差值不超过 0.01mm 时,可确定膨胀稳定;

3 膨胀率应按下式计算:

$$\delta_e = \frac{z_t - z_0}{h_0} \times 100\% \quad (\text{F. 3. 4})$$

式中: δ_e ——时间为 t 时的无荷载膨胀率(%);

z_t ——时间为 t 时的位移计读数(mm)。

F. 3. 5 冻胀性试验应符合下列规定:

1 膨胀性试验结束后,设定恒温箱冷浴温度为 1℃,试样恒温 8h,应监测温度和变形;待试样初始温度均匀达到 1℃以后,开始进行冻胀量试验;

2 将顶板温度调节到 -15℃并持续 0.5h,再将温度调节到 -2℃,黏土试样温度下降速度宜为 0.3℃/h;保持箱温和底板温度均为 1℃,记录初始水位,每隔 1h 记录水位、温度和变形量;

3 试验持续时间宜为 72h,并测量试样高度并测定冻结深度;

4 膨胀土的冻胀率应按下式计算:

$$\eta_t = \frac{\Delta h_t}{H_f} \times 100\% \quad (\text{F. 3. 5})$$

式中: η_t ——冻胀率(%);

Δh_t ——试验期间总冻胀量(mm);

H_f ——冻结深度(mm),不包括冻胀量。

附录 G 渠基的排水设施

G. 0. 1 当渠基未设砂、砾石置换层,且附近又无低洼地时,可采取下列排水设施将渠基水排入渠道。

1 由排水盲沟与渠底集水井组成的排水设施(图 G. 0. 1-1);排水盲沟中可填砾石、碎石;渠基集水通过排水盲沟汇入集水井通过逆止阀或自动抽水泵抽排入渠内,排水盲沟和集水井周围应设置反滤层;

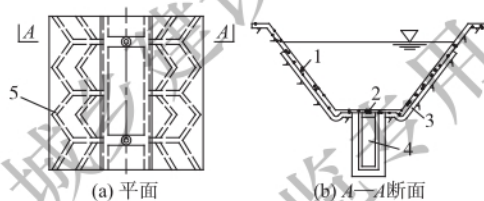


图 G. 0. 1-1 排水沟与集水井组合式排水

1—混凝土防渗板;2—逆止阀;3—碎石卵石过滤层;
4—集水井;5—排水盲沟

2 由排水管和排水盲沟组成的排水设施(图 G. 0. 1-2),逆止阀和排水盲沟埋设的数量,可按表 G. 0. 1 选用。

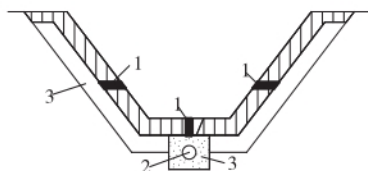


图 G. 0. 1-2 排水沟(管)和排水阀组合式排水

1—塑料逆止阀;2—排水沟(管);3—滤水沙砾料

表 G.0.1 排水管及底部排水沟的设置

边坡高度 $H(\text{m})$	地下水高的透水性地基	地下水高的不透水性地基
$H < 2.5$	设或不设底部排水沟	—
$2.5 \leq H < 5.0$	设 1 层~2 层排水管和底部排水沟	设 1 层~2 层排水管
$H \geq 5.0$	设 2 层~3 层排水管和底部排水沟	设 2 层~3 层排水管及底部排水沟

G.0.2 当渠基设有砂砾石换填层,且附近有低洼地时,可采取纵向集水管和横向排水盲沟组成排水设施(图 G.0.2),并应符合下列规定:

- 1 集水管管径根据排水量大小确定,但不宜小于 15cm,纵比降不应小于 0.001~0.002;
- 2 集水管宜设置在渠底中部,或分设两边坡脚;
- 3 宜将纵向集水管从两个方向引向排水盲沟;
- 4 集水管周围应采取反滤措施,寒冷地区集水管周围应采取保温措施。

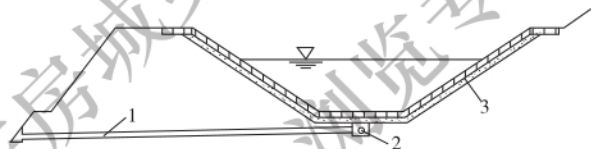


图 G.0.2 纵横向沟(管)组合式排水

1—排水暗沟;2—纵向排水管;3—垫层

附录 H 膜料防渗渠道土料保护层 边坡稳定计算

H. 0.1 埋铺式膜料防渗渠道土保护层边坡的稳定分析,应符合下列规定:

1 当土保护层失稳时,可假定沿图 H. 0.1 所示的 $abcd$ 线滑动,对黏性土 ab 、 bc 为直线, cd 为弧线;对非黏性土 ab 、 bc 及 cd 为直线;安全系数最小时的 c 点位置宜通过试算决定,初拟时可取降落后水位的水平延长线与膜层的交点;

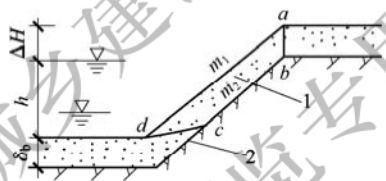


图 H. 0.1 土保护层失稳示意图

1—黏性土保护层;2—膜料防渗层

2 土保护层边坡稳定分析的控制工况应为渠水位骤降期;

3 最高水位以上的土重应按湿重度计算;计算滑动力时,最高水位至骤降后的水位间的土重应按饱和重度计算,骤降水位以下的土重应按浮重度计算;计算抗滑力时,最高水位以下的土重均应按浮重度计算。

H. 0.2 埋铺式膜料防渗渠道土保护层边坡的稳定分析宜采用简化简布法(图 H. 0.2),可按下列下式计算:

$$F_s = \frac{\sum [c_i b_i + b_i (h_{i1} \gamma + h_{i2} \gamma' + h_{i3} \gamma') \tan \phi_i]}{\sum b_i (h_{i1} \gamma + h_{i2} \gamma_m + h_{i3} \gamma') \tan \alpha_i} \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \tan \phi_i / F_s} \quad (\text{H. 0.2})$$

式中: b_i ——土条分条的宽度(m), $l_i \cos \alpha_i = b_i$; l_i 是土条分条的底边斜长(m)。

α_i —— N_i 与铅垂线的夹角($^\circ$); N_i 是滑动面对土条的支撑力(kN), 方向与滑动面垂直。

ϕ_i ——滑动面上的土或土与膜料间的内摩擦角($^\circ$);

c_i ——滑动面上的土或土与膜料间的黏聚力(kPa);

F_s ——边坡稳定安全系数;

$\gamma, \gamma', \gamma_m$ ——土条的湿重度、浮重度、饱和重度(kN/m^3);

h_{i1}, h_{i2}, h_{i3} ——相应于 $\gamma, \gamma_m, \gamma'$ 的高度(m)。

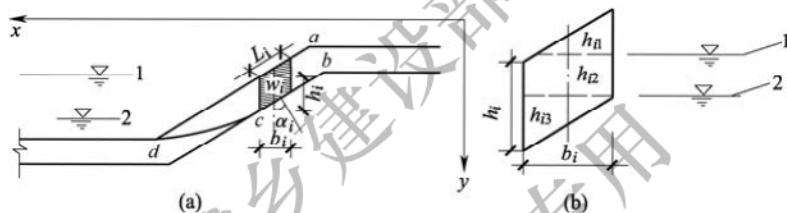


图 H.0.2 简化简布法计算图

1—最高水位; 2—骤降后水位

H.0.3 计算中抗剪强度指标的选用, 应符合下列规定:

1 应采用总应力法进行计算; 内摩擦角和凝聚力值应采用饱和和固结快剪或饱和固结不排水剪测定;

2 计算中, 滑动面的 ab 和 cd 段应采用土的内摩擦角和凝聚力值; bc 段应采用土与膜料之间的内摩擦角和凝聚力值;

3 土与膜料之间的内摩擦角和凝聚力可采用直剪试验, 也可采用三轴试验; 采用直剪试验时, 可将膜料夹在剪切面部位, 在相应设计土的重度下, 试验应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123 的有关规定; 采用三轴试验时, 应根据不同土质和不同重度按表 H.0.3 选用膜料在试样中近似的置放夹角; 应将膜料放入试样中, 在相应土的重度及方法下测定内摩擦角、黏聚力值; 试验后按下式计算的内摩擦角, 若与试验取得的内摩擦角相差过大时, 可改

