

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50600 - 2010

渠道防渗工程技术规范

Technical code for seepage control
engineering on canal

2010 - 07 - 15 发布

2011 - 02 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

渠道防渗工程技术规范

Technical code for seepage control
engineering on canal

GB/T 50600 - 2010

主编部门：中华人民共和国水利部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 1 年 2 月 1 日

中国计划出版社

2011 北 京

中华人民共和国国家标准
渠道防渗工程技术规范

GB/T 50600-2010

☆

中华人民共和国水利部 主编

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座4层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

850×1168 毫米 1/32 5.75 印张 145 千字

2011年1月第1版 2011年1月第1次印刷

印数1—10100册

☆

统一书号:1580177·539

定价:35.00元

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 666 号

关于发布国家标准 《渠道防渗工程技术规范》的公告

现批准《渠道防渗工程技术规范》为国家标准，编号为 GB/T 50600—2010，自 2011 年 2 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一〇年七月十五日

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制定、修订计划(第一批)〉的通知》(建标〔2007〕125 号)的要求,由中国灌溉排水发展中心会同有关单位共同编制完成。

本规范在编制过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了我国渠道防渗工程的实践经验,重点开展了“测量渠道渗漏损失的动水法及其误差分析”、“弧形坡脚梯形渠道水力最佳断面及实用经济断面的计算”、“国外膨润土防水毯研究进展和应用情况”等专题研究,综合考虑了多种不同的渠道防渗类型、现有技术水平以及今后的发展,广泛征求各省(自治区、直辖市)水行政主管部门及有关科研、设计、施工、管理等单位专家和技术人员的意见和建议,经过反复修改和补充,最后经审查定稿。

本规范共 10 章和 9 个附录,主要内容包括:总则、术语、防渗工程规划、防渗材料与防渗结构、渠道防渗设计、渠基与渠坡的稳定、施工、施工质量的控制与验收、测验和工程管理。

本规范由水利部负责日常管理,中国灌溉排水发展中心负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,请各单位积极总结经验,积累资料,并将有关意见和建议反馈给中国灌溉排水发展中心(地址:北京市西城区广安门南街 60 号,邮政编码:100054),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位: 中国灌溉排水发展中心

参 编 单 位: 中国水利水电科学研究院

西北农林科技大学

山西水利水电科学研究院

扬州大学

浙江省水利厅

河北省水利水电勘测设计研究院

主要起草人：张绍强 邢义川 王晓玲 杜秀文 何武全

荣丰涛 杨鼎久 刘群昌 郭慧滨 吴加宁

王洪彬 李铁光 贾仁甫

主要审查人：冯广志 乔玉成 任树梅 沈秀英 麦 山

郭宗信 步丰湖

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	防渗工程规划	(4)
4	防渗材料与防渗结构	(7)
4.1	防渗材料	(7)
4.2	防渗结构	(13)
5	渠道防渗设计	(15)
5.1	一般规定	(15)
5.2	渠道断面形式	(15)
5.3	水力计算	(17)
5.4	砌石防渗	(24)
5.5	混凝土防渗	(25)
5.6	沥青混凝土防渗	(30)
5.7	膜料防渗	(32)
5.8	伸缩缝、砌筑缝及堤顶	(35)
6	渠基与渠坡的稳定	(38)
6.1	一般规定	(38)
6.2	渠坡的安全坡比	(38)
6.3	黄土渠道	(40)
6.4	膨胀土渠道	(41)
6.5	分散性土渠道	(42)
6.6	盐渍土渠道	(43)
6.7	冻胀性土渠道	(44)

6.8	沙漠渠道	(47)
6.9	其他情况	(47)
7	施 工	(48)
7.1	一般规定	(48)
7.2	填筑和开挖	(48)
7.3	排水设施的施工	(50)
7.4	砌石防渗	(51)
7.5	混凝土防渗	(52)
7.6	沥青混凝土防渗	(55)
7.7	膜料防渗	(57)
7.8	填充伸缩缝	(58)
8	施工质量的控制与验收	(59)
8.1	施工质量的控制与检查	(59)
8.2	工程验收	(62)
9	测 验	(64)
9.1	一般规定	(64)
9.2	静水法测渗	(64)
9.3	动水法测渗	(67)
9.4	变形测验	(68)
9.5	冻胀测验	(69)
10	工程管理	(71)
附录 A	推求渠道流量的正向递推水量平衡法	(73)
附录 B	膜料防渗渠道土料保护层边坡稳定计算	(75)
附录 C	弧形底梯形渠道水力最佳断面及实用经济断面 计算方法	(78)
附录 D	弧形坡脚梯形渠道水力最佳断面及实用经济断面 计算方法	(81)
附录 E	渠基的排水设施	(84)
附录 F	伸缩缝填充和裂缝处理施工方法	(87)

附录 G 膜料接缝的方法和质量检查	(89)
附录 H 渠道渗漏的静水法测验段设置和成果整理	(92)
附录 J 渠道动水法测渗的流量、误差及渗漏水量的计算	(105)
本规范用词说明	(109)
引用标准名录	(110)
附:条文说明	(111)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Planning of seepage control engineering	(4)
4	Seepage control material and structure	(7)
4.1	Seepage control material	(7)
4.2	Seepage control structure	(13)
5	Design of canal seepage control	(15)
5.1	General requirement	(15)
5.2	Canal section form	(15)
5.3	Hydraulic calculation	(17)
5.4	Seepage control by stone masonry	(24)
5.5	Seepage control by concrete	(25)
5.6	Seepage control by bituminous(asphalt) concrete	(30)
5.7	Seepage control by membrane	(32)
5.8	Expansion joint, masonry joint and levee crown	(35)
6	Stability of canal foundation and slope	(38)
6.1	General requirement	(38)
6.2	Safe rate of canal slope	(38)
6.3	Canal in loess soil	(40)
6.4	Canal in expansive soil	(41)
6.5	Canal in dispersive soil	(42)
6.6	Canal in saline soil	(43)
6.7	Canal in frost heaving soil	(44)
6.8	Canal in desert	(47)

6.9	Other situations	(47)
7	Execution	(48)
7.1	General provisions	(48)
7.2	Filling and excavation	(48)
7.3	Execution of drainage facilities	(50)
7.4	Seepage control by stone masonry	(51)
7.5	Seepage control by concrete	(52)
7.6	Seepage control by bituminous(asphalt) concrete	(55)
7.7	Seepage control by membrane	(57)
7.8	Filling expansion joint	(58)
8	Control and acceptance inspection for the construction quality	(59)
8.1	Control and check for the construction quality	(59)
8.2	Project acceptance inspection	(62)
9	Test	(64)
9.1	General requirement	(64)
9.2	Seepage test by ponding method	(64)
9.3	Seepage test by flow survey method	(67)
9.4	Deformation test	(68)
9.5	Frost heaving test	(69)
10	Project management	(71)
Appendix A	Forward recursive water balance method for calculating canal discharge	(73)
Appendix B	Calculation of slope stability for the seepage control canal by membrane with the soil protection layer	(75)
Appendix C	Calculating methods of the optimal hydraulic section and economic practical section for the trapezoidal canal with curved bottom	(78)

Appendix D	Calculating methods of the optimal hydraulic section and economic practical section for the trapezoidal canal with curved slope toe (81)
Appendix E	Drainage facilities of the canal foundation (84)
Appendix F	Executive methods for filling expansion joint and treating crack (87)
Appendix G	Joining methods for joint of membrane and quality inspection (89)
Appendix H	Setting the test segment and results collation for the ponding method of canal seepage (92)
Appendix J	Calculation of discharge, error and water seepage quantity by seepage test of flow survey method (105)
	Explanation of wording in this code (109)
	List of quoted standards (110)
	Addition; Explanation of provisions (111)

1 总 则

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

1.0.2 本规范适用于新建、扩建或改建的农田灌溉、发电引水、供水、排污等渠道防渗工程的规划、设计、施工、验收、测验和管理。

1.0.3 渠道防渗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,积极采用成熟的新技术、新材料和新工艺,不断提高渠道防渗技术水平。

1.0.4 特大型渠道防渗工程应进行专项研究。

1.0.5 渠道防渗工程规划、设计、施工、验收、测验和管理,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 渠道防渗 canal seepage control

减少渠道水量渗漏损失的技术措施。

2.0.2 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。

2.0.3 混凝土防渗 seepage control by concrete

浇筑或砌筑混凝土护面层以减少渠道水量渗漏损失的措施。

2.0.4 沥青混凝土防渗 seepage control by bituminous(asphalt) concrete lining

铺筑或砌筑沥青混凝土护面层以减少渠道水量渗漏损失的措施。

2.0.5 膜料防渗 seepage control by membrane

铺设土工膜、塑料薄膜、油毡、膨润土防水毯等,以减少渠道水量渗漏损失的措施。

2.0.6 砌石防渗 seepage control by stone masonry

砌筑石护面层以减少渠道水量渗漏损失的措施。

2.0.7 渠系水利用系数 water use coefficient of acequia system

末级固定渠道放出的总水量与渠首引进的总水量的比值。

2.0.8 渠坡的边坡系数 coefficient of canal side slope

渠道断面斜坡面的水平宽度与垂直高度的比值。

2.0.9 渠坡的安全坡比 stable rate of canal side slope

渠道断面稳定斜坡面的垂直高度与水平宽度的比值。

2.0.10 特殊土 special soil

具有特殊成因、特殊成分和特殊工程性质的土类。例如湿陷性黄土、膨胀土和分散性土等。

2.0.11 强度参数 strength parameter

材料抗剪强度的内摩擦角和黏聚力。

2.0.12 稳定安全系数 safety coefficient of stability

滑动面上抗滑力(或力矩)与滑动力(或力矩)的比值。

2.0.13 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年的历年最大冻深平均值。

2.0.14 冻胀破坏 frost heave breakage

在负温条件下,因水分冻结使土体膨胀变形及砌筑材料受损而引起的渠道破坏。

2.0.15 混凝土的水胶比 water binder ratio of concrete

每立方米混凝土用水量与所用胶凝材料(混凝土中水泥和掺合料质量的总和)用量的比值。

2.0.16 伸缩缝 expansion joint

刚性材料防渗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。

2.0.17 观感质量 quality of appearance

通过观察和必要的量测所反映的工程外在质量。

3 防渗工程规划

3.0.1 渠道防渗工程建设,应根据当地自然条件、防渗工程规模、等级要求,收集有关资料,了解当地渠道运行管理水平,听取用户对渠道防渗形式、运行管护等方面的意见,进行渠道防渗工程规划。

3.0.2 渠道防渗工程规划应收集整理气象、水文、地质、工程地形等资料,并应根据工程类型收集下列资料:

1 新建工程应收集当地或类似已建成渠道防渗工程规划设计与施工、管理运用和试验研究等资料。

2 扩建、改建工程应收集原渠道的水力要素、渗漏量、工程现状、渠床土质及水文地质等资料。

3 灌溉渠道防渗工程应收集水利工程现状、作物种植结构及灌溉现状等资料。

4 排污渠道防渗工程应收集污水水源及水质状况等资料。

3.0.3 渠道防渗工程规划应根据流域水利规划和区域水土资源平衡的要求,在全面收集分析所需资料的基础上,安排必要的勘察、观测和试验。

3.0.4 渠道工程级别和规模应按表 3.0.4 划分。

表 3.0.4 渠道工程级别和规模

工程级别	1	2	3	4	5	
规 模	特大型	大型		中型		小型
渠道设计流量 (m^3/s)	$Q>300$	$300\geq Q>100$	$100\geq Q>20$	$20\geq Q>5$	$5\geq Q>2$	$Q\leq 2$

3.0.5 渠道防渗工程规划应在当地城乡建设规划、水利综合规划的基础上进行,按照因地制宜的原则,通过技术经济比较,拟定防

渗规划方案。

3.0.6 渠道防渗工程规划应以节水为中心,以提高输水效率为目标,统筹考虑周边生态环境建设,根据渠道功能和输水要求,确定防渗工程标准,进行统一规划。

3.0.7 灌溉渠道防渗工程规划应与当地农业区划、农田水利建设规划相适应,并符合灌区节水改造规划的要求。对输水损失大、输水效率低的骨干渠道及提水灌区渠道应优先防渗,对井灌区无回灌补源任务的固定渠道宜全部防渗。

3.0.8 渠道防渗的必要性应根据工程所在地的自然条件、经济社会状况、水资源状况、防渗渠道功能以及渠基土的工程性质分析论证。

3.0.9 防渗工程总体布置应对水源工程、灌排渠系、建筑物、道路、林带、村镇、管理设施等进行合理布置,绘制防渗工程总体布置图。

3.0.10 防渗工程规划应根据水源条件、工程状况、地质条件、渠道功能和经济发展水平等,初步确定防渗规模和防渗形式。当自然条件差异较大时,应划分不同的类型区,并应分区进行布置和设计。

3.0.11 渠道防渗工程规划应根据防渗渠道的规模及级别,选定渠系水利用系数。

3.0.12 灌区灌溉渠系水利用系数应根据灌区规模确定,规划设计值不应低于表 3.0.12 所列数值。

3.0.12 灌溉渠系水利用系数

灌区规模	大型	中型	小型
渠系水利用系数	0.55	0.65	0.75

3.0.13 渠道防渗应论证对周边环境的影响,必要时应采取补救措施。

3.0.14 渠道防渗工程规划方案,应根据渠道功能、节水标准,结合当地自然状况、防渗材料以及工程运用等确定。

3.0.15 渠道防渗工程应进行经济评价,并应对产生的社会效益、经济效益、生态环境效益等方面进行综合评价。

3.0.16 渠道防渗工程应进行生态环境影响初步评价,分析渠道防渗工程建设对当地生态环境、自然环境、社会环境产生的影响,初步提出对策和措施。

3.0.17 综合评价应综合防渗工程的社会效益、经济效益和生态环境效益以及经济分析结果,提出工程项目的综合评价结论。

4 防渗材料与防渗结构

4.1 防渗材料

4.1.1 防渗材料应根据渠道的运行条件、地区气候特点等具体情况,并按因地制宜、就地取材的原则选择,应分别满足防渗、抗冻、强度等要求。

4.1.2 选用的水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定,水泥强度等级应与混凝土设计强度等级相适应。有抗冻要求时,宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥;环境水对混凝土有硫酸盐侵蚀性时,应选用抗硫酸盐水泥。

4.1.3 砂料应质地坚硬、清洁、级配良好,天然砂的细度模数宜为 2.2~3.0,人工砂的细度模数宜为 2.4~2.8,人工砂饱和面干的含水率不宜超过 6%。混凝土可采用中砂或粗砂,砂浆可采用中砂或细砂。在缺乏中砂和粗砂地区,渠道流速小于 3m/s 时,可采用细砂或特细砂。砂料中有活性骨料时,应进行专门试验论证。砂的质量应符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 砂料的质量要求

项 目		混凝土用砂		沥青混凝土用砂	
		天然砂	人工砂	天然砂	人工砂
含泥量 (%)	不小于 C ₉₀ 30 和有抗冻要求	≤3	—	≤2.0	≤2.0
	<C ₉₀ 30	≤5			
泥块含量		不允许	不允许	不允许	不允许
石粉含量 (%)		—	6~18	—	<5
坚固性 (%)	有抗冻要求	≤8	≤8	≤10	≤10
	无抗冻要求	≤10	≤10	≤15	≤15

续表 4.1.3

项 目	混凝土用砂		沥青混凝土用砂	
	天然砂	人工砂	天然砂	人工砂
云母含量(%)	≤2	≤2	≤2	—
表观密度(kg/m ³)	≥2500	≥2500	≥2500	≥2500
轻物质含量(%)	≤1	—	≤1	—
硫化物及硫酸盐含量(%) (折算成 SO ₃ ,按质量计)	≤1	≤1	—	—
有机质含量	浅于标准色	不允许	不允许	不允许
水稳定等级	—	—	>4级	>4级

4.1.4 砂砾料用作膜料防渗保护层时,砂砾料的级配宜符合图 4.1.4 的范围。砂砾料的最大粒径宜为 75mm~150mm。

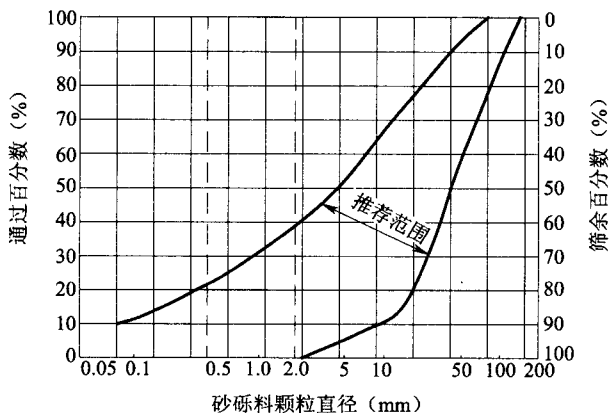


图 4.1.4 砂砾石保护层的级配

4.1.5 石料应洁净、坚硬、无风化剥落和裂纹,并应根据不同防渗结构分别符合下列要求:

1 砌石防渗结构,宜符合下列要求:

- 1) 宜采用外形方正、表面凸凹不大于 10mm 的料石;
- 2) 宜采用上下面平整、无尖角薄边、块重不小于 20kg 的块石;

3)宜采用长径不小于 20cm 的卵石；

4)宜采用矩形、表面平整、厚度不小于 30mm 的石板等。

2 混凝土防渗结构或膜料防渗结构的混凝土保护层,应采用级配良好、抗压强度大于混凝土强度 1.5 倍的石料,并应符合表 4.1.5-1 的规定。石料的最大粒径不应超过素混凝土板厚度的 1/3 ~1/2、钢筋混凝土板厚度的 1/4 和钢筋净间距的 2/3。当选用含有活性成分的石料时,应进行专门试验论证。

表 4.1.5-1 混凝土选用石料的质量要求

项 目		指 标	备 注
含泥量 (%)	D ₂₀ 、D ₁₀ 粒径级	≤1	—
	D ₈₀ 、D ₁₅₀ (D ₁₂₀) 粒径级	≤0.5	
坚固性 (%)		≤5	有抗冻要求的混凝土
		≤12	无抗冻要求的混凝土
泥块含量		不允许	—
硫酸盐及硫化物含量 (%)		≤0.5	折算成 SO ₃ ,按质量计
有机质含量		浅于标准色	如深于标准色,应进行混凝土强度对比试验,抗压强度比不应低于 0.95
表观密度 (kg/m ³)		≥2550	—
吸水率 (%)		≤2.5	—
针片状颗粒含量 (%)		≤15	碎石经试验论证,可以放宽到 25%
各级骨料的超、逊径含量 (%)		超径小于 5; 逊径小于 10	以圆孔筛检验

3 沥青混凝土防渗结构,宜采用碱性的碎石,并应符合表 4.1.5-2 的规定。碎石的最大粒径不应超过压实后沥青混凝土铺筑层厚度的 1/3,且不应大于 25mm。当采用酸性石料,应作改性处理,并应符合表 4.1.5-2 的规定。当用天然卵石加工碎石时,卵石的粒径宜为碎石最大粒径的 3 倍以上。当采用小卵石或砾石时,应通过试验论证。

表 4.1.5-2 沥青混凝土选用石料的质量要求

项 目	技术 指标
坚固性(%) (硫酸钠法)	<12.0
吸水率(%)	≤3.0
表观密度(kg/m ³)	≥2500
超、逊径(%) (圆孔筛)	超径小于5; 逊径小于10
针片状颗粒(%)	≤10
含泥量(%)	≤0.5
有机质含量	不允许
与沥青的黏附性	>4 级

