▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！
水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

SL

中华人民共和国水利水电行业标准

P　　SL 18—91

渠道防渗工程技术规范

1991—09—26 发布　　1991—12—01 实施

中华人民共和国水利部　发布

网易 Netease　企业应用事业部（IVP）　ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

中华人民共和国水利水电行业标准

渠道防渗工程技术规范

SL 18—91

主编部门：中华人民共和国水利部农村水利水土保持司、科技教育司
中华人民共和国能源部、水利部水利水电规划设计总院
批准部门：中华人民共和国水利部
实施日期：1991 年 12 月 1 日

中华人民共和国水利部
关于发布《渠道防渗工程技术规范》SL 18—91 的通知

水农水[1991]14 号

为统一渠道防渗工程技术标准，满足渠道防渗工程设计、施工和管理工作的需要，由部农村水利水土保持司、科技教育司和水利水电规划设计总院共同委托西北水利科学研究所、陕西省水利水土保持厅、湖南省水利水电厅主编的《渠道防渗工程技术规范》，经部审定，现批准为中华人民共和国水利水电行业标准，其名称与编号为：《渠道防渗工程技术规范》SL 18—91。自 1991 年 12 月 1 日起施行。

各单位在执行过程中有何意见，请随时函告主编单位和部农村水利水土保持司，并由该司负责解释。该《规范》由水利电力出版社负责出版发行。

1991 年 9 月 26 日

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

本规范用词说明

执行本规范条文时，对要求严格程度的用词作如下规定，以便执行时区别对待：

1.表示很严格，非这样作不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2.表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3.对表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样作的用词：

正面词采用“宜”或“可”；反面词采用“不宜”或“不可”。

目　　次

第一章　总则 …… (5)
第二章　基本规定 …… (5)
　第一节　设计 …… (5)
　第二节　施工 …… (9)
第三章　土料防渗 …… (11)
　第一节　设计 …… (11)
　第二节　施工 …… (12)
第四章　水泥土防渗 …… (13)
　第一节　设计 …… (13)
　第二节　施工 …… (13)
第五章　砌石防渗 …… (14)
　第一节　设计 …… (14)
　第二节　施工 …… (14)
第六章　膜料防渗 …… (16)
　第一节　材料选择 …… (16)
　第二节　设计 …… (16)
　第三节　施工 …… (18)
第七章　沥青混凝土防渗 …… (18)
　第一节　沥青混凝土配合比设计 …… (18)
　第二节　防渗体设计 …… (19)
　第三节　防渗体施工 …… (19)
第八章　混凝土防渗 …… (21)
　第一节　混凝土标号及配合比设计 …… (21)
　第二节　防渗层设计 …… (23)
　第三节　防渗层施工 …… (24)

网易 Netease　企业应用事业部(IVP)　ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

第九章　防渗渠道的冻胀防治 …… (25)
第一节　一般规定 …… (25)
第二节　冻胀变形安全性的验算 …… (26)
第三节　防治冻胀的措施 …… (26)
第十章　测验 …… (28)
第一节　渗漏测验 …… (28)
第二节　变形测验 …… (30)
第三节　冻胀测验 …… (31)
第十一章　管理 …… (32)
附录一　各种防渗材料的技术要求 …… (33)
附录二　各种防渗材料的防渗效果及适用条件 …… (35)
附录三　防渗渠道的断面形式、尺寸、水力计算及混凝土防渗层的结构型式 …… (36)
附录四　埋铺式膜料防渗渠道素土渠基铺膜基槽的断面形式 …… (40)
附录五　膜料防渗渠道土保护层边坡稳定的计算方法 …… (42)
附录六　刚性材料防渗层伸缩缝填料和裂缝处理材料的配合比、制作及施工方法 …… (44)
附录七　渠道防渗工程渠基的排水设施 …… (45)
附录八　膜料接缝的处理方法 …… (46)
附录九　渠道渗漏的静水法测验段设置和成果整理 …… (47)
第一节　测验段设置 …… (47)
第二节　测验成果整理 …… (49)
附加说明 …… (57)

网易 Netease　企业应用事业部（IVP）　ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

第一章 总 则

第 1.0.1 条 为统一渠道防渗工程的技术标准，提高设计、施工、测验和管理水平，提高水的利用率，充分发挥工程效益，特制定本规范。

第 1.0.2 条 本规范适用于农田灌溉、发电引水、供水和排污等渠道防渗工程。

第 1.0.3 条 本规范包括土料、水泥土、砌石、膜料、沥青混凝土、混凝土等六种材料渠道防渗工程的设计、施工、测验和管理等有关技术规定，各种材料的技术要求详见附录一。其中灰土、三合土、四合土、水泥土宜用于温和地区的渠道防渗工程。

第 1.0.4 条 渠道防渗工程应贯彻因地制宜、就地取材的原则。并满足如下技术要求：

一、渠道防渗工程设计，应掌握渠道的基本情况、收集有关文件资料，通过技术经济论证，力求技术先进、经济合理、经久耐用、运用安全、管理方便。

二、渠道防渗工程建设，应严格执行国家规定的建设管理程序，宜与渠道其他工程项目同时设计和施工。

三、渠道防渗工程必须保证施工质量，满足防渗设计要求。

四、渠道防渗工程应加强管理，保证设计使用年限，提高效益。

第 1.0.5 条 渠道防渗工程除执行本规范外，还应符合农田水利、发电引水、供水和排污等渠道工程有关规范、规程的规定。

第二章 基本规定

第一节 设 计

第 2.1.1 条 渠道防渗工程的规划设计，应满足灌区总体布置要求。并结合当地的地形、土壤、气温、地下水位等自然条件；渠道的大小、耐久性、防渗性等工程要求；水资源供需、地表水和地下水结合运用的情况；社会经济、生态环境等因素，进行技术经济论证，确定是否需要防渗，以及防渗工程的规模与范围。各种防渗材料可参照附录二选用。

第 2.1.2 条 确定渠道防渗工程方案时，可参照附录二要求的防渗效果标准，并以此评价施工质量。

第 2.1.3 条 防渗渠道的地基应稳定。新建渠道选线时，应尽量避开冻胀性、湿陷性、膨胀性地基，以及有可溶盐类、裂隙、溶洞、滑坡体和地下水位高的不良地段。

第 2.1.4 条 防渗渠道断面形式有矩形、梯形（包括弧形底梯形、弧形坡脚梯形）、U 形和复合形；无压暗渠可选用城门洞形、箱形、正反拱形和圆形。详见附录三。

第 2.1.5 条 防渗渠道的断面尺寸应通过水力计算确定。梯形、矩形断面渠道宜选择实用经济断面。地下水位较高或有防冻要求时，可采用宽浅式断面。一般混凝土等刚性材料防渗渠道的宽深比为 1～2；素土夯实防渗渠道和素土保护层膜料防渗渠道的宽深比为 1～4。U 形、弧形底梯形和暗渠的断面尺寸，可按附录三计算选定。

第 2.1.6 条 防渗材料的配合比应经过试验确定。素土试验可按《土工试验规程》SD 128—84 进行；灰土及水泥土试验可按水泥土材料试验方法进行；砂砾、石料、砂浆、混凝土、三合土可按《水工混凝土试验规程》SD 105—82 进行；沥青砂浆、沥青玛蹄脂、沥青混凝土可按水工沥青混凝土试验方法和沥青材料及沥青乳液试验方法进行。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

第 2.1.7 条 梯形和复合形防渗渠道的最小边坡系数，宜按下列要求计算或选定：

一、堤高超过 3 m 或地质条件复杂的填方渠道；堤岸为高边坡的深挖方渠道；和大型的素土、粘砂混合土防渗渠道的最小边坡系数，应通过边坡稳定分析计算确定。

二、大、中型渠道土保护层膜料防渗渠道的最小边坡系数，宜按附录五通过分析计算确定，或按表 2.1.7—2 选用。

三、水泥土、砌石、混凝土、沥青混凝土等刚性材料防渗渠道，以及用这些材料作保护层的膜料防渗渠道的最小边坡系数，可按表 2.1.7—1 选用。

表 2.1.7—1 刚性材料防渗渠道的最小边坡系数

防渗材料类别	渠基土质类别	渠道设计水深(m)											
		<1			1～2			2～3			>3		
		挖方	填方		挖方	填方		挖方	填方		挖方	填方	
		内坡	内坡	外坡	内坡	内坡	外坡	内坡	内坡	外坡	内坡	内坡	外坡
混凝土、砌石、水泥土、灰土、三合土、四合土，以及以上述材料作为保护层的膜料防渗	稍胶结的卵石	0.75	—	—	1.00	—	—	1.25	—	—	1.50	—	—
	夹砂的卵石或砂土	1.00	—	—	1.25	—	—	1.50	—	—	1.75	—	—
	粘土、重壤土、中壤土	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.00	1.50	1.50	1.25
	轻壤土	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	1.50
	砂壤土	1.25	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.75	1.75	1.50

表 2.1.7—2 土保护层膜料防渗渠道的最小边坡系数

保护层土质类别	渠道设计流量(m^3/S)			
	<2	2～5	5～20	>20
粘土、重壤土、中壤土	1.50	1.50～1.75	1.75～2.00	2.25
轻 壤 土	1.50	1.75～2.00	2.00～2.25	2.50
砂 壤 土	1.75	2.00～2.25	2.25～2.50	2.75

第 2.1.8 条 防渗渠道的糙率，可按表 2.1.8 选用；砂砾石保护层膜料防渗渠道的糙率，可按式(2.1.8)计算确定。

$$n = 0.028\, d_{50}^{0.1667} \tag{2.1.8}$$

式中 n——砂砾石保护层的糙率；

d_{50}——砂砾石重 50 %通过时的筛孔直径，mm。

第 2.1.9 条 除埋铺式膜料防渗渠道可不设防渗层超高外，其它材料的防渗层超高和渠堤超高应符合《灌溉排水渠系设计规范》SDJ 217—84 的规定。

第 2.1.10 条 防渗渠道的允许不冲流速，可按表 2.1.10 选用。

第 2.1.11 条 防渗渠道的不淤流速可根据经验公式计算。黄土地区渠道的不淤流速可按《灌溉排水渠系设计规范》SDJ 217—84 附录十一挟沙能力的公式计算选用。

第 2.1.12 条 刚性材料渠道防渗层应设置伸缩缝。伸缩缝的间距可按表 2.1.12 选用；伸缩缝形式参见图 2.1.12。伸缩缝宜用粘结力强、变形性能大、耐老化的材料，如焦油塑料胶泥填筑，

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

或缝下部填焦油塑料胶泥，上部用沥青砂浆或水泥砂浆填筑；有特殊要求的伸缩缝，宜采用塑料止水带等材料处理。其中三合土、四合土和水泥土伸缩缝填料的技术要求可适当降低。刚性材料渠道防渗层伸缩缝填料的配合比见附录六。

表 2.1.8 不同材料防渗渠道的糙率

防渗材料类别	防渗渠道表面特征	糙率（n）
素土、粘砂混合土	平整顺直，养护良好	0.0225
	平整顺直，养护一般	0.0250
	平整顺直，养护较差	0.0275
灰土、三合土、四合土	平整，表面光滑	0.0150～0.0170
	平整，表面较粗糙	0.0180～0.0200
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
水泥土	平整，表面光滑	0.0140～0.0160
	平整，表面粗糙	0.0160～0.0180
砌石	浆砌料石、石板	0.0150～0.0230
	浆砌块石	0.0200～0.0250
	干砌块石	0.0250～0.0330
	浆砌卵石	0.0230～0.0275
	干砌卵石，砌工良好	0.0250～0.0325
	干砌卵石，砌工一般	0.0275～0.0375
	干砌卵石，砌工粗糙	0.0325～0.0425
混凝土	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

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 2.1.10 防渗渠道的允许不冲流速

防渗渠道类别	防渗材料名称及施工情况	允许不冲流速(m/s)
土料	轻壤土	0.60～0.80
	中壤土	0.65～0.85
	重壤土	0.70～1.00
	粘土、粘砂混合土	0.75～0.95
	灰土、三合土、四合土	<1.00
土保护层膜料	砂壤土、轻壤土	<0.45
	中壤土	<0.60
	重壤土	<0.65
	粘土	<0.70
	砂砾料	<0.90
水泥土	现场浇筑施工	<2.50
	预制铺砌施工	<2.00
沥青混凝土	现场浇筑施工	<3.0
	预制铺砌施工	<2.00
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

注 表中土料防渗及土保护层膜料防渗的允许不冲流速为水力半径 $R=1$ m时的情况。当 $R\neq1$ m时，表中的数值应乘以 R^{a}。砂砾石、卵石、疏松的砂壤土和粘土 $a=1/3\sim1/4$；中等密实的砂壤土、壤土和粘土 $a=1/4\sim1/5$。

表 2.1.12 防渗渠道的伸缩缝间距

防渗渠道类别	防渗材料和施工情况	纵向伸缩缝间距(m)	横向伸缩缝间距(m)
土料	灰土、现场浇筑	5	3～5
	三合土或四合土，现场浇筑	8	4～6
水泥土	塑性水泥土，现场浇筑	4	2～4
	干硬性水泥土，现场浇筑	5	3～5
砌石	浆砌石	只设置沉降缝	
沥青混凝土	沥青混凝土，现场浇筑	8	4～6
混凝土	钢筋混凝土，现场浇筑	8	6～8
	素混凝土，现场浇筑	5	3～5
	素混凝土，预制铺砌	8	6～8