变试样夹角,重新试验测定内摩擦角、黏聚力值:

$$\phi = 2\alpha - 90^\circ \quad (\text{H. 0. 3})$$

式中: ϕ ——土与膜料间的内摩擦角($^\circ$);

α ——试样夹角($^\circ$)。

表 H. 0. 3 膜料在三轴试验试样中的夹角($^\circ$)

土壤类别	土壤干密度(g/cm^3)		
	1. 35	1. 50	1. 70
含细粒土砂	52	55	56
粉土	46	47	48
黏土	45	46	47

H. 0. 4 膜料防渗渠道土保护层边坡稳定的最小安全系数,对 3 级、4 级和 5 级渠道应采用 1. 2,对 1 级、2 级渠道应采用 1. 3。

附录 J 伸缩缝填充和裂缝处理施工要求

J.0.1 刚性材料防渗衬砌结构伸缩缝填料和裂缝处理材料的配合比、制作方法应符合下列规定：

1 沥青砂浆的石油沥青、水泥、砂的配合比(重量比)应为 1:1:4;制作时,应按配比将沥青在锅内加热至 180℃,另一锅将水泥与砂边搅边加热至 160℃,然后将沥青徐徐加入水泥与砂的锅内,边倒边搅拌直至颜色均匀一致;

2 石油沥青聚氨酯接缝材料(PTN)制备时,应将甲组分和乙组分按重量比 1:2~1:4 倒入容器中进行配制,并应充分搅拌至均匀;冬季气温较低施工时,乙组分较稠,可加热,便于倒出和混合,但要避免与明火接触;

3 过氯乙烯胶液涂料地过氯乙烯、轻油的配合比(重量比)应为 1:5;制作时,按配比将过氯乙烯加入轻油中,并应溶化 24h。

J.0.2 填筑伸缩缝施工方法应符合下列规定：

1 应清除缝内的泥土、杂物和水分;

2 填充沥青砂浆时,应将制备好的沥青砂浆填入缝内,边填边压实抹光;填充预制沥青砂浆板条时,应将制备好的沥青砂浆倒入按伸缩缝尺寸制成的木模中制成预制砂浆板条,待冷却后填入伸缩缝中,板条与缝壁之间应采用热沥青填塞密实;

3 填充石油沥青聚氨酯接缝材料(PTN)时,应采用聚乙烯泡沫棒、泡沫板、木板或其他塑性材料等在缝底部做垫缝处理,然后填充制备好的 PTN 材料填入缝中,填充深度不应小于 2cm~3cm(小型渠道取小值,大型渠道取大值),填充好后将缝面整平抹光;

4 缝下部填充石油沥青聚氨酯接缝材料(PTN)、上部填筑

沥青砂浆作为封盖材料时,应待下部填料凝固后,将制好的温度控制在 $120^{\circ}\text{C}\sim 130^{\circ}\text{C}$ 的沥青砂浆填入上部缝隙,并应填满压实,表面光滑平整。

J.0.3 裂缝宜在晴天按下列方法进行处理:

1 缝宽较大的渠道宜采用填筑法处理。填筑法处理具体方法可按填筑伸缩缝的步骤进行。

2 缝宽较大的 1 级、2 级渠道,可按下列方法进行处理:

- 1) 清除缝内、缝壁及缝口两边的泥土、杂物和水分;
- 2) 将石油沥青聚氨酯接缝材料 (PTN) 填入缝内,填压密实;
- 3) 填好缝 $1\text{d}\sim 2\text{d}$ 后,沿缝口两边各宽 5cm 涂刷过氯乙烯涂料一层,随即沿缝口两边各宽 $3\text{cm}\sim 4\text{cm}$ 粘贴玻璃纤维布一层,再涂刷涂料一层,贴第二层玻璃纤维布。最后涂一层涂料即完成。涂料应涂刷均匀,玻璃纤维布应粘平贴紧,应无气泡。

3 缝宽很小时可只用涂料粘贴玻璃纤维布处理。

附录 K 整体预制式混凝土槽

K.1 整体预制式矩形槽

K.1.1 整体预制式矩形槽(图 K.1.1)的规格可按表 K.1.1 选取。

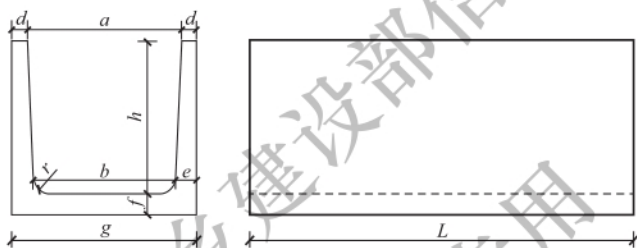


图 K.1.1 预制混凝土矩形渠断面图

表 K.1.1 预制混凝土矩形渠规格

规格	断面尺寸(mm)									参考 质量 (kg)	断面 面积 (m ²)
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>r</i>	<i>L</i>		
300×300	300	276	300	40	52	52	380	40	2000	250	0.086
400×400	400	368	400	40	56	56	480	60	2000	340	0.154
500×500	500	460	500	60	80	80	620	80	2000	680	0.240
600×600	600	552	600	60	84	84	720	80	2000	780	0.346
700×700	700	644	700	70	98	98	840	80	2000	1050	0.470
800×800	800	736	800	70	102	102	940	80	2000	1220	0.614
1000×1000	1000	920	1000	80	120	120	1160	100	2000	1696	0.960

注:混凝土构件端口预留 20mm×2mm 止水槽。

K.1.2 整体预制式矩形槽的弯曲强力应符合表 K.1.2 的规定。

表 K.1.2 整体预制式混凝土槽的弯曲强力

规格	300×300	400×400	500×500	600×600	700×700	800×800	1000×1000
弯曲强力 最小值(kN)	33.5	29.0	33.0	26.0	26.0	27.0	37.5

K.1.3 应设计四通、三通和直角弯头等分水构件及陡坡构件、一体化闸门构件和预制混凝土矩形渠盖板等与整体预制式混凝土槽配套。

K.2 整体预制式 L 形渠

K.2.1 整体预制式 L 形渠(图 K.2.1)的规格可按表 K.2.1 选取。

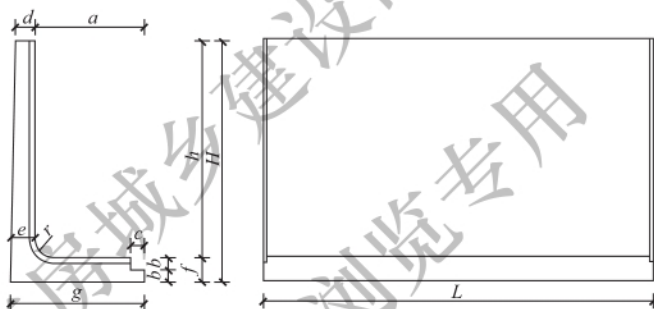


图 K.2.1 预制混凝土 L 形构件示意图

表 K.2.1 预制混凝土 L 形渠规格

规格	断面尺寸(mm)										
	h	a	b	c	g	d	e	f	r	H	L
L 2000× 420×1000	1000	420	60	120	542	100	120	120	80	1120	2000
L 2000× 420×1200	1200	420	70	140	564	110	140	140	80	1340	2000
L 2000× 500×1400	1400	500	78	155	659	120	155	155	100	1555	2000

续表 K. 2. 1

规格	断面尺寸(mm)										
	<i>h</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>g</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>r</i>	<i>H</i>	<i>L</i>
L 2000× 800×1600	1600	800	90	180	984	144	180	180	150	1780	2000
L 2000× 800×1800	1800	800	100	200	1005	155	200	200	150	2000	2000

K. 2. 2 预制混凝土 L 形渠的弯曲强力应符合表 K. 2. 2 的规定。

表 K. 2. 2 预制混凝土 L 形渠弯曲强力

规格	420×1000	420×1200	500×1400	800×1600	800×1800
弯曲强力最小值(kN)	14.5	28.5	32.5	34.0	36.0