4.1.6 混凝土和砂浆掺加的外加剂品质应符合现行行业标准《水工混凝土外加剂技术规程》DL/T 5100 的有关规定。

4.1.7 拌和及养护用水应符合现行行业标准《水工混凝土施工规范》DL/T 5144 的有关规定。

4.1.8 沥青混凝土或填缝材料所用的矿粉,应采用碱性岩石加工的粉状材料,也可采用硅酸盐水泥或滑石粉等。矿粉的质量应符合表 4.1.8 的规定。

表 4.1.8 矿粉的质量要求

项目	细度(在下列孔径下通过%) (mm)			含水率 (%)	亲水系数	泥土及 有机质含量
	0.600	0.150	0.074			
技术指标	100	>90	>70	<0.5	≤1.0	不允许

4.1.9 粉煤灰宜用作混凝土掺和料或填缝材料的填料,粉煤灰的质量应符合表 4.1.9 的规定。

表 4.1.9 粉煤灰的质量要求

项目		45μm 方孔筛 筛余量(%)	烧失量 (%)	含水率 (%)	三氧化硫 含量(%)	需水量比 (%)
技术 指标	I 级	≤12	≤5	≤1.0	≤3.0	≤95
	II 级	≤20	≤8	≤1.0	≤3.0	≤105

注:三氧化硫含量为水泥和粉煤灰总重的百分数。

4.1.10 沥青混凝土可采用 70 号或 90 号道路石油沥青,石油沥青的质量应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTGF40 的有关规定。

4.1.11 渠道防渗采用的聚乙烯、聚氯乙烯及其改性塑膜,塑膜的质量应符合表 4.1.11-1 的规定;采用的沥青玻璃纤维布油毡应厚度均匀,并应无漏涂、划痕、折裂、气泡及针孔,在气温 0℃~40℃ 下易于展开,沥青玻璃纤维布油毡的质量应符合表 4.1.11-2 的规定;采用的钠基膨润土防水毯,应表面平整、厚度均匀,并应无破洞、破边、残留断针,针刺应均匀,使用的膨润土应为钠基膨润土,粒径为 0.2mm~2mm 的膨润土颗粒质量应至少占膨润土总质量的 80%,钠基膨润土防水毯的物理力学性能应符合表 4.1.11-3 的规定;采用的复合土工膜和高分子防水卷材的性能应符合现行国家标准《土工合成材料-聚乙烯土工膜》GB/T 17643、《土工合成材料-聚氯乙烯土工膜》GB/T 17688 和《高分子防水材料》GB 18173.1 的有关规定。

表 4.1.11-1 塑膜的质量要求

技术项目	聚乙烯	聚氯乙烯
密度(kg/m ³)	≥900	1250~1350
断裂拉伸强度(MPa)	≥12	纵不小于 15,横不小于 13
断裂伸长率(%)	≥300	纵不小于 220,横不小于 200
撕裂强度(kN/m)	≥40	≥40
渗透系数(cm/s)	<10 ⁻¹¹	<10 ⁻¹¹
低温弯折性	-35℃无裂纹	-20℃无裂纹
-70℃低温冲击脆化性能	通过	—

表 4.1.11-2 沥青玻璃纤维布油毡的质量要求

项 目	技 术 指 标
单位面积涂盖材料重量(g/m ²)	≥500
不透水性(动水压法,保持 15min)(MPa)	≥0.3
吸水性(24h,18℃)(g/100cm ²)	≤0.1
耐热度(80℃,加热 5h)	涂盖无滑动,不起泡
抗剥离性(剥离面积)	≤2/3
柔度(0℃下,绕直径 20mm 圆棒)	无裂纹
拉力(18℃±2℃下的纵向拉力)(kg/2.5cm)	≥54.0

表 4.1.11-3 钠基膨润土防水毯的物理力学性能

项 目		技 术 指 标		
		GCL-NP	GCL-OF	GCL-AH
单位面积质量 (g/m ²)	天然钠基	≥3800	≥3800	≥3800
	人工钠化	≥4800	≥4800	≥4800
膨润土膨胀指数(mL/2g)		≥24	≥24	≥24
吸蓝量(g/100g)		≥30	≥30	≥30
拉伸强度(N/100mm)		≥600	≥700	≥600
最大负荷下伸长率(%)		≥10	≥10	≥8
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(mm/s)		≤5.0×10 ⁻¹¹	≤5.0×10 ⁻¹²	≤1.0×10 ⁻¹²
耐静水压		0.4MPa,1h, 无渗漏	0.6MPa,1h, 无渗漏	0.6MPa,1h, 无渗漏
滤失量(mL)		≤18	≤18	≤18
膨润土耐久性(mL/2g)		≥20	≥20	≥20

注:GCL-NP为针刺法钠基膨润土防水毯,GCL-OF为针刺覆膜法钠基膨润土防水毯,GCL-AH胶粘法钠基膨润土防水毯。

4.1.12 伸缩缝的填充材料应采用粘结力强、变形性能大、耐温性好、耐老化、无毒、无环境污染的弹塑性止水材料,可采用石油沥青聚氨酯接缝材料、高分子止水带及止水管等。

4.1.13 寒冷地区,渠道的保温防冻材料可采用聚苯乙烯泡沫塑

料板,聚苯乙烯泡沫塑料板的物理力学性能应符合表 4.1.13 的规定。渠道防渗、保温防冻材料可采用高分子防渗保温材料,但应进行试验论证。

表 4.1.13 聚苯乙烯泡沫塑料板物理力学性能

密度 (kg/m ³)	吸水率,浸水 96h(体积 百分数,%)	压缩强度 (压缩 10%) (kPa)	弯曲强度 (kPa)	尺寸稳定性 -40℃~70℃ (%)	导热系数 [W/(m·K)]
≥20	<2.0	≥50	≥180	±1.5	≤0.04

4.2 防渗结构

4.2.1 选定防渗结构应符合经济适用的原则,并应满足防渗效果好、使用寿命长、输水及防淤抗冲能力高、施工简易且质量容易保证、管理维护方便等要求,必要时可采用复合防渗结构等。

4.2.2 渠道防渗工程应根据当地的自然条件、生产条件、社会经济条件、工程技术要求、地表水和地下水联合运用情况以及生态环境因素,通过技术经济论证,选定防渗结构。

4.2.3 防渗结构的允许最大渗漏量、适用条件、使用年限可按表 4.2.3 确定。

表 4.2.3 渠道防渗结构的允许最大渗漏量、适用条件、使用年限

防渗衬砌 结构类别		主要 原材料	允许最大 渗漏量 [m ³ /(m ² ·d)]	使用年限 (a)	适用条件
砌石	干砌卵石 (挂淤)	卵石、块石、 料石、石板、 水泥、砂等	0.20~0.40	25~40	抗冻、抗冲、抗磨和耐久 性好,施工简便,但防渗效 果不易保证。可用于石料 来源丰富、有抗冻、抗冲、耐 磨要求的渠道衬砌
	浆砌块石		0.09~0.25		
	浆砌卵石 浆砌料石 浆砌石板				
混凝土	现场浇筑	砂、石、 水泥、 速凝剂等	0.04~0.14	30~50	防渗效果、抗冲性和耐久 性好。可用于各类地区和 各种运用条件下的各级渠 道衬砌;喷射法施工宜用于 岩基、风化岩基以及深挖方 或高填方渠道衬砌
	预制铺砌		0.06~0.17	20~30	
	喷射法施工		0.05~0.16	25~35	

续表 4.2.3

防渗衬砌结构类别		主要原材料	允许最大渗漏量 [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	使用年限 (a)	适用条件
沥青混凝土	现场浇筑	沥青、砂、石、矿粉等	0.04~0.14	20~30	防渗效果好,适应地基变形能力较强,造价与混凝土防渗衬砌结构相近。可用于有冻害地区、且沥青料来源有保证的各级渠道衬砌
	预制铺砌				
埋铺式膜料	土料保护层、刚性保护层	膜料、土料、砂、石、水泥等	0.04~0.08	20~30	防渗效果好,重量轻,运输量小,当采用土料保护层时,造价较低,但占地多,允许流速小。可用于中、小型渠道衬砌;采用刚性保护层时,造价较高,可用于各级渠道衬砌

4.2.4 渠道防渗结构的厚度宜按表 4.2.4 确定。渠道水流含推移质较多且粒径较大时,宜按表 4.2.4 所列数值加厚 10%~20%。

表 4.2.4 渠道防渗结构的厚度

防渗结构类别		厚度(cm)
砌石	干砌卵石(挂淤)	10~30
	浆砌块石	20~30
	浆砌料石	15~25
	浆砌石板	>3
混凝土	现场浇筑(未配置钢筋)	6~12
	现场浇筑(配置钢筋)	6~10
	预制铺砌	4~10
	喷射法施工	4~8
沥青混凝土	现场浇筑	5~10
	预制铺砌	5~8
埋铺式膜料 (土料保护层)	塑料薄膜	0.02~0.06
	膜料下垫层 (黏土、砂、灰土)	3~5
	膜料上土料保护层 (夯实)	40~70

5 渠道防渗设计

5.1 一般规定

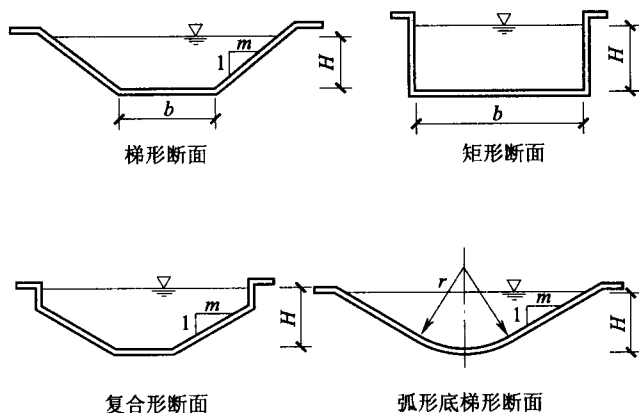
5.1.1 渠道防渗设计应在防渗规划的基础上,确定断面形式,选定断面参数,进行水力计算和防渗结构、伸缩缝、砌筑缝及堤顶等设计。

5.1.2 渠道防渗设计应按渠道工程级别或规模、不同设计阶段的要求,并结合当地实际情况进行。

5.1.3 渠道防渗设计应符合防渗和渠基稳定的要求,并应综合分析渗漏、冻胀、冲刷、淤积、盐胀、侵蚀等不利因素的影响。

5.2 渠道断面形式

5.2.1 防渗明渠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;无压防渗暗渠的断面形式可选用城门洞形、箱形、正反拱形和圆形(图 5.2.1)。



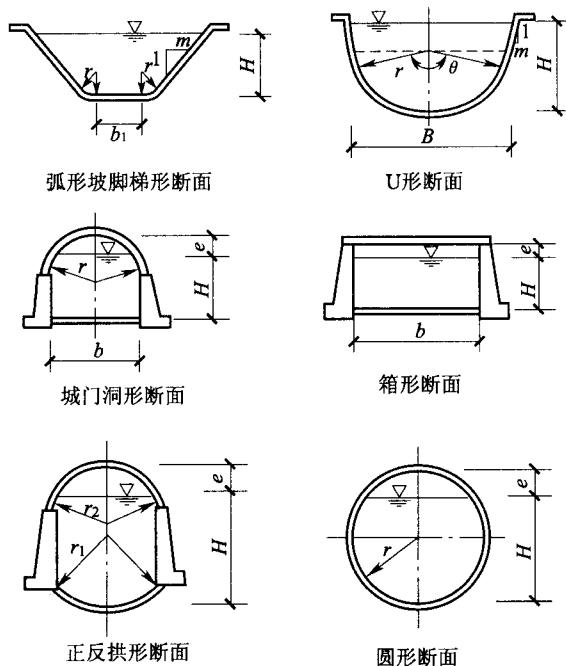


图 5.2.1 防渗渠道断面形式

5.2.2 防渗渠道断面形式的选择应根据渠道级别或规模,并结合防渗结构的选择确定。不同防渗结构适用的断面形式可按表 5.2.2 选定。寒冷地区,大、中型防渗渠道宜采用弧形坡脚梯形或弧形底梯形断面,小型渠道宜采用 U 形断面。

表 5.2.2 不同防渗结构适用的断面形式

防渗结构类别		明 渠						暗 渠			
		梯形	矩形	复合形	弧形底梯形	弧形坡脚梯形	U 形	城门洞形	箱形	正反拱形	圆形
砌石	料石	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	块石	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	卵石	•		•	•	•	•	•		•	
	石板	•		•	•	•					

续表 5.2.2

防渗结构类别	明 渠						暗 渠			
	梯形	矩形	复合形	弧形底梯形	弧形坡脚梯形	U形	城门洞形	箱形	正反拱形	圆形
混凝土	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
沥青混凝土	·			·	·					
膜料	土料保护层	·		·	·					
	刚性保护层	·	·	·	·	·	·	·	·	·

注：“·”表示适用。

5.2.3 砌筑混凝土预制板(槽)防渗渠道,宜采用标准化设计、工厂化预制、现场装配技术;现场浇筑混凝土防渗渠道,宜采用机械化施工技术。

5.3 水力计算

5.3.1 防渗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,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式计算:

$$Q_0 = Q_d + q \quad (5.3.1-1)$$

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 ——渠道渗漏损失流量(m^3/s)。

2 渠道渗漏损失流量应按下式计算:

1) 有类似条件防渗渠道的实测资料时,渠道渗漏损失流量按实测资料确定的渗漏规律计算。

2) 无实测资料时,防渗渠道的渗漏损失流量可按下式计算:

$$q = \epsilon_0 \epsilon' K Q_d^{1-m} L / 100 \quad (5.3.1-2)$$

式中: ϵ_0 、 ϵ' 、 K 、 m ——计算参数,根据渠床土质特性、渠道当地的地下水埋深状况、防渗护面的类型,按现行国家标准《灌溉与排水工程设计规范》

GB 50288 的有关规定选用；

L ——渠道长度(km)。

3) 已知湿周时,可按下式计算:

$$q = K_a \bar{\chi} L / 86.4 \quad (5.3.1-3)$$

式中: K_a ——防渗渠道的渗漏量 [$\text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$],可按表 4.2.3 的允许最大渗漏量选定,防渗质量良好者取小值,质量差者取大值;

$\bar{\chi}$ ——渠道在设计流量下的平均湿周(m)。

4) 部分渠段有防渗层、部分渠段无防渗层的渠道,无防渗层渠段的渗漏损失流量可按当地的实测资料或现行国家标准《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288 的有关规定计算。

3 有多个分水口的渠道,已知各分水口的流量时,渠首流量应采用逆向递推法计算;已知渠首流量及各分水口分水流量比例时,各分水口的分水流量应采用正向递推法计算,应符合本规范附录 A 的规定。

4 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规范》GB 50288 的有关规定计算。

5.3.2 防渗渠道的断面参数应符合下列要求:

1 防渗渠道的边坡系数应按本规范第 6.2 节选定。

2 防渗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,并应符合下列要求:

1) 不同防渗结构渠道糙率可按表 5.3.2-1 选定。

2) 膜料防渗砂砾料保护层渠道的糙率可按下式计算:

$$n = 0.028 d_{50}^{0.1667} \quad (5.3.2)$$

式中: n ——砂砾料保护层的糙率;

d_{50} ——砂砾料重 50% 通过时的筛孔直径(mm)。

3) 渠道防渗层采用几种不同材料,当最大糙率与最小糙率的比值小于 1.5 时,其综合糙率可按湿周加权平均计算。

4)有条件者,宜采用类似条件下的实测值予以核定。

表 5.3.2-1 不同材料防渗渠道糙率

防渗结构类别	防渗渠道表面特征	糙 率
砌石	浆砌料石、石板	0.0150~0.0230
	浆砌块石	0.0200~0.0250
	干砌块石	0.0300~0.0330
	浆砌卵石	0.0250~0.0275
	干砌卵石,砌工良好	0.0275~0.0325
	干砌卵石,砌工一般	0.0325~0.0375
	干砌卵石,砌工粗糙	0.0375~0.0425
混凝土	抹光的水泥砂浆面	0.0120~0.0130
	金属模板浇筑,平整顺直,表面光滑	0.0120~0.0140
	刨光木模板浇筑,表面一般	0.0150
	表面粗糙,缝口不齐	0.0170
	修整及养护较差	0.0180
	预制板砌筑	0.0160~0.0180
	预制渠槽	0.0120~0.0160
	平整的喷浆面	0.0150~0.0160
	不平整的喷浆面	0.0170~0.0180
	波状断面的喷浆面	0.0180~0.0250
沥青混凝土	机械现场浇筑,表面光滑	0.0120~0.0140
	机械现场浇筑,表面粗糙	0.0150~0.0170
	预制板砌筑	0.0160~0.0180
膜料	土料保护层	0.0225~0.0275

3 渠道的防渗层超高和渠堤超高应符合现行国家标准《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288 的有关规定。埋铺式膜料防渗渠道可不设防渗层超高。

4 防渗渠道的允许不冲流速,可按表 5.3.2-2 选用。

5 防渗渠道的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规范》GB 50288 的有关规定确定。

表 5.3.2-2 防渗渠道的允许不冲流速

防渗结构类别	防渗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
混凝土	现场浇筑施工	3.00~5.00
	预制铺砌施工	<2.50
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)	砂壤土、轻壤土	<0.45
	中壤土	<0.60
	重壤土	<0.65
	黏土	<0.70
	砂砾料	<0.90

注:1 表中膜料防渗土料保护层的允许不冲流速为水力半径 R 为 1m 时的情况。

当 R 不为 1m 时,表中的数值应乘以 R^α 。

2 砂砾料、卵石、疏松的砂壤土和黏土, α 取 1/3~1/4;中等密实的砂壤土、壤土和粘土, α 取 1/4~1/5。

5.3.3 防渗渠道的断面尺寸水力计算应符合下列要求:

1 防渗渠道的断面尺寸应符合下式的要求。校核断面平均流速时,应符合本规范第 5.3.2 条的规定。

$$Q = \omega \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad (5.3.3-1)$$

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 ——渠道比降。

2 梯形防渗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规范》GB 50288 的有关规定计算。

3 U形、弧形底梯形防渗渠道断面(图 5.3.3-1)尺寸及其水力计算应符合下列要求:

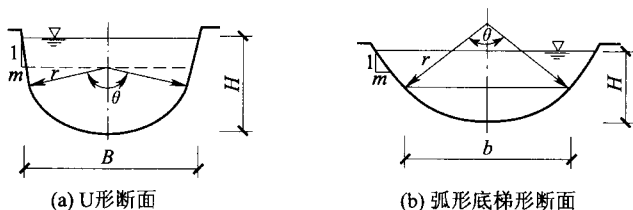


图 5.3.3-1 U形和弧形底梯形断面

1) 断面尺寸的各主要指标可按下列公式计算:

$$\omega = \left(\frac{\theta}{2} + 2m - 2\sqrt{1+m^2} \right) K_r^2 H^2 + 2(\sqrt{1+m^2} - m) K_r H^2 + mH^2 \quad (5.3.3-2)$$

$$\chi = 2 \left(\frac{\theta}{2} + m - \sqrt{1+m^2} \right) K_r H + 2H \sqrt{1+m^2} \quad (5.3.3-3)$$

$$K_r = r/H \quad (5.3.3-4)$$

$$b = 2r/\sqrt{1+m^2} \quad (5.3.3-5)$$

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) 渠顶以上挖深不超过 1.5m, 边坡系数小于或等于 0.3, 渠线经过耕地时, U形渠道 K_r 可按表 5.3.3 选用。填方断面或渠顶以上挖深很小、土质差时, U形渠道 K_r 取