注：①膜料防渗不同材料保护层的伸缩缝间距同本表。

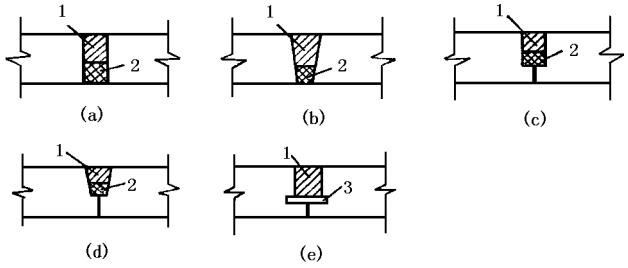
②当渠道为软基或地基承载力明显变化时，浆砌石防渗层宜设置沉降缝。

第 2.1.13 条 水泥土与混凝土预制板和浆砌石，应用水泥砂浆或水泥混合砂浆砌筑，水泥砂

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

浆勾缝；沥青混凝土预制板宜采用沥青砂浆或沥青玛蹄脂砌筑。砌缝宜用梯形或矩形缝，缝宽 1.5～2.5 cm。



(a)矩形缝；(b)梯形缝；(c)矩形半缝；
(d)梯形半缝；(e)塑料止水带
1—沥青砂浆；2—焦油塑料胶泥；3—塑料止水带

图 2.1.12 刚性材料防渗层伸缩缝形式

第 **2.1.14** 条 防渗渠道在边坡防渗层顶部应设置水平封顶板，其宽度为 15～30 cm。当防渗层下有砂砾石换填层时，封顶板宽度应大于二者之和的 10 cm；当防渗层高度小于渠深时，应将封顶板嵌入渠堤。

第 **2.1.15** 条 对地下水位高于渠底的刚性材料的渠道防渗工程和埋铺式膜料防渗渠道，为消释地下水对防渗层的顶托，和削弱其引起的冻胀破坏，应按附录七在渠基设置排水设施。

第二节 施 工

第 **2.2.1** 条 渠道防渗工程施工前，应进行施工组织设计，并作好如下准备工作：

一、应根据设计选好防渗材料和施工方法；作好堆料场、拌和场和预制场等施工场地的布置；以及风、水、电、道路和机具设备的准备工作。

二、应对试验和施工的设备进行检测与试运转。如不符合要求，应予更换或调整。

三、应先作好永久性排水设施和必要的临时性排洪、排水设施，防止洪水等流入基槽。

第 **2.2.2** 条 应根据设计测量放线，进行渠道基槽的挖、填和修整，清除防渗工程范围内的树根、淤泥、腐殖土和污物；严格控制渠道基槽断面的高程、尺寸和平整度，其偏差值应满足表 2.2.2 的要求。

表 **2.2.2** 渠槽断面的允许偏差值

项目	允许偏差值(cm)	
	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)	+(5～10)
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 2 m 直尺检查)	±(2～3)	凸不大于 3 凹不大于 10

注 大、中型渠道应符合大值要求；小型渠道应符合小值要求。

第 **2.2.3** 条 渠道地基出现以下情况时，应按下列方法处理：

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

一、弱湿陷性地基和新建过沟填方渠道，可采用浸水预沉法处理。沉陷稳定的标准为连续 5 日内的日平均下沉量小于 1.0～2.0 mm。

二、强湿陷性地基，可采用深翻回填渠基、设置灰土夯实层、打孔浸水重锤夯压或强力夯实等方法处理。

三、傍山、黄土塬边渠道，可采用灌浆法填堵裂缝、孔隙和小洞穴。灌浆材料可选用粘土浆或水泥粘土浆。灌浆的各项技术参数宜经过试验确定。对浅层窑洞、墓穴和大孔洞，可采用开挖回填法处理。

四、对软弱土、膨胀土和冻胀量大的地基，可采用换填法处理。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。

五、膜料、沥青混凝土防渗渠道，必要时，应在渠基土中加入灭草剂进行灭草处理，并回填、夯实、修整成型后，方可铺砌。

六、改建防渗渠道的地基，应特别注意渠坡新、老土的结合。填筑时，应将老渠坡挖成台阶状，再在上面夯填新土，整修成设计要求的渠道断面。

第 2.2.4 条 施工过程中，对原材料要分期分批取样检验。使用材料的配合比，应随时抽检复查。施工中的各道工序，应严格检查验收，前一工序未验收合格，不得进行下一工序。施工中各种材料的称量偏差值，应满足表 2.2.4 的要求。

表 2.2.4 材料称量的允许偏差值

材料类别及名称	沥青砂浆、沥青玛瑞脂、沥青混凝土				土料、水泥土、砂浆、混凝土						
	沥青	矿粉	细骨料	粗骨料	水	外加剂	石灰	土	水泥	砂	石
称量允许偏差值(%)	±0.5	±1.0	±2.0	±2.0	±2.0	±1.0	±3.0	±5.0	±2.0	±3.0	±3.0

第 2.2.5 条 大、中型渠道防渗工程施工前，应按下列方法进行试验性施工：

一、按设计配合比称料拌和，检验配合比是否合理实用。

二、进行铺筑试验，确定铺筑厚度和机具振压的有关参数。

第 2.2.6 条 对灰土、三合土、水泥土、浆砌石、砂浆、混凝土等材料防渗工程，应分别采用洒水、盖湿草帘或喷涂塑料养护剂等方法进行养护。养护期以 14～28 天为宜。

第 2.2.7 条 渠道防渗工程宜在温暖季节施工。寒冷地区日平均气温稳定在 5℃以下或最低气温稳定在－3℃以下；温和地区日平均气温低于－3℃时，混凝土施工应按《水工混凝土施工规范》SDJ 207—82 低温季节施工的要求进行。日平均气温低于－5℃时，应停止施工。

第 2.2.8 条 渠道防渗工程竣工后，应按有关工程验收的规范和规程进行竣工验收。施工质量应满足设计要求，渠道平整度和尺寸的允许偏差值见表 2.2.8。防渗效果应满足附录二的要求。

表 2.2.8 防渗渠道断面尺寸和防渗层尺寸的允许偏差值

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)

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

续表

项 目		允许偏差值(cm)	
		土基	石基
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	—
边坡防渗层斜长度		+(1～2)	+(1～2)
现浇施工，渠坡、渠底防渗层纵向分块长度		±(0.5～1)	±(0.5～1)
现浇施工，渠坡、渠底防渗层横向分块长度		+(3～5)	+(1～6)
预制板两对角线长度差值		±0.7	—
防渗层厚度	现场浇筑施工	±5 %	−5 %～−15 %
	砌石防渗及预制铺砌施工	±(5 %～10 %)	—

注 大、中型渠道应符合大值要求；小型渠道应符合小值要求。

第三章 土料防渗

第一节 设 计

第 3.1.1 条 素土的选用和粘砂混合土、灰土、三合土、四合土等混合土料的配合比，应按下列步骤和要求确定：

一、通过试验确定素土、不同配比混合土料的夯实最大干容重和最佳含水率。

二、按不同素土料和不同配合比混合土料的最佳含水率、最大干容重制备试件，进行强度和渗透试验。根据最大强度、最小渗透系数选用素土和确定混合土料的最优配合比。

三、素土和粘砂混合土还应进行泡水试验。若试验发现试体崩解，或呈浑浊液时，应改换素土和调整粘砂混合土的配合比。

第 3.1.2 条 无条件进行试验时，混合土料的配合比，可按以下要求选定：

一、灰土的配合比应根据石灰的质量、土的性质和工程要求选定。一般可采用石灰：土＝1：3～1：9。使用时，石灰用量还应根据石灰储放期的长短适量增减，其变动范围宜控制在±10 %以内。

二、三合土的配合比一般采用石灰：土砂总重＝1：4～1：9。其中，土重宜为土砂总重的 30 %～60 %；高液限粘质土，土重不宜超过土砂总重的 50 %。

三、采用四合土时，可在三合土配合比的基础上加入 25 %～35 %的卵石或碎石。

四、粘砂混合土中，高液限粘质土与砂石合重之比宜为 1：1。

第 3.1.3 条 无条件进行试验时，灰土、三合土等土料的最佳含水率，可按以下要求选定：

一、灰土可采用 20 %～30 %。

二、三合土、四合土可采用 15 %～20 %。

三、素土、粘砂混合土宜控制在塑限±4 %范围内，并可参照表 3.1.3 选用。

第 3.1.4 条 土料防渗层的厚度应根据防渗要求通过试验确定。中、小型渠道可参照表 3.1.4 选用。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 3.1.3 素土、粘砂混合土的最佳含水率

土 质	最佳含水率(%)
低液限粘质土	12～15
中液限粘质土	15～25
高液限粘质土	23～28
黄 土	15～19

注 土质轻的宜选用小值，土质重的宜选用大值。

表 3.1.4 土料防渗层的厚度

土料种类	防渗层厚度(cm)		
	渠底	渠坡	侧墙
高液限粘质土	20～40	20～40	
中液限粘质土	30～40	30～60	
灰 土	10～20	10～20	
三 合 土	10～20	10～20	20～30
四 合 土	15～20	15～25	20～40

第二节 施 工

第 3.2.1 条 土料的原材料应进行粉碎加工。加工后的粒径，素土不应大于 2.0 cm，石灰不应大于 0.5 cm。

第 3.2.2 条 施工中应严格控制配合比。同时测定土料含水率与填筑干容重，其称量允许偏差值应符合第二章表 2.2.4 的要求；拌合后，含水率与最佳含水率的偏差值不应大于±1 %；夯实后，干容重不应小于设计干容重，其离差系数应小于 0.15。

第 3.2.3 条 混合土料的拌和宜按以下要求进行：

一、粘砂混合土宜将砂石洒水润湿后，与粉碎过筛的土拌和，再加水拌和均匀。

二、灰土应先将石灰消解过筛，加水稀释成石灰浆，洒在粉碎过筛的土上，拌和至色泽均匀，并闷料 1～3 天。如其中有见水崩解的土料，可先将土在水中崩解，然后加入消解的石灰拌和均匀。

三、三合土、四合土宜先拌石灰和土，然后加入砂石干拌，最后洒水拌和均匀，并闷料 1～3 天。

四、贝灰混合土宜干拌后过孔径为 10～12 mm 的筛，然后洒水拌和均匀，闷料 24 h。

第 3.2.4 条 土料防渗层应按以下要求铺筑：

一、灰土、三合土、四合土宜按先渠坡后渠底的顺序施工；素土、粘砂混合土宜按先渠底后渠坡的顺序施工。各种土料防渗层都应从上游向下游铺筑。

二、防渗层厚度大于 15 cm 时，应分层铺筑。压实时，虚土每层铺料厚度，人工夯压时，不宜大于 20 cm；机械夯压时，不宜大于 30 cm。层面间应刨毛洒水。

三、土料防渗层夯实后，厚度应略大于设计厚度，以便修整成设计的过水渠道断面。

四、应边铺料边夯压，直至达到设计干容重，不得漏夯。

第 3.2.5 条 为增强防渗层的表面强度，可进行下列处理：

一、根据渠道流量大小，分别采用 1∶4～1∶5 的水泥砂浆、1∶3∶8 的水泥石灰砂浆、或 1∶1 的贝灰砂浆抹面。抹面厚度宜为 0.5～1.0 cm。

二、在灰土、三合土和四合土表面，涂刷一层 1∶10～1∶15 的硫酸亚铁溶液。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

第四章 水泥土防渗

第一节 设 计

第 4.1.1 条 水泥土配合比应通过试验确定，并应符合下列要求：

一、温和地区水泥土的抗冻标号不宜低于 D_{12}；允许最小抗压强度应满足表 4.1.1—1 的要求；允许最小干容重应满足表 4.1.1—2 的要求。水泥用量宜为 8 %～12 %。

表 4.1.1—1 水泥土的允许最小抗压强度

水泥土种类	渠道运行条件	28 天抗压强度(MPa)
干硬性水泥土	常年输水	2.5
	季节性输水	4.5
塑性水泥土	常年输水	2.0
	季节性输水	3.5

表 4.1.1—2 水泥土的允许最小干容重

水泥土种类	最小干容重(g/cm^3)			
	含砾土	砂土	壤土	风化页岩渣
干硬性水泥土	1.9	1.8	1.7	1.8
塑性水泥土	1.7	1.5	1.4	1.5

二、水泥土的渗透系数不应大于 1×10^{-6} cm/s。

三、水泥土的含水率应按下列方法确定：

(一)干硬性水泥土用击实法或强度试验法确定。当土料为细粒土时，水泥土的含水率宜为 12 %～16 %。

(二)塑性水泥土应按施工要求经过试验确定。当土料为微含细粒土砂和页岩风化料时，水泥土的含水率宜为 20 %～30 %；当为细粒土时，水泥土的含水率宜为 25 %～35 %。

第 4.1.2 条 水泥土防渗层的厚度，宜采用 8～10 cm；小型渠道不应小于 5 cm。水泥土预制板的尺寸，应根据制板机、压实功能、运输条件和渠道断面尺寸等因素确定，每块预制板的重量不宜超过 50 kg。

第 4.1.3 条 耐久性要求高的明渠水泥土防渗层，宜用塑性水泥土铺筑，表面用水泥砂浆、混凝土预制板、石板等材料作保护层。水泥土的水泥用量可适当减少，但水泥土 28 天的抗压强度不应低于 1.5 MPa。

第二节 施 工

第 4.2.1 条 施工前，应做好下列准备工作：

一、就近选定符合设计要求的取土场。

二、根据施工进度要求，选定土料的风干、粉碎、筛分、储料等场地。

三、将施工材料分批运至现场，水泥应采取防潮防雨措施。

四、根据施工方式，准备好运输、粉碎、筛分、供水、称量、搅拌、夯实、排水、铺筑、养护等设备和模具。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

五、土料应风干、粉碎，并过孔径 5 mm 的筛。

第 4.2.2 条 水泥土防渗层现场铺筑，应按下列步骤进行：

一、按设计配合比配料，其称量允许偏差值应符合第二章表 2.2.4 的要求。水泥土拌料与铺筑，或装模成型的时间不得大于 60 min。

二、拌和水泥土时，宜先干拌，再湿拌均匀。

三、铺筑塑性水泥土前，应先洒水润湿渠基，安设伸缩缝模板，然后按先渠坡后渠底的顺序铺筑。水泥土料应摊铺均匀，浇捣拍实。初步抹平后，宜在表面撒一层厚度 1～2 mm 的水泥，随即揉压抹光。应连续铺筑，每次拌和料从加水至铺筑宜在 1.5 h 内完成。