K. 2. 3 预制混凝土 L 形渠底板可以采用现场浇筑或预制,宜通过改变底板宽度调整渠道过流能力。

附录 L 混凝土预制槽弯曲强力试验要求

L.1 预制混凝土矩形槽弯曲强力测试要求

L.1.1 测试设备宜由反力架、测力计等组成。反力架应有足够的强度和刚度，测力计的加载钢柱和底板下承载轨直径宜为 $\phi 40\text{mm}$ 。测力计量程宜为 200kN 、分度值为 0.1kN 。

L.1.2 测试方法应符合下列规定：

1 安放在承载轨上的混凝土矩形槽的开口面应与试验台平行；

2 承载轨距两侧板的距离宜为 $30\text{mm}\sim 40\text{mm}$ ，承载轨长度应大于矩形槽长度 20cm ；

3 加载钢架应放置在槽底板中轴线，并与槽侧板平行(图 L.1.2-1、图 L.1.2-2)；

4 应按每分钟不大于 1kN 的速度持续均匀加荷，直至试件断裂，记录破坏荷载。

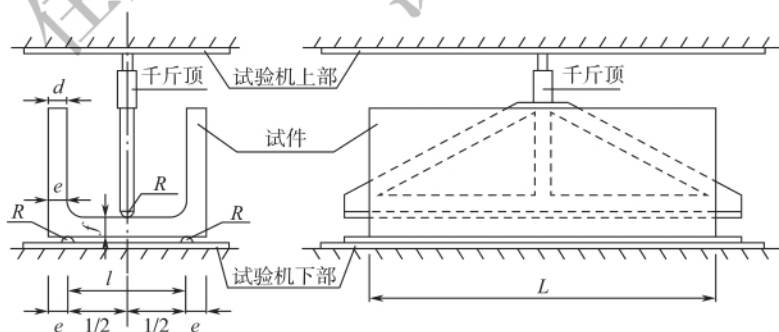


图 L.1.2-1 预制混凝土槽弯曲强力测试装置

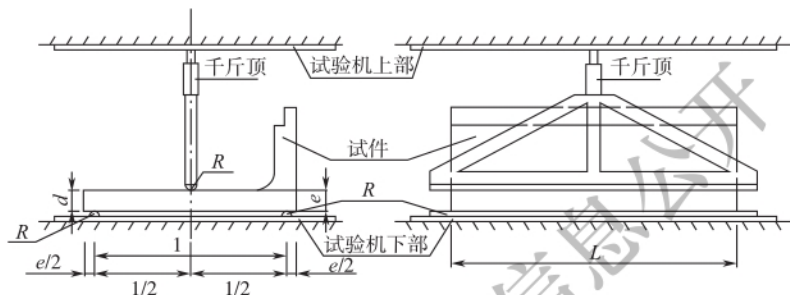


图 L. 1. 2-2 制混凝土 L 槽弯曲强力测试装置

L. 1. 3 弯曲强力应按下式计算：

$$F = (F_1 + F_2 + F_3) / 3 \quad (\text{L. 1. 3})$$

式中：F——构件弯曲强力(kN)；

F_1 、 F_2 、 F_3 ——随机抽取 3 个试件的极限破坏荷载(kN)。

L. 2 预制混凝土 U 形渠槽外压强力测试要求

L. 2. 1 测试设备宜由反力架、分体式千斤顶和标准压力表等组成。反力架应有足够的强度和刚度。分体千斤顶应配置量程宜为 1. 6MPa 的标准压力表、分度值为 0. 01MPa。

L. 2. 2 测试方法应符合下列规定：

1 安放在底梁上的混凝土 U 形渠槽槽口应与地面垂直，底梁长度应大于渠槽长度 100mm；

2 宜用细砂调整渠槽体的位置，槽身与底梁应均匀接触；

3 宜在槽口上侧铺设细砂，中梁安放应水平，中梁外侧应与槽口上侧相距 100mm(图 L. 2. 2)；

4 应按每分钟不大于 1kN 的速度均匀加荷，直至试件断裂破坏，记录破坏荷载。

L. 2. 3 外压荷载计算按下式计算：

$$F_w = (F_p + F_0)/L_c \quad (\text{L. 2. 3})$$

式中： F_p ——破坏荷载值(kN)；

F_0 ——(传力钢筋+中梁+小梁+千斤顶)自重(kN)；

L_c ——槽身实际受压长度(m)；

F_w ——外压破坏荷载测定值(kN/m)。

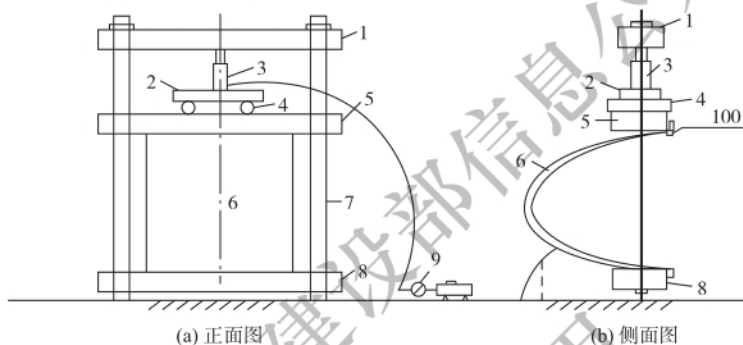


图 L. 2. 2 混凝土渠槽外压荷载测试装置

1—上梁；2—加载小梁；3—千斤顶；4—传力钢筋；

5—中梁；6—试件；7—拉杆；8—底梁；9—压力表

L. 3 预制混凝土 U 形渠槽内压强力检验要求

L. 3. 1 测试设备宜由分体式千斤顶、标准压力表、2 根 12# 槽钢及其他支撑杆件等组成。分体千斤顶应配置量程为 1.6MPa 的标准压力表、分度值为 0.01MPa。

L. 3. 2 测试方法应符合下列规定：

1 渠槽放置应水平；

2 放置在渠槽两侧的槽钢应水平，槽钢与渠槽顶面的距离宜为 100mm，槽钢下缘应紧贴槽壁、上缘面与槽身内侧空隙宜用湿砂填塞密实；

3 设置在两侧槽钢中部的千斤顶应水平，千斤顶与槽钢接触应紧密(图 L. 3. 2)；

4 应按每分钟不大于 1kN 的速度均匀加荷，直至试件断裂，

记录破坏荷载。

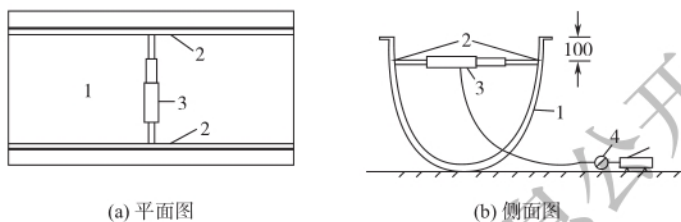


图 L. 3. 2 混凝土渠槽内压荷载测试装置

1—试件；2—槽钢；3—千斤顶；4—压力表

L. 3. 3 内压破坏荷载应按下列式计算：

$$F_n = F_p / L_c \quad (\text{L. 3. 3})$$

式中： F_p ——破坏荷载值(kN)；

L_c ——槽身实际受压长度(m)；

F_n ——内压破坏荷载测定值(kN/m)。

附录 M 膜料接缝的要求和质量检查

M.1 膜料接缝要求

M.1.1 膜料接缝采用搭接时,接缝搭接宽度应为 20cm,膜层应平整、洁净,上游一幅应压住下游一幅,接缝口吻合应紧密。

M.1.2 热塑性土工膜宜用电热楔焊接法或电烙铁焊接法,并应符合下列规定:

1 采用电热楔焊接法时,电热楔应夹在两层被焊土工膜之间,两辊轮应一起向前匀速移动(图 M.1.2)。叠合宽度不应小于 1.5cm,焊缝宽宜为 1.0cm~1.2cm。焊接聚乙烯膜或聚氯乙烯膜的厚度宜为 0.2mm~2.0mm,焊缝抗拉强度不应小于 12MPa,焊接工效不应小于 100m/h。焊接膜片厚度小于 1.0mm 时,也可采用 ZPR 型焊接机焊接。