1.0~0.8。

表 5.3.3 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。

3) 弧形底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本规范附录 C 的规定。

4 弧形坡脚梯形防渗渠道断面(图 5.3.3-2)的尺寸水力计算应按下列公式计算,水力最佳断面和实用经济断面的计算应符合本规范附录 D 的规定:

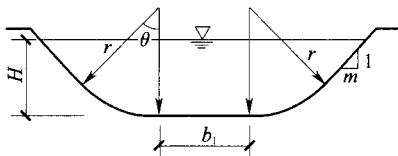


图 5.3.3-2 弧形坡脚梯形渠道断面

$$\omega = (\theta + 2m - 2\sqrt{1+m^2})K_r^2 H^2 + 2(\sqrt{1+m^2} - m)K_r H^2 + mH^2 + b_1 H \quad (5.3.3-6)$$

$$\chi = 2(\theta + m - \sqrt{1+m^2})K_r H + 2H\sqrt{1+m^2} + b_1 \quad (5.3.3-7)$$

$$K_r = r/H \quad (5.3.3-8)$$

$$B = 2m(H-r) + 2r\sqrt{1+m^2} + b_1 \quad (5.3.3-9)$$

式中: θ ——圆弧坡脚的圆心角(rad);

H ——断面水深(m);

r ——坡脚圆弧半径(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 5.3.3-3)的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。暗渠防渗断面尺寸应按下列方法确定:

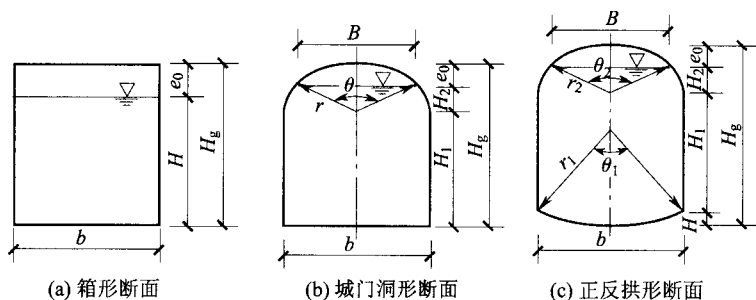


图 5.3.3-3 暗渠断面

1) 箱形水面以上的净空高度可按下式计算;

$$e_0 \geq \frac{1}{6} H_g \quad (5.3.3-10)$$

式中: e_0 ——水面以上的净空高度;

H_g ——暗渠断面的总高度。

2) 城门洞形及正反拱形水面以上的净空高度可按下列式计算:

$$e_0 \geq \frac{1}{4} H_g \quad (5.3.3-11)$$

式中: e_0 ——水面以上的净空高度;

H_g ——暗渠断面的总高度。

3) 城门洞形断面应按下列公式计算:

$$\omega = H_1 b + \frac{1}{2} [r^2 (\pi - \theta) + B H_2] \quad (5.3.3-12)$$

$$\chi = b + 2H_1 + (\pi r - r\theta) \quad (5.3.3-13)$$

$$B = 2 \sqrt{r^2 - H_2^2} \quad (5.3.3-14)$$

$$\theta = 2 \arctan \left(\frac{\sqrt{r^2 - H_2^2}}{H_2} \right) \quad (5.3.3-15)$$

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)。

4) 正反拱形断面应按下列公式计算：

$$\omega = bH_1 + \frac{1}{2} [r_1^2 \theta_1 - b(r_1 - H_3) + r_2^2 (\pi - \theta_2) + BH_2] \quad (5.3.3-16)$$

$$\chi = 2H_1 + r_1 \theta_1 + r_2 (\pi - \theta_2) \quad (5.3.3-17)$$

$$\theta_1 = 2 \arctan \frac{\sqrt{r_1^2 - (r_1 - H_3)^2}}{r_1 - H_3} \quad (5.3.3-18)$$

$$\theta_2 = 2 \arctan \frac{\sqrt{r_2^2 - H_2^2}}{H_2} \quad (5.3.3-19)$$

$$B = 2 \sqrt{r_2^2 - H_2^2} \quad (5.3.3-20)$$

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)。

5.4 砌石防渗

5.4.1 砌石防渗层的厚度设计，应符合下列要求：

1 浆砌料石、浆砌块石挡土墙式防渗层的厚度，应根据挡土墙的设计和构造要求确定。护面式防渗层的厚度，浆砌料石的厚度宜采用 15cm~25cm，浆砌块石的厚度宜采用 20cm~30cm，浆砌石板的厚度不应小于 3cm，寒冷地区浆砌石板厚度不应小于 4cm。

2 浆砌卵石、干砌卵石挂淤护面式防渗层的厚度，应根据使

用要求和当地料源情况确定，可采用 15cm~30cm。

5.4.2 砌石防渗渠道应采取下列防止渠基淘刷的措施：

1 干砌卵石挂淤渠道，应在砌石层下设置砂砾石垫层，或铺设复合土工膜料层。

2 浆砌石板渠道，应在砌石层下铺设厚度为 2cm~3cm 的砂料，或低标号水泥砂浆作垫层。

3 防渗要求高的大、中型渠道，应在砌石层下铺设复合土工膜料层。

5.4.3 护面式浆砌石防渗结构，可不设伸缩缝；软基上挡土墙式浆砌石防渗结构，应设置沉陷缝，缝距可采用 10m~15m。砌石防渗层与建筑物连接处，应按伸缩缝结构要求处理。

5.4.4 砂浆配合比设计应符合本规范第 5.8.2 条的规定。

5.5 混凝土防渗

5.5.1 防渗渠道混凝土的性能及配合比设计，应符合下列要求：

1 大、中型渠道防渗工程混凝土的配合比，应按现行行业标准《水工混凝土试验规程》DL/T 5150 的有关规定进行试验确定，其选用配合比应满足强度、抗渗、抗冻及和易性的设计要求。小型渠道混凝土的配合比，可按当地类似工程的经验采用。

2 混凝土各性能指标不应低于表 5.5.1-1 中的数值。严寒和寒冷地区的冬季过水渠道，抗冻等级应比表 5.5.1-1 所列数值提高一级。

表 5.5.1-1 混凝土性能指标

工程规模	混凝土性能	严寒地区	寒冷地区	温和地区
小型	强度(C)	15	15	15
	抗冻(F)	50	50	—
	抗渗(W)	4	4	4

续表 5.5.1-1

工程规模	混凝土性能	严寒地区	寒冷地区	温和地区
中型	强度(C)	20	15	15
	抗冻(F)	100	50	50
	抗渗(W)	6	6	6
大型	强度(C)	20	20	15
	抗冻(F)	200	150	50
	抗渗(W)	6	6	6

注:1 强度等级的单位为 MPa。

2 抗冻等级的单位为冻融循环次数。

3 抗渗等级的单位为 0.1MPa。

4 严寒地区为最冷月平均气温低于 -10°C ;寒冷地区为最冷月平均气温不高于 -10°C 但不高于 -3°C ;温和地区为最冷月平均气温高于 -3°C 。

3 渠道流速大于 3m/s ,或水流中挟带推移质泥沙时,混凝土的抗压强度不应低于 15MPa 。

4 混凝土的水胶比应通过试验确定,并不应超过表 5.5.1-2 的规定。

表 5.5.1-2 混凝土水胶比

运用情况	严寒地区	寒冷地区	温和地区
一般情况	0.50	0.55	0.60
受水流冲刷部位	0.45	0.50	0.50

5 不同浇筑部位混凝土的坍落度,可按表 5.5.1-3 选定。

表 5.5.1-3 不同浇筑部位混凝土的坍落度(cm)

混凝土类别	部 位		机械捣固	人工捣固
混凝土	渠 底		1~3	3~5
	渠 坡	有外模板	1~3	3~5
		无外模板	1~2	--
钢筋混凝土	渠 底		2~4	3~5
	渠 坡	有外模板	2~4	5~7
		无外模板	1~3	--

注:1 低温季节施工时,坍落度宜适当减小;高温季节施工时,宜适当增大。

2 采用衬砌机施工时,坍落度不应大于 2cm 。

6 大、中型渠道所用的混凝土,其胶凝材料的最小用量不应少于 $225\text{kg}/\text{m}^3$;严寒地区不应少于 $275\text{kg}/\text{m}^3$ 。当掺用外加剂时,可减少 $25\text{kg}/\text{m}^3$ 。

7 混凝土的用水量可按表 5.5.1-4 选用,混凝土的砂率可按表 5.5.1-5 选用。

表 5.5.1-4 混凝土用水量(kg/m^3)

坍落度(cm)	石料最大粒径(mm)		
	20	40	80
1~3	155~165	135~145	110~120
3~5	160~170	140~150	115~125
5~7	165~175	145~155	120~130

注:1 表中值适用于卵石、中砂和普通硅酸盐水泥拌制的混凝土。

2 用火山灰水泥时,用水量宜增加 $15\text{kg}/\text{m}^3 \sim 20\text{kg}/\text{m}^3$ 。

3 用细砂时,用水量宜增加 $5\text{kg}/\text{m}^3 \sim 10\text{kg}/\text{m}^3$ 。

4 用碎石时,用水量宜增加 $10\text{kg}/\text{m}^3 \sim 20\text{kg}/\text{m}^3$ 。

5 用减水剂时,用水量宜减少 $10\text{kg}/\text{m}^3 \sim 20\text{kg}/\text{m}^3$ 。

表 5.5.1-5 混凝土的砂率

石料最大粒径 (mm)	水胶比	砂率(%)	
		碎石	卵石
40	0.4	26~32	24~30
40	0.5	30~35	28~33
40	0.6	33~38	31~36

注:石料常用两级配,即粒径 $5\text{mm} \sim 20\text{mm}$ 的占 $40\% \sim 45\%$, $20\text{mm} \sim 40\text{mm}$ 的占 $55\% \sim 60\%$ 。

8 渠道防渗工程所用水泥品种宜为 1 种~2 种,并应固定生产厂家。

9 粉煤灰等掺和料的掺量,大、中型渠道应按现行行业标准《水工混凝土掺用粉煤灰技术规范》DL/T 5055 的有关规定通过

试验确定；小型渠道混凝土的粉煤灰掺量，可按表 5.5.1-6 选用。

表 5.5.1-6 粉煤灰掺量

水泥等级	混凝土性能指标		粉煤灰掺量(%)
	强度	抗冻	
32.5	C10	F50	20~40
32.5	C15	F50	30
32.5	C20	F50	25

10 混凝土可根据需要掺入适量外加剂，其掺量应通过试验确定。

11 设计细砂、特细砂混凝土配合比时，应符合下列要求：

- 1) 水泥用量较中砂、粗砂混凝土宜增加 $20\text{kg}/\text{m}^3 \sim 30\text{kg}/\text{m}^3$ ，并宜掺加塑化剂。
- 2) 砂率较中砂混凝土减少 $15\% \sim 30\%$ 。
- 3) 砂、石的允许含泥量，符合本规范第 4.1.3 条和第 4.1.5 条的规定。
- 4) 采用低流态或半干硬性混凝土时，坍落度不大于 3cm ，工作度不大于 30s 。

12 喷射混凝土的配合比应符合下列要求，并应通过试验确定：

- 1) 水泥、砂和石料的重量比宜为 $1 : (2 \sim 2.5) : (2 \sim 2.5)$ 。
- 2) 宜采用中砂、粗砂。砂率宜为 $45\% \sim 55\%$ ，砂的含水率宜为 $5\% \sim 7\%$ 。
- 3) 石料最大粒径不宜大于 15mm 。
- 4) 水胶比宜为 $0.4 \sim 0.5$ 。
- 5) 宜选用普通硅酸盐水泥，其用量为 $375\text{kg}/\text{m}^3 \sim 400\text{kg}/\text{m}^3$ 。
- 6) 速凝剂的掺量宜为水泥用量的 $2\% \sim 4\%$ 。

5.5.2 防渗结构设计，应符合下列要求：

1 混凝土防渗结构形式(图 5.5.2)，应按下列要求选定：

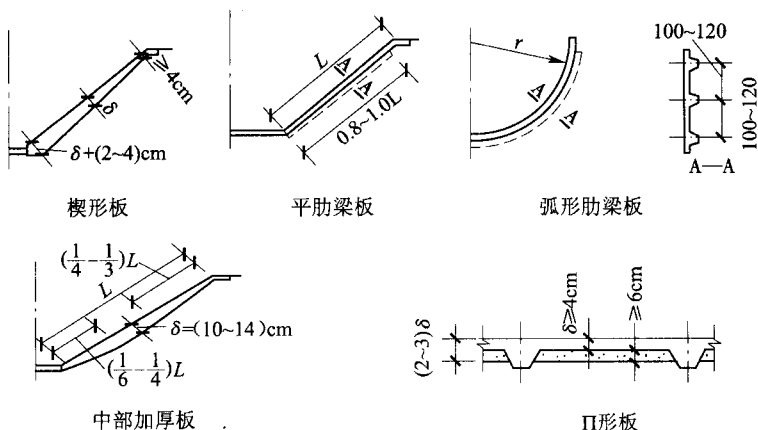


图 5.5.2 混凝土防渗层结构形式

- 1) 宜采用等厚板。
- 2) 当渠基有较大膨胀、沉陷等变形时,除应采取必要的地基处理措施外,对大型渠道宜采用楔形板、肋梁板、中部加厚板或 I 形板。
- 3) 小型渠道宜采用整体式 U 形或矩形渠槽。
- 4) 特种土基宜采用板膜复合式结构。

2 渠道流速小于 3m/s 时,梯形渠道混凝土等厚板的最小厚度,应符合表 5.5.2 的规定;流速为 3m/s~4m/s 时,最小厚度宜为 10cm;流速为 4m/s~5m/s 时,最小厚度宜为 12cm。水流中含有砾石类推移质时,渠底板的最小厚度宜为 12cm。渠道超高部分的厚度可适当减小,但不得小于 4cm。

表 5.5.2 混凝土防渗层的最小厚度 (cm)

工程规模	温和地区			寒冷地区		
	钢筋混凝土	混凝土	喷射混凝土	钢筋混凝土	混凝土	喷射混凝土
小型	—	4	4	—	6	5
中型	7	6	5	8	8	7
大型	7	8	7	9	10	8

3 肋梁板和Ⅱ形板的厚度,比等厚板可适当减小,但不得小于4cm。肋高宜为板厚的2倍~3倍。楔形板在坡脚处的厚度,比中部宜增加2cm~4cm。中部加厚板加厚部位的厚度,宜为10cm~14cm。板膜复合式结构的混凝土板厚度可适当减小,但不得小于4cm。

4 渠基土稳定且无外压力时,U形渠和矩形渠防渗层的最小厚度,应按表5.5.2选用;渠基土不稳定或存在较大外压力时,U形渠和矩形渠宜采用钢筋混凝土结构,并应根据外荷载进行结构强度、稳定及裂缝宽度验算。

5 预制混凝土板、U形或矩形渠槽的尺寸应根据安装、搬运条件确定。砌筑缝的形式及填筑材料可按本规范第5.8.1条的规定设计。

6 钢筋混凝土无压暗渠的设计荷载应包括自重、内外水压力、垂直和水平土压力、地面活荷载和地基反力等。

5.6 沥青混凝土防渗

5.6.1 用于防渗渠道的沥青混凝土应符合下列要求:

1 防渗层沥青混凝土应符合下列要求:

- 1) 孔隙率不大于4%。
- 2) 渗透系数不大于 1×10^{-7} cm/s。
- 3) 斜坡流淌值小于0.80mm。
- 4) 水稳定系数大于0.90。
- 5) 低温下不得开裂。

2 整平胶结层沥青混凝土应符合下列要求:

- 1) 渗透系数不小于 1×10^{-3} cm/s。
- 2) 热稳定系数小于4.50。

5.6.2 沥青混凝土配合比应根据技术要求,并通过室内试验和现场铺筑试验确定。也可按现行行业标准《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411的有关规定选用。防渗层沥青含量

应为 6%~9%；整平胶结层沥青含量应为 4%~6%。石料的最大粒径，防渗层不得超过一次压实厚度的 1/3~1/2，整平胶结层不得超过一次压实厚度的 1/2。

5.6.3 防渗结构的设计应符合下列要求：

1 沥青混凝土防渗结构的构造(图 5.6.3)。无整平胶结层断面宜用于土质地基；有整平胶结层断面宜用于岩石地基。

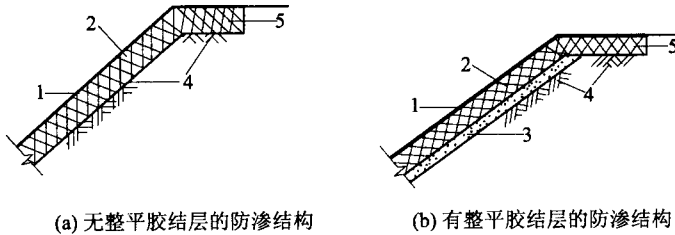


图 5.6.3 沥青混凝土防渗结构形式

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

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。

3 沥青混凝土防渗层宜为等厚断面，其厚度宜采用 5cm~10cm。有抗冻要求的地区，渠坡防渗层可采用上薄下厚的断面，坡顶厚度可采用 5cm~6cm，坡底厚度可采用 8cm~10cm。

4 整平胶结层采用等厚断面，其厚度应按能填平岩石基面的原则确定。

5 寒冷地区沥青混凝土防渗层的低温抗裂性能，可按下列公式验算：

$$F > \sigma_t \quad (5.6.3-1)$$

$$\sigma_t = \frac{E_t}{1-\mu} \Delta T R' \alpha_t \quad (5.6.3-2)$$

式中：F——沥青混凝土的极限抗拉强度(MPa)；

- σ_t ——温度应力(MPa);
- E_t ——沥青混凝土平均变形模量(MPa);
- μ ——轴向拉伸泊桑比;
- ΔT ——沥青混凝土板面任意点的温差($^{\circ}\text{C}$);
- R' ——层间约束系数,宜为 0.8;
- α_t ——温度收缩系数。

6 当防渗层沥青混凝土不能满足低温抗裂性能的要求时,可掺用高分子聚合物材料进行改性,其掺量应通过试验确定。改性沥青混凝土仍不能满足抗裂要求时,可按本规范第 5.8.1 条的规定设置伸缩缝。

7 预制沥青混凝土板的边长应根据安装、搬运条件确定;厚度宜采用 5cm~8cm,密度应大于 $2.30\text{g}/\text{cm}^3$ 。预制板宜用沥青砂浆或沥青玛瑞脂砌筑。

5.7 膜料防渗

5.7.1 膜料防渗层应采用埋铺式(图 5.7.1)。无过渡层的防渗结构宜用于土渠基、黏性土保护层和用复合土工膜的防渗工程;有过渡层的防渗结构宜用于岩石、砂砾石、土渠基和用石料、砂砾料、现浇碎石混凝土或预制混凝土作保护层的防渗工程。

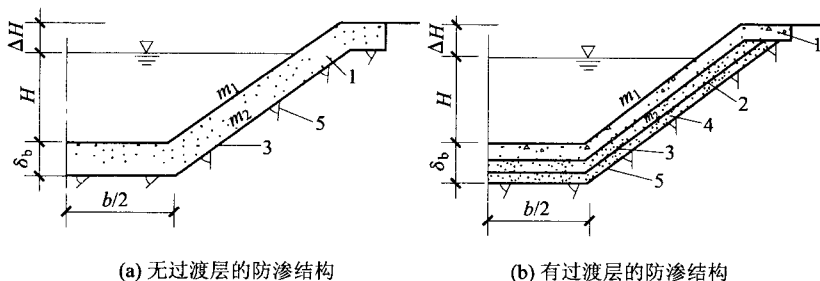


图 5.7.1 埋铺式膜料防渗结构

- 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

5.7.2 膜料防渗层的铺设方式可采用全铺式、半铺式和底铺式。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。