四、铺筑干硬性水泥土，应先立模，后分层铺料夯实。每层铺料厚度宜为 10～15 cm，层面间应刨毛、洒水。

五、铺设保护层的塑性水泥土，其保护层应在塑性水泥土初凝前铺设完毕。

第 4.2.3 条 水泥土预制板的生产和铺砌，应按下列步骤进行：

一、按本章第 4.2.2 条一、二款拌制水泥土。

二、将水泥土料装入模具中，压实成型后拆模，放在阴凉处静置 24 h 后，洒水养护。

三、将渠基修整后，按设计要求铺砌预制板。板间应用砂浆挤压、填平，并及时勾缝与养护。

第五章 砌石防渗

第一节 设 计

第 5.1.1 条 砌石防渗层的厚度设计，应符合下列规定：

一、浆砌料石、浆砌块石挡土墙式防渗层的厚度，应根据使用要求确定。护面式防渗层的厚度，浆砌料石宜采用 15～25 cm；浆砌块石宜采用 20～30 cm；浆砌石板的厚度不宜小于 3 cm。

二、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，一般采用 15～30 cm。

第 5.1.2 条 宜采用下列措施防止渠基淘刷，提高防渗效果：

一、干砌卵石挂淤渠道，可在砌体下面设置砂砾石垫层，或铺设复合土工膜料层。

二、浆砌石板防渗层下，可铺厚度为 2～3 cm 的砂料，或低标号砂浆作垫层。

三、对防渗要求高的大、中型渠道，可在砌石层下加铺粘土、三合土、塑性水泥土或塑膜层。

第 5.1.3 条 护面式浆砌石防渗层，一般不设伸缩缝；软基上挡土墙式浆砌石防渗层宜设沉降缝，缝距 10～15 m。砌石防渗层与建筑物连接处，应按伸缩缝处理。

第二节 施 工

第 5.2.1 条 砌石砂浆应按设计配合比拌制均匀，随拌随用。自出料到用完，其允许间歇时间，不应超过 1.5 h。

第 5.2.2 条 砌石防渗层施工时，应先洒水润湿渠基，然后在渠基或垫层上铺筑一层厚度 2～5 cm 的低标号混合砂浆，再铺砌石料。

第 5.2.3 条 浆砌石防渗层的施工，应按下列要求进行：

一、砌筑顺序

(一)梯形明渠，宜先砌渠底后砌渠坡。砌渠坡时，应从坡脚开始，由下而上分层砌筑；U 形和弧形明渠、拱形暗渠，应从渠底中线开始，向两边对称砌筑。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

（二）矩形明渠，可先砌两边侧墙，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。

（三）各种明渠，渠底和渠坡砌完后，应及时砌好封顶石。

二、石料安放要求

（一）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。

（二）浆砌料石和石板，在渠坡应纵砌（料石或石板长边平行水流方向）；在渠底应横砌（料石或石板长边垂直水流方向）。必须错缝砌筑。料石错缝距离宜为料石长的1/2。

（三）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道坡脚。大头朝下、挤紧靠实。

（四）浆砌块石挡土墙式防渗层，应先砌面石，后砌腹石，面石与腹石应交错连接；浆砌料石挡土墙式防渗层，应有足量的丁石。

三、石料砌筑要求

（一）砌筑前宜洒水润湿，石料应冲洗干净。

（二）浆砌料石和块石，应干摆试放分层砌筑、座浆饱满。每层铺砂浆的厚度，料石宜为2～3 cm；块石宜为3～5 cm。块石缝宽超过5 cm时，应填塞小片石。

（三）卵石可采用挤浆砌筑，也可干砌后用砂浆或细砾混凝土灌缝。

（四）浆砌石板应保持砌缝密实干整，石板接缝间的不平整度不得超过1.0 cm。

四、勾缝要求

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1～3 cm。

第5.2.4条 干砌卵石挂淤防渗层的施工，应按下列要求进行：

一、砌筑顺序

（一）可按先渠底后渠坡的顺序砌筑。

（二）砌渠底时，如为平渠底，宜从渠坡脚的一边砌向另一边；若为弧形渠底，应从渠底纵向轴线开始向两边砌筑。

（三）渠坡应从下而上逐排砌筑。

（四）如设膜料垫层，应将过渡层土料铺在膜料上，边铺膜，边压土，边砌石。

二、砌筑要求

（一）卵石长边应垂直于渠底或渠坡立砌，不得前俯后仰、左右倾斜。卵石的较宽侧面应垂直于水流方向。

（二）每排卵石应厚薄相近、大头朝下、错开茬口、挤紧砌好。

（三）渠底两边和渠坡脚的第一排卵石，应比其他卵石大10～15 cm。

（四）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。

（五）用较大的卵石水平砌筑封顶石。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

第六章 膜料防渗

第一节 材料选择

第 **6.1.1** 条 膜料宜按下列原则选用：

一、宜选用厚度为 0.18～0.22 mm 的深色塑膜。在寒冷和严寒地区，可优先选用聚乙烯膜；在芦苇等穿透性植物丛生地区，可优先选用聚氯乙烯膜。

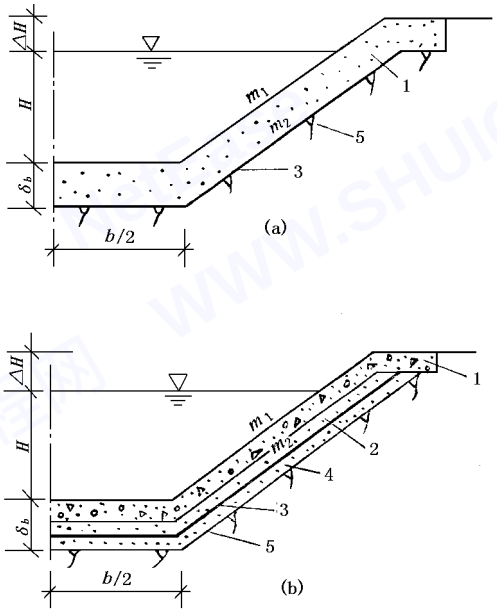
二、宜选用厚度为 0.60～0.65 mm，用无碱或中碱玻璃纤维布机制的油毡。

第 **6.1.2** 条 过渡层材料，在温和地区宜选用灰土或水泥土；在寒冷和严寒地区宜选用砂浆。采用素土及砂料作过渡层时，应采取防止淘刷的措施。

第 **6.1.3** 条 保护层材料，可根据当地材料来源和流速大小，参照第二章表 2.1.10 选用。

第二节 设 计

第 **6.2.1** 条 膜料防渗体应采用埋铺式。其构造见图 6.2.1。无过渡层防渗体[见图 6.2.1(a)]适用于土渠基和用素土、水泥土作保护层的防渗工程；有过渡层防渗体[见图 6.2.1(b)]适用于岩石、砂砾石、土渠基，和用石料、砂砾石、现浇碎石混凝土或预制混凝土作保护层的防渗工程。



（a）无过渡层的防渗体；（b）有过渡层的防渗体
1—水泥素土、土或混凝土、石料、砂砾石保护层；2—过渡层；3—膜料防渗层；4—过渡层（土渠基时不设此层）；5—土渠基或岩石、砂砾石渠基

图 6.2.1 埋铺式膜料防渗体的构造

第 **6.2.2** 条 膜料防渗体的铺膜范围，有全铺式、半铺式和底铺式三种。半铺式和底铺式主要适用于宽浅式渠道，或渠坡有树木的改建渠道。

第 **6.2.3** 条 素土渠基防渗体的铺膜基槽断面形式的选定，全铺式塑膜防渗体宜选用梯形、台阶形、五边形和锯齿形铺膜断面，油毡防渗体宜选用梯形和五边形铺膜断面；半铺式和底铺式膜料防渗体，宜选用梯形铺膜断面形式，详见附录四。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

第 6.2.4 条 过渡层的厚度可按表 6.2.4 选用。

表 6.2.4 过渡层的厚度

过渡层材料	厚度(cm)
灰土、塑性水泥土、砂浆	2～3
素土、砂	3～5

第 6.2.5 条 素土保护层的厚度，应按下列要求设计：

一、$m_1 = m_2$ 时，全铺式的梯形、台阶形、锯齿形断面；半铺式的梯形和底铺式断面保护层的厚度，边坡与渠底相同。根据渠道流量大小和保护层土质情况，可按表 6.2.5 选用。

表 6.2.5 素土保护层的厚度 (单位：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、粘土	35～40	40～50	50～55	55～60

二、$m_1 \neq m_2$ 时，梯形和五边形渠底土保护层的厚度同本条第一款。渠坡膜层顶部土保护层的最小厚度，温和地区为 30 cm；寒冷和严寒地区为 35 cm。

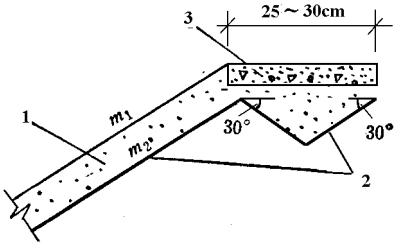
第 6.2.6 条 素土保护层的设计干容重，应经过试验确定。无试验条件时，压实法施工，砂壤土和壤土的干容重不小于 1.50g/cm³；砂壤土、轻壤土、中壤土采用浸水泡实法施工时，其干容重宜为 1.40～1.45g/cm³。

第 6.2.7 条 水泥土、石料、砂砾料和混凝土保护层的厚度，可按表 6.2.7 选用。也可在渠底、渠坡或不同渠段，采用具有不同抗冲能力、不同材料的组合式保护层。

表 6.2.7 不同材料保护层的厚度

保护层材料	水泥土	块石、卵石	砂砾石	石 板	混凝土	
					现 浇	预 制
保护层厚度(cm)	4～6	20～30	25～40	≥3	4～10	4～8

第 6.2.8 条 膜层顶部，宜按图 6.2.8 铺设。



1—保护层；2—膜料防渗层；3—封顶板

图 6.2.8 膜层顶部铺设形式

第 6.2.9 条 防渗体与建筑物的连接，应按下列要求设计：

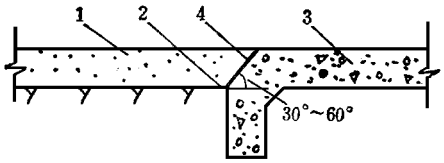
一、膜料防渗体应按图 6.2.9 用粘结剂与建筑物粘牢。

二、素土保护层与跌水、闸、桥连接时，应在建筑物上下游改用石料、水泥土、混凝土保护层。

三、水泥土、石料和混凝土保护层与建筑物连接，应按第二章第 2.1.12 条的规定设置伸缩缝。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM



1— 保护层； 2— 膜料防渗层； 3— 建筑物； 4— 膜料与建筑物粘结牢固

图 6.2.9 膜料防渗体与建筑物的连接

第三节 施 工

第 6.3.1 条 采用附录八的方法，根据渠道大小将膜料加工成大幅备用。也可在现场边铺边连接。

第 6.3.2 条 在验收合格的铺膜基槽上，自渠道下游向上游，由渠道一岸向另一岸铺设膜层。塑膜应留有小折皱，并平贴渠基。

第 6.3.3 条 按图 6.2.8 埋好膜层顶端，并处理好大、小膜幅间的连接缝。

第 6.3.4 条 检查并粘补已铺膜层的破孔。粘补膜应超出破孔每边 10～20 cm。

第 6.3.5 条 填筑过渡层和保护层的施工速度，应与铺膜速度配合，避免膜层裸露时间过长。

第 6.3.6 条 保护层施工除执行第二、三、四、五、八各章有关规定外，还应满足以下要求：

一、采用压实法填筑土保护层时，禁止使用羊角碾。

二、中、小型渠道采用浸水泡实法填筑砂壤土、轻壤土和中壤土保护层时，填筑断面尺寸宜留 10 %～15 %的沉陷量。待反复浸水沉陷稳定后，缓慢泄水，填筑裂缝，并拍实，整修成设计断面。

三、填筑保护层的土料，应不含石块、树根、草根等杂物；施工人员应穿胶底鞋或软底鞋，谨慎施工。

第七章 沥青混凝土防渗

第一节 沥青混凝土配合比设计

第 7.1.1 条 沥青混凝土应满足下列技术要求：

一、防渗层沥青混凝土

(一)孔隙率不大于 4 %。

(二)渗透系数不大于 1×10^{-7} cm/s。

(三)斜坡流淌值小于 0.8 cm。

(四)水稳定系数大于 0.9。

(五)低温下不得开裂。

二、整平胶结层沥青混凝土

(一)渗透系数不小于 1×10^{-3} cm/s。

(二)热稳定系数小于 4.5。

第 7.1.2 条 沥青混凝土配合比应根据技术要求，经过室内试验和现场试铺筑确定。亦可参照《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计准则》SLJ01－88(试行)选用。一般沥青含量，防渗层为 6.0 %～9.0 %；整平胶结层为 4.0 %～6.0 %。石料的最大粒径，防渗层不得超过一次压实层厚度的 1/3～1/2；整平胶结层不得超过一次压实层厚度的 1/2。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

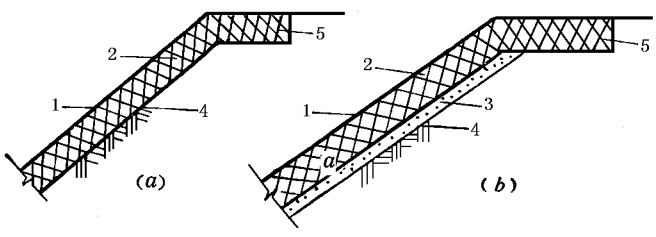
第二节 防渗体设计

第 7.2.1 条 沥青混凝土防渗体的构造见图 7.2.1。无整平胶结层断面多用于土质地基；有整平胶结层断面多用于岩石地基。

第 7.2.2 条 封闭层用沥青玛蹄脂涂刷，厚度为 2～3 mm。沥青玛蹄脂的配合比应满足高温下不流淌、低温下不脆裂的要求。

第 7.2.3 条 沥青混凝土防渗层一般为等厚断面，其厚度一般为 5～6 cm，大型渠道可采用 8～10 cm。有抗冻要求的地区，渠坡防渗层也可采用上薄下厚的断面，一般坡顶厚度为 5～6 cm，坡底厚度为 8～10 cm。