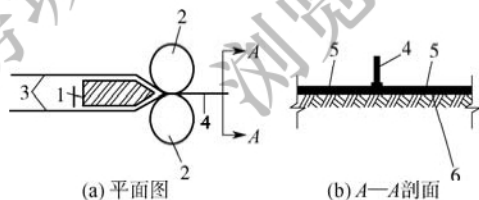


图 M.1.2 电热楔焊接法图

1—电热楔;2—双辊轮;3—土工膜;4—已焊接的土工膜;

5—铺设在坡面上的土工膜;6—坡面

2 采用电烙铁焊接法时,宜采用自动调温热焊机,膜片搭接宽度宜为 50mm~60mm,焊接温度和移动速度宜由试验确定。

M.1.3 聚氯乙烯膜可用聚氯乙烯胶或聚胺酯类胶粘接,膜片搭接宽度宜为 50mm~80mm,并用砂布打毛揩净,粘接剂应按产品使用要求调和均匀,宜涂刷二次,第二次涂刷应在第一次后稍干即

进行,呈风干状态时立即黏合,应用滚筒压两遍,固化时间不应小于 24h。

M. 1.4 聚氯乙烯复合式土工膜粘接应符合本标准第 M. 1.3 条的规定,丙纶土工布可用 LDJ 246 氯丁橡胶粘接或缝合,土工布粘接前,表面应清除干净,并用酒精擦拭,可采用 LDJ 246 粘接胶。

M. 1.5 聚乙烯膜可用 KS 热熔胶粘接,粘接胶应在现场加热,粘接胶应均匀涂抹在膜片上,可用橡胶锤子敲击膜面,粘接面应均匀密实。

M. 2 膜料接缝的质量检查

M. 2.1 外观检查时,焊缝应清晰、透明(呈玻璃态)、无夹渣、气泡,无漏点、熔点和焊缝跑边。粘接缝应透明,焊缝两边不应有相通的水晕状的胶水黏结痕。

M. 2.2 双焊线充气加压检测,接缝为双焊线时,双焊线之间的空腔充气的压力不应小于 200kPa,充气长度宜为 50m~60m,充气保持时间宜为 10min~20min,压力应无明显下降,焊缝未脱开,焊缝质量为合格。

M. 2.3 双焊线注水加压检测时,应用 0.05MPa 压力水针在焊接双缝间注入彩色水,不漏为质量合格。

M. 2.4 火花试验时,应将带有 15kV~30kV 高压电的金属刷,沿内置或背面设置金属丝的焊缝移动,不应产生火花。

附录 N 进场原材料验收检测项目

N.0.1 混凝土原材料进场验收检测项目应符合表 N.0.1 的规定。

表 N.0.1 混凝土原材料进场验收检测项目

材料名称		检测频次	检测项目	备注
水泥	散装	500t	胶砂强度、凝结时间和安定性	同厂家、同品种和同强度等级的水泥为一个取样单位
	袋装	200t		
骨料	细骨料	600t	细度模数、饱和面干含水率、含泥量和泥块含量	—
	粗骨料	1000t	超径、逊径、针片状、含泥量和泥块含量	
掺合料		200t	细度、需水量比、烧失量和含水率	—
外加剂		100t	减水率、泌水率比、含气量、凝结时间差、坍落度损失和抗压强度比	掺量小于 1% 以不超过 50t 为一取样单位；掺量小于 0.05% 以不超过 5t 为一取样单位
混凝土拌和和养护用水		饮用水，可不经检验；地表水 6 个月检验 1 次；地下水每年检验 1 次	凝结时间差、抗压强度比	混凝土拌和用水与饮用水比较

注：1 在不足一个检验批情况下，应按同品种和同等级材料每批次检验 1 次；

2 有专门要求时，应增加检测项目。

N.0.2 块石进场验收检测项目应符合表 N.0.2 的规定。

表 N.0.2 块石进场验收检测项目

材料名称	检测频次	检测项目	备注
块石	3000m ³	密度、抗压强度和软化系数	同一料场

注：在不足一个检验批情况下，应按同品种和同等级材料每批次检验 1 次。

N.0.3 各类土工合成材料进场验收检测项目应符合表 N.0.3 的规定。

表 N.0.3 各类土工合成材料进场验收检测项目

材料名称	检测频次	检测项目	备注
土工膜、复合土工膜	10000m ²	单位面积质量、厚度、拉伸强度、伸长率、顶破强力、耐静水压等及设计要求	同厂别、同规格和同批次，按展开面积计
土工模袋	10000m ²	断裂强度、伸长率、顶破强力、等效孔径、渗透系数和缝制强度等及设计要求	同厂别、同规格和同批次，按展开面积计
钠基膨润土防水毯	10000m ²	单位面积质量、拉伸强度、伸长率、剥离强度、渗透系数和耐静水压等及设计要求	同厂别、同规格和同批次，按展开面积计
土工布	10000m ²	单位面积质量、厚度、拉伸强度、伸长率、顶破强力、等效孔径和渗透系数等及设计要求	同厂别、同规格和同批次，按展开面积计
土工格室	10000m ²	屈服强度、焊接强度和尺寸偏差等及设计要求	同厂别、同规格和同批次，按展开面积计
机编钢丝网	10000m ²	网丝、边丝和端丝直径及抗拉强度；网孔尺寸、网片抗拉强度，成品结构尺寸等及设计要求	同厂别、同规格和同批次，按展开面积计
保温材料	1000m ³	密度、吸水率和导热系数等及设计要求	同厂别、同规格和同批次

注：在不足一个检验批情况下，应按同品种和同等级材料每批次检验 1 次。

N.0.4 混凝土预制构件进场验收检测项目应符合表 N.0.4 的规定。

表 N.0.4 混凝土预制构件进场验收检测项目

材料名称	检测频次	检测项目	备注
混凝土预制构件	1000 件	外观质量、规格尺寸和弯曲抗力	同厂别、同规格和同批次
预制板	50m ³	外观质量、规格尺寸	同厂别、同规格和同批次
	300m ³	抗压强度	

注：在不足一个检验批情况下，应按同品种和同等级材料每批次检验 1 次。

住房城乡建设部信息中心
浏览专用

附录 P 渠道渗漏的静水法测验段 设置和成果整理

P.1 测验段的设置

P.1.1 测验段长度应根据注水条件、渠道大小、纵坡与渗漏情况及代表性等因素确定。测验段长度宜为 30m~50m,渠道断面越大,测验段应越长。

对纵坡陡于 1/100 的渠道和引洪灌溉的宽浅式渠道,测验段长度还应符合下式的规定:

$$\frac{2(h_{e2} - h_{e1})}{h_{e2} + h_{e1}} \times 100\% \leq 10\% \quad (\text{P.1.1})$$

式中: h_{e1} ——测验段首端水深(m);

h_{e2} ——测验段末端水深(m)。

P.1.2 测验水位确定应符合下列规定:

1 恒水位观测时,宜采用渠道设计水位。渠道流量经常偏离设计流量时,可采用经常过流水位作为测验水位;

2 变水位观测时,可从渠道设计水位或经常过流水位开始,到水位降至 1/8~1/6 测验段中间水深时停测。

P.1.3 测验段整修应符合下列规定:

1 应清除渠道内的淤积物、杂物及草木等,但运行多年的渠道,不影响渠道运行的淤积层,可不清除;

2 应保持渠道断面、纵坡及边坡规则、平整和均匀一致;

3 渠堤顶排水良好,不允许雨水流入测验段。

P.1.4 横隔堤及渗漏平衡区(图 P.1.4)的修建,应符合下列规定:

1 横隔堤应稳固、严密止水和不允许渗漏变形,邻测验段一

侧表面应竖直;对砌石、混凝土等防渗渠道,横隔堤应切断防渗层,插入土基 20cm~40cm,并与防渗层间作止水连接;对土渠,横隔堤应插入渠底和边坡土层 30cm~50cm,横隔堤与土层的接缝用黏土填塞夯实;

2 横隔堤顶应高于测验水位 10cm~15cm;

3 横隔堤可采用双砖墙内铺塑膜,中间夯填土作夹层;夹层厚度应按不发生渗漏变形的允许水头坡降确定,并不小于 1m;