5.7.3 土渠基膜料防渗层铺膜基槽的断面形式,应根据土基稳定性、防渗、防冻要求与施工条件选定,渠基断面可采用梯形、弧底梯形、弧形坡脚梯形等。

5.7.4 膜料防渗层顶部,宜按图 5.7.4 铺设。

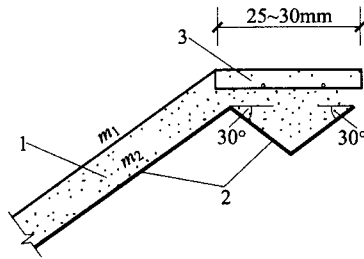


图 5.7.4 膜料防渗层顶部铺设形式

1—保护层;2—膜料防渗层;3—封顶板

5.7.5 防渗膜料的选用应符合下列要求:

1 在寒冷和严寒地区,应采用聚乙烯膜;在芦苇等穿透性植物丛生地区,宜采用聚氯乙烯膜或膨润土防水毯。

2 中、小型渠道宜采用厚度为 0.2mm~0.3mm 的深色塑料膜,也可采用厚度为 0.60mm~0.65mm 的无碱或中碱玻璃纤维布机制油毡;大型渠道宜采用厚度为 0.3mm~0.6mm 的深色塑料膜。

3 有特殊要求的渠基,宜采用复合土工膜。

4 在地下水或防渗水体的钠、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。

5.7.6 过渡层材料及厚度应符合下列要求:

1 过渡层材料,在温和地区可采用灰土;在严寒和寒冷地区宜采用水泥砂浆。采用土及砂料作过渡层时,应采取防止淘刷的措施。

2 过渡层的厚度宜按表 5.7.6 选用。

表 5.7.6 过渡层的厚度 (cm)

过渡层材料	厚度
灰土、砂浆	2~3
土、砂料	3~5

5.7.7 土料保护层的厚度,可按表 5.7.7 选用。

表 5.7.7 土料保护层的厚度 (cm)

保护层土质	渠道设计流量 (m^3/s)			
	<2	2~5	5~20	>20
砂壤土、轻壤土	45~50	50~60	60~70	70~75
中壤土	40~45	45~55	55~60	60~65
重壤土、黏土	35~40	40~50	50~55	55~60

5.7.8 土料保护层的设计干密度,应通过试验确定。无试验条件时,可采用压实法施工,砂壤土和壤土的干密度不应小于 $1.50\text{g}/\text{cm}^3$; 砂壤土、轻壤土、中壤土采用浸水泡实法施工时,其干密度宜为 $1.40\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.45\text{g}/\text{cm}^3$ 。

5.7.9 石料、砂砾料和混凝土保护层的厚度,可按表 5.7.9 选用。在渠底、渠坡或不同渠段,可采用具有不同抗冲能力、不同材料的组合式保护层。

表 5.7.9 不同材料保护层的厚度 (cm)

保护层材料	块石、卵石	砂砾石	石板	混凝土	
				现浇	预制
保护层厚度	20~30	25~40	≥ 3	4~10	4~8

5.7.10 石料、混凝土等刚性材料保护层,应分别符合本规范第 5.4 节和第 5.5 节的规定。

5.7.11 膜料防渗结构与建筑物的连接,应符合下列要求:

1 膜料防渗层应用粘结剂与建筑物粘结牢固(图 5.7.11)。

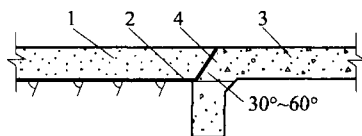


图 5.7.11 膜料防渗层与渠系建筑物连接形式

1—保护层;2—膜料防渗层;3—建筑物;4—膜料与建筑物粘结面

2 土料保护层的膜料防渗渠道与跌水、闸、桥等连接时,应在建筑物上、下游采用石料、混凝土保护层。

3 石料和混凝土保护层与建筑物连接,按本规范第 5.8 节的规定设置伸缩缝。

5.8 伸缩缝、砌筑缝及堤顶

5.8.1 刚性材料渠道防渗结构及膜料防渗的刚性保护层,均应设置伸缩缝(图 5.8.1)。伸缩缝的间距应根据渠基情况、防渗材料和施工方式按表 5.8.1 选用;伸缩缝的宽度应根据缝的间距、气温变幅、填料性能和施工要求等因素确定,宜采用 2cm~3cm;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本规范第 4.1.12 条的规定,封盖材料可采用沥青砂浆。伸缩缝填料的制作方法应符合本规范附录 F 的规定。

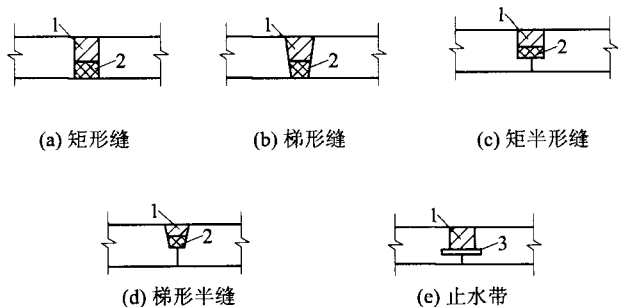


图 5.8.1 刚性材料伸缩缝形式

1—封盖材料;2—弹性填充材料;3—止水带

表 5.8.1 防渗渠道的伸缩缝间距(m)

防渗结构	防渗材料和施工方式	纵缝间距	横缝间距
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。

5.8.2 混凝土预制板(槽)和浆砌石,应用水泥砂浆或水泥混合砂浆砌筑,并应用水泥砂浆勾缝;混凝土 U 形槽也可用高分子止水带及其专用胶砌筑;浆砌石可用细粒混凝土砌筑。砌筑和勾缝砂浆的强度等级可按表 5.8.2 选定;细粒混凝土强度等级不应低于 C15,最大粒径不应大于 10mm。沥青混凝土预制板宜采用沥青砂浆、沥青玛蹄脂或改性乳胶沥青砌筑。砌筑缝宜采用矩形、梯形或企口缝(图 5.8.2),缝宽应为 1.5cm~2.5cm。

表 5.8.2 砂浆的强度等级(MPa)

防渗结构		砌筑砂浆		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
混凝土预制板		7.5~10.0	10.0~20.0	10.0~15.0	15.0~20.0
砌石	料石	7.5~10.0	10.0~15.0	10.0~15.0	15.0~20.0
	块石	5.0~7.5	7.5~10.0	7.5~10.0	10.0~15.0
	卵石	5.0~7.5	7.5~10.0	7.5~10.0	10.0~15.0
	石板	7.5~10.0	10.0~15.0	10.0~15.0	15.0~20.0

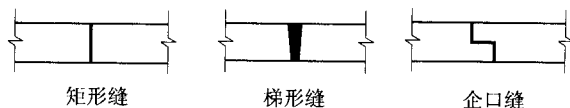


图 5.8.2 砌筑缝形式

5.8.3 防渗渠道在边坡防渗结构顶部应设置水平封顶板,其宽度应为 15cm~30cm。当防渗结构下有砂砾石置换层时,封顶板宽

度应大于防渗结构与置换层的水平向厚度 10cm;当防渗结构高度小于渠深时,应将封顶板嵌入渠堤。

5.8.4 防渗渠道堤顶宽度可按表 5.8.4 选用,渠堤兼做公路时,应按道路要求确定。U 形和矩形渠道,公路边缘宜距渠口边缘 0.5m~1.0m。堤顶应作成向外倾斜 1/100~2/100 的斜坡。高边坡堤岸的防渗渠道,应设置纵向排水沟。

表 5.8.4 防渗渠道的堤顶宽度

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

6 渠基与渠坡的稳定

6.1 一般规定

6.1.1 渠基与渠坡处理方案,应根据工程要求、气象、工程地质和水文地质条件、环境情况等,通过综合分析和技术经济比较确定。

6.1.2 一般岩土地质条件,可采用适应基土变形的渠道断面和防渗结构或渠基处理措施,以及适应基土变形的渠道断面和防渗结构或渠基处理措施相结合的稳定渠基的方法,并应选择合理的安全坡比。

6.1.3 黄土、膨胀土、分散性土、盐渍土、冻土、沙漠土等,或具有裂隙、断层、滑坡体、溶(空)洞以及地下水位较高的防渗渠段,应采取确保渠基和渠坡稳定的工程措施或生物措施。

6.1.4 大型或特大型渠道应在有代表性的渠段上,对已选定的渠基与渠坡处理方案进行相应的现场试验,并应检验设计参数和处理效果。达不到设计要求时,应查明原因,并应修改设计参数或调整处理方案。

6.2 渠坡的安全坡比

6.2.1 渠坡的安全坡比,应根据工程地质和水文地质条件,通过岩土试验和边坡稳定分析确定。5级渠道的边坡安全坡比可根据工程经验,通过工程类比法确定。

6.2.2 渠坡稳定分析应符合下列要求:

- 1 渠坡稳定分析计算方法可按表 6.2.2 选取。
- 2 渠坡稳定分析的安全系数应根据工程等级及地质条件选取,正常运行条件可采用 1.15~1.25,地震条件下,不应小于 1.05~

1.10。也可按现行行业标准《水利水电工程边坡设计规范》SL 386 的有关规定选取。

3 大型或特大型渠坡稳定计算中应分析水位骤降的影响,可采用非饱和土的试验参数和相应的计算方法;当变形对渠道防渗衬砌结构有影响或开挖卸荷导致变形破坏时,同时应进行有限元应力应变计算。

表 6.2.2 渠坡稳定分析计算方法

岩土类型	地质条件	计算方法
土质渠坡	滑动面呈圆弧形	简化毕肖普(Simplified Bishop)法
	滑动面呈非圆弧形	摩根斯——普赖斯(Morgenstern-Price)法 简化简布(Simplified Janbu)法
岩质渠坡	碎裂结构,散体结构滑动面呈圆弧形	简化毕肖普(Simplified Bishop)法
	碎裂结构,散体结构滑动面呈非圆弧形	摩根斯——普赖斯(Morgenstern-Price)法 简化简布(Simplified Janbu)法
	岩体呈块体结构和层状结构	萨尔玛(Sarma)法 不平衡推力传递法
	岩体楔形体	楔体法

6.2.3 当水深小于或等于 3m 的挖方渠道,最小边坡系数可按表 6.2.3-1 选用,也可根据工程经验,通过工程类比法确定;填方渠道的渠堤填方高度小于或等于 3m 时,填方渠道的边坡最小边坡系数可按表 6.2.3-2 选用。

表 6.2.3-1 挖方渠道最小边坡系数

土 类	渠道水深(m)		
	<1	1~2	2~3
稍交结的卵石	1.00	1.00	1.00
夹砂的卵石和砾石	1.25	1.50	1.50
黏土、重壤土、中壤土	1.00	1.00	1.25

续表 6.2.3-1

土 类	渠道水深(m)		
	<1	1~2	2~3
轻壤土	1.25	1.25	1.50
砂壤土	1.50	1.50	1.75
砂土	1.75	2.00	2.25
风化的岩石	0.1~0.20	0.20	0.25
未风化的岩石	0~0.05	0.05	0.10

表 6.2.3-2 填方渠道最小边坡系数

土 类	渠道水深(m)					
	<1		1~2		2~3	
	内坡	外坡	内坡	外坡	内坡	外坡
黏土、重壤土	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.00
中壤土	1.25	1.00	1.25	1.00	1.50	1.25
轻壤土、砂壤土	1.50	1.25	1.50	1.25	1.75	1.50
砂土	1.75	1.50	2.00	1.75	2.25	2.00

6.2.4 膜料防渗渠道的土料保护层的内坡坡比,可按本规范附录 B 通过分析计算确定,也可按表 6.2.4 选用。

表 6.2.4 膜料防渗土料保护层的内坡坡比

保护层土料类别	渠道设计流量(m ³ /s)			
	<2	2~5	5~20	>20
黏土、重壤土、中壤土	1:1.50	1:1.50~1:1.75	1:1.75~1:2.00	1:2.25
轻壤土	1:1.50	1:1.75~1:2.00	1:2.00~1:2.25	1:2.50
砂壤土	1:1.75	1:2.00~1:2.25	1:2.25~1:2.50	1:2.75

6.3 黄土渠道

6.3.1 湿陷性黄土地区的防渗渠道,渠基的工程处理措施宜根据

湿陷性等级和渠道运行特点,按表 6.3.1 选择一种或多种相结合的处理方法。

表 6.3.1 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,灰土垫层的灰土比宜为 2:8 或 3:7,垫层压实系数宜采用 0.93~0.95	1~3
强夯法	地下水位以上,饱和度 $\leq 60\%$ 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%~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	>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

6.3.2 防渗渠道经过黄土高边坡地段,应通过分析计算确定边坡的稳定性,必要时可采取下列加固处理措施:

- 1 黄土渠道高边坡,在平均坡比稳定条件下,宜在坡高 1/2 稍高处设 6m~12m 大平台,单级坡比宜采用 1:0.25~1:0.6。
- 2 塬边渠道渠堤以上边坡及渠道外边坡应设置排水系统。
- 3 在边坡的坡脚可采用浆砌块石护坡,也可采用喷锚支护。

6.4 膨胀土渠道

6.4.1 膨胀土渠道的安全坡比,大型和特大型防渗渠道,应通过稳定分析计算确定;中、小型渠道可按工程类比法确定。

6.4.2 膨胀土渠坡稳定分析方法应采用极限平衡法,特大型渠道边坡应同时采用有限元法。渠坡稳定分析应符合下列要求:

- 1 土体强度参数选取应按滑动面上各部位抗剪强度分段取值。强度参数宜采用三轴压缩试验测定,残余强度参数宜采用反

复剪切试验确定。试验应按现行行业标准《土工试验规程》SL 237 的有关规定执行。

2 渠坡滑动为浅层型,宜采用组合圆弧法进行渠坡稳定计算。

3 特大型渠道边坡,宜采用非饱和土理论进行边坡稳定验算。

6.4.3 膨胀土渠基与渠坡的工程处理措施,可按表 6.4.3 选择其中一种或多种相结合的方法。

表 6.4.3 膨胀土渠基与渠坡处理方法

处理方法	方法说明和要求	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	将膨胀土部分挖除,用非膨胀黏性土或粗粒土置换。换土厚度应依据膨胀土膨胀等级选取,换土的最小厚度满足隔离层抵抗膨胀变形要求。一般中膨胀土用 1.0m~1.5m,强膨胀土用 2.0m	中、强膨胀土
土性改良	膨胀土掺石灰。渠道内坡面和堤顶(或戗台),宜用石灰掺量 4%~8%的灰土压实处理。其厚度 20cm~30cm,干密度不少于 1.55g/cm ³	中、强膨胀土
	水泥土。水泥含量一般为 7%~10%,处理厚度 20cm~30cm	
坡面防护	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 10cm 厚的混凝土格栅和土工格栅,种植草皮;并每隔 10m~20m 设置纵向、横向混凝土排水沟	弱、中、强膨胀土
坡体排水	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状况确定	中、强膨胀土
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分析确定	中、强膨胀土

6.5 分散性土渠道

6.5.1 分散性土渠道内坡面和堤顶(或戗台),宜用灰土压实处理。灰土中掺生石灰宜为 3%~5%,处理厚度宜为 20cm,干密度

不应小于 $1.60\text{g}/\text{cm}^3$ 。堤顶(戗台)灰土层上应覆盖 10cm 厚的非分散性土。

6.5.2 过渡型土渠道的内坡面和堤顶(或戗台),宜用土工膜防渗。堤顶膜上应覆盖 $40\text{cm}\sim 50\text{cm}$ 厚的当地土,并应压实。

6.5.3 分散性土渠道外坡采用反滤砂或土工布反滤保护措施时,反滤砂防护厚度可选 $10\text{cm}\sim 20\text{cm}$,最大粒径应小于 $1.0\text{mm}\sim 2.0\text{mm}$,混合级配砂应为 $0.4\text{mm}\sim 0.6\text{mm}$,不均匀系数应为 $3\sim 4$;土工布宜选择厚型针刺无纺土工布,无纺布的型号选择应根据消除土的分散性反滤试验确定。

6.5.4 渠道外坡或挖方渠道戗台以上渠坡采用种植草皮保护措施,坡高小于 4m 时,宜换土厚度 $15\text{cm}\sim 20\text{cm}$,并应种植草皮;当坡高大于或等于 4m 时,宜设置 10cm 厚的混凝土格栅或土工格栅,并应种植草皮,应每隔 $10\text{m}\sim 20\text{m}$ 设置纵、横向混凝土排水沟。

6.6 盐渍土渠道

6.6.1 盐渍土渠道宜采用填方形式,渠底高程应结合当地气候特征、水文地质、土质盐渍化程度、地下水毛细作用高度、盐胀深度、冻胀深度等因素综合确定。渠底高出地面和地下水位或地表积水水位的最小高度,可按表 6.6.1-1 选用。填筑渠基的盐渍土应按表 6.6.1-2 选用。

表 6.6.1-1 渠底高出地面和地下水位或地表积水水位的最小高度(m)

土质类别	高出地面		高出地下水位或地表积水水位	
	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
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

表 6.6.1-2 填筑渠基盐渍土的选用

盐渍土程度	渠道填料的平均含盐量(%)			填料可用性
	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	$0.5 < DT \leq 1$	—	—	可用
中盐渍土	$1 < DT \leq 5$ ①	$0.5 < DT \leq 2$ ①	$0.5 < DT \leq 1$ ②	可用
强盐渍土	$5 < DT \leq 8$ ①	$2 < DT \leq 5$ ①	$1 < DT \leq 2$ ②	可用,但应采取的措施③
超盐渍土	$DT > 8$	$DT > 5$	$DT > 2$	不可用

注:1 表中①表示填料中硫酸钠的含量不得超过1%。

2 表中②表示填料中易溶的碳酸盐含量不得超过0.5%。

3 表中③表示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措施。

4 DT表示渠道填料的平均含盐量(%)。

6.6.2 氯化钠盐渍土渠基,可不进行处理;碳酸钠盐渍土渠基,宜采用适应基土变形的渠道断面和防渗结构;盐胀土渠基,可采用砂砾石或灰土等非盐胀土置换,也可采用氢氧化钙、氯化钠、氯化钙等添加剂进行化学处理。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。盐胀土的处理深度可等于设计冻深,但堤顶(戽台)应大于0.5m,渠道内坡面应大于1.0m。

6.6.3 渠道外坡或挖方渠道戽台以上的渠坡,可按本规范第6.5.4条的规定执行。

6.7 冻胀性土渠道

6.7.1 渠道防渗工程环境同时具备下列条件时,应进行防冻胀设计:

- 1 土中粒径小于0.05mm的土粒含量大于6%(重量比)。
- 2 标准冻深大于0.1m。
- 3 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。

6.7.2 渠基土的设计冻深、冻胀量和冻胀性级别，应按现行行业标准《水工建筑物抗冰冻设计规范》SL 211 的有关规定确定。

6.7.3 当渠基土的冻胀性属Ⅰ、Ⅱ级时，宜按渠道大小等情况分别采用下列不同的渠道断面和防渗结构：

1 小型渠道宜采用整体式混凝土 U 形渠槽。

2 中型渠道宜采用弧形坡脚梯形断面或弧形底梯形断面、板膜复合防渗结构。

3 大型(或宽浅)渠道宜采用弧形坡脚梯形断面、板膜复合防渗结构，并宜适当增设纵向伸缩缝。

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结构。

6.7.4 当渠基土的冻胀性属Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级时，宜按渠道大小和形式等情况分别采用下列不同的渠道断面和防渗结构：