第 7.2.4 条 整平胶结层采用等厚断面，其厚度宜按能填平岩石基面的原则确定。



(a)无整平胶结层的防渗体；(b)有整平胶结层的防渗体
1—封闭层；2—防渗层；3—整平胶结层；4—土(石)渠基；5—封顶板

图 7.2.1 沥青混凝土渠道防渗体的结构型式

第 7.2.5 条 寒冷地区沥青混凝土防渗层的低温抗裂性能，可按式(7.2.5—1)进行验算：

$$F > \sigma \qquad (7.2.5-1)$$

$$\sigma = \frac{E_t}{1-u} Y(t_1 - t_2) \cdot R \cdot \alpha \qquad (7.2.5-2)$$

式中 F——沥青混凝土的极限抗拉强度，MPa；

σ——温度应力，MPa；

u——轴向拉伸波桑比；

E_t——沥青混凝土的平均变形模量，MPa；

$Y(t_1 - t_2)$——沥青混凝土板面 Y 点的温差，℃；

R——层间约束系数，一般为 0.8；

α——温度收缩系数。

第 7.2.6 条 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，其掺量应经过试验确定。如改性沥青混凝土仍不能满足抗裂要求时，可按第二章第 2.1.12 条的规定设置伸缩缝。

第 7.2.7 条 沥青混凝土预制板的边长不宜大于 1.0 m；厚度采用 5～8 cm；容重采用 2.2～2.3 g/cm^3。预制板一般用沥青砂浆或沥青玛蹄脂砌筑；在地基有较大变形时，也可采用焦油塑料胶泥填筑。填缝材料的配合比见附录六。

第三节 防渗体施工

第 7.3.1 条 根据选定的沥青混凝土配合比，应按下列步骤拌制沥青混合料：

一、沥青熔化脱水。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

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

间不得超过 6 h。在加热中，应边搅拌边清除杂质。

二、宜用烘干机加热骨料。当用炒盘加热骨料时，应加强搅拌，防止局部过热。

三、采用强制式搅拌机或人工拌和沥青混凝土时，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。

第 7.3.2 条 应按第二章第 2.2.5 条的规定进行试验性施工，确定混合料摊铺厚度、压实温度、碾压遍数等施工工艺参数。

第 7.3.3 条 现场铺筑法施工，应按下列步骤进行：

一、有整平胶结层的防渗体，可先铺筑整平胶结层，再铺筑防渗层。

二、铺筑防渗层，宜按选定的摊铺厚度均匀摊铺。压实系数可通过试验确定，一般采用 1.2～1.5。

三、宜采用振动碾压实沥青混合料。可先静压 1～2 遍，再振动压实。压实渠道边坡时，上行振动，下行不振动。小型渠道可采用静碾或平面振动器压实。压实过程中，应严格控制压实温度和遍数，防止漏压。

四、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。

五、沥青混凝土防渗层应连续铺筑，尽量减少冷接缝。

六、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。其涂刷量不超过 1.0 kg/m^2。上下层冷接缝的位置应错开。

七、施工过程中，应采取适当措施，避免混合料离析与降温过大。

第 7.3.4 条 铺砌预制沥青混凝土防渗层，应按下列步聚和要求进行：

一、沥青混凝土预制板宜采用钢模板预制。预制板应振压密实、尺寸准确、六面平整光滑、无缺角、无石子外露等缺陷。

二、预制板振实后，即可拆模。降温后方可搬动、平放码垛。垛高不得高于 0.5 m，严禁立放码垛。高温季节，码垛工作宜在早晚进行。

三、预制板应按照第二章第 2.1.13 条的规定砌筑，做到平整稳固。

第 7.3.5 条 封闭层应按下列要求和步骤涂刷：

一、在洁净、干燥的防渗层面上涂刷沥青玛蹄脂。涂层应薄厚均匀。涂刷量一般为 2～3 kg/m^2。涂刷时，沥青玛蹄脂的温度不应低于 160℃。

二、涂刷后禁止人、畜、机械通行。

第 7.3.6 条 施工中，应备有防火设备及必备的劳保用品，防止火灾和工伤事故。

第 7.3.7 条 除按第二章第 2.2.4 条的规定认真控制施工质量外，还应设专人在现场作好如下工作：

一、在拌和场及工作面上，测量原材料加热、摊铺和碾压的温度。温度控制标准见表 7.3.7。

二、检查压实后防渗层的容重及厚度。90 %以上的容重应达到设计容重，最小厚度不得小于设计厚度的 90 %。

三、可按《土石坝碾压式沥青混凝土防渗墙施工规范》SD 220—87(试行)的沥青混凝土面板渗气检验方法，每 50 m 渠长，测定渠底、渠坡的渗透系数一次。其渗透系数应符合本章第 7.1.1 条的要求。

表 7.3.7 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	<180	160～180	130～150	120～140	85～120

注 整平胶结层压实的温度可较防渗层降低 20℃。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

第八章 混凝土防渗

第一节 混凝土标号及配合比设计

第 8.1.1 条 大、中型渠道防渗工程混凝土的配合比，应按《水工混凝土试验规程》SD 105—82 进行试验确定，其选用配合比应满足强度、抗渗、抗冻和和易性的设计要求。

小型渠道混凝土的配合比，可参照当地类似工程的经验采用。

第 8.1.2 条 混凝土的设计标号不应低于表 8.1.2 中的数值。严寒和寒冷地区的冬季过水渠道，抗冻标号应比表内数值提高一级。

表 8.1.2 混凝土标号的最小允许值

渠道设计流量(m^3/S)	标号种类	严寒地区	寒冷地区	温和地区
<2	强度(C)	10	10	7.5
	抗冻(D)	50	25	
	抗渗(S)	2	2	2
2～20	强度(C)	15	15	7.5
	抗冻(D)	100	50	25
	抗渗(S)	4	4	4
>20	强度(C)	20	15	10
	抗冻(D)	150	100	25
	抗渗(S)	6	6	6

注 ①强度标号的单位为 MPa。
②抗冻标号的单位为冻融循环次数。
③抗渗标号的单位为 kg/cm^2。

第 8.1.3 条 渠道流速大于 3 m/s，或水流中挟带较多推移质泥沙时，混凝土的强度不应低于 15 MPa。

第 8.1.4 条 混凝土的水灰比，应为砂石料在饱和面干状态下的单位用水量与胶凝材料的比值，其最大允许值可参照表 8.1.4 选用。石料最大粒径不得大于防渗层厚度的 1/3～1/2。

表 8.1.4 混凝土水灰比的最大允许值

运用情况	寒冷地区	温和地区
一般情况	0.60	0.65
受水流冲刷部位	0.50	0.50

注 混凝土强度不大于 10 MPa 时，水灰比值可增加 0.05～0.10。

第 8.1.5 条 混凝土的坍落度，可参照表 8.1.5 选定。

表 8.1.5 不同浇筑部位混凝土的坍落度(单位：cm)

混凝土类别	部位		机械捣固	人工捣固
素混凝土	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		1～3	3～5
	渠坡	有外模板	1～3	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，坍落度不大于 2 cm。

第 8.1.6 条 大、中型渠道所用的混凝土，其胶凝材料的最小用量不宜少于 225 kg/m^3；严寒地区不宜少于 275 kg/m^3。上述数值，用人工捣固时，应增加 25 kg/m^3；当掺用外加剂时，可减少 25

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

kg/m³。强度低于 10 MPa 的混凝土，可不受此限制。

第 8.1.7 条 小型渠道混凝土的配合比，可参照当地类似工程的经验采用。

一般混凝土的用水量及砂率可分别按表 8.1.7—1 及表 8.1.7—2 选用。

表 8.1.7—1 混凝土用水量 （单位：kg/m³）

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，用水量一般增加 15～20 kg/m³。

③用细砂时，用水量一般增加 5～10 kg/m³。

④用碎石时，用水量一般增加 10～20 kg/m³。

⑤用减水剂时，用水量一般减少 10～20 kg/m³。

表 8.1.7—2 混凝土的砂率

石料最大粒径(mm)	水灰比	砂率(%)	
		碎石	卵石
40	0.50	30～35	28～33
40	0.60	33～38	31～36
40	0.70	36～41	34～39

注 石料常用两级配，即粒径 5～20 mm 的占 40 %～45 %，20～40 mm 的占 55 %～60 %。

第 8.1.8 条 设计细砂、特细砂混凝土配合比时，应符合下列要求：

一、水泥用量较中、粗砂混凝土适当增加，并宜掺加塑化剂，严格控制水灰比。

二、砂率较中砂混凝土减少 15 %～30 %。

三、允许含泥量，应符合附录一的技术要求，并不得含有泥团。

四、采用低流态或半干硬性混凝土时，坍落度不大于 3 cm，工作度不大于 30 s。

五、其他要求可参照《特细砂混凝土配制及应用规程》GBJ 19—65 的有关规定执行。

第 8.1.9 条 软弱石料混凝土，可在温和地区采用。其配合比应通过试验确定。

第 8.1.10 条 粉煤灰等掺和料及相应的外加剂掺量，大、中型渠道应按国标《粉煤灰混凝土应用技术规范》通过试验确定；小型渠道混凝土的粉煤灰及外加剂的掺量，可分别按表 8.1.10—1 及表 8.1.10—2 选定。

表 8.1.10—1 粉煤灰掺量

水泥标号	混凝土设计标号		粉煤灰掺量(%)
	强度(C)	抗冻(D)	
325 号	10	25	20～25
425 号	10	25	20～40
425 号	15	25	30
425 号	20	25	25

注 ①粉煤灰掺量为水泥与粉煤灰总重的百分数。

②单位与表 8.1.2 相同。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 8.1.10—2 常用的混凝土外加剂及其掺量

类型代号	主要成分	主要性能和用途	掺量（占水泥重百分数）（%）
M型减水剂等	木质素、碳酸钙	减水5%～10%，含气量3%～4%，龄期28天的抗压强度提高10%～15%，或相应强度下可节省水泥用量10%左右	0.2～0.7
PC—2型引气剂等	松香皂及其热聚合物	引气、减水。适用于有抗冻、防渗要求的水工混凝土工程	0.005～0.010
红星Ⅰ型速凝剂等	铅氧熟料烧碱、石灰	适用于喷射混凝土工程	2.0～6.0
F型早强剂等	氯化钠、碳酸钠	早强、减水、防冻。适用于冬季施工的混凝土及蒸养混凝土	2.0～5.0
3FG—2型缓凝减水剂等	蔗糖酒精废液、烤胶废液、磺化物	缓凝、减水、后期增强。适用于夏季施工的混凝土工程	0.2～0.3
萘系DH—3型减水剂	磺酸盐类物质	减水16.3%～27%，含气2%～3%，节省水泥15.9%～27.4%。龄期28天的抗压强度提高5%～20%，抗冻性好	0.5～0.7

第 8.1.11 条 喷射混凝土的配合比可参照下列要求并通过试验确定。

一、水泥、砂和石料的重量比，宜为水泥∶砂∶石子＝1∶(2～2.5)∶(2～2.5)。

二、宜采用中、粗砂。砂率为45%～55%，砂的含水率为5%～7%。

三、石粒最大粒径不宜大于15 mm。

四、水灰比宜为0.4～0.5。

五、宜采用普通硅酸盐水泥，其用量为375～400 kg/m^3。配制低标号混凝土时，允许掺用20%～40%的粉煤灰。

六、速凝剂的掺量一般为水泥用量的2%～4%。

第二节 防渗层设计

第 8.2.1 条 混凝土防渗层的结构型式，见附录三，应按下列要求选定：

一、一般采用等厚板。

二、当渠基有较大膨胀、沉陷等变形时，除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Ⅱ形板。

三、小型渠道宜采用U形或矩形渠槽。

四、有防冻胀要求的防渗层，可按第九章的规定设计。

第 8.2.2 条 渠道流速小于3 m/s时，梯形渠道混凝土等厚板的最小厚度，应符合表8.2.2的规定；流速为3～4 m/s时，最小厚度宜为10 cm；流速为4～5 m/s时，最小厚度宜为12 cm。水泥中含有砾石类推移质时，渠底板的最小厚度宜为12 cm。超高部分的厚度可适当减小，但不应小于4 cm。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 8.2.2 混凝土防渗层的最小厚度

渠道设计流量(m^3/s)	温和地区(cm)			寒冷地区(cm)		
	钢筋混凝土	素混凝土	喷射混凝土	钢筋混凝土	素混凝土	喷射混凝土
<2		4	4		6	5
2～20	7	6	5	8	8	7
>20	7	8	7	9	10	8

第 8.2.3 条 肋梁板和Ⅱ形板的厚度，比等厚板可适当减小，但不应小于 4 cm。肋高宜为板厚的 2～3 倍。

楔形板在坡脚处的厚度，比中部宜增加 2～4 cm。

中部加厚板加厚部位的厚度，宜为 10～14 cm。

第 8.2.4 条 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 8.2.2 选用；渠基土不稳定或存在较大外压力时，U 形渠和矩形渠一般宜采用钢筋混凝土结构，并根据外荷载进行结构强度、稳定性及裂缝宽度验算。

第 8.2.5 条 预制混凝土板的尺寸，应根据安装、搬运条件确定。砌筑缝的形式及填筑材料，可按第二章第 2.1.13 条的规定设计。

第 8.2.6 条 钢筋混凝土无压暗管的设计荷载，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。其结构应通过计算确定。