4 渗漏平衡区外侧隔堤可用黏土夯筑,其高度应高于最高测验水位;每个渗漏平衡区的长度不应小于 5 倍测验渠段水深。

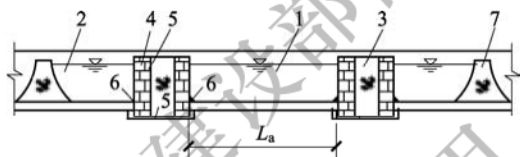


图 P.1.4 测验段纵断面图

1—渗漏测验段;2—渗漏平衡区;3—横隔堤;4—砖墙;

5—塑膜;6—止水;7—外侧隔堤

P.1.5 测验段测量及描述,应符合下列规定:

1 渠道宽度测量时,应将测验段由上游向下游分为 10 等份,并以测验段中间水深为准,将渠坡按水深分成几层(边坡变化的渠道,可在变坡点处增加一层)等高等距点,分别测量各高程、各等距点的渠道宽度(读至 mm),求出渠道各高程的平均宽度;

2 测验段长度测量时,应丈量两端隔堤间相同高程对应位置点的距离(读至 mm),至少量左、中、右三点,求出各高程的平均长度;

3 应绘制测验段水位和容积变化关系曲线或表格;

4 测验段描述应按本标准表 P.2.9-10 填写。

P.1.6 设置水位测量设备和称水、量水器具以及降雨、蒸发观测设备,应符合下列规定:

1 在测验段两端及中间,应分别设置水位测尺、测针或其他

水位测量仪器；水位测尺最小刻度至 mm，并应校核无误。

2 测验段两端的水尺，应紧靠横隔堤垂直安设；测验段中间的水尺，与水平面成一定夹角倾斜安设，水尺零点一端固定在渠底上，另一端固定在横跨渠道的刚性梁上；中间水尺安设的夹角可选用 14.5° 或 30° ；斜尺上水位变化数乘以 0.25 或 0.50，即为水位垂直变化数；

3 水尺的底座和固定物应稳固，保证测验期间水尺不下沉、不移位和不摆动；

4 水面不平稳，不能保证水位尺读数至 mm 时，应设置观测井；观测井与测验段可用连通管连通，测井的面积约为 0.1m^2 ；连通管截面面积不应小于测井面积的 10%；测井水位可用水位尺和测针配合测定，或采用垂直置于测验段中的水位观测筒测量；水位观测筒可采用直径不小于 30cm、设有透水孔、无底的筒做成；

5 观测降雨量可用口径 20cm 的自记雨量计或雨量器；自记雨量计应按仪器说明书要求安设；雨量器应安设牢固，器口水平，离地面高 70cm；

6 降雨观测场应和渠道测验段放在一起，或放在与测验段受雨条件相似的地方；

7 观测水面蒸发量宜采用改进后的 E-601 型蒸发器，也可用口径 80cm 带套盆的蒸发器，或口径 20cm 的蒸发皿；

8 蒸发器/皿宜安置在测验段或渗漏平衡区漂浮水面的木筏上；具体方法应按《水面蒸发观测规范》SL 630 的规定执行。

P. 2 测验成果的整理

P. 2. 1 渠道的渗漏过程可按渗漏强度随时间的变化划分为初渗和稳渗两个阶段。渠道充水以后到渗漏强度稳定以前的时段为初渗阶段；渗漏强度达到某一稳定值（即稳渗强度）以后的时段为稳渗阶段（见图 P. 2. 1）。

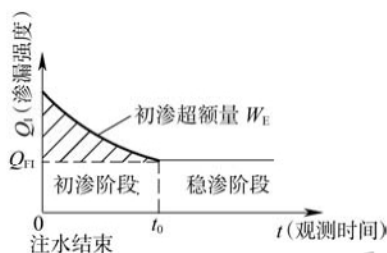


图 P. 2. 1 渗漏阶段划分

恒水位测验应求出设计水位或经常过流水位时的稳渗强度和初渗阶段的初渗超额量,变水位测验应求出稳渗强度随水深的变化规律。

P. 2. 2 观测时段内,测验段单位长度水体的变化量可按下列规定计算:

1 当恒水位测验采用水位下降法进行观测时,可用式(P. 2. 2-1)计算。如采用称量法计算时,测验段各观测时段所添加的水量除以测验段长度,得出各个观测时段单位长度水体的变化量 ΔW_{BI} 。

$$\Delta W_{BI} = B_{w1} \Delta h \quad (\text{P. 2. 2-1})$$

式中: ΔW_{BI} ——恒水位测验中测验段单位长度水体的变化量(L/m);

B_{w1} ——测验段的水面宽度(m),取渠道水面宽度的多点测量平均值;

Δh ——观测时段水深变化量(mm),即加水前、后水位差值。

2 当变水位测验采用水位下降法时,可用式(P. 2. 2-2)计算。采用称量法时,计算方法同恒水位称量法。

$$\Delta W_{BF} = B_{wF} \Delta h \quad (\text{P. 2. 2-2})$$

式中: ΔW_{BF} ——变水位测验中观测段单位长度水体变化量(L/m);

B_{wF} ——测验段的水面宽度(m),取观测时段开始和终止相应的渠道水面平均宽度。

P. 2.3 观测时段进入测验段的降雨量和蒸发量可按下列公式计算:

1 小雨渠坡不产生径流时,可按下式计算:

$$I = pB_{WF}\Delta t \quad (\text{P. 2. 3-1})$$

式中: I ——测验段单位长度的降雨量(L/m);

p ——平均降雨强度(mm/h);

Δt ——观测时段长度(h)。

2 中雨和大雨时,应计入由渠坡流入的水量,可按下式计算:

$$I = pB_d\Delta t \quad (\text{P. 2. 3-2})$$

式中: B_d ——测验段渠道堤顶口宽(m)。

3 观测时段内,测验段单位长度水面的蒸发量,可按下式计算:

$$E_w = e_w B_w \Delta t \quad (\text{P. 2. 3-3})$$

式中: E_w ——测验段单位长度水面蒸发量(L/m);

e_w ——观测时段内平均水面蒸发强度(mm/h)。

P. 2.4 观测时段中测验段的渗漏量应符合下列公式规定:

1 恒水位测验应按下式计算:

$$\Delta W_1 = \Delta W_{BF} + I - E_w \quad (\text{P. 2. 4-1})$$

式中: ΔW_1 ——测验段单位长度的稳定渗漏量(L/m)。

2 变水位测验,应按下式计算:

$$\Delta W_F = \Delta W_{BF} + I - E_w \quad (\text{P. 2. 4-2})$$

式中: ΔW_F ——测验段单位长度稳定渗漏量(L/m)。

P. 2.5 恒水位测验各观测时段的渗漏强度应符合下列规定:

1 初渗阶段时渗漏强度应按下式计算:

$$Q_1 = \frac{\Delta W_1}{\chi \Delta t} \quad (\text{P. 2. 5-1})$$

式中: Q_1 ——初渗阶段各观测时段在恒水位时的渗漏强度[L/(m²·h)];

χ ——测验水位相应的渠道湿周(m)。

2 当测验段入渗稳定后,稳渗强度应按下式计算:

$$Q_{Fi} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Q_{li}}{10} \quad (\text{P. 2. 5-2})$$

式中: Q_{Fi} ——恒水位测验的稳渗强度 [$L/(m^2 \cdot h)$];

Q_{li} ——测验段入渗稳定后,连续 10 次观测满足本标准 9.2.6 条规定的第 i 次渗漏强度 [$L/(m^2 \cdot h)$].