1 小型渠道宜采用整体式混凝土 U 形渠槽或矩形渠槽。槽底应按本规范第 6.7.5 条的规定设置保温层或非冻胀性土置换层，槽侧回填土高度应小于槽深的 1/3。也可采用暗渠或暗管输水，其顶面的埋深不应小于设计冻深。

2 渠深不超过 1.5m 的宽浅渠道，宜采用矩形断面，渠岸宜用挡土墙式结构，渠底宜用平板结构，墙与板连接处宜设冻胀变形缝。

3 大、中型渠道，应结合本规范第 6.7.5 条的规定，采用本规范第 6.7.3 条的渠道断面和防渗结构。

4 深挖方渠道，可采用明涵或隧洞输水。

6.7.5 冻胀土基处理措施应符合下列要求：

1 防渗层下面应设置保温层，保温材料的强度、压缩系数、吸水率、耐久性等应符合工程设计要求。大型渠道的保温层厚度，应根据渠道走向和不同部位，通过试验或热工计算确定；中、小型渠道，采用聚苯乙烯泡沫塑料板或高分子防渗保温材料保温时，保温

层的厚度可取设计冻深的 1/10~1/15。

2 有适宜的非冻胀性土时,渠床可采用置换处理方法。置换深度可按下式计算:

$$Z_n = \epsilon \cdot Z_d - \sigma \quad (6.7.5)$$

式中: Z_n ——置换深度(m);

ϵ ——渠床置换比,可按表 6.7.5 取值;

Z_d ——设计冻深(m);

σ ——防渗层厚度(m)。

表 6.7.5 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,粉质黏土	0.50~0.70	0.70~0.80
$Z_w \geq Z_d + 1.5$	重、中壤土		
$Z_w \geq Z_d + 1.0$	轻壤土,砂壤土	0.40~0.50	
Z_w 小于上述值	黏土,重、中壤土	0.60~0.80	0.80~1.00
	轻壤土,砂壤土	0.50~0.60	0.60~0.80

3 当地下水位较高或渠床水分较大时,应设置排水系统。设置方法可按下列不同情况分别确定:

- 1) 当冻结层或置换层以下不透水层或弱透水层厚度小于 10m 时,在渠底每隔 10m~20m 设一眼盲井。
- 2) 当渠床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。
- 3) 冬季输水的防渗渠道,当渠侧有傍渗水补给渠床时,在最低水位以上设置反滤排水体,必要时设置逆止阀。排水口及逆止阀设在最低行水位处。

4 用压实或强夯法提高渠床土的密度,应同时符合压实度不低于 0.98、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 倍的要求。压实深度不应小于渠床置换深度。

6.8 沙漠渠道

6.8.1 沙漠渠道边坡的稳定性分析,宜通过土工试验确定沙土的设计密度、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。

6.8.2 沙漠渠道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,应通过碾压试验确定。

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

6.8.4 沙漠渠道应采取芦苇草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,并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。

6.9 其他情况

6.9.1 软弱土基可采用置换法处理。换填砂砾石时,压实系数不应小于 0.93;换填土料时,大、中型渠道压实系数不应小于 0.95,小型渠道不应小于 0.93。

6.9.2 污染土渠基,应先进行污染土地基的评价,再采取防护和处理措施。

6.9.3 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,应按本规范附录 E 的规定在渠基设置排水设施,并应保证排水出口畅通。

6.9.4 边坡的裂缝、孔隙和小洞穴可采用灌浆法填堵,灌浆材料可采用黏土浆或水泥黏土浆,灌浆的各项技术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 施 工

7.1 一 般 规 定

7.1.1 施工前应熟悉设计文件,进行施工现场踏勘,编制施工组织设计,并应做好下列准备工作:

1 应根据设计选择防渗材料和施工方法;应做好施工用水、电、道路的通畅以及堆料场、拌和场或预制场等施工场地的布置和平整工作。

2 对试验和施工的设备进行检测与试运转,如不符合要求,应予修理或更换。

3 应根据当地情况做好永久性排水设施或必要的临时性排洪、排水设施。

7.1.2 材料设备应按设计要求的规格、数量、型号采购,并应在现场验收合格后分类保管存放。水泥应采取防雨、防潮措施。

7.1.3 渠道防渗工程宜在温暖季节施工。当日平均气温稳定在 5°C 以下或最低气温稳定在 -3°C 以下时,砌石、混凝土和沥青混凝土防渗工程应采取低温施工措施,并应符合现行行业标准《水工混凝土施工规范》DL/T 5144 和《水工碾压式沥青混凝土施工规范》DL/T 5363 的有关规定。

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、填或修整,并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 的规定。

表 7.2.1 渠槽断面的允许偏差值(cm)

项 目	土 渠	石 渠
渠底高程	±(2~3)	±(3~5)
渠道中心线	2~3	3~5
渠底宽度	±(3~5)	±(4~10)
堤顶高程	±(2~3)	±(5~10)
渠槽上口宽度	±(4~8)	±(5~10)
渠底及内边坡平整度 (用 2m 直尺检查)	±(2~3)	凸不大于 3 凹不大于 10

注:大型、中型渠道取大值,小型渠道取小值。

7.2.2 新建填方渠道,填筑前应清除填筑范围内的草皮、树根等杂物,并应刨松基土表面,适当洒水湿润;填筑时应摊铺选定的土料,并应分层压实。当渠线横向的地面坡度较大时,填筑前应将地面挖成阶梯状,然后分层回填压实。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。土料含水量应按最优含水量控制。小型渠道或无条件试验时,土料含水量可按表 7.2.2 选用。

表 7.2.2 土料含水量(%)

土壤名称	砂壤土	轻壤土	黄土	中壤土	重壤土	黏土
含水量	12~15	15~17	15~21	21~23	22~25	25~28

7.2.3 新建半挖半填渠道的填筑部位,应利用挖方土料按本规范第 7.2.2 条的要求进行填筑,并应达到密实、稳定。在开挖和填筑施工中,应避免扰动挖方基槽土的结构。

7.2.4 改建渠道的基槽填筑,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。小型渠道,宜将全渠填满至设计高程后,再按设计开挖至防渗层铺设断面。大、中型渠道,宜采用局部填筑补齐的方法进行填筑。填筑面宽度应较设计尺寸加宽 50cm,并应将原渠坡挖成台阶状,再填筑新土,新老土应结合紧密。

7.2.5 挖方渠槽、填方渠槽和改建渠道将原渠槽填筑到设计高程时,应按设计定好渠线中心桩,测量好高程,定好两侧开挖线。施工时,应先粗略开挖至接近渠底,再将中心桩移至渠底,重新测量高程后挖完剩下的土方,然后每隔 5m~10m 挖出标准断面,应在两个标准断面间拉紧横线,应按横线从上至下边挖边刷坡,并应用断面样板逐段检查、反复修整,达到设计要求。

7.2.6 新建半挖半填渠道基槽的开挖,应先开挖基槽,并按设计要求预留足够厚度的土层,再将渠道两岸填方部分填筑至设计高程,然后整修渠槽,达到设计要求。

7.2.7 改建渠道采用局部填筑补齐法填筑渠道基槽的开挖时,应只挖去填筑时加宽 50cm 的部分土体,然后修整渠道基槽,达到设计要求。

7.2.8 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。开挖好的渠道基槽,应尺寸准确,并应符合设计要求。

7.2.9 采用膜料及沥青混凝土防渗时,渠道基槽应进行清草处理。

7.3 排水设施的施工

7.3.1 渠基排水设施应在验收合格的渠道基槽上按下列要求进行施工:

1 应按设计开挖排水沟、集水井、集(排)水管的基槽和排水暗沟等。开挖断面应尺寸准确、平整,并应控制好比降。

2 在沟、井、槽中,应按要求填好卵石或块石,并应做好反滤层。排水管排水时,应在基槽中安装集(排)水管,并应控制好比降,同时应做好管段之间的接头和管道周围的反滤层。

3 排水系统中沟、井、管之间的连接应牢固可靠。

4 逆止阀的安装宜与防渗层施工结合进行,应保证逆止阀的周边与防渗层连接紧密且不透水。

7.4 砌石防渗

7.4.1 砌石砂浆应按设计配合比拌制均匀,并应随拌随用,自出料到用完的允许间歇时间不应超过 1.5h。

7.4.2 砌石防渗结构施工时,应先洒水润湿渠基,然后在渠基或垫层上铺一层厚度 2cm~5cm 的低标号混合砂浆,再铺砌石料。

7.4.3 浆砌石防渗结构的施工,应符合下列要求:

1 砌筑顺序应符合下列要求:

- 1) 梯形明渠,宜先砌渠底后砌渠坡。砌渠坡时,从坡脚开始,由下而上分层砌筑;U形、弧形底梯形和弧形坡脚梯形明渠,从渠底中线开始,向两边对称砌筑。
- 2) 矩形明渠,宜先砌两边侧墙,后砌渠底;拱形和箱形暗渠,可先砌侧墙和渠底,后砌顶拱或加盖板。
- 3) 各种明渠,渠底和渠坡砌完后,及时砌好封顶石。

2 石料安放应符合下列要求:

- 1) 浆砌块石应花砌,大面朝外、错缝交接,并选择较大、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,并应选择较大的卵石砌于渠底和渠坡下部,大头朝下,挤紧靠实。
- 4) 浆砌块石挡土墙式防渗结构,应先砌面石,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。

3 石料砌筑应符合下列要求:

- 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,座浆饱满。每层铺水泥砂浆厚度,料石宜为 2cm~3cm,

块石宜为 3cm~5cm。块石缝宽超过 5cm 时,应填塞小片石。

- 3) 卵石可采用挤浆砌筑,也可干砌后用水泥砂浆或细砾混凝土灌缝。
- 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应超过 1cm。

4 浆砌料石、块石、卵石和石板,宜在砌筑砂浆初凝前勾缝。勾缝应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 1cm~2cm。

7.4.4 干砌卵石挂淤防渗结构的施工,应符合下列要求:

1 砌筑顺序应符合下列要求:

- 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) 渠坡应从下而上逐排砌筑。
- 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 砌筑应符合下列要求:

- 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 8cm~12cm。
- 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。

7.5 混凝土防渗

7.5.1 模板应根据设计图和选定的施工方法制作。模板制作的

允许偏差值,应符合表 7.5.1 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《水电水利工程模板施工规范》DL/T 5110 的有关规定。

表 7.5.1 模板制作的允许偏差值(mm)

偏差名称	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

7.5.2 钢筋的加工、接头、安装要求应符合现行行业标准《水工混凝土钢筋施工规范》DL/T 5169 的有关规定。

7.5.3 混凝土拌和应按试验确定并经审核的混凝土配合比进行配料,不应擅自更改。水泥、砂、石、掺和料均应以重量计,水及外加剂可折算成体积加入。小型渠道可将砂、石用量折算成体积配料。

7.5.4 混凝土应采用机械拌和。拌和时间不应少于 2min 。掺用掺和料、减水剂、引气剂的混凝土及细砂、特细砂混凝土用机械拌和的时间,应大于中砂、粗砂混凝土 $1\text{min}\sim 2\text{min}$ 。

7.5.5 混凝土应随拌、随运、随用。因故发生分离、漏浆、严重泌水和坍落度降低等问题时,应在浇筑地点重新拌和。混凝土初凝,应按废料处理。

7.5.6 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,应将基岩或早期混凝土凿毛

并刷洗干净,并应铺一层厚度为 1cm~2cm 的水泥砂浆。水泥砂浆的水胶比,应小于混凝土 0.03~0.05。

7.5.7 现场浇筑混凝土,宜采用分块跳仓法施工。同一浇筑块应连续浇筑。因故间歇时间超过 60min~90min 时,应按本规范第 7.7.6 条的规定处理。用衬砌机浇筑时,宜连续施工。

7.5.8 混凝土应采用机械振捣,并应符合下列要求:

1 使用表面式振动器时,振板行距宜重叠 5cm~10cm。振捣边坡时,应上行振动、下行不振动。

2 使用小型插入式振捣器时,入仓厚度每层不应大于 25cm,并应插入下层混凝土 5cm。

3 振捣器不应直接碰撞模板、钢筋及预埋件。

4 使用插入式振捣器捣固时,边角部位及钢筋预埋件周围应辅以人工捣固。

5 振捣时间应以混凝土开始泛浆时为准。

6 衬砌机的振动时间和行进速度,宜通过试验确定。

7.5.9 采用喷射法施工时,应符合下列要求:

1 应先送风、水,后送干料。掺有速凝剂的干拌和料的存放时间,不应超过 20min。

2 喷头处的压力宜控制为 0.1MPa,水压不应小于 0.2MPa。

3 掺有速凝剂时,一次喷射的厚度宜为 7cm~10cm;不掺速凝剂时,一次喷射的厚度宜为 5cm~7cm。

4 分层喷射时,表面一层的水胶比宜稍大。

5 掺有速凝剂时,喷射每层混凝土的间隔时间宜为 15min~20min;不掺速凝剂时,喷射每层混凝土的间隔时间应根据混凝土的初凝时间确定。

6 喷射作业完毕,应先将喷射机和管道中的干料清除干净,再停水、风。因故不能继续作业时,应及时将喷射机和管道中的积料清除干净。

7.5.10 现场浇筑混凝土完毕,应及时收面。细砂和特细砂混凝

土应至少进行二次收面。收面后,混凝土表面应密实、平整、光滑,并应无石子外露。

7.5.11 混凝土预制板(槽)初凝后可拆模,并应在强度达到设计强度的70%以上时再运输。预制板(槽)在运输和堆放时应立码挤紧。

7.5.12 混凝土预制板(槽)应按设计要求和本规范第5.8.2条的规定砌筑,砌筑应平整、稳固,砌筑缝的砂浆应填满、捣实、压平、抹光。

7.5.13 混凝土伸缩缝应按设计要求施工。采用衬砌机浇筑混凝土时,可用切缝机或人工切制半缝形的伸缩缝,并按本规范第5.8节的规定填充。

7.5.14 混凝土浇筑完毕后,应及时养护,养护期宜为14d~28d。

7.6 沥青混凝土防渗

7.6.1 沥青混合料的拌制应根据设计的配合比按下列步骤进行:

1 沥青应融化脱水。在加热容器中,加料的数量应控制在容器的60%~70%。脱水后恒温时间不得超过6h。在加热中,应边搅拌边清除杂质。

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。

3 沥青混合料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,直至不出现花白料为止。

7.6.2 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。

7.6.3 沥青混合料的摊铺厚度、压实温度、碾压遍数和压实系数等施工工艺参数应根据设计要求通过现场试验确定。

7.6.4 现场铺筑施工,应符合下列要求:

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,应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 7.6.4 的规定。

表 7.6.4 沥青混凝土防渗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(℃)	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℃。

3 宜采用振动碾压实沥青混合料。可先静压 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。

4 防渗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 沥青混凝土防渗层应连续铺筑。

6 采用双层铺筑时,结合面应干燥、洁净,并应均匀涂刷一薄层热沥青或稀释沥青。其涂刷量不应超过 1kg/m²。上层、下层冷接缝的位置应错开。

7.6.5 沥青混凝土预制板的预制和铺砌,应符合下列要求:

1 沥青混凝土预制板的制作宜采用钢模板。预制板应振压密实、尺寸准确、六面平整光滑,并应无缺角、无石子外露等缺陷。

2 预制板振实后,可拆模。应在降温后再搬动,应平放码垛,垛高不应高于 0.5m。高温季节,码垛工作宜在早晚进行。

3 沥青混凝土预制板应按本规范第 5.8.2 条的规定砌筑。

7.6.6 封闭层的涂刷,应符合下列要求:

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漆。沥青玛蹄脂涂刷时的温度不应低于 160℃,涂刷量宜为 2kg/m²~3kg/m²。

- 2 涂刷后严禁人、畜和机械通行。
- 7.6.7 施工中,应有防火设备及必备的劳保用品。

7.7 膜料防渗

7.7.1 岩石或砂砾石基槽,在铺设膜层前应铺设过渡层。

7.7.2 膜料铺设应符合下列要求:

- 1 可将膜料加工成大幅备用,也可在现场边铺边连接。膜料加工和接缝方法应符合本规范附录 G 的规定。

- 2 应按先下游后上游的顺序,上游幅压下游幅,接缝垂直于水流方向铺设膜层。

- 3 应先将膜料下游端与已铺膜料或原建筑物焊接(或粘接)牢固,再向上游拉展铺开。

- 4 膜层不宜拉得太紧,并应平贴渠基,膜下空气应完全排出。

- 5 膜层顶端应按本规范第 5.7.4 条的规定铺埋。

- 6 应检查并粘补已铺膜层的破孔。粘补膜应超出破孔周边 10cm~20cm。

7.7.3 填筑过渡层或保护层的施工速度应与铺膜速度相配合。

7.7.4 土料保护层施工应符合下列要求:

- 1 填筑保护层的土料不应含石块、树根、草根等杂物。

- 2 采用压实法填筑保护层时,不应使用羊脚碾。当保护层厚度大于 15cm,应分层铺筑。每层铺料厚度,人工夯实时,不宜大于 20cm;机械夯压时,不宜大于 30cm。层面间应刨毛洒水,并应边铺料边夯压,直至达到设计干密度。土料保护层夯实后,厚度应略大于设计厚度,并应经修整达到设计渠道断面。

7.7.5 用砂砾料或刚性材料作保护层时,应先铺设膜面过渡层,并应符合下列要求:

- 1 砂砾料级配应符合本规范第 4.1.4 条的规定。铺设时应逐层振压密实,压实度不应小于 0.93。

- 2 刚性材料保护层的施工,应符合本规范第 7.4 节和第 7.5

节的有关规定。

3 发现膜层孔洞时,应按本规范第 7.7.2 条第 6 款的规定修补。

7.7.6 膜料铺设、过渡层和保护层的施工人员应穿胶底鞋或软底鞋。

7.8 填充伸缩缝

7.8.1 伸缩缝填充前,应将缝内杂物、粉尘清除干净,并保持缝壁干燥。

7.8.2 伸缩缝的填充施工应符合本规范附录 F 的规定。有特殊要求的伸缩缝,宜用高分子止水带(带)等材料,高分子止水带应配用专用胶填塞入缝内,应与缝壁挤紧粘牢;高分子止水带在防渗结构现场浇筑时,应按设计要求浇筑于缝壁内。

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

8 施工质量的控制与验收

8.1 施工质量的控制与检查

8.1.1 渠道防渗工程的施工质量控制与检查,应符合现行行业标准《水利水电工程质量检验与评定规程》SL 176 的有关规定。

8.1.2 施工现场质量管理应有施工技术标准,健全的质量管理体系,施工质量检验制度和综合施工质量水平评定考核制度。

8.1.3 渠道防渗工程应按下列要求进行施工质量控制:

1 工程采用的主要材料、构件等应进行现场验收。有关重要产品应经监理工程师(建设单位技术负责人)检查认可。

2 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。

3 相关专业工种之间,应进行交接检验,并应形成记录。未经监理工程师(建设单位技术负责人)检查认可,不得进行下道工序施工。

8.1.4 渠道基槽填筑时,应控制土的含水量和干密度,干密度应满足设计要求。开挖时应严格控制渠道基槽断面的高程尺寸和平整度。开挖好的渠道基槽,应尺寸准确、平整、密实,其断面各部分的偏差值应符合本规范表 7.2.1 的规定。

8.1.5 施工过程中,应对原材料进行分期分批取样检验。对所使用材料的配合比,应随时抽检复查。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。施工中各种材料称量的允许偏差值,应符合表 8.1.5 的规定。