第三节 防渗层施工

第 8.3.1 条 应根据设计图和选定的施工方法制作稳定坚固、经济合理的模板。模板制作的允许偏差值，应符合表 8.3.1 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±10 mm，沿宽度方向的允许偏差值为±30 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 7 mm。

第 8.3.2 条 钢筋的加工、接头、安装要求；和模板的其它要求，应符合《水工混凝土施工规范》。

第 8.3.3 条 必须按试验确定的混凝土配合比进行配料，不得擅自更改。

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。

表 8.3.1 模板制作的允许偏差值

偏差名称	允许偏差值(mm)	
	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 2 m 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

第 8.3.4 条 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 60～90 min 时，应按第 8.3.7 条的规定处理。用衬砌机浇筑时，可连续施工。

第 8.3.5 条 混凝土宜采用机械拌和。拌和时间不得少于 2 min。掺用掺和料、减水剂、引气剂时，应适当延长拌和时间。细砂、特细砂混凝土用机械拌和的时间，应较中、粗砂混凝土延长 1～2 min。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

第 8.3.6 条 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。若混凝土初凝，应按废料处理。

第 8.3.7 条 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刷洗干净，铺一层厚度为 1～2 cm 的砂浆。砂浆的水灰比，应较混凝土小 0.03～0.05。

第 8.3.8 条 混凝土宜采用机械振捣，并应符合下列要求：

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

二、使用小型插入式振捣器，或人工捣固边坡混凝土时，入仓厚度每层不应大于 25 cm，并插入下层混凝土 5 cm 左右。

三、使用振捣器捣固时，边角部位及钢筋预埋件周围应辅以人工捣固。

四、机械和人工捣固的时间，应以混凝土开始泛浆时为准。

五、衬砌机的振动时间和行进速度，宜经过试验确定。振动时间一般是混凝土工作度的1.2～1.5 倍，并不小于 30 s。

第 8.3.9 条 采用喷射法施工时，应按下列要求和步骤进行：

一、先送风、水，后送干料。掺有速凝剂的干拌和料的存放时间，不得超过 20 min。

二、喷头处的压力应控制在 0.1 MPa 左右，水压不应小于 0.2 MPa。

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

四、分层喷射时，表面一层的水灰比宜稍大。

五、喷射每层混凝土的间隔时间，掺有速凝剂时，一般为 15～20 min；不掺速凝剂时，应根据混凝土的初凝时间确定。

六、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，必须及时将喷射机和管道中的积料清除干净。

第 8.3.10 条 现场浇筑混凝土完毕，应及时收面。细砂和特细砂混凝土还应进行二次收面。收面后，混凝土表面应密实、平整、光滑，且无石子外露。

第 8.3.11 条 混凝土预制板初凝后即可拆模。强度达到设计强度的 70 %以上时方可运输，并按设计和第二章第 2.1.13 条的规定砌筑。安砌应平整、稳固，砌筑缝的砂浆应填满、捣实、压平和抹光。

第 8.3.12 条 混凝土伸缩缝应按设计和第二章第 2.1.12 条的规定施工。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，缝深和缝宽应符合设计要求。

第 8.3.13 条 混凝土防渗层施工应按规定严格检查与控制施工质量。

第九章 防渗渠道的冻胀防治

第一节 一般规定

第 9.1.1 条 在进行渠道防渗工程设计时，对标准冻深大于 30 cm 的地区，应计算渠道设计冻深和设计冻胀量，判定是否需要采取防治冻胀措施。

第 9.1.2 条 采取防治冻胀措施，应以适应、消除、削减渠基土壤冻胀的措施为主，辅之以经济实用的加强结构等抵抗冻胀的措施。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

第二节 冻胀变形安全性验算

第 9.2.1 条 大、中型渠道防渗工程，宜按渠道所处地形条件、渠基土质、水分补给条件、渠道走向的变化等，划分不同类型的渠段。并选择具有代表性的横断面，按第十章的规定，设置试验观测段，进行横断面上不同部位的冻深和冻胀量观测。

第 9.2.2 条 根据冻深和冻胀量的观测资料，应分别按式(9.2.2—1)、式(9.2.2—2)计算渠道横断面上各部位的设计冻深和设计冻胀量。

一、设计冻深计算

$$H_{Di} = H_i \cdot \frac{H_P}{H_e} \tag{9.2.2—1}$$

式中 H_{Di}——渠道横断面上某一部位的设计冻深值，cm；

H_P——临近气象站设计频率为 P 时的冻深值，cm。大型渠道的 $P = 5\%$；中、小型渠道的 $P = 10\%$；

H_i、H_e——分别为渠道横断面上某一测点和气象站同一年度的冻深值，cm。

二、设计冻胀量计算

$$h_{Di} = h_i \cdot \frac{H_P}{H_e} \tag{9.2.2—2}$$

式中 h_{Di}——渠道横断面上某一部位的设计冻胀量，cm；

h_i——渠道横断面上某一部位，在模拟与渠道建成后相同的水分补给条件下的实测冻胀量，cm。

渠道横断面上 h_{Di} 中的最大值，即为最大设计冻胀量 h_{Dm}。

小型渠道的设计冻深和设计冻胀量，可采用工程类比法选用。

第 9.2.3 条 渠道防渗工程冻胀变形的安全性，应按式(9.2.3)进行验算。

$$h_{Dm} \leqslant [h] \tag{9.2.3}$$

式中 h_{Dm}——渠道横断面上最大的设计冻胀量，cm；

$[h]$——不同材料渠道防渗工程允许的冻胀量，cm。可按表 9.2.3 选用。

当渠道防渗工程冻胀变形的安全性满足式(9.2.3)时，可不采取防治冻胀措施。

表 9.2.3 梯形断面渠道不同材料防渗工程允许的冻胀量

防渗材料类别	砌石	沥青混凝土	混凝土
允许冻胀量(cm)	1.0～3.0	3.0～5.0	0.5～2.0

注 表中同类防渗材料，渠道的断面尺寸或防渗板尺寸大时取小值。

第三节 防渗冻胀的措施

第 9.3.1 条 对冻胀性地基的防渗渠道，应按下列要求进行设计：

一、渠道线路应尽量选在中、粗颗粒土壤地基、地下水埋藏较深以及无旁渗水补给的地段。

二、对地下水埋藏较浅或存在渗水补给的渠段，应尽量采用填方渠道。

三、宜加大防渗渠道的纵坡，缩小断面尺寸。粘性土质的梯形渠道的内边坡系数，宜加大 0.25～0.50。

四、宜采用膜料和沥青混凝土等有一定柔性的材料修建渠道防渗工程。其具体设计和施工方

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

法，可参见第二、六、七章。

五、对小型渠道可采用暗渠。暗渠埋深应使顶部低于 2/3 设计冻深。其结构应按第二、五、八章设计。

第 9.3.2 条 对砌石和混凝土防渗渠道，当渠道横断面上的最大设计冻胀量不大于允许冻胀量的 2 倍时，可采用下列结构和渠基处理措施：

一、小型渠道可采取 U 形、弧形等整体防渗结构形式。

二、大、中型渠道可采用弧形底梯形断面。渠底较宽时，可采用弧形坡脚梯形断面，同时适当增设间距小于 3.0 m 的纵向伸缩缝，并采用性能良好的填缝材料填筑。

三、可采用现浇的混凝土肋梁板，楔形板、中部加厚板或预制的 Π 形板等防渗结构形式。其设计可参见第二、八章。

四、压实冻深范围以内的渠基土壤，其压实系数不应小于 0.95。

第 9.3.3 条 在强烈冻胀地区，当渠道最大设计冻胀量大于允许冻胀量的 2 倍时，经过技术经济论证，可分别采用防渗层结构措施、渠基换填措施或保温措施。

第 9.3.4 条 防渗层结构措施：

一、大、中型渠道的边坡，宜采用挡土墙式结构，渠底采用反拱形结构。流速较小的渠道，渠底可采用埋铺式膜料防渗。

二、小型渠道可采用座槽式结构，其设计形式见图 9.3.4，填土深度一般为渠深的 1/3 左右；也可采用矮墩式架空渠槽。

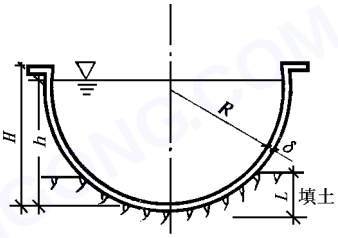


图 9.3.4 U形座槽式结构

第 9.3.5 条 渠基换填措施。对混凝土、沥青混凝土和砌石防渗渠道，可按下列要求采用砂砾料换填措施：

一、换填材料。可采用砂、砾石、碎石、矿渣等，或上述材料的混合料。

砂砾换填材料中，粒径小于 0.1 mm 的颗粒含量，当地下水位与换填材料底部的距离大于 0.5 m 时，不得大于 10 %；距离小于 0.5 m 时，不得大于 5 %。

二、换填层厚度。对渠道断面上不同部位，宜采取不同的换填厚度。其厚度可按表 9.3.5 选用，也可按式(9.3.5)计算。

$$d = \frac{h_{Di} - [h]}{h_{Di}} \cdot H_{Di} \tag{9.3.5}$$

式中 d——某部位换填层的厚度，cm。

其余符号意义同前。

换填料应置换到封顶板边界以外 10 cm。渠道边坡顶部的换填厚度不应小于 10 cm。

表 9.3.5 砂砾料换基的换填比

地下水条件	渠基土质	换填比(%)	
		坡面上部	坡面下部、渠底
深埋：粘土地基大于(冻深+2.5 m)；壤土地基大于(冻深+1.8 m)；砂壤土地基大于(冻深+1.0 m)	粘土、粉质粘土、重壤土、中壤土	50～70	70～80
	砂壤土、轻壤土	40～50	
浅埋：埋深小于上述标准	粘土、粉质粘土、重壤土、中壤土	60～80	80～100
	砂壤土、轻壤土	50～60	60～80

注 换填比$=\frac{\text{防渗层厚度+换填层厚度}}{\text{设计冻深}}\times 100$，%。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

三、采用中、细砂作换填层，且渠道流速较大，需防止水流通过防渗层缝隙淘刷砂子时；或渠道水流中含泥量较大，需防止泥沙通过防渗层缝隙，侵入换填材料时，宜在换填料表面铺一层膜料或复合土工膜料。

四、换填层应进行分层压实。砂料干容重不应小于 1.8 g/cm³；砂砾石干容重不应小于 2.0 g/cm³。采用细砂作换填料时，可用纤维布袋装细砂料施工。

第 9.3.6 条 渠基保温措施。对大型渠道，可在防渗层下铺设硬质泡沫塑料保温层，保温层施工应按下列要求进行：

一、确定削减冻深值。采用保温措施后，允许残留一部分冻土层。削减的冻深值，可按确定换填层厚度相同的方法，根据表 9.3.5 或式(9.3.5)确定。

二、确定保温层厚度。大型渠道应通过热工计算确定；中、小型渠道可按要求削减冻深值约 1/12～1/8确定。冻深大的部位，分母取大值。

三、保温层铺设的部位。一般渠道可全断面铺设。冬季引水渠道宜铺在渠水位变化区。东西走向的渠道，阳坡铺设的厚度可减薄；冻胀量很小的地区，阳坡可不设保温层。

四、应严格控制硬质泡沫板或其它保温材料的质量，其热导率应小于 0.20 W/(m·K)[0.17kcal/(m·h·℃)]，吸水率应小于 0.1 L/m²，表面应光滑平整。施工中，要严防硬器具损坏。有缺陷的部位应用同类保温材料贴补，保温层块间应粘结密实。

第 9.3.7 条 为降低渠基土壤的含水率和地下水位，削减或消除冻胀破坏，应认真作好以下工作：

一、修好封顶板。

二、压实渠堤顶面，并作成由内向外的斜坡。

三、修好堤顶排水沟及排洪设施。

四、保证防渗层的施工质量，提高防渗效果。

五、采用粘结性、低温塑性和热稳定性良好的填缝材料，填筑好伸缩缝和砌筑缝。

六、渠基地下水位高时，应按附录七修好排水设施。

第十章 测 验

第一节 渗漏测验

第 10.1.1 条 渠道有以下要求时，应测验渠道的渗漏损失。

一、对比各种渠道的渗漏损失，论证采用防渗措施的必要性。

二、检验渠道防渗效果，对施工质量进行评价。

三、推算渠系(渠道)水利用系数。

四、监测渠道渗漏损失随使用时间的变化。

五、测验渠道从初渗到稳渗的全过程，或测验渗漏强度与水深的关系。

第 10.1.2 条 渠道渗漏损失，常采用静水法或动水法进行测验。静水法测验精度较高，单段渗漏测验的总极限相对误差为渗漏损失的±7.0 %，本规范选用静水法。

第 10.1.3 条 测验前应进行渠道调查。在调查的基础上，每类渠道可选择具有代表性、渠段顺直与完整、断面规则、具备水源与交通条件，并有暂时停水测验可能的测验段 2～3 段。

第 10.1.4 条 测验段可按附录九第一节的要求和步骤设置。

第 10.1.5 条 观测前应按下列要求检验横隔堤和加水系统：

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

一、横隔堤。向两个渗漏平衡区注水至接近测验水位，应无漏水、沉陷及裂缝。

二、加水系统。根据渗漏平衡区的最大渗漏强度，估计测验段的渗漏强度。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。

第 10.1.6 条 现场渗漏观测，宜按下列步骤进行：

一、向测验段注水。

二、恒水位观测。

三、变水位观测。

四、在恒水位、变水位观测时，宜同时进行降雨量和蒸发量观测。

第 10.1.7 条 测验段应按下列要求注水：

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

二、刚停止输水的渠道，待渠道干涸，地下水位恢复正常后，方可进行初渗量测验。

三、向土渠测验段注水时，应防止渠面冲刷。

四、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。

第 10.1.8 条 恒水位观测。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；小流量或渗漏量小的渠道，宜采用称量法。