P. 2. 6 变水位测验各观测时段的稳渗强度应按下式计算:

$$Q_F = \frac{\Delta W_F}{\bar{\chi} \Delta t} \quad (\text{P. 2. 6})$$

式中: Q_F ——测验段在不同水深时的稳渗强度 [$L/m^2 \cdot h$];

$\bar{\chi}$ ——测验时段开始和终止时的渠道平均湿周(m)。

P. 2. 7 初渗超额量可按下列公式计算:

1 采用称量法观测时,可按下式计算:

$$W_E = \sum_{i=1}^{n_1} (Q_{li} - Q_{Fi}) \Delta t_i \quad (\text{P. 2. 7-1})$$

式中: W_E ——初渗超额量 (L/m^2);

Q_{li} ——初渗阶段第 i 个观测时段的渗漏强度 [$L/(m^2 \cdot h)$];

Q_{Fi} ——测验第 i 个观测时段内不同水深的稳渗强度 [$L/(m^2 \cdot h)$];

Δt_i ——第 i 个观测时段的长度(h);

n_1 ——初渗阶段的观测时段数。

2 采用水位下降法观测时,可按下式计算:

$$W_E = \sum_{i=1}^{n_1} (Q_{li} - Q_{Fi}) \Delta t_i + \sum_{j=1}^{n_2} (Q_{lj} - Q_{Fj}) \Delta t_j \quad (\text{P. 2. 7-2})$$

式中: Q_{lj} ——初渗阶段第 j 个加水时段的渗漏强度 [$L/(m^2 \cdot h)$],取该次加水时段前后相邻两个观测时段渗漏强度的平均值;

Δt_j ——第 j 个加水时段长度(h);

n_2 ——初渗阶段总加水时段数。

P. 2. 8 测验成果的回归检验应符合下列规定:

1 测验段在各个观测时段所得出的各种稳渗强度和相应平均水深,应按下式进行回归计算,求出稳渗强度随渠道水深变化的规律。

$$Q_F = Ch_c^D \quad (\text{P. 2. 8})$$

式中: Q_F ——稳渗强度值[L/(m²·h)];

h_c ——测验段水深(m);

C 、 D ——稳渗回归系数。

2 对渠道防渗结构形式、质量状况、几何尺寸和地质情况基本相同的渠道,在同一时期测出不同测段的变水位测验数据,可放在一起进行回归计算,得出该类型渠道渗漏规律的相关关系式。

3 回归所得相关关系式,应进行相关检验。单个测验段的测验数据回归计算的相关检验置信度可取 0.95,相关检验如不能满足数理统计要求时,可研究采用分段回归,同时对相关的合理性进行分析。不同测段的测验数据进行回归的置信度可取 0.90,能满足相关检验要求时,可代表该类型渠道的渗漏规律。

P. 2. 9 观测记录及计算可按表 P. 2. 9-1~表 P. 2. 9-10 执行。

表 P. 2. 9-1 降雨量观测记录表

渠名:

测验段编号:

测验日期:

日期	降雨时段			降雨量(mm)			降雨强度 ρ (mm/h)	备注
	起	止	时段 (h)	初测	复测	平均		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=[(5)+(6)]/2	(8)=(7)/(4)	(9)

观测人:

计算人:

表 P. 2. 9-2 蒸发量观测记录表

渠名：

测验段编号：

测验日期：

皿内原状水		经蒸发后剩余水量		皿内水量 差值(mm)	观测时段 (h)	蒸发强度 e (mm/h)
加水时间	水深(mm)	观测时间	水深(mm)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)-(4)	(6)=(3)-(1)	(7)=(5)/(6)

观测人：

计算人：

表 P. 2. 9-3 恒水位水位下降法记录

渠名：

测验段编号：

测验日期：

(观测时段开始) 加水后水深				(观测时段结束) 加水前水深				水深变化量 Δh (mm)				测验水深 计算值 h_c (mm)	每米渠 长水体 变化量 ΔW_{BI} (L)
观测 时间	斜 尺 (mm)	首 尺 (mm)	末 尺 (mm)	观 测 时 间	斜 尺 (mm)	首 尺 (mm)	末 尺 (mm)	斜 尺	首 尺	末 尺	变 化 量		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) = [(2) - (6)] × K	(10) = (3) - (7)	(11) = (4) - (8)	(12)	(13) = [(2) + (6)] × K/2	(14) = (12) × 水面宽

观测人：

计算人：

注：1 下一观测时段开始时间[第(1)栏]，减上一观测时段结束时间[第(5)栏]，即为加水时段；

2 第(12)栏变化量计算值在水面平静时可采用(9)栏斜尺水位；(9)栏中 K 值，当斜尺倾角为 14.5° 时取 0.25； 30° 时取 0.5；在水面波动或风天测尺差值超过 2mm 时，采用三尺水深变化量平均值 $(12) = [(11) + (9) + (10)]/3$ ；

3 第(13)栏测验水深 h_c 应等于加水后水深和加水前水深平均值，并应等于恒水位的水深；每次加水前后水深变化量应保持相等。

表 P. 2. 9-4 恒水位称量法记录表

渠名:

测验段编号:

测验日期:

加水后水深				加水前水深 (mm)			补加水重			加水前后水深变化量 Δh (mm)	测验水深 计算值 h_c (mm)	每米渠长 水体变化 量 ΔW_{BI} (kg)
观测 时间	斜尺 (mm)	首尺 (mm)	末尺 (mm)	斜尺	首尺	末尺	加水 次数	每次 水重 (kg)	加水 总重 (kg)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11) = [(2)(12) = [(2) - (5)] × K	(13) = [(2) + (5)] × K/2	(10) / 测段长度

观测人:

计算人:

注: 1 第(1)栏每格是上一观测时段结束时间,也是本观测时段开始时间;加水时段包括在观测时段之中,加水前水深相应的时间,为加水开始时间,无须进行记录。

2 第(11)栏中 K 值,当斜尺倾角为 14.5° 时取 0.25 ; 30° 时取 0.5 ;读数以斜尺为准,首尺、末尺读数供校核使用。

3 第(12)栏测验水深计算值 h_c 应等于加水后水深和加水前水深的平均值,并应与恒水位的水深相等;每次加水前后水深变化量 Δh 值,应保持相等。

表 P. 2. 9-5 恒水位初渗及稳渗强度计算表

渠名:

测验段编号:

测验日期:

观测 时间	观测 时段 Δt_i (h)	加水 时段 Δt_j (h)	每米渠 长水体 变化量 ΔW_{BI} (L)	每米渠 长降雨 量 I (L)	每米渠 长蒸发 量 E_w (L)	每米渠长 渗漏量 $\Delta W_1 = \Delta W_{BI}$ $+ I - E_w$ (L)	相应于 测验 水深的 湿周 χ (m)	观测时段 渗漏强度 Q_{ij} [L/(m ² · h)]	加水时段 渗漏强度 Q_{ij} [L/ (m ² ·h)]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = (4) + (5) - (6)	(8)	(9) = (7) / [(2) × (8)]	(10)

观测人:

计算人:

注: 1 第(1)栏对于水位下降法,应依次取自表 P. 2. 9-3 第(1)栏和第(5)栏;对于

称量法取自表 P. 2. 9-4 第(1)栏；

- 2 对于水位下降法，应分别按观测时段与加水时段计算；对于加水时段 Δt_i 第(4)栏 ΔW_{Ei} 无观测值，加水时段渗漏强度 Q_{Ei} ，取与其相邻的两次观测时段渗漏强度 Q_{Ei} 的平均值；
- 3 第(4)栏 ΔW_{Ei} 取自表 P. 2. 9-3 或表 P. 2. 9-4；第(5)栏根据表 P. 2. 9-1 计算得到；第(6)栏根据表 P. 2. 9-2 计算得到。

表 P. 2. 9-6 初渗超额量计算表

渠名：

测验段编号：

测验日期：

观测时间	观测时段的 Q_{Ei} 或加水时段的 Q_{Ei} [L/(m ² ·h)]	观测时段 Δt_i 或加水时段 Δt_i (h)	恒水位稳渗强度 Q_{Ei} [L/(m ² ·h)]	单位面积初渗 超额量 W_{E} (L/m ²)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=[(2)－ (4)]×(3)

观测人：

计算人：

- 注：1 第(4)栏 Q_{Ei} 为恒水位稳渗强度，取恒水位进入稳渗后，连续 10 次渗漏强度的平均值；
- 2 第(2)栏取自表 P. 2. 9-5 的第(9)栏与第(10)栏；第(3)栏取自表 P. 2. 9-5 的第(2)栏与第(3)栏。

表 P. 2. 9-7 变水位水位下降法记录及计算表

渠名:

测验段编号:

测验日期:

观测时间	水尺读数				测验水深计算值 (mm)	相应于测验水深计算值的水面宽 (m)	相邻两水深平均值 h_c (mm)	相邻两水面宽度平均值 B_{WF} (m)	相邻两水深变化量 Δh (mm)	每米渠长水体变化量 ΔW_{WF} (L)	每米渠长降雨量 I (L)	每米渠长蒸发量 E_w (L)	每米渠长稳渗量 $\Delta W_F = \Delta W_{WF} + I - E_w$ (L)	观测时段 Δt (h)	相邻两水深相应的平均湿周 χ (m)	变水位稳渗强度 $Q_F = \Delta W_F / (\Delta \chi [L / (m^2 \cdot h)])$	备注	
	斜尺 (mm)	折算斜尺水深 (mm)	首尺水深 (mm)	末尺水深 (mm)														
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11) = (9) × (10)	(12)	(13)	(14) = (11) + (12) - (13)	(15)	(16)	(17) = (14) /[(15) × (16)]	(18)	

观测人:

计算人:

注:1 第(12)栏每米渠长降雨量 I 和第(13)栏蒸发量 E_w 的计算见表 P. 2. 9-5 注 3;

2 第(6)栏测验水深计算值在水面平静时可采用斜尺水深;在水面波动或风天测尺差值超过 2mm 时,采用三尺平均数。

表 P. 2. 9-8 变水位称量法记录及计算

观测时间	加水前(加水后)水尺读数		加水前后水深计算值 h (mm)	加水前后水深平均值 h_c (mm)	加水前相应于水深平均值的水面宽度 B_w (m)	补加水		每米渠水体变化量 ΔW_{BF} (kg)	每米渠长降雨量 I (kg)	每米渠长蒸发量 E_w (kg)	每米渠长稳渗量 $\Delta W_{BF} + I - E_w$ (kg)	观测时段 Δt (h)	相应于水深平均值的湿周 λ (m)	变水位稳渗强度 $Q_F = \Delta W_F / (\Delta t \lambda)$ [kg/(m ² ·h)]					
	斜尺水尺 (mm)	折算斜尺水深 (mm)				末尺水深 (mm)	首尺水深 (mm)								加水次数	每次加水重量 (kg)	加水总重量 (kg)		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)				(15)	(16)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)

渠名: _____

测试段编号: _____

测试日期: _____

观测人: _____ 计算人: _____

- 注: 1 测验水位应等于加水前、后水深的平均值 h_c ;
 2 第(3)栏中的 K 值当斜尺倾角为 14.5° 时为 0.25, 当斜尺倾角为 30° 时为 0.5;
 3 第(6)栏水深计算值采用三尺平均数;
 4 每米渠长降雨量 I 和蒸发量 E_w 计算所用水面宽度应采用第(8)栏数值。

表 P. 2. 9-9 变水位稳渗强度曲线回归计算表

渠名:

测验段编号:

测验日期:

序号	h_c (m)	$T = \lg h$	T^2	Q_F [L/ ($m^2 \cdot$ h)]	$M = \lg Q_F$	M^2	MT	$\bar{T} = \frac{\sum T}{n}$ $\bar{M} = \frac{\sum M}{n}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
								$Q_F = Ch_c^P$
								$C = 10^{(\bar{M} - D\bar{T})}$
								$D = \frac{\sum(M \cdot T) - \frac{1}{n} \sum M \cdot \sum T}{\sum T^2 - \frac{1}{n} (\sum T)^2}$
								$R = \frac{\sum(M \cdot T) - \frac{1}{n} \sum M \cdot \sum T}{\sqrt{[\sum T^2 - \frac{1}{n} (\sum T)^2] \cdot [\sum M^2 - \frac{1}{n} (\sum M)^2]}}$

注: 1 第(2)栏、第(5)栏取自表 P. 2. 9-7、表 P. 2. 9-8。

2 n 为数组数, R 为回归相关系数。

表 P. 2. 9-10 静水法测验渠道渗漏成果汇总

测验段情况		渠道防渗情况				渠道情况		其他情况
渠名		防渗形式				流量(m^3/s)		1. 测验中 有无降雨; 2. 代表何 类渠道; 3. 测验方 法(水位下 降法或称 量法)
测验段号		防渗质量 类别				地下水埋 深(m)		
测验时间		测验段几何尺寸				渠基土类		
测验负责人		长度 (m)	底宽 (m)	纵 坡	其他 说明	渠基土壤干 密度(g/cm^3)		
测验人员						渠基土壤含 水率(%)		
恒水位 测验水深 (m)	恒水位稳渗 强度 Q_{Fi} [L/($m^2 \cdot$ h)]	单位面积初渗超额量 $W_E(L/m^2)$				稳渗强度 Q_F 和水深 h_c 的回归关系		
测验人员对测验过程的简述:						测验段及测验段周围地貌描述:		

附录 Q 渠道动水法测渗的流量、误差 及渗漏水量的计算

Q.0.1 一条测速垂线上有 1 个~5 个测点时,测速垂线上的平均流速 \bar{V} 可按表 Q.0.1 中的公式进行计算。

表 Q.0.1 测速垂线上平均流速 \bar{V} 的计算式

测法	测速垂线上平均流速 \bar{V} 的计算式
五点法	$\bar{V} = \frac{1}{10}(V_{0.0} + 3V_{0.2} + 3V_{0.6} + 2V_{0.8} + V_{1.0})$
三点法	$\bar{V} = \frac{1}{3}(V_{0.2} + V_{0.6} + V_{0.8})$ 或 $\bar{V} = \frac{1}{4}(V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8})$
二点法	$\bar{V} = \frac{1}{2}(V_{0.2} + V_{0.8})$
一点法	$\bar{V} = V_{0.6}$

注: $V_{0.0}$ 、 $V_{0.2}$ 、 $V_{0.6}$ 、 $V_{0.8}$ 、 $V_{1.0}$ 分别为水面附近、相对水深 0.2h、相对水深 0.6h、相对水深 0.8h 和渠底附近测点的流速(m/s)。

Q.0.2 用流速仪在多条测速垂线多个测点测出流速后,全断面通过的流量应等于每一对相邻测线间过水断面上的流量及靠两岸最外侧的测线至岸边水深为零处的过水断面上通过流量之总和(见图 Q.0.2)。

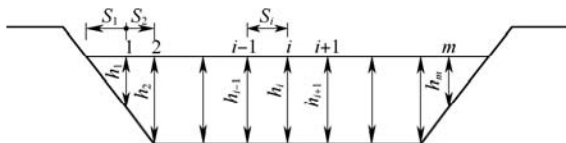


图 Q.0.2 渠道测速垂线位置

1 两测速垂线之间过水断面上的流量应按下式计算：

$$Q_i = \frac{\bar{V}_i + \bar{V}_{i-1}}{2} \cdot \frac{h_i + h_{i-1}}{2} \cdot S_i \quad (\text{Q. 0. 2-1})$$

式中： Q_i ——测速垂线 i 及测速垂线 $i-1$ 之间过水断面上的流量 (m^3/s)；

\bar{V}_i, \bar{V}_{i-1} ——分别为测速垂线 i 及测速垂线 $i-1$ 上的平均流速 (m/s)；

h_i, h_{i-1} ——分别为测速垂线 i 及测速垂线 $i-1$ 处的水深 (m)；

S_i ——测速垂线 i 及测速垂线 $i-1$ 之间的距离 (m)。

2 最靠岸的测速垂线至岸边水深为零处范围内的过水断面流量、当其水深是均匀地变浅至零时，以图 Q. 0. 2 中测速垂线 1 至岸边为例，按下式计算：

$$Q_1 = \alpha_c \cdot \bar{V}_1 \cdot \frac{h_1 S_1}{2} \quad (\text{Q. 0. 2-2})$$

式中： Q_1 ——测速垂线 1 至左侧岸边过水断面上的流量 (m^3/s)；

\bar{V}_1 ——测速垂线 1 上的平均流速 (m/s)；

S_1 ——测速垂线 1 至岸边水深为零处的距离 (m)；

α_c ——折算系数，取 0. 67~0. 75。

Q. 0. 3 测试结果的误差分析应按下列步骤进行：

1 对于上、下两个测试断面中每个断面，经过 n 次 ($n > 10$) 测试后可按下式计算样本方差 S_Q ，用之作为测试值标准差的估计值。

$$S_Q = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (\text{Q. 0. 3-1})$$

式中： S_Q ——测试断面流量的样本标准差；

Q_i ——第 i 次测试出的流量 (m^3/s)；

n ——已测试次数。

$$\bar{Q} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{n} \quad (\text{Q. 0. 3-2})$$