表 8.1.5 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

8.1.6 施工中,防渗结构应符合下列要求:

- 1 砌石防渗应控制和检查下列内容:
 - 1) 石料的尺寸、材质应满足设计要求。
 - 2) 应严格按设计要求检查砌石厚度和平整度以及砌筑质量和密实性。
 - 3) 砌筑砂浆每 100m 渠段宜取一组试样进行抗压试验。
- 2 混凝土防渗应控制和检查下列内容:
 - 1) 施工前,对原材料抽样检测,其性能满足设计要求。
 - 2) 施工中,应严格控制混凝土的配合比,检查混凝土拌和的均匀性、坍落度、振捣的密实性。每 100m 渠段宜取一组试样进行强度试验,必要时进行抗渗、抗冻试验。
 - 3) 砂石料的含水率、外加剂的配用量、混凝土的拌和时间和含气量,每台班检查一次。含气量的变化范围控制在±5%以内。
 - 4) 钢筋架设的位置、间距、保护层厚度及钢筋的型号、直径和各部位尺寸应符合设计要求。在混凝土浇筑过程中,应配备专人随时检查。
 - 5) 混凝土拆模后,检查混凝土外观质量,发现问题及时处理。
- 3 沥青混凝土防渗应控制和检查下列内容:
 - 1) 防渗渠道所用的沥青、骨料、填料的质量和和技术要求,应符合设计要求。
 - 2) 沥青混合料的制备质量,应符合表 8.1.6 的规定。
 - 3) 沥青混凝土原材料加热、混合料拌和、摊铺、碾压的温度

控制,应符合本规范表 7.6.4 的规定。

- 4) 检测拌和的均匀性、摊铺厚度及压实后防渗层的密度和厚度。90%以上的密度应达到设计密度,最小厚度不小于设计厚度的 90%。渗透系数应符合本规范第 5.6.1 条的规定。

表 8.1.6 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(%)	±0.30	每日 1 次
		石料(%)	±2	
		砂料(%)	±2	
		填料(%)	±1	
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(%)	±0.30	每单元 1 次
		石料(%)	±5	
		砂料(%)	±4	
		填料(%)	±1	

4 膜料防渗应控制和检查下列内容:

- 1) 防渗渠道所用膜料应进行检测,并应符合设计要求。
- 2) 膜料防渗工程应检测渠基平整度、膜料接缝、膜料损伤等情况。如有损伤应进行修补,修补合格后再进行下一工序。
- 3) 控制膜层与保护层施工进度。膜层铺好后,应及时进行过渡层和保护层的施工。

8.1.7 渠道防渗工程各部位尺寸的允许偏差值应符合表 8.1.7 的规定;最大渗漏量应符合本规范表 4.2.3 的规定。

表 8.1.7 渠道防渗工程各部位尺寸的允许偏差值

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。

8.2 工程验收

8.2.1 渠道防渗工程验收宜分为分部工程验收、单位工程验收和竣工验收。小型渠道防渗工程验收可只进行单位工程验收和竣工验收。在竣工验收前已经建成并能发挥效益,需要提前投入使用的单位工程,在投入使用前应进行投入使用验收。

8.2.2 分部工程验收、单位工程验收应由项目法人组织验收,竣工验收和单位工程投入使用验收应由竣工验收主持单位组织验收或委托验收。

8.2.3 渠道防渗工程质量应按下列要求进行验收:

1 渠道工程施工质量应符合现行行业标准《水利水电建设工程验收规程》SL 223 的有关规定。

- 2 渠道工程施工应符合工程勘察、设计文件的要求。
- 3 参加工程施工质量验收的各方人员应具备规定的资格。
- 4 工程质量的验收均应在施工单位自行检查评定的基础上进行。

5 隐蔽工程在掩蔽前应由施工单位通知有关单位进行验收，并形成验收文件。

6 对涉及结构安全和使用功能的重要分部工程应进行抽样检测。

7 工程的观感质量应由验收人员通过现场检查，并应共同确认。

8.2.4 单元工程质量验收合格应符合下列要求：

- 1 检验项目的质量应经抽样检验合格。
- 2 应具有完整的施工操作依据、质量检查记录。

8.2.5 分部工程质量验收合格应符合下列要求：

- 1 分部工程所含的单元工程的质量均应验收合格。
- 2 质量控制资料应完整。
- 3 分部工程的抽样检测结果应符合现行行业标准《水利水电建设工程验收规程》SL 223 的有关规定。

4 观感质量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 的有关规定。

8.2.6 单位工程质量验收合格应符合下列要求：

- 1 单位工程所含的分部工程的质量均应验收合格。
- 2 质量控制资料应完整。
- 3 单位工程所含的分部工程有关检测资料应完整。

4 观感质量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 的有关规定。

8.2.7 竣工验收应在分部工程和单位工程质量验收合格的基础上，按现行行业标准《水利水电建设工程验收规程》SL 223 的有关规定进行。

9 测 验

9.1 一 般 规 定

9.1.1 渠道有下列要求时,应进行渗漏测验:

- 1 对比各种渠道的渗漏损失。
- 2 检验渠道防渗效果,对施工质量进行评价。
- 3 推算渠系(渠道)水利用系数。
- 4 进行渠道防渗技术的试验研究与材料防渗性能检验。

9.1.2 渠道渗漏损失,宜采用静水法或动水法进行测验。

9.1.3 高填方、特殊土渠基、地下水水位高的重要渠段应进行变形测验。变形测验宜在渠道试运行期或经过一个过水周期后进行。

9.1.4 严寒和寒冷地区的防渗衬砌渠道应进行冻胀测验。冻胀测验宜在渠道防渗工程经过冬季实际运行后进行。

9.2 静水法测渗

9.2.1 静水法测渗应符合下列要求:

- 1 渗漏试验前防渗体的材料强度应达到设计要求。
- 2 试验段应顺直、完整,断面应规则。
- 3 应具备水源与交通条件。
- 4 隔离堤应完整,在接近测验水位下,隔离堤不应漏水、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 测验段可按本规范第 H.1 节的规定设置。

9.2.3 静水法测渗,宜按下列步骤进行:

- 1 向测验段注水。
- 2 恒水位观测。
- 3 变水位观测。
- 4 在恒水位、变水位观测时,同时进行降雨量和蒸发量观测。

9.2.4 测验段应按下列要求注水:

1 测初渗量时,应连续注水。加水后水位应等于测验水位加 $1/2$ 加水前、后水位的差值。

2 刚停止输水的渠道,应待渠道干涸、地下水位恢复正常后,再进行初渗量测验。

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 断面规则的较大流量渠道和渗漏量大的渠道的恒水位测验宜采用水位下降法。水位下降法应符合下列要求:

1 使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。

3 向测验段加水。当水位已平稳,且达到规定的加水后水位时,应将此时间及相应水位记入本规范表 H. 2. 9-3。随后,待水位下降到规定的加水前水位时,将其时间及相应水位记入同一表格中。同时,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。水面平稳时,3只水尺读数相差不得超过 2mm 。

9.2.6 小流量或渗漏量小的渠道的恒水位测验宜采用称量法。称量法测验应符合下列要求:

1 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,可同水位下降法规定值。待水位下降至加水

前水位,再迅速加水至加水后水位。准确测读加水前、后水位,并称量每一观测时段的加水量,记入本规范表 H. 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,应为上一观测时段的结束时间,也是本观测时段的开始时间。两观测时段间无间隔。

9.2.7 连续出现 10 次以上观测时段相同,渗漏量接近,渗漏强度的最大值、最小值差满足下式 9.2.7 要求时,应认为渗漏稳定,恒水位渗漏测验完成。

$$\frac{Q_{\text{Imax}} - Q_{\text{Imin}}}{Q} \times 100\% \leq 10\% \quad (9.2.7)$$

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

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

Q ——同一时间连续 10 次测验的渗漏强度平均值[L/(m²·h)]。

9.2.8 恒水位测验结束后,应紧接着进行变水位测验。只作变水位测验时,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,并符合本规范式 9.2.7 的要求时,应进行观测。

9.2.9 变水位观测应符合下列要求:

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。观测结果应记入本规范表 H. 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,应按本规范 H. 2. 9-8 记录。

9.2.10 降雨量和蒸发量观测应符合下列要求:

1 降雨量观测与渗漏量观测应同步进行。观测结果应记入本规范表 H. 2. 9-1。

2 渗漏量很小的渠道,和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应同步进行。观测结果应记入本规范表 H. 2. 9-2。

3 观测方法应按现行行业标准《降水量观测规范》SL 21 和《水面蒸发观测规范》SD 265 的有关规定进行。

9.3 动水法测渗

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,并应依据测试目的、渠道自然状况、水流条件、运行调度方案、仪器配备、人员情况等综合评价,确定是否采用。

9.3.2 测渗前应制定动水法测试实施方案,并应完成对人员的培训等工作。

9.3.3 动水法测验应符合下列要求:

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,中间应无分流。

3 测验段前、后断面观测条件、观测仪器应一致。

4 观测断面应选择渠道的顺直段,渠道的顺直段长度不应小于渠宽的10倍,水流应均匀,并应无漩涡和回流。

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、封堵分水口及涵管。

9.3.5 测流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确定,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确定,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。测速垂线上的流速测点的位置应符合表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 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。随机不确定度满足测试要求时可结束测试, 具体流量、标准差、随机不确定度的计算应按本规范附录 J 的要求进行。

9.4 变形测验

9.4.1 变形测验段宜按基础土质、防渗材料、结构形式及建筑物的位置划分。特殊土地基的渠段变形测验点距离不宜大于 5000m。

9.4.2 渠道及配水建筑沉降、变形观测应选择代表性的断面, 在渠底、堤顶及特殊需要的地方应设置固定标点, 应利用水准仪观测其垂直变形值, 应利用经纬仪观测水平变形值。

9.4.3 观测基点应设置在两岸便于观测的基岩、坚实土基或建筑物基座上; 观测基点埋深不应小于 60cm, 寒冷地区应大于土壤冻深的 1 倍~1.5 倍。

9.4.4 观测次数和时间可按需要确定。渠道防渗工程运行初期和渠水位发生骤降时, 应适当增加观测次数。

9.4.5 渠道及配水建筑沉降、变形垂直位移观测精度应符合下列要求:

1 应由水准基点引测, 校测起测基点, 其往返闭合差应小于下式规定的值:

$$-0.72\sqrt{n}\leq\Delta h_1\leq 0.72\sqrt{n} \quad (9.4.5-1)$$

式中： Δh_1 ——由水准基点引测，校测起测基点所得的往返闭合差（mm）；

n ——测点数。

2 由起测基点观测标点，其往返闭合差应小于下式规定的值：

$$-1.4\sqrt{n}\leq\Delta h_2\leq 1.4\sqrt{n} \quad (9.4.5-2)$$

式中： Δh_2 ——由起测基点观测坐标所得的往返闭合差（mm）。

9.4.6 渠道及渠系建筑物沉降、变形水平位移观测精度，应符合下列要求：

1 采用视准线法测水平位移时，观测误差不应大于4mm。

2 采用小角度法测水平位移时，测微器两次重合读数不应超过0.4s；一个测回中，两个半测回小角值之差不应超过3s；同一测点，各测点小角值之差不应超过2s。

9.5 冻胀测验

9.5.1 冻胀测验段宜按渠基土质、地下水位、冻胀措施、建筑物的位置等划分。

9.5.2 冻胀观测内容应包括气象、冻深、冻胀量、土壤水分、地下水位、渠基土质。各观测内容的观测方法，应符合下列要求：

1 可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雨量。

2 可采用冻土器或其他设备观测冻深。

3 可采用冻胀仪等观测渠基的冻胀量。

4 在观测断面上预留可启闭的观测孔，采取土样，并用烘干法测定土壤水分。也可利用土壤水分测试仪直接测定土壤水分。

5 布设观测井，用测绳或水位计观测地下水位。

6 取渠基土样，在室内测定土的颗粒级配、抗剪强度等物理

力学性能指标。

9.5.3 观测点的布置应符合下列要求：

- 1 地温、冻深、冻胀量和水分观测点，应沿渠道横断面分别设置。观测点的数量，可根据渠道断面大小确定。
- 2 观测设备穿过防渗层时，应注意交界处的密封和夯实。
- 3 应观测设施埋设垂直渠道横断面。
- 4 冻土器胶管内的水应采用当地地下水。
- 5 宜在测验段附近设置气象观测点。
- 6 在渠堤外应设置地下水位观测井。

9.5.4 观测工作应按下列要求进行：

- 1 观测前应检查校正好仪器设备。
- 2 观测项目应同步进行。观测时间与次数，可在全面了解和
分析冻胀全过程的前提下具体确定。
- 3 在观测过程中，宜随时观测渠道外观的变化及裂缝等情况。
- 4 应作好观测记录，并应及时整理分析，发现问题应及时复
测纠正。

9.5.5 冻胀率宜按下式计算：

$$\eta_i = \frac{\Delta h_i}{H_i} \times 100\% \quad (9.5.5)$$

式中： 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)。

9.5.6 观测结果宜按下列要求整理分析：

- 1 应整理绘制某一观测点冻胀量与冻深的关系曲线。
- 2 应整理绘制某一观测点观测时间与冻深、冻胀量、气温、含
水量的关系曲线。
- 3 应整理绘制测验段沿渠道横断面不同位置的最大冻胀量、
冻胀率与相应的气温、地下水位等关系曲线。

10 工程管理

10.0.1 渠道防渗工程建设应进行工程质量检验、检查,并应采取防渗工程的老化病害预防措施。

10.0.2 建设单位应建立健全工程档案资料管理,工程的设计、施工、验收、测验和建设管理的技术资料,并应及时归档。

10.0.3 新建、扩建或改建的防渗渠道,应设置人员安全的警示标志或渠道防护设施。

10.0.4 渠道防渗工程正常运行期间的水位不应超过设计水位,特殊情况下不应超过防渗体高度。防渗渠道,渠水位不宜骤涨骤落,1h内和24h内的水位变幅分别不宜超过0.15m和0.5m。

10.0.5 严寒和寒冷地区防渗渠道应符合下列要求:

1 冬季不行水渠道,宜在日平均气温稳定低于 0°C 前停水,并应排除渠道内和渠堤外积水。

2 冬季行水渠道,在气温低于 0°C 期间宜连续行水,且渠水位应大于冬季允许最低水位。

3 为农田或林带灌溉的挖方渠道,宜在气温降低至 0°C 前15d~30d停止运行。

10.0.6 渠道运行期应定期进行渠道变形观测及冻胀观测。应根据观测结果采取工程维修养护措施。冻胀观测应选择不同防渗类型和自然条件的断面,并应符合本规范第9.5节的规定。

10.0.7 管理单位应定期进行渠道防渗工程测验、维护。

10.0.8 渠道防渗工程应进行经常性检查,并应符合下列要求:

1 在通水前、暴雨后应进行全面检查。

2 排洪设施应完好、通畅,渠堤顶应无积水,雨水和融雪水不应流入防渗体背面。

- 3 防渗结构封顶板应稳固、完好,周围应无空穴、裂缝。
- 4 伸缩缝和砌筑缝应完好,不应漏水。
- 5 地下水的排水设施应完好、通畅。
- 6 渠内应无淤积、杂草,渠堤应无陷穴、冲坑、裂缝和滑坡等。
- 7 渠堤顶和渠岸道路应完好。渠边的防护设施和标志应完好。

8 各种观测设施应完好。

10.0.9 防渗结构发生裂缝,应及时查明原因。在每灌季前,应进行修补处理,并应符合下列规定:

1 砌石防渗结构,宜凿开,并应用水泥砂浆填实抹平。

2 混凝土防渗结构,可按本规范附录 F 进行裂缝处理。

3 沥青混凝土防渗结构,小裂缝可用喷灯或红外线加热器加热缝面,用铁锤沿缝面锤击,闭合粘牢裂缝;裂缝较宽时,可先洗净缝口,加热缝面,用沥青砂浆填实抹平。

4 膜料防渗结构的土料保护层,宜采用黏性土、灰土等材料,分别回填夯实、填筑抹平或灌浆处理。

附录 A 推求渠道流量的正向递推水量平衡法

A. 0. 1 具有多个分水口的渠道(见图 A. 0. 1-1), 已知渠首流量及各分水口分水流量比例时, 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。每个渠段的流量应符合式 A. 0. 1-1 的要求, 并应在每个分水口的流量满足公式(A. 0. 1-2) (渠段流量分布见图 A. 0. 1-2)。

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

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

式中: Q_{ui} ——渠段 i 的起始断面流量(m^3/s);

$Q_{u,i+1}$ ——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);

Q_i ——渠段 i 分水口的引水流量(m^3/s)。

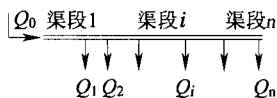


图 A. 0. 1-1 多分水口渠道分段

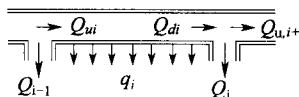


图 A. 0. 1-2 渠段 i 流量分布

A. 0. 2 流量计算时, 应提供下列条件:

- 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。

3 各分水口的引水流量与第一个分水口流量的比值。

A. 0.3 流量计算应按下列步骤进行：

1 假定各分水口的引水流量，各分水口的引水流量应符合本规范第 A. 0. 2 条第 3 款的规定。

2 应从渠首顺水方向逐个渠段计算渗漏损失流量并按式(A. 0. 1-1)和式(A. 0. 1-2)推算本渠段的末端断面流量及下一渠段的起始断面流量。

3 计算渠段的末端断面流量小于下一个分水口的引水流量时，应按式(A. 0. 3-1)和式(A. 0. 3-2)进行分水口流量的修正，得出各分水口修正引水流量后，返回本条第 2 款重新计算。

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

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

式中： DQ ——流量修正值(m^3/s)；

Q'_i ——修正后渠段 i 分水口引水流量(m^3/s)；

R_i ——各分水口的引水流量与第一个分水口流量的比值。

4 当计算已达到该渠道最末端分水口，并满足下式时则计算结束：

$$\frac{Q_{dn} - Q_n}{Q_n} \leq E \quad (\text{A. 0. 3-3})$$

式中： Q_{dn} ——渠道最末端断面流量(m^3/s)；

Q_n ——渠道最末端分水口流量(m^3/s)；

E ——规定的计算误差(%)。

5 若不满足规定的计算误差要求，应返回渠首，并按本条第 2 款规定重新计算。

附录 B 膜料防渗渠道土料保护层 边坡稳定计算

B.0.1 埋铺式膜料防渗渠道土保护层边坡的稳定分析计算,应符合下列要求:

1 土保护层失稳时,假定沿图 B.0.1 所示的 abcd 线滑动,对黏性土 ab、bc 应为直线,cd 应为弧线;对非黏性土 ab、bc 及 cd 应为直线。c 点为最小安全系数时,降落后水位的水平延长线与膜层的交点,宜通过试算确定。

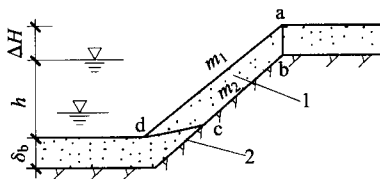


图 B.0.1 土保护层失稳示意
1—粘性土保护层 2—膜料防渗层

2 土保护层边坡稳定分析的控制时期应为渠水位骤降期。

3 应采用简化法计算渗透压力;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。

B.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 B.0.2)。可按下列公式分析计算:

$$F_s = \frac{\sum (c_i l_i \cos \alpha_i + W'_i \tan \phi_i) \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \tan \phi_i / F_s}}{\sum W''_i \tan \alpha_i}$$