一、水位下降法测验，应按下列要求进行：

(一)应使加水前水位和加水后水位的平均值等于测验水位。

(二)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 %～10 %测验水深间选用。

(三)向测验段加水。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九附表 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。同时尽快将水位加至规定的加水后水位(该加水历时称为加水时段)，再重复作下一时段观测。

(四)观测水位要准确。水面平稳时，三只水尺降落相差不得超过 2 mm。

二、称量法测验，应按下列要求进行：

(一)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，可按本条第一·(二)选用。

(二)每一观测时段的起、止水位必须相同，并等于加水后水位。待水位降至加水前水位，再尽快加水至加水后水位。准确测读加水前、后水位，并称量每一观测时段的加水量，记入附录九附表 9.4。

(三)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。两观测时段间不应有间隔。

第 10.1.9 条 恒水位测验时，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、最小值差满足式(10.1.9)时，方可认为渗漏稳定、恒水位渗漏测验完成。

$$\frac{Q_{f\max}-Q_{f\min}}{\bar{Q}}\times 100\%\leqslant 10\% \qquad (10.1.9)$$

式中 $Q_{f\max}$——同一时间连续 10 次测验中最大渗漏强度，L/(m²·h)；

$Q_{f\min}$——同一时间连续 10 次测验中最小渗漏强度，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)。

第 10.1.10 条 变水位测验。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

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

验时，应先注水至测验水位 1/2 加水前、后水位差值处，泡渠 2～4 天，并满足式(10.1.9)时，方可进行观测。变水位观测可按下列要求进行：

一、采用水位下降法时，可用等水位降测至最低水位，也可用等时段观测。观测结果记入附录九附表 9.7。

二、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 2～3 次，记录表格见附录九附表 9.8。

第 10.1.11 条 降雨量和蒸发量观测，应符合下列要求：

一、降雨量观测，应与渗漏量观测同步进行。观测结果记入附录九附表 9.1。

二、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，蒸发量观测应与渗漏观测同步进行。观测结果记入附录九附表 9.2。

三、其它观测应符合《水文测验试行规范》的要求。

第 10.1.12 条 测验的成果应按附录九第二节的规定进行计算和整理。

第二节 变形测验

第 10.2.1 条 为监测渠道防渗工程的稳定性，保证运用安全，对高填方、松软渠基、地下水位高的重要渠段，应进行变形测验。

第 10.2.2 条 变形测验，应选择代表性的断面。在横断面上和堤顶设置固定标点，观测其垂直与水平变形值。

第 10.2.3 条 垂直与水平变形的观测基点，应设置在两岸便于观测的基岩、坚实土基或建筑物基座上，保持坚固稳定。

第 10.2.4 条 观测基点一般埋深 60～70 cm。严寒和寒冷地区，应埋入冻结线以下 1～1.5 倍冻深。观测标点一般应在表面布置。

第 10.2.5 条 采用水准仪按三等水准测量法观测垂直变形值；采用经纬仪按视准线法或小角度法观测水平变形值。观测次数和时间可按需要确定。渠道防渗工程运用初期和渠水位发生骤降时，应适当增加观测次数。其观测精度应满足下列要求：

一、水准仪测垂直变形值：

(一)由水准基点引测，校测起测基点，其往返闭合差不得大于$\pm 0.36\sqrt{n}$～$\pm 0.72\sqrt{n}$(mm)(n 为测点数，下同)；

(二) 由起测基点观测标点，其往返闭合差不得大于 $\pm 0.72\sqrt{n}$ ～ $1.4\sqrt{n}$ (mm)。

二、视准线法测水平变形值。其观测误差不得大于 2～4 mm。

三、小角度法测水平变形值：

(一)望远镜照准一目标，水平度盘对经分划线应重合两次，测微器两次重合读数差不得超过 0.4 s；

(二)一个测回中，两个半测回小角值较差不得超过 3 s；

(三)同一测点，各测点小角值较差不应超过 2 s。

第 10.2.6 条 观测资料应作好记录，并及时分析整理，发现问题，及时复测。

第 10.2.7 条 根据观测资料，绘制某一测点的垂直、水平变形值图，或绘制同一时间的某一渠道横断面上不同测点的垂直、水平变形值图。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

第三节 冻胀测验

第 10.3.1 条 为了解渠道防渗工程防治冻胀措施的性能，监测工程安全，在严寒和寒冷地区应进行冻胀测验。

第 10.3.2 条 同一防冻措施，不同地下水位、不同渠基宜分别设置测验断面；不同防冻措施，也宜分别设置测验断面。

第 10.3.3 条 一般采用下列仪器设备测验以下内容：

一、气象。可按小型气象站的要求设置百叶箱、量雨器等设备，观测气温和降雨量。

二、冻深。可采用冻土器或其它设备观测。

三、冻胀量。可采用冻胀仪等，观测渠基的冻胀量。

四、土壤水分。可在观测断面上预留可启闭的观测孔，采取土样，用烘干法等，测定土壤含水率。

五、地下水位。可布设观测井，用绳测法观测。

六、渠基土质。可采样在室内试验土的颗粒级配、抗剪强度等物理力学性能指标。

第 10.3.4 条 在测验渠段上，宜按下列要求设置观测点：

一、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。

二、观测设备穿过防渗层时，应注意交界处的密封和夯实工作，严防渠水渗入渠基。

三、观测设施埋设必须垂直渠道横断面。

四、冻深仪乳胶管内的水应采用当地水。

五、宜在测验段附近设置气象观测点。

六、应在渠堤外设置地下水位观测井。

第 10.3.5 条 观测工作宜按下列要求进行：

一、观测前必须检查校正好仪器设备。

二、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。

三、在观测过程中，宜随时观测渠道外观的变化及裂缝等情况。

四、作好观测记录，并随时整理分析，发现问题，应及时复测纠正。

第 10.3.6 条 根据观测资料，可按下列办法计算整理：

一、可用式(10.3.6)计算冻胀率。

$$n = \frac{\Delta h}{H_f} \tag{10.3.6}$$

式中 n——冻胀率，%；

Δh——冻深为 H_f 时的冻胀量，cm；

H_f——冻深内冻结前土层的厚度，cm。

二、整理绘制某一观测点的冻胀量与冻深的关系曲线。

三、整理绘制某一观测点的观测时间与冻深、冻胀量、气温、含水量的关系曲线。

四、整理绘制测验段在渠道断面上不同位置的最大冻胀量、冻胀率与相应的气温、地下水位等的关系曲线。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

第十一章 管 理

第 11.0.1 条 渠道防渗工程应按第二章第 2.2.8 条的规定验收合格后，方可交付管理。

第 11.0.2 条 管理单位应结合渠道防渗工程的特点，按照《水法》的规定和《灌溉管理暂行办法》，制定本工程的管理细则，落实责任，认真执行。

第 11.0.3 条 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校核水位。防渗渠道，特别是土料防渗渠道和土保护层膜料防渗渠道的渠水位不宜骤涨骤落，1 h 和 24 h 的变幅分别不宜超过 0.15 m 和 0.5 m。

第 11.0.4 条 渠道防渗工程在放水前、暴雨后，应进行全面检查。针对存在问题，制定计划，认真地进行岁修或维修。岁修和维修工作应达到下列要求：

一、排洪设施完好、通畅。渠堤顶无积水，雨水和融雪水不得流入防渗层背后。

二、防渗层封顶板稳固、完好，周围无空穴、裂缝。

三、伸缩缝和砌筑缝完好，不漏水。

四、地下水的排水设施完好、通畅。

五、渠内无淤积、杂草；渠堤无陷穴、冲坑、裂缝和滑坡等。

六、渠堤顶和渠岸道路要保持设计宽度。渠边的防护设施和标志完好。

七、各种观测设施完好。

第 11.0.5 条 防渗层发生裂缝，应及时查明原因，可分别按下列方法处理：

一、土料和水泥土防渗层，宜采用素土、灰土、水泥土或砂浆等材料，分别回填夯实、填筑抹平或灌浆处理。

二、砌石防渗层，宜凿开，用砂浆填实抹平。

三、沥青混凝土防渗层，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，使裂缝闭合粘牢；裂缝较宽时，可先洗净缝口，加热缝面，用沥青砂浆填实抹平。

四、混凝土防渗层，参照附录六进行裂缝处理。

第 11.0.6 条 管理单位应坚持进行渠道防渗工程的测验。大型渠道每隔 3～5 年测验渠道渗漏量一次，对比防渗效果的变化；定期进行变形观测，发现问题，及时处理。

第 11.0.7 条 严禁在渠堤垦植、取土、采石、放牧、堆放杂物和违章修筑建筑物；不得向渠内倾倒垃圾、排污、抛掷砖石、擅自开口和埋管取水；渠道内坡不得植树，外坡植树距防渗层应有一定距离；严禁人畜在土料、水泥土防渗渠道和土料、水泥土保护层膜料防渗渠道内踩踏。

第 11.0.8 条 严寒和寒冷地区渠道防渗工程的管理，还应满足以下要求：

一、冬季不过水渠道，宜在日平均气温稳定小于 0℃前停水，在日平均气温稳定超过 0 ℃后通水。冬季行水渠道，在负温期宜连续行水，并保持在冬季最低水位以上运行。

与挖方渠道相邻的农田及林带，宜在气温降低至负温前 15～30 天结束灌水。

二、渠道防渗层的裂缝，每年在春灌或秋灌前，应进行修补。

三、渠道内和渠堤外冬季不应积水。

四、大型渠道防渗工程，应选择不同防渗类型和自然条件的断面，宜按第十章第三节的规定进行冻胀观测。

第 11.0.9 条 应建立健全技术档案，对工程的设计、施工、验收、测验和管理运用的工程问题与经验等资料，均应存档备查。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附录一 各种防渗材料的技术要求

一、渠道防渗工程采用的素土料，应按附表 1.1 的技术要求选用。

附表 1.1 素土料的技术要求

项 目	用 途			
	素土、粘砂混合土防渗	灰土、三合土、四合土防渗	膜料防渗土保护层及过渡层	水泥土防渗
粘粒含量(%)	20～30	15～30	3～30	8～12
砂粒含量(%)	10～60	10～60	10～60	50～80
塑性指数 I_p	10～17	7～17	1～17	
土料最大粒径(mm)	＜5	＜5	＜5	＜5
有机质含量(%)	＜3.0	＜1.0		＜2.0
可溶盐含量(%)	＜2.0	＜2.0	＜2.0	＜2.5
钙质结核、树根、草根含量	不含	不含	不含	不含

注 经过论证，采用风化砂和页岩渣配制水泥土时，可不受表中土料最大粒径的限制。

二、宜选用煅烧适度、色白质纯的生石灰或贝灰。石灰中氧化钙和氧化镁的总含量(按干重计)不应小于 75 %；贝灰中氧化钙含量不小于 45 %。

三、宜采用天然级配的河砂、山砂和人工砂。混凝土可采用中、粗砂；砂浆可采用中、细砂。在缺乏粗、中砂地区，渠道流速小于 3 m/s 时，可采用细砂或特细砂拌制混凝土。砂的质量应符合附表 1.2 的要求。沥青混凝土用砂，还应采用硫酸钠法试验，其干湿循环 5 次的重量损失，宜小于 15 %。

附表 1.2 砂料的含泥量要求

项目	沥青混凝土用砂			混凝土用砂			砂浆用砂		
	河 砂	山 砂	人工砂	河 砂	山 砂	人工砂	河 砂	山 砂	人工砂
含泥量(按重量计)(%)	≤2.0		≤5.0	≤3.0	≤10.0	≤3.0	≤3.0	≤15.0	≤3.0

四、用砂砾料作膜料防渗保护层时，砂砾料的级配应符合附图 1.1 推荐的范围。砂砾料的最大粒径为 75～150 mm。

五、渠道防渗工程的石料，除应满足坚硬、无裂纹和洁净等质量要求外，还应根据不同用途使用：

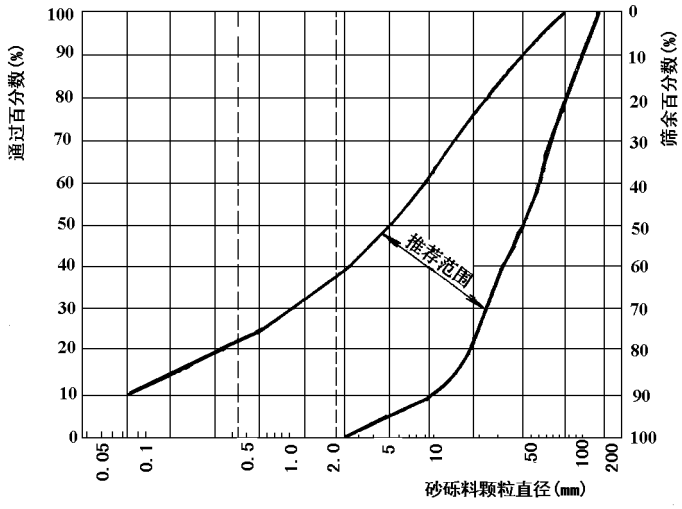
(一)四合土防渗工程，应选用粒径为 10～20 mm 的碎石或卵石。

(二)砌石防渗工程，应选用外形方正、表面凸凹不大于 10 mm 的料石；上下面大致平整、无尖角薄边、块重不小于 20 kg 的块石；长径不小于 20 cm 的卵石；矩形、表面平整、厚度不小于 30 mm 的石板等。

(三)混凝土防渗工程，应选用含泥量小于 2 %、抗压强度为混凝土强度 1.5 倍的石料。温和地区的中、小型渠道混凝土防渗工程，当没有合格石料时，允许选用抗压强度大于 10.0 MPa 的石料，拌制抗压强度为 7.5～10.0 MPa 的混凝土。当选用含有活性成分的石料时，必须进行专门试验论证。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM



附图 1.1 砂砾料的级配

(四)沥青混凝土防渗工程，应选用碱性的碎石或卵石，并满足附表 1.3 的技术要求。如采用酸性石料，应作改性处理，并满足附表 1.3 的技术要求。

附表 **1.3** 沥青混凝土选用石料的技术要求

项目	质地坚硬性	吸水率(%)	容重(g/cm³)	含泥量(%)	有机质含量	硫酸钠法干湿循环 5 次，其重量损失(%)	与沥青的粘附性
技术指标	铺筑中不破碎	≤3.0	≥2.5	≤0.5	无	<12.0	4 级以上

六、沥青混凝土及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。矿粉的质量应符合附表 1.4 的技术要求。

附表 **1.4** 矿粉的技术要求

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

七、水泥的质量应符合《水工混凝土施工规范》SDJ 207—82 的有关规定。用于勾缝的砂浆和有抗冻要求的混凝土，宜采用标号 325 或 425 的普通硅酸盐水泥。

八、制作焦油塑料胶泥的粉煤灰，和作为混凝土掺和料的粉煤灰质量，应满足附表 1.5 的技术要求。

附表 **1.5** 粉煤灰的技术要求

项目	0.08 mm 方孔筛筛余量(%)	烧失量(%)	含水率(%)	三氧化硫含量
技术指标	≤12.0	≤12.0	≤1.0	≤3.5

注 三氧化硫含量为水泥和粉煤灰总重的百分数。

九、三合土、四合土可掺入 2 %～4 %的水泥或 25 %以下的工业废渣。工业废渣应碾碎过筛，去掉杂质，最大粒径不大于 5.0 mm。

十、混凝土和砂浆均宜加入适量的外加剂。有抗冻要求的，宜加入引气剂。外加剂的质量应符合《水工混凝土外加剂技术标准》SD 108—83 的规定。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

十一、沥青混凝土和填缝材料，可采用 60 甲或 100 甲道路石油沥青和 3 号煤焦油。沥青应符合《道路石油沥青技术标准》SY 1661—77 的质量要求。煤焦油的粘度为 $C_{30}^{10}5$～20 s。

十二、当无符合技术要求的石油沥青时，可采用掺配沥青，其比例应经过试验确定。

十三、渠道防渗工程可采用聚乙烯和聚氯乙烯塑料薄膜（简称塑膜），其性能应符合附表 1.6 的性能要求。

也可采用复合土工膜和线性低密度聚乙烯等其它塑模，其性能应符合有关技术规定。

附表 1.6 塑膜的性能要求

技 术 项 目	聚 乙 烯	聚氯乙烯
容重（g/cm³）	0.91～0.93	1.20
抗拉强度（MPa）	≥10.0	≥20.0
拉断时的延伸率（%）	≥280	≥200
使用温度范围（℃）	−50～+60	−15～+60
抗冻性（℃）	−60	−25

十四、渠道防渗工程可采用沥青玻璃布油毡（简称油毡），其质量除应符合附表 1.7 的技术要求外，还应厚度均匀，无漏涂、划痕、折裂、气泡及针孔，在气温 0～40 ℃下易于展开。

也可采用其它油毡，其性能应符合有关技术规定。

附表 1.7 油毡的技术要求

项 目	技术指标
单位面积涂盖材料重量（g/cm²）	≥500
不透水性（动水压法，保持 15 min）（MPa）	≥0.3
吸水性（24 h，18±2 ℃）（g/100 cm²）	≤0.1
耐热度（80 ℃，加热 5 h）	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 20 mm 圆棒）	无裂纹
拉力（18±2 ℃下的纵向拉力）（kg/2.5 cm）	≥54.0

附录二 各种防渗材料的防渗效果及适用条件

各种防渗材料的防渗效果及适用条件见附表 2.1。

附表 2.1 各种防渗材料的防渗效果及适用条件

防渗材料类别		主要原材料	防渗效果 [m³/(m²·d)]	使用年限 (a)	适用条件
土料类	1.素土 2.粘砂混合土	素土、石灰、砂、石等	0.07～0.17	5～15	能就地取材，造价低，施工简便，但抗冻性差，耐久性较差，需劳力多，质量不易保证。适用于气候温和地区的中、小型渠道
	3.三合土 4.四合土 5.灰土			10～25	
水泥土类	1.干硬性水泥土 2.塑性水泥土	壤土、砂壤土、水泥	0.06～0.17	8～30	能就地取材，造价较低，施工较容易，但抗冻性较差。适用于温和地区，且附近有壤土和砂壤土的渠道

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

续表

防渗材料类别		主要原材料	防渗效果 [$m^3/(m^2 \cdot d)$]	使用年限 (a)	适用条件
石料类	1.浆砌料石 2.浆砌块石 3.浆砌卵石 4.浆砌石板	料石、块石、卵石、石板、水泥、石灰、砂等	0.09～0.25	25～40	抗冻和抗冲性能好，施工简易，耐久性强，但一般防渗能力较难保证，需劳力多。适用于石料来源丰富、有抗冻与抗冲要求的渠道
	5.干砌卵石挂淤		0.20～0.40		
埋铺式膜料类	1.土料保护层 2.刚性保护层	膜料、土料、砂、石、水泥等	0.04～0.08	20～30	防渗能力强，质轻，运输便利，当用土保护层时，造价较低，但占地多，允许流速小。适用于中、小型低流速渠道。当用刚性保护层时，造价较高，可用于大、中型渠道
沥青混凝土类	1.现场浇筑 2.预制铺砌	沥青、砂、石、矿粉等	0.04～0.14	20～30	防渗能力强，适应冻胀变形能力较好，造价与混凝土相近，但目前沥青料源缺乏。一般适用于有冻害地区，且附近有沥青料源的渠道
混凝土类	1.现场浇筑	砂、石、水泥等	0.04～0.14	30～50	防渗、抗冲性能好，耐久性强。适用于不同地形、气候和运用条件的大、中、小型渠道
	2.预制铺砌		0.06～0.17	20～30	
	3.喷射法施工	砂、石、水泥、速凝剂等	0.05～0.16	25～35	优点同上。但需较多的施工设备，施工较繁杂。多用于基岩及风化岩基的渠道

附录三 防渗渠道的断面形式、尺寸、水力计算及混凝土防渗层的结构型式

一、防渗渠道的断面形式见附图 3.1。

二、防渗渠道断面尺寸和水力计算：

(一)U 形、弧形底梯形渠的水力最佳断面的确定

基本关系式如下：

过水面积：$A = K_A \cdot H^2$，m^2 (附 3.1)

系数 $$K_A = \left(\frac{\theta}{2} + 2m - 2m'\right)K_r^2 + 2(m' - m)K_r + m \quad \text{(附 3.2)}$$

湿周 $$\chi = K_\chi \cdot H，m \quad \text{(附 3.3)}$$

系数 $$K_\chi = 2\left(m + \frac{\theta}{2} - m'\right)K_r + 2m' \quad \text{(附 3.4)}$$

式中 H——水深，m；

$\frac{\theta}{2}$——圆心角之半，(°)；

m——上部直线段的边坡系数；

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

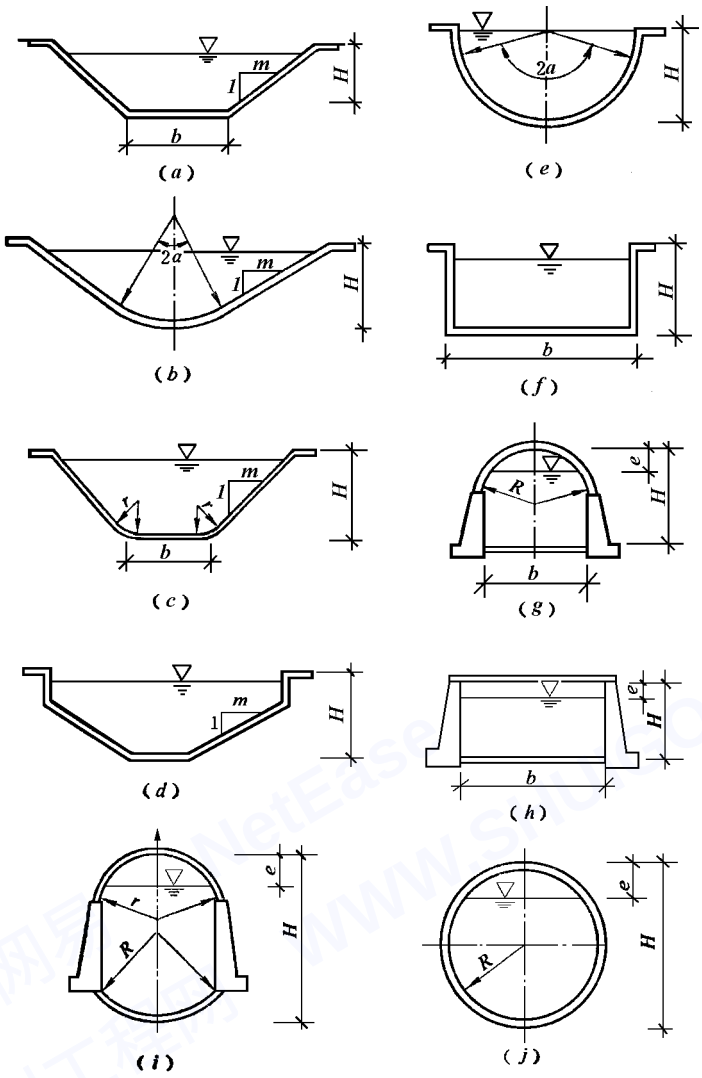
$K_r = r/H$

r——圆弧半径，m。

各符号参见附图 3.2。

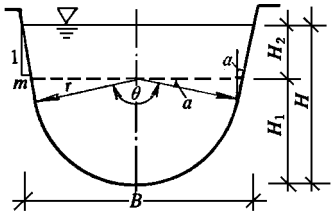
网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

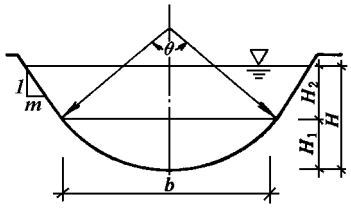


(a)梯形断面；(b)弧形底梯形断面；(c)弧形坡脚梯形断面；(d)复合形断面；(e)U形断面；(f)矩形断面；(g)城门洞形暗渠；(h)箱形暗渠；(i)正反拱形暗渠；(j)圆形暗渠

附图 3.1 防渗渠道的断面形式



附图 3.2 U形断面



附图 3.3 弧形底梯形断面

由上式推导出最佳水力断面的半径与水深之比 $K_r=1$，即水面线刚好通过圆心。此时，弧形底

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

梯形渠的弦长与水深之比

$$K_b = b/H = 2/m' \qquad (附\ 3.5)$$

式中 b——弧形底的弦长，m。见附图 3.3。

1.U 形渠断面 K_r 值的选择

(1)对于渠顶以上挖深不超过 1.5 m；边坡系数 $m \leqslant 0.3$。渠线经过耕地时，K_r 值可在附表 3.1 范围内选用。

(2)对填方断面或渠顶以上挖深很小(接近 0)以及土质差时，K_r 取 1.0～0.8。

2.弧形底梯形渠断面 K_b 值的选择

一般情况下，K_b 值可按普通梯形断面确定宽深比的方法选择。地形、地质条件要求采用宽浅式断面时，允许选取较大的 K_b 值。防渗范围超过最佳水力断面 5 % 时的 K_b 值，按附表 3.2 选用。

附表 3.1 U 形渠的 K_r 值

$m(\alpha)$	0(0°)	0.1(5.7°)	0.2(11.3°)	0.3(16.7°)	0.4(21.8°)
K_r	0.65～0.72	0.62～0.68	0.56～0.63	0.49～0.56	0.39～0.47

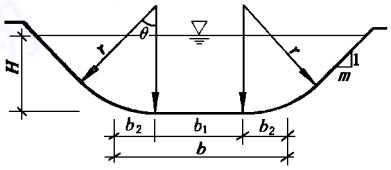
注 挖深大、土质好、土地价值高时取小值。

附表 3.2 弧形底梯形渠的 K_b 值

边坡系数	0.5	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0
水力最佳 K_b	1.79	1.41	1.25	1.11	0.992	0.894
允　　许 K_b	3.22	3.25	3.44	3.50	3.57	3.76

(二)弧形坡脚梯形渠断面

宽深比 $K_b = \dfrac{b}{H}$，在地形、地质条件要求采用宽浅式断面时，参见附图 3.4，其值仍按附表 3.2 选择。坡脚弧形的 r、θ、b_2 值可通过图解和计算确定。



附图3.4 弧形坡脚梯形断面

(三)水力断面计算

1.基本公式

流速 $V = C\sqrt{Ri}$，m/s (附 3.6)

流量 $Q = AV = AC\sqrt{Ri} = A\dfrac{1}{n}R^{2/3}i^{1/2}$，$m^3/s$ (附 3.7)

谢才系数常用满宁公式 $C = \dfrac{1}{n}R^{1/6}$ (附 3.8)

式中 R——水力半径，$R = \dfrac{A}{\chi}$，m；

i——渠道纵比降；

A——渠道过水断面积，m^2；

n——渠道糙率系数；

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

χ——渠道湿周长，m。

2.U形、弧形底梯形断面尺寸的计算公式见附表3.3。

附表3.3 U形、弧形底梯形断面尺寸的计算公式

名称	符号	已知条件	计算公式
水面宽	B	H、r、m	$2m(H-r)+2r\sqrt{1+m^2}$
圆心角	θ	m	$2\mathrm{ctg}^{-1}m$
直线段水深	H_2	H、r、θ	$H-\left(r-r\cos\frac{\theta}{2}\right)$
过水面积	A	r、$m(\alpha)$、H_2	$\frac{r^2}{2}\left[\pi\left(1-\frac{\alpha}{90°}\right)-\sin 2\alpha\right]+H_2(2r\cos\alpha+H_2\,\mathrm{tg}\,\alpha)$
湿周	χ	B、r、$m(\alpha)$、H_2	$\pi r\left(1-\frac{\alpha}{90°}\right)+\frac{2H_2}{\cos\alpha}$ 或 $\frac{B}{m}\sqrt{1+m^2}-2r/m(1-m\,\mathrm{ctg}^{-1}m)$
水力半径	R	A、χ	A/χ
弧段水深	H_1	H、H_2	$H-H_2$