式中： \bar{Q} —— n 次测试流量的均值(m^3/s)。

2 对 n 次测试结果逐项检查,当某一项测试值 Q_i 符合式(Q. 0. 3-3)时,则认为该项结果具有伪误差性质,应予以剔除。剔除之后应重新计算保留的各项测试值的样本标准差。

$$|Q_i - \bar{Q}| > 3S_Q \quad (\text{Q. 0. 3-3})$$

3 对剔除检验后保留的结果数值,按式(Q. 0. 3-4)计算在置信水平 $1-\alpha=0.95$ 条件下一个断面流量的随机不确定度 $\Delta_1(\%)$:

$$\Delta_1 = \frac{t_{\alpha/2}(n-1) \frac{S_Q}{\sqrt{n}}}{\bar{Q}} \times 100 \quad (\text{Q. 0. 3-4})$$

式中： $t_{\alpha/2}(n-1)$ —— t 分布数值,见表 Q. 0. 3。

表 Q. 0. 3 t 分布中的 $t_{\alpha/2}(n)$ 值

n	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	40	60
$t_{\alpha/2}(n)$	2.23	2.18	2.15	2.12	2.10	2.09	2.07	2.06	2.06	2.05	2.04	2.02	2.00

当 $\Delta_1 \leq 5\%$ 可认为 \bar{Q} 是该断面的流量,否则应继续加大测试次数。

4 满足以上要求的上断面流量均值 \bar{Q}_1 及下断面流量均值 \bar{Q}_2 的差值 $\bar{Q}_1 - \bar{Q}_2$ 应为测试渠段的渗漏水量。

Q. 0. 4 水源有条件实现较长期的稳定时,可加大测试次数,并按下列公式计算两个断面流量差 $\bar{Q}_1 - \bar{Q}_2$ 的随机不确定度 $\Delta_2(\%)$ 。

$$\Delta_2 = \frac{U_{\alpha/2} \sqrt{\frac{S_1^2}{m} + \frac{S_2^2}{n}}}{\bar{Q}_1 - \bar{Q}_2} \times 100 \quad (\text{Q. 0. 4-1})$$

$$\bar{Q}_1 = \sum_{i=1}^m \frac{Q_{1i}}{m} \quad (\text{Q. 0. 4-2})$$

$$\bar{Q}_2 = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{2i}}{n} \quad (\text{Q. 0. 4-3})$$

$$S_1^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Q_{1i} - \bar{Q}_1)^2 \quad (\text{Q. 0. 4-4})$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_{2i} - \bar{Q}_2)^2 \quad (\text{Q. 0. 4-5})$$

式中： \bar{Q}_1 ——上断面测试 m 次的流量均值 (m^3/s)；

\bar{Q}_2 ——下断面测试 n 次的流量均值 (m^3/s)；

S_1^2 ——上断面测试样本方差；

S_2^2 ——下断面测试样本方差；

$U_{\alpha/2}$ —— $\alpha=0.05$ 条件下的正态分布值，可由相应概率论及数理统计书中查出，为 1.96。一般情况下可选择 $\Delta_2 \leq 10\%$ ，并据此确定测试次数。

本标准用词说明

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 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《钻井液材料规范》GB/T 5005
- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025
- 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 《堤防工程设计规范》GB 50286
- 《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288
- 《水利水电工程地质勘察规范》GB 50487
- 《水工建筑物抗冰冻设计规范》GB/T 50662
- 《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 《金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法》GB/T 228.1
- 《硫化橡胶或热塑性橡胶压入硬度试验方法 第1部分:邵氏硬度计法(邵尔硬度)》GB/T 531.1
- 《钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1
- 《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2
- 《钢筋混凝土用钢 第3部分:钢筋焊接网》GB/T 1499.3
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
- 《金属材料 线材 缠绕试验方法》GB/T 2976
- 《混凝土外加剂》GB 8076
- 《硬质泡沫塑料吸水率的测定》GB/T 8810
- 《硬质泡沫塑料 压缩性能的测定》GB/T 8813
- 《塑料 灰分的测定 第1部分:通用方法》GB/T 9345.1
- 《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法》GB/T

10294

《聚乙烯管材和管件炭黑含量的测定》GB/T 13021

《建筑密封材料试验方法 第1部分:试验基材的规定》GB/T 13477.1

《建筑密封材料试验方法 第3部分:使用标准器具测定密封材料挤出性的方法》GB/T 13477.3

《建筑密封材料试验方法 第5部分:表干时间的测定》GB/T 13477.5

《建筑密封材料试验方法 第8部分:拉伸黏结性的测定》GB/T 13477.8

《建筑密封材料试验方法 第9部分:浸水后拉伸黏结性的测定》GB/T 13477.9

《建筑密封材料试验方法 第10部分:定伸粘结性的测定》GB/T 13477.10

《建筑密封材料试验方法 第11部分:浸水后定伸黏结性的测定》GB/T 13477.11

《土工合成材料 取样和试样的准备》GB/T 13760

《冷轧带肋钢筋》GB 13788

《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683

《硫化橡胶人工气候老化(荧光紫外灯)试验方法》GB/T 16585

《土工合成材料 长丝机织土工布》GB/T 17640

《土工合成材料 非织造复合土工膜》GB/T 17642

《土工合成材料 聚乙烯土工膜》GB/T 17643

《土工合成材料 塑料土工格栅》GB/T 17689

《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046

《高分子防水材料 第1部分:片材》GB 18173.1

《高分子防水材料 第2部分:止水带》GB 18173.2

《高分子防水材料 第3部分:遇水膨胀橡胶》GB 18173.3

《聚烯烃管材、管件和混配料中颜料或炭黑分散度的测定》GB/

T 18251

- 《膨润土》GB/T 20973
- 《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690
- 《建筑用绝热制品 抗冻融性能的测定》GB/T 33011
- 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 《钠基膨润土防水毯》JG/T 193
- 《喷射混凝土应用技术规程》JGJ/T 372
- 《土木工程用玻璃纤维增强筋》JG/T 406
- 《混凝土制品用脱模剂》JC/T 949
- 《天然钠基膨润土防渗衬垫》JC/T 2054
- 《混凝土接缝密封嵌缝板》JC/T 2255
- 《水工沥青混凝土试验规程》DL/T 5362
- 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20
- 《公路路基设计规范》JTG D30
- 《公路工程 玄武岩纤维及其制品 第4部分:玄武岩纤维复合筋》JT/T 776.4
- 《降水量观测规范》SL 21
- 《砌石坝设计规范》SL 25
- 《水工建筑物滑动模板施工技术规范》SL 32
- 《水工混凝土结构设计规范》SL 191
- 《水利水电工程测量规范》SL 197
- 《水工建筑物抗震设计规范》SL 203
- 《水利水电建设工程验收规程》SL 223
- 《土工合成材料测试规程》SL 235
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 《水工混凝土试验规程》SL 352
- 《水工挡土墙设计规范》SL 379
- 《水利水电工程边坡设计规范》SL 386
- 《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》SL 501

- 《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654
- 《水工混凝土施工规范》SL 677
- 《灌溉与排水工程施工质量评定规程》SL 703
- 《水工建筑物荷载设计规范》SL 744
- 《工程用机编钢丝网及组合体》YB/T 4190
- 《工程机编钢丝网用钢丝》YB/T 4221
- 《水面蒸发观测规范》SL 630
- 《土壤检测 第2部分:土壤 pH 的测定》NY/T 1121.2
- 《土壤检测 第4部分:土壤容重的测定》NY/T 1121.4
- 《土壤检测 第6部分:土壤有机质的测定》NY/T 1121.6
- 《土壤检测 第7部分:土壤有效磷的测定》NY/T 1121.7
- 《土壤检测 第16部分:土壤水溶性盐总量的测定》NY/T 1121.16
- 《森林土壤水解性氮的测定》LY/T 1229