(B.0.2-1)

$$F_s = \frac{\sum [c_i b_i + b_i (h_{i1} \gamma + h_{i2} \gamma' + h_{i3} \gamma') \tan \phi_i]}{\sum b_i (h_{i1} \gamma + h_{i2} \gamma_m + h_{i3} \gamma') \tan \alpha_i} \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \tan \phi_i / F_s} \quad (\text{B. 0. 2-2})$$

- 式中：
 b_i ——土条分条的宽度 ($l_i \cos \alpha_i = b_i$) (m)；
 α_i —— N_i 与铅垂线的夹角 ($^\circ$)；
 N_i ——滑动面对土条的支撑力，方向与滑动面垂直 (kN)；
 ϕ_i ——滑动面上土或土与膜料间的内摩擦角 ($^\circ$)；
 c_i ——滑动面上土或土与膜料间的凝聚力 (kPa)；
 W'_i ——按湿重度和浮重度叠加计算的土条重量 (kN)；
 W''_i ——按湿重度、饱和重度和浮重度叠加计算的土条重量 (kN)；
 F_s ——边坡稳定安全系数；
 l_i ——土条分条的底边斜长 (m)；
 $\gamma, \gamma', \gamma_m$ ——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 $\gamma, \gamma', \gamma_m$ 的水深 (m)。

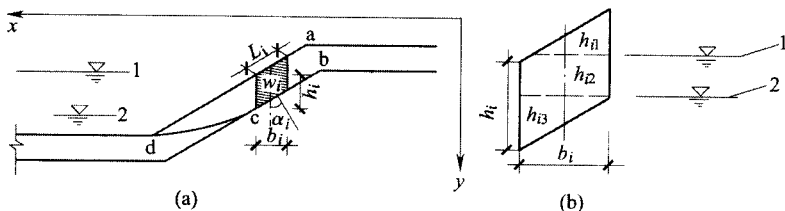


图 B. 0. 2 简化简布法计算

1—最高水位；2—骤降后水位

B. 0. 3 计算中抗剪强度指标的选用，应符合下列要求：

1 采用有效应力法计算时，应采用有效应力情况下实测的内摩擦角、黏聚力值；采用总应力法计算时，应采用总应力下实测的内摩擦角、黏聚力值。

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

3 土与膜料之间内摩擦角、黏聚力值的试验方法可采用直剪试验,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,试验应符合现行行业标准《土工试验规程》SL 237 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 B. 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。试验后按式(B. 0. 3)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,重新试验和测定内摩擦角、黏聚力值:

$$\phi = 2\alpha - 90, \quad (\text{B. 0. 3})$$

式中: ϕ ——土与膜料间的内摩擦角($^{\circ}$);

α ——试样夹角($^{\circ}$)。

表 B. 0. 3 膜料在三轴试验试样中的夹角($^{\circ}$)

土壤类别	土壤干重度(g/cm^3)		
	1. 35	1. 5	1. 7
砂壤土	52	55	56
壤土	46	47	48
黏土	45	46	47

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

附录 C 弧形底梯形渠道水力最佳断面及实用经济断面计算方法

C. 0. 1 弧形底梯形渠道的水力最佳断面应按下列公式计算：

$$H_0 = 1.542 \left(\frac{Q \cdot n}{\sqrt{i} (\theta + 2m)} \right)^{3/2} \quad (\text{C. 0. 1-1})$$

$$r_0 = H_0 \quad (\text{C. 0. 1-2})$$

$$b_0 = 2H_0 / \sqrt{1+m^2} \quad (\text{C. 0. 1-3})$$

$$\omega_0 = \left(\frac{\theta}{2} + m \right) H_0^2 \quad (\text{C. 0. 1-4})$$

$$\chi_0 = (\theta + 2 \cdot m) H_0 \quad (\text{C. 0. 1-5})$$

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)。

C. 0. 2 弧形底梯形渠道水力最佳断面及实用经济断面之间，应符合下列公式的要求：

$$\alpha = \frac{\omega}{\omega_0} = \left(\frac{R_0}{R} \right)^{2/3} = \left(\frac{\omega_0 \chi}{\omega \chi_0} \right)^{2/3} = \left(\frac{1}{\alpha} \frac{\chi}{\chi_0} \right)^{2/3} \quad (\text{C. 0. 2-1})$$

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

$$A = (2m - 2 \sqrt{1+m^2} + \theta)^2 - 2\alpha^4 (2m + \theta) \left(\frac{\theta}{2} + 2m - \sqrt{1+m^2} \right) \quad (\text{C. 0. 2-3})$$

$$B = 4 \sqrt{1+m^2} (2m - 2 \sqrt{1+m^2} + \theta) - 4\alpha^4 (2m + \theta) (\sqrt{1+m^2} - m) \quad (\text{C. 0. 2-4})$$

$$C=4(1+m^2)-2\alpha^4(2m+\theta)\cdot m \quad (\text{C. 0. 2-5})$$

式中： ω ——实用经济断面的过水断面面积(m^2)；

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。

C. 0. 3 实用经济断面应按下列步骤进行计算：

1 在已知渠道流量、渠道比降、糙率的条件下，选定渠道边坡系数，并计算水力最佳断面的水深、过水断面面积、湿周。

2 选择几种拟采用的实用经济断面与水力最佳断面的过水断面面积的比值，再按本规范式(C. 0. 2-2)~式(C. 0. 2-5)计算出相应的渠底圆弧半径与水深的比值。

3 各项实用经济断面指标可按下列公式计算：

$$H = \frac{(2m+\theta)\cdot\alpha^{5/2}}{(2m-2\sqrt{1+m^2}+\theta)K_r+2\sqrt{1+m^2}}\cdot H_0 \quad (\text{C. 0. 3-1})$$

$$r = K_r \cdot H \quad (\text{C. 0. 3-2})$$

$$b = 2 \cdot r / \sqrt{1+m^2} \quad (\text{C. 0. 3-3})$$

$$\omega = \alpha \cdot \omega_0 \quad (\text{C. 0. 3-4})$$

$$\chi = (\alpha)^{5/2} \cdot \chi_0 \quad (\text{C. 0. 3-5})$$

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)。

4 对不同实用经济断面进行综合比较后确定选用方案。

C. 0. 4 与不同实用经济断面与水力最佳断面的过水断面面积的比值相应的实用经济断面的渠底圆弧半径与水深的比值、水力最佳断面与实用经济断面水深比值、实用经济断面弧形底的弦长与水深的比值、实用经济断面与水力最佳断面湿周比值，可由表 C. 0. 4-1~表 C. 0. 4-4 查出。

表 C.0.4-1 实用经济断面的渠底圆弧半径与水深的比值

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 C.0.4-2 水力最佳断面与实用经济断面水深比值

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 C.0.4-3 实用经济断面的弧形底的弦长与水深的比值

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 C.0.4-4 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

附录 D 弧形坡脚梯形渠道水力最佳断面及实用经济断面计算方法

D.0.1 弧形坡脚梯形渠道水力最佳断面,在已知流量、糙率、底坡、边坡系数、圆弧坡脚的圆心角条件下,可按下列公式计算:

$$H_0 = 1.542 \left[\frac{nQ}{\sqrt{i} [(4\sqrt{1+m^2}-4m-2\theta)(K_r-1)^2+2\theta+2m]} \right]^{3/8} \quad (\text{D.0.1-1})$$

$$r_0 = K_r \cdot H_0 \quad (\text{D.0.1-2})$$

$$\omega_0 = \frac{1}{2} [(4\sqrt{1+m^2}-4m-2\theta)(K_r-1)^2+2\theta+2m] H_0^2 \quad (\text{D.0.1-3})$$

$$\chi_0 = [(4\sqrt{1+m^2}-4m-2\theta)(K_r-1)^2+2\theta+2m] H_0 \quad (\text{D.0.1-4})$$

$$b_{10} = 2H [\sqrt{1+m^2}-m + (\theta+3m-3\sqrt{1+m^2}) \times K_r + (2\sqrt{1+m^2}-2m-\theta)K_r^2] \quad (\text{D.0.1-5})$$

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)。

D.0.2 弧形坡脚梯形渠道的水力最佳断面和实用经济断面参数,应符合下列公式要求:

$$\alpha = \frac{\omega}{\omega_0} = \left(\frac{R_0}{R} \right)^{2/3} = \left(\frac{\omega_0 \chi}{\omega \chi_0} \right)^{2/3} = \left(\frac{1}{\alpha} \frac{\chi}{\chi_0} \right)^{2/3} \quad (\text{D.0.2-1})$$

$$K_b^2 + 4BK_b + 4C = 0 \quad (\text{D.0.2-2})$$

$$K_b = b_i / H$$

$$B = [m' - (m' - m - \theta) \cdot K_r] - \alpha^4 [(2m' - 2m - \theta)(K_r - 1)^2 + \theta + m]$$

$$C = [m' - (m' - m - \theta)K_r]^2 - \alpha^4 [(2m' - 2m - \theta)(K_r - 1)^2 + \theta + m] \cdot [m + 2(m' - m)K_r - (2m' - 2m - \theta)K_r^2]$$

$$K_r = \frac{r}{H} = \frac{r_0}{H_0}$$

$$m' = \sqrt{1 + m^2}$$

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)。

D. 0. 3 实用经济断面应按下列步骤进行计算：

1 在已知渠道流量、渠道比降、渠道糙率的条件下，首先选定渠道断面上部直线段的边坡系数，并拟定坡脚圆弧半径与水深的比值。

2 应按本规范式(D. 0. 1-1)~(D. 0. 1-5)计算水力最佳断面条件下的水深、坡脚圆弧半径、过水断面面积、断面湿周、渠底水平段宽度。

3 当水力最佳断面的渠道宽深比需要进行调整时，可先拟定不同的实用经济断面与水力最佳断面的过水断面面积的比值，再用式(D. 0. 2-2)或表 D. 0. 3 得出渠底水平段宽度与水深的比值。

4 实用经济断面的水深应按下式计算：

$$H = \frac{(4 \sqrt{1 + m^2} - 4m - 2\theta)(K_r - 1)^2 + 2\theta + 2m}{(2\theta + 2m - 2 \sqrt{1 + m^2})K_r + 2 \sqrt{1 + m^2} + K_b} \cdot H_0 \cdot \alpha^{5/2} \quad (D. 0. 3)$$

5 应校核渠道流速是否满足不冲不淤的要求，并应通过比较，选定渠道的断面尺寸。

表 D.0.3 弧形坡脚梯形渠道实用经济断面渠底水平段宽度
与水深的比值

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
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 E 渠基的排水设施

E.0.1 当渠基未设砂、砾石置换层,且附近又无洼地时,可采取下列排水设施排水入渠:

1 由排水沟与渠底集水井组成的排水设施(图 E.0.1-1)。排水沟中可填砾石、碎石。集水井上应设逆止阀,其周围应作反滤处理。

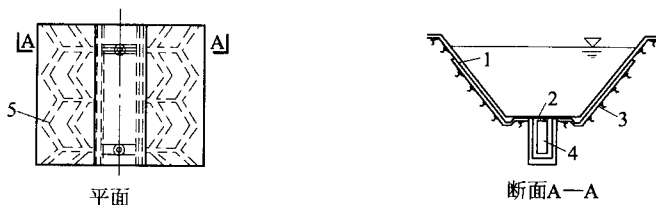


图 E.0.1-1 排水沟与集水井组合式排水

1—混凝土防渗板;2—塑料逆止阀;3—碎石卵石过滤层;

4—集水井;5—引水沟

2 由排水管、排水沟与渠坡渠底排水阀组成的排水设施(图 E.0.1-2)。逆止阀及排水沟(管)埋设的数量,可按表 E.0.1 选用。

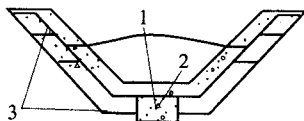


图 E.0.1-2 排水沟(管)和排水阀组合式排水

1—塑料逆止阀;2—排水沟(管);3—滤水砂砾料

表 E.0.1 排水管及底部排水沟的设置

边坡高度(m)	地下水高的透水性地基	地下水高的不透性地基
$H < 2.5$	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

注: H 为边坡高度。

E.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暗沟组成的排水设施(图 E.0.2-1)。集水管应采用带孔石棉水泥管、塑料管或混凝土管等。其管径应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。集水管周围应采取反滤措施。集水管宜设置在渠底中部,或分设两边坡脚。

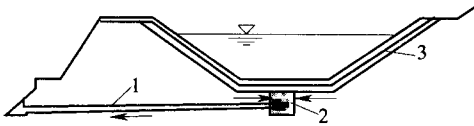


图 E.0.2-1 纵横向沟(管)组合式排水

1—排水暗沟;2—纵向排水管;3—垫层

可将纵向集水管从两个方向引向排水暗沟(图 E.0.2-2)。

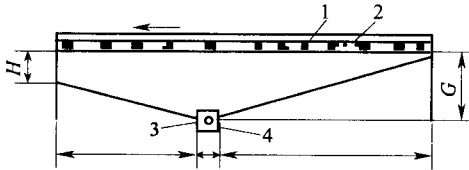


图 E.0.2-2 纵向集水管与排水暗沟的连接

1—护面;2—垫层;3—排水暗沟;4—连接井

纵向集水管的长度可按下列公式计算:

1 集水管与渠底比降方向相同时,可按下列公式计算:

$$L_1 = \frac{G-g}{i_g - i} \quad (\text{E.0.2-1})$$

2 集水管与渠底比降方向相反时,可按下式计算:

$$L_z = \frac{G-g}{i_g+i} \quad (\text{E. 0. 2-2})$$

式中: L_1 、 L_2 ——集水管的长度(m);

G 、 g ——集水管末端、首端距渠底垫层的深度(m);

i ——渠底比降;

i_g ——集水管底比降。

附录 F 伸缩缝填充和裂缝处理施工方法

F.0.1 刚性材料防渗结构伸缩缝填料和裂缝处理材料的配合比、制作方法,应符合下列要求:

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℃,另一锅应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,并应边倒边搅拌,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,但应避免与明火接触。

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

F.0.2 填筑伸缩缝应按下列方法进行施工:

1 应清除缝内的泥土、杂物。

2 填充沥青砂浆时,应将制备好的沥青砂浆向已清理干净 的缝中填塞,并应边填边用窄小的木板或小铁抹子填满压实抹光。如果采用预制沥青砂浆板条填充时,则应先将制备好的沥青砂浆倒入按伸缩缝尺寸制成的木模中,待冷却后,即预制成板条,填充时,应将预制板条填入伸缩缝中,板条与缝壁之间应用热沥青填塞密实。

3 填充石油沥青聚氨酯接缝材料时,宜先采用聚乙烯泡沫棒、泡沫板、木板或其他塑性材料等在缝底部做垫缝处理,然后再填充制备好的接缝材料,填充深度不应小于 2cm~3cm(小型渠道取小值,大型渠道取大值)。填充接缝材料时,可用灰刀或泥抹子

将接缝材料嵌入缝中,也可用专用的施胶或灌缝机将接缝材料打入缝中,填充好后应将缝面整平抹光。

4 缝下部填充石油沥青聚氨酯接缝材料,上部填筑沥青砂浆作为封盖材料时,应待下部填好的填料凝固后,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。

F.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 缝宽较大的大型渠道,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。

2) 将石油沥青聚氨酯接缝材料填入缝内,填压密实。

3) 填好缝 1d~2d 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 3cm~4cm 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 G 膜料接缝的方法和质量检查

C.1 膜料接缝方法

G.1.1 搭接法可用于大块膜料施工中的现场连接,或小型的膜料防渗渠道。搭接宽度不应小于 20cm。膜层应平整,层间应洁净,上游一幅应压下游一幅,缝口吻合应紧密。

G.1.2 聚氯乙烯、氯化聚乙烯、低密度聚乙烯、高密度聚乙烯等土工膜宜用热元件焊接法,也可采用下列方法:

1 电热楔焊接法。电热楔夹在两层被焊土工膜之间将膜加热,热楔向前移动时,两辊轮一起向前移动将两膜压合在一起(图 G.1.2)。两膜叠合宽度宜为 1.5cm,焊缝宽宜为 1.0cm~1.2cm。可焊接 0.2mm~2mm 的聚乙烯膜或聚氯乙烯膜,焊缝抗拉强度应为 12MPa 以上。焊接工效宜为 100m/h。当膜片厚度为 0.2mm~1.0mm 时,可用 ZPR 型焊接机。

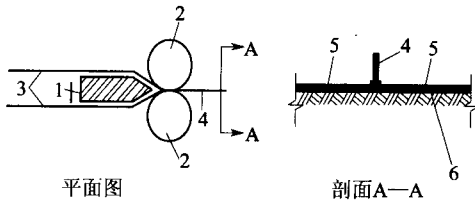


图 G.1.2 电热楔焊接法示意

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 电烙铁焊接法。把膜搭接 50mm~60mm,下垫木板或钢板,用电烙铁焊机沿缝移动,机中电烙铁将膜加热熔化,滚筒随着施压,使搭接的两片膜熔接成一体。焊接温度和移动速度应根据被焊膜的种类和厚度确定。宜用较为先进的自动调温热焊机。

G.1.3 聚氯乙烯膜可用聚氯乙烯胶或聚胺酯类胶(铁锚 101 胶或 902 胶)进行粘接。方法应为将聚氯乙烯膜边宽 5cm~8cm 用砂布打毛揩净,将铁锚 101 胶的甲、乙两组胶以 10:1~10:5 调和均匀,在刷毛的膜上涂布二遍,待第一遍胶稍干,再涂第二遍胶,呈风干状态时立即粘合,用滚筒压两遍,固化 24h。

G.1.4 复合式土工膜中的聚氯乙烯膜可用本规范第 G.1.3 条的方法粘接,两面的丙纶土工布可用 LDJ 246 氯丁橡胶粘接。应将土工布表面尘屑除干净,并应用酒精擦拭后,涂布 LDJ 246 胶两遍,待第一遍胶稍干,再涂第二遍胶,呈风干状态时立即粘合,然后滚压两遍,固化 12h。

G.1.5 聚乙烯膜可用 KS 热溶胶粘接。方法应为将胶水现场加热,膜下垫一块平木板,用一金属刮片将胶水涂抹在膜片上,然后用橡胶锤子敲击膜面,使两胶面充分结合。

G.1.6 油毡宜用热沥青或沥青玛蒂脂粘接。其粘接工艺与塑膜应相同。沥青玛蒂脂的沥青与矿粉的配合比应为 1:1~1:1.4。

C.2 膜料接缝的质量检查

G.2.1 焊缝应清晰、透明(呈玻璃态),并应无夹渣、气泡,应无漏点、熔点、焊缝跑边。粘接缝应透明,并应无两边相通的水晕状的胶水粘结痕。

G.2.2 采用充气加压检测双焊线接缝质量时,可向焊线之间的空腔充气,充气压力宜为 200kPa,充气长度宜为 50m~60m。充气后 10min~20min,焊缝不应漏气、脱开,压力应无明显下降,表明焊缝强度合格。漏气脱缝时,应补焊。

G.2.3 采用注水加压检测双焊线接缝质量时,应用 0.05MPa 压力水针在焊接双缝间注入彩色水,不漏水应为质量合格。

G.2.4 采用火化试验检测接缝质量时,应将金属丝放在缝内或放在其背后,试验用的金属刷应充高压电流(15kV~30kV),并应将金属刷沿焊缝移动,在焊缝漏焊处,金属丝与金属刷之间发生火

花。应记录发生火花的位置,并应补焊。

G.2.5 采用超声波检测接缝质量时,应沿焊缝发射超声波,应利用传感器测定发射波与反射波的时差。时差缩短时,应记录焊缝漏焊位置,并应补焊。

附录 H 渠道渗漏的静水法测验段 设置和成果整理

H.1 测验段的设置

H.1.1 测验段长度应根据注水条件、渠道大小及其纵坡与渗漏情况等确定。测验段长度宜为 30m~50m,渠道断面越大,测验段应越长。

测验段长度应符合下式的要求:

$$\frac{2(h_2 - h_1)}{h_2 + h_1} \times 100\% \leq 10\% \quad (\text{H.1.1})$$

式中: h_1 ——测验段首端水深(m);

h_2 ——测验段末端水深(m)。

H.1.2 测验水位应按下列要求确定:

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,从渠道设计水位或经常过流水位开始,到水位降至 $1/6 \sim 1/8$ 测验段中间水深时应停测。

H.1.3 测验段整修应符合下列要求:

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、均匀一致。

3 渠堤顶排水应良好,不应允许雨水流入测验段。

H.1.4 横隔堤及渗漏平衡区(图 H.1.4),应按下列要求修建:

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,应插入土基 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应用黏土填塞夯实。

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,中间夯填土应作夹层。夹层厚度应按不发生渗漏变形的允许水头坡降确定,并不应小于 1.0m。

4 渗漏平衡区外侧隔堤可用黏土夯筑,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测验渠段水深的 5 倍。

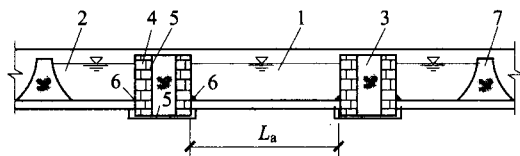


图 H.1.4 测验段纵断面

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

H.1.5 测验段测量及描述,应符合下列要求:

1 渠宽测量可将测验段由上游向下游分为 10 等份。并应以测验段中间水深为准,将渠坡按水深分成几层等等距点,分别测量各高程各等距点的渠道宽度,求出渠道各高程的平均宽度。

2 测量测验段长度时,应丈量两端隔堤间相同高程对应位置点的距离,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 测验段描述应按本规范表 H.2.9-10 填写。

H.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,应符合下列要求:

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。水位测尺最小刻度应为毫米,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,应与水平面成一定夹角倾斜安设,水尺零点一端应固定在渠底上,另一端应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,应为水位垂直变化数。

3 水尺的底座和固定物应稳固,并应保证测验期间水尺不下沉、不移位、不摆动。

4 水面不平稳,不能保证水位尺读数至毫米时,应设置观测井。观测井与测验段应用连通管连通,测井的面积宜为 0.1m^2 。连通管截面积不应小于测井面积的 10%。测井水位应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。水位观测筒应采用直径不小于 30cm、设有透水孔、无底的筒。

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,器口应水平,离地面高应为 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,也可采用口径 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。具体方法应按现行行业标准《水面蒸发观测规范》SD 265 的有关规定执行。

H. 2 测验成果的整理

H. 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(图 H. 2. 1)。渠道充水以后到渗漏强度稳定以前的时段应为初渗阶段;渗漏强度达到某一稳定值以后的时段应为稳渗阶段。

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。

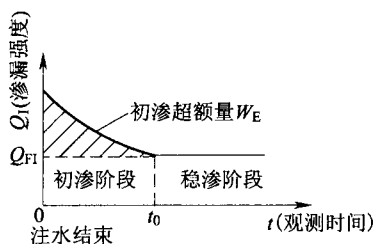


图 H. 2. 1 渗漏阶段划分

H. 2. 2 观测时段内,测验段单位长度水体的变化量可按下列要求计算:

1 恒水位测验采用水位下降法进行观测时,可按下式计算;采用称量法计算时,可用测验段各观测时段所添加的水量除以测验段长度:

$$\Delta W_{\text{BI}} = B_w \Delta h \quad (\text{H. 2. 2-1})$$

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_w ——测验段的水面宽度,取渠道水面宽度的多点测量平均值(m);

Δh ——观测时段水深变化量,即加水前、后水位差值(mm)。

2 变水位测验采用水位下降法时,可按下式计算;采用称量法时,计算方法应采用本条第 1 款的规定:

$$\Delta W_{\text{BF}} = B_w \Delta h \quad (\text{H. 2. 2-2})$$

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_w ——测验段的水面宽度,取观测时段开始和终止相应的渠道水面平均宽度(m)。

H. 2.3 观测时段进入测验段的降雨量和蒸发量应按下列要求计算:

1 小雨渠坡不产生径流时,可按下列式计算:

$$I = pB_w \Delta t \quad (\text{H. 2. 3-1})$$

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,可按下列式计算:

$$I = pB \Delta t \quad (\text{H. 2. 3-2})$$

式中: B ——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,可按下列式计算:

$$E = eB_w \Delta t \quad (\text{H. 2. 3-3})$$

式中: E ——测验段单位长度水面蒸发量(L/m);

e ——观测时段内平均水面蒸发强度(mm/h)。

H. 2.4 观测时段中测验段的渗漏量应按下列要求计算:

1 恒水位测验,应按下列式计算:

$$\Delta W_I = \Delta W_{BI} + I - E \quad (\text{H. 2. 4-1})$$

式中: ΔW_I ——测验段单位长度的稳定渗漏量(L/m)。

2 变水位测验,应按下列式计算:

$$\Delta W_F = \Delta W_{BF} + I - E \quad (\text{H. 2. 4-2})$$

式中: ΔW_F ——测验段单位长度稳定渗漏量(L/m)。

H. 2.5 恒水位测验各观测时段的渗漏强度应按下列要求计算:

1 初渗阶段时渗漏强度应按下列式计算:

$$Q_i = \frac{\Delta W_i}{\chi \Delta t} \quad (\text{H. 2. 5-1})$$

式中： Q_i ——初渗阶段各观测时段在恒水位时的渗漏强度[L/($\text{m}^2 \cdot \text{h}$)]。

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：

$$Q_{F1} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Q_{li}}{10} \quad (\text{H. 2. 5-2})$$

式中： Q_{F1} ——恒水位测验的稳渗强度[L/($\text{m}^2 \cdot \text{h}$)]；

Q_{li} ——测验段入渗稳定后，连续 10 次观测满足本规范 9. 2. 7 规定的第 i 次渗漏强度[L/($\text{m}^2 \cdot \text{h}$)]。

H. 2. 6 变水位测验，各观测时段的稳渗强度应按下式计算：

$$Q_F = \frac{\Delta W_F}{\bar{\chi} \Delta t} \quad (\text{H. 2. 6})$$

式中： Q_F ——测验段在不同水深时的稳渗强度[L/($\text{m}^2 \cdot \text{h}$)]；

$\bar{\chi}$ ——测验时段开始和终止时的渠道平均湿周(m)。

H. 2. 7 初渗超额量应按下列要求的计算：

1 采用称量法观测时，可按下式计算：

$$W_E = \sum_{i=1}^{n_1} (Q_{li} - Q_{F1}) \Delta t_i \quad (\text{H. 2. 7-1})$$

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/($\text{m}^2 \cdot \text{h}$)]；

Q_{F1} ——测验第 i 个观测时段内不同水深的稳渗强度[L/($\text{m}^2 \cdot \text{h}$)]；

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:

$$W_E = \sum_{i=1}^{n_1} (Q_{li} - Q_{Fi}) \Delta t_i + \sum_{j=1}^{n_2} (Q_{lj} - Q_{Fj}) \Delta t_j \quad (\text{H. 2. 7-2})$$

式中: Q_{lj} ——初渗阶段第 j 个加水时段的渗漏强度,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 $[L/(m^2 \cdot h)]$;

Δt_j ——第 j 个加水时段长度(h);

n_2 ——初渗阶段总加水时段数。

H. 2. 8 成果的回归检验应按下列要求进行:

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:

$$Q_F = Ch^D \quad (\text{H. 2. 8})$$

式中: Q_F ——稳渗强度值 $[L/(m^2 \cdot h)]$;

h ——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,可一起进行回归计算。

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,同时应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,满足相关检验要求时,可代表该类型渠道的渗漏规律。

H. 2. 9 观测记录及计算应符合表 H. 2. 9-1~表 H. 2. 9-10 的规定。

表 H. 2. 9-1 降雨量观测记录

渠名

测验段编号

日期	降雨时段			降雨量(mm)			降雨强度 $p(\text{mm}/\text{h})$	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

表 H. 2. 9-2 蒸发量观测记录

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 $e(\text{mm}/\text{h})$
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

表 H. 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				测验水深 计算值 $h(\text{mm})$	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 (mm)	首尺 (mm)	末尺 (mm)	变化 量 (mm)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	$(9) = [(2) - (6)] \times K$	$(10) = (3) - (7)$	$(11) = (4) - (8)$	(12)	$(13) = [(2) + (6)] \times K / 2$	$(14) = (12) \times \text{水面宽}$

观测人

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。

- 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。
- 第(13)栏测验水深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 H. 2. 9-4 恒水位称量法记录

渠名			测验段编号							测验日期		
加水后水深			加水前水深			补加水重			加水前后水深变化量 Δh (mm)	测验水深计算值 h (mm)	每米渠长水体变化量 ΔW_{B1} (kg)	
观测时间	斜尺 (mm)	首尺 (mm)	末尺 (mm)	斜尺 (mm)	首尺 (mm)	末尺 (mm)	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) - (5)] $\times K$	(12) = [(2) + (5)] $\times K/2$	(13) = (10) / 测段长度

观测人

- 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,无需进行记录。
- 第(2)栏中 K 值,当斜尺倾角为 14.5° 取 0.25; 30° 取 0.5。读数以斜尺为准,首尺、末尺读数供校核使用。
 - 第(12)栏测验水深计算 h 应等于加水后水深和加水前水深的平均值,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 H. 2. 9-5 恒水位初渗及稳渗强度计算

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 (L)	每米渠长 渗漏量 $\Delta W_i = \Delta W_{Bi}$ $+ I - E$ (L)	相应于 测验 水深的 湿周 χ (m)	观测时段 渗漏强度 Q_{li} [L/(m ² · h)]	加水时段 渗漏强度 Q_{lj} [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 H. 2. 9-3 第(1)栏和第(5)栏;对于称量法取自表 H. 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_j 第(4)栏 ΔW_{Bi} 无观测值。加水时段渗漏强度 Q_{lj} , 取与其相邻的两次观测时段渗漏强度 Q_{li} 的平均值。
- 3 第(4)栏 ΔW_{Bi} 取自表 H. 2. 9-3 或表 H. 2. 9-4; 第(5)栏根据表 H. 2. 9-1 计算得到; 第(6)栏根据表 H. 2. 9-2 计算得到。

表 H. 2. 9-6 初渗超额量计算

渠名		测验段编号		测验日期	
观测时间	观测时段的 Q_{li} 或加水时段的 Q_{lj} [L/(m ² · h)]	观测时段 Δt_i 或加水时段 Δt_j (h)	恒水位稳渗强度 Q_{Fi} [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 Q_{Fi} 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 H. 2. 9-5 第(9)栏与第(10)栏。第(3)栏取自表 H. 2. 9-5 第(2)栏与第(3)栏。

表 H. 2. 9-7 变水位水位下降法记录及计算

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 (mm)	相邻两水面宽度平均值 B_w (m)	相邻两水深变化量 Δh (mm)	每米渠长水体变化量 ΔW_{1st} (L)	每米渠长降雨量 I (L)	每米渠长蒸发量 E (L)	每米渠长稳渗量 $\Delta W_F = \Delta W_{1st} + I - E$ (L)	观测时段 Δt (h)	相邻两水深相应的平均湿周 $\bar{\chi}$ (m)	变水位稳渗强度 $Q_F = \Delta W_F / (\Delta \bar{\chi} / [L / (cm^2 \cdot h)])$	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 每米渠长降雨量 I 和蒸发量 E 的计算见表 H. 2. 9-5 注 3。

- 2 第(6)栏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 II. 2. 9-8 变水位称量法记录及计算

观测时间	渠名			测试段编号			测试日期												
	加水前(加水后)			加水前(加水后)水深平均值 h (mm)	加水前(加水后)水深平均值 B_w (m)	补加水量		每米渠长水体变化量 $W_{\text{补}}(\text{kg})$	每米渠长降雨量 $I(\text{kg})$	每米渠长蒸发量 $E(\text{kg})$	每米渠长稳定量 $\Delta W_{\text{补}} = I - E$ (kg)	观测时段 Δt (h)	相应于水深平均值的湿周 $\lambda(\text{m})$	变水位稳定强度 $Q_t = \Delta W_{\text{补}} / (\Delta t \lambda) [\text{kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h})]$					
	斜尺水深(mm)	折算斜尺水深(mm)	水尺读数			加水次数	每次加水重(kg)								加水总重(kg)				
(1)	(2)	(2) × K	(3) = (2) × (4)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11) = (11) / (9) × (10)	(12) = (11) / 试段长度	(13)	(14)	(15) = (12) + (13) - (14)	(16)	(17)	(18) = (15) / [(16) × (17)]	

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 。
 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 计算所用水面宽度应采用第(8)栏数值。

表 H. 2. 9-9 变水位稳渗强度曲线回归计算

渠名

测验段编号

测验日期

序号	h (m)	$T = \lg h$	T^2	Q_F [L/ ($m^2 \cdot$ h)]	$M = \lg Q_F$	m^2	MT	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	$\bar{T} = \frac{\sum T}{n}$ $M = \frac{\sum M}{n}$
								$Q_F = Ch^D$ 式中 $C = 10^{(\bar{M} - D\bar{T})}$
								$D = \frac{\sum(M \cdot T) - \frac{1}{n} \sum M \cdot \sum T}{\sum T^2 - \frac{1}{n} (\sum T)^2}$
								相关系数 R $R = \frac{\sum(M \cdot T) - \frac{1}{n} \sum M \cdot \sum T}{\sqrt{[\sum T^2 - \frac{1}{n} (\sum T)^2] \cdot [\sum M^2 - \frac{1}{n} (\sum M)^2]}}$

注:1 第(2)栏、第(5)栏取自表 H. 2. 9-7、H. 2. 9-8。

2 n 为数组数, R 为回归相关系数。

表 H. 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_{F1} [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 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 J 渠道动水法测渗的流量、误差 及渗漏水量的计算

J.0.1 一条测速垂线上有 1 至 5 个测点时,测速垂线上的平均流速应按下列公式计算:

五点法:

$$\bar{V} = \frac{1}{10}(V_{0.0} + 3V_{0.2} + 3V_{0.6} + 2V_{0.8} + V_{1.0}) \quad (\text{J.0.1-1})$$

三点法:

$$\bar{V} = \frac{1}{3}(V_{0.2} + V_{0.6} + V_{0.8}) \quad (\text{J.0.1-2})$$

$$\bar{V} = \frac{1}{4}(V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8}) \quad (\text{J.0.1-3})$$

二点法:

$$\bar{V} = \frac{1}{2}(V_{0.2} + V_{0.6}) \quad (\text{J.0.1-4})$$

一点法:

$$\bar{V} = V_{0.6} \quad (\text{J.0.1-5})$$

式中: \bar{V} ——测速垂线上的平均流速(m/s);

$V_{0.0}, V_{0.2}, V_{0.6}, V_{0.8}, V_{1.0}$ ——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 及渠底附近测点的流速(m/s)。

J.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(图 J.0.2)。流量计算应符合下列要求:

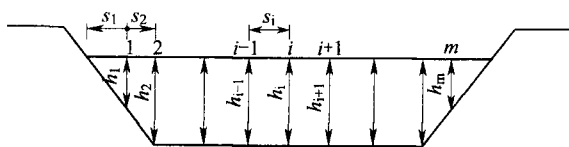


图 J.0.2 渠道测速垂线位置

1 两测速垂线之间过水断面上的流量应按下式计算：

$$Q_i = \frac{\bar{V}_i + \bar{V}_{i-1}}{2} \cdot \frac{h_i + h_{i-1}}{2} \cdot S_i \quad (\text{J.0.2-1})$$

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 J.0.2 中测速垂线 1 至岸边为例，应按下列式计算：

$$Q_1 = \alpha \cdot \bar{V}_1 \cdot \frac{h_1 S_1}{2} \quad (\text{J.0.2-2})$$

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 ——折算系数，取 0.67~0.75。

J.0.3 测试结果的误差分析应按以下步骤进行：

1 上下两个测试断面中每个断面，经过 n 次 ($n > 10$) 测试后，测试值标准差的估计值可按下列式计算：

$$S_Q = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (\text{J.0.3-1})$$

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} —— n 次测试流量的均值 (m^3/s)。

2 对 n 次测试结果逐项检查,当某一项测试值符合下式要求时,应认为该项结果具有伪误差性质,并应予以剔除,剔除之后应重新计算保留的各项测试值的样本标准差:

$$|Q_i - \bar{Q}| > 3S_Q \quad (\text{J. 0. 3-2})$$

3 对剔除检验后保留的结果数值,应按下式计算在置信水平 $1 - \alpha = 0.95$ 条件下一个断面流量的随机不确定度:

$$\Delta_1 = \frac{t_{\alpha/2}(n-1) \frac{S_Q}{\sqrt{n}}}{\bar{Q}} \times 100 \quad (\text{J. 0. 3-3})$$

式中: $t_{\alpha/2}(n-1)$ —— t 分布数值,可查表 J. 0. 3。

表 J. 0. 3 t 分布数值

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

4 当断面流量的随机不确定度小于或等于 5% 时,可认为测试流量的均值是该断面的流量,当断面流量的随机不确定度大于 5% 时,应加大测试次数。

5 满足本条第 1~4 款要求的上断面流量均值及下断面流量均值的差值应为测试渠段的渗漏水量。

J. 0. 4 水源有条件实现较长期的稳定时,可加大测试次数,并按下式计算两个断面流量差的随机不确定度,宜按两个断面流量差的随机不确定度小于或等于 10% 确定测试次数。

$$\Delta_2 = \frac{U_{\alpha/2} \sqrt{\frac{S_1^2}{m} + \frac{S_2^2}{n}}}{\bar{Q}_1 - \bar{Q}_2} \times 100 \quad (\text{J. 0. 4-1})$$

$$\bar{Q}_1 = \sum_{i=1}^m Q_{1i} / m \quad (\text{J. 0. 4-2})$$

$$\bar{Q}_2 = \sum_{i=1}^n Q_{2i} / n \quad (\text{J. 0. 4-3})$$

$$S_1^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Q_{1i} - \bar{Q}_1)^2 \quad (\text{J. 0. 4-4})$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_{2i} - \bar{Q}_2)^2 \quad (\text{J. 0. 4-5})$$

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。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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

- 《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288
《通用硅酸盐水泥》GB 175
《土工合成材料 聚乙烯土工膜》GB/T 17643
《土工合成材料 聚氯乙烯土工膜》GB/T 17688
《高分子防水材料第一部分片材》GB 18173.1
《水利水电工程边坡设计规范》SL 386
《水工建筑物抗冰冻设计规范》SL 211
《土工试验规程》SL 237
《水利水电工程质量检验与评定规程》SL /176
《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/T 235
《降水量观测规范》SL 21
《水面蒸发观测规范》SD 265
《水工混凝土施工规范》DL/T 5144
《水工混凝土掺用粉煤灰技术规范》DL/T 5055
《水工碾压式沥青混凝土施工规范》DL/T 5363
《水工混凝土试验规程》DL/T 5150
《水工混凝土外加剂技术规范》DL/T 5100
《水工混凝土施工规范》DL/T 5144
《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411
《水工混凝土钢筋施工规范》DL/T 5169
《水电水利工程模板施工规范》DL/T 5110
《公路沥青路面施工技术规范》JTGF 40