注：湿周中 $\mathrm{ctg}^{-1}m$ 为弧度值。

3.城门洞和正反拱暗渠断面尺寸见附图3.5。其计算公式分别见附表3.4和附表3.5。上述各种不同断面的准确尺寸，应通过基本公式试算确定。

附表3.4 城门洞形断面尺寸的计算公式

名称	符号	已知条件	计算公式
水面宽	B	r、H_2	$2\sqrt{r^2-H_2^2}$
圆心角	θ	r、H_2	$2\mathrm{tg}^{-1}\left(\frac{\sqrt{r^2-H_2^2}}{H_2}\right)$
直线段水深	H_1	H、H_2	$H-H_2$
过水面积	A	b、H_1、B、θ、H_2	$H_1b+\frac{1}{2}[r^2(\pi-\theta)+BH_2]$
湿周	χ	b、H_1、θ、r	$b+2H_1+(\pi r-r\theta)$
水力半径	R	A、χ	$\frac{A}{\chi}$

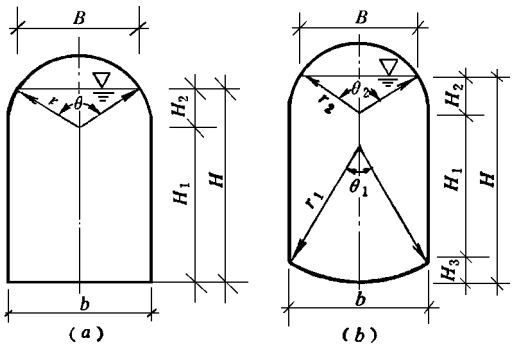
附表3.5 正反拱形断面尺寸的计算公式

名称	符号	已知条件	计算公式
水面宽	B	r_2、H_2	$2\sqrt{r_2^2-H_2^2}$
圆心角	θ_1	r_1、H_3	$2\mathrm{tg}^{-1}\left[\sqrt{r_1^2-(r_1-H_3)^2}/(r_1-H_3)\right]$
	θ_2	r_2、H_2	$2\mathrm{tg}^{-1}\left[\sqrt{r_2^2-H_2^2}/H_2\right]$
过水面积	A	r_1、r_2、H_1、H_2、H_3	$bH_1+\frac{1}{2}[r_1^2\theta_1-b(r_1-H_3)+r_2^2(\pi-\theta_2)+BH_2]$
湿周	χ	H_1、r_1、r_2、θ_1、θ_2	$2H_1+r_1\theta_1+r_2(\pi-\theta_2)$
水力半径	R	A、χ	$\frac{A}{\chi}$

三、混凝土防渗层的结构型式见附图3.6。

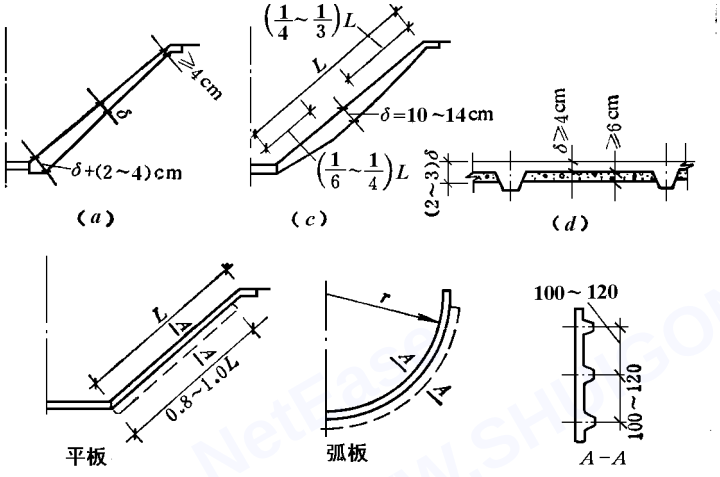
网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM



(a)城门洞形暗渠；(b)正反拱形暗渠

附图 3.5 城门洞形、正反拱形暗渠断面

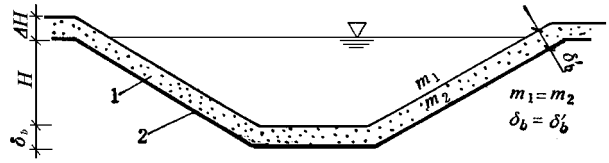


(a)楔形板；(b)肋梁板；(c)中部加厚板；(d)Π形板

附图 3.6 混凝土防渗层的结构型式

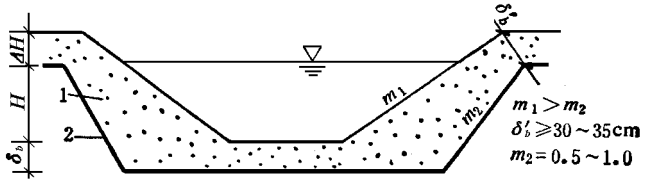
附录四 埋铺式膜料防渗渠道素土渠基铺膜基槽的断面形式

铺膜基槽断面形式有梯形、台阶形、锯齿形和五边形等，分别见附图 4.1～附图 4.7。



1—素土保护层； 2—膜料防渗层

附图 4.1 梯形铺膜基槽断面

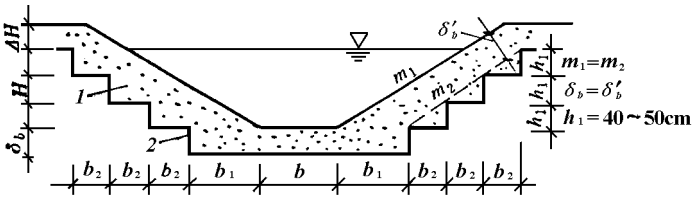


1—素土保护层； 2—膜料防渗层

附图 4.2 梯形铺膜基槽断面

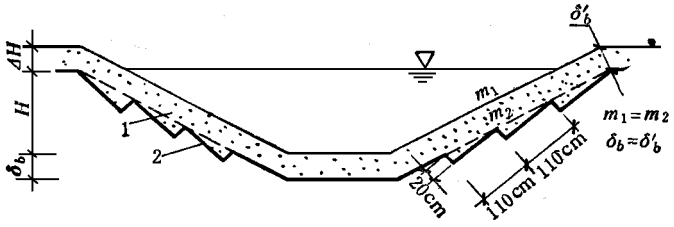
网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM



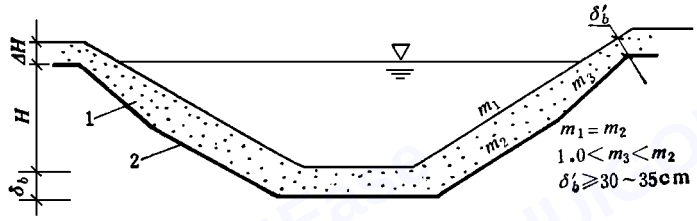
1—素土保护层； 2—膜料防渗层

附图 4.3 台阶形铺膜基槽断面



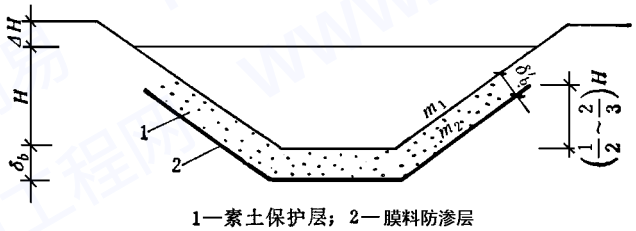
1— 素土保护层 2 — 膜料防渗层

附图 4.4 锯齿形铺膜基槽断面



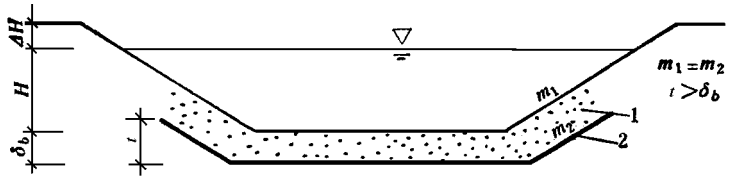
1—素土保护层；2—膜料防渗层

附图 4.5 五边形铺膜基槽断面



1—素土保护层；2—膜料防渗层

附图 4.6 半铺式铺膜基槽断面



1—素土保护层；2—膜料防渗层

附图 4.7 底铺式铺膜基槽断面

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

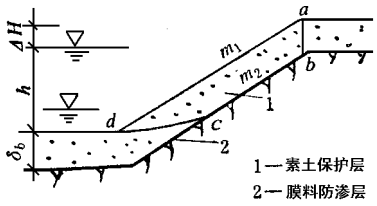
中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附录五　膜料防渗渠道土保护层边坡稳定的计算方法

一、适用范围：本法适用于埋铺式膜料防渗渠道土保护层边坡的稳定分析计算。

二、计算的条件：

（一）土保护层失稳时，假定沿附图 5.1 所示的 $abcd$ 线滑动，对粘性土 ab、bc 为直线，cd 为弧线；对非粘性土 ab、bc 及 cd 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，通过试算决定。



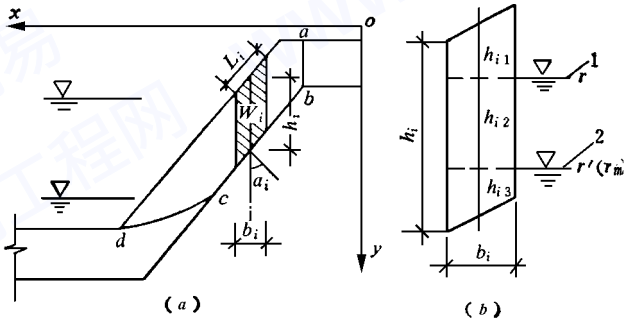
附图 5.1 土保护层失稳示意图

（二）土保护层边坡稳定分析的控制时期为渠水位骤降期。

（三）采用简化法计算渗透压力，即：最高水位以上的土重按湿容重计算；计算滑动力时，最高水位至骤降后水位间的土重按饱和容重计算，骤降水位以下的土重按浮容重计算；计算抗滑动力时，最高水位以下的土重均按浮容重计算。

三、计算方法：

（一）计算方法：建议采用简化简布法，亦称圆弧普遍分条法。它适用于土石坝或坝基中存在软弱夹层，往往出现直线和曲线组成的非圆弧滑动面的情况。因土保护层与膜料间类似一个软弱夹层，所以采用此法较合理。参见附图 5.2。分析计算公式如下：



1— 最高水位；2— 骤降后水位

附图 5.2　简化简布法计算图

$$F_s = \frac{\sum (c_1 b + W_i' \operatorname{tg}\phi_i) \dfrac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \operatorname{tg}\phi_i \operatorname{tg}\alpha_i / F_s}}{\sum W_i'' \operatorname{tg}\alpha_i} \qquad \text{（附 5.1）}$$

或

$$F_s = \frac{\sum [C_i b_i + b_i (h_{i1} r + h_{i2} r' + h_{i3} r') \operatorname{tg}\phi_i] \dfrac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \operatorname{tg}\phi_i \operatorname{tg}\alpha_i / F_s}}{\sum b_i (h_{i1} r + h_{i2} r_m + h_{i3} r') \operatorname{tg}\alpha_i} \qquad \text{（附 5.2）}$$

式中　b_i——土条分条的宽度（$b_i = L_i \cos\alpha_i$），m；

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

α_i——为 N_i 与铅垂线的夹角，(°)；

ϕ_i——滑动面上土或土与膜料间的内摩擦角，(°)；

C_i——滑动面上土或土与膜料间的凝聚力，MPa；

W_i'——按湿容重和浮容重计算的土条重量，kg；

W_i''——按湿容重、饱和容重和浮容重计算的土条重量，kg；

F_s——边坡稳定安全系数；

L_i——土条分条的顶底斜长，m；

r、r'、r_m——土条的湿容重、浮容重和饱和容重，kg/m³；

h_{i1}、h_{i2}、h_{i3}——相应于 r、r'、r_m 的水深，m。

根据上式可以用电算法进行计算。

(二)计算中抗剪强度指标(ϕ、C 值)的选用：

1.ϕ、C 值的选用，应与采用有效应力法，或总应力法的计算方法相对应。即采用有效应力法简化简布法计算时，应采用有效应力情况下实测的 ϕ、C 值(采用直剪仪试验时，应采用饱和慢剪法测定；采用三轴仪试验时，应采用饱和不排水剪，同时测孔隙水压力，确定有效应力下的 ϕ、C 值)；如采用总应力法计算时，或采用总应力下实测的 ϕ、C 值(用直剪仪试验时，采用饱和快剪法测定；用三轴仪试验时，采用饱和不排水剪法测定)。

2.计算中，滑动面的 ab 和 cd 段应采用纯土的 C、ϕ 值；在 bc 段应采用土与膜料之间的 C、ϕ 值。因 ab 段很小，且土体在滑动前，往往先在 ab 处产生裂缝，所以计算时，略去 ab 段的抗滑力。

3.土与膜料之间 C、ϕ 值的测定方法：

(1) 用直剪仪试验。可将膜料夹在剪切面部位，在相应设计容重下，采用前述相应方法试验。

(2) 用三轴仪试验。根据不同土质和不同容重可按附表 5.1 选用膜料在试样中近似的置放夹角(α)。将膜料放入试样中，在相应容重及方法下测定 C、ϕ 值。因在极限平衡条件下，$\alpha = 45 + \phi/2$，因此如采用近似 α 角求得的 ϕ 值与前式相差过大时，可改变 α 角，重新试验和测定 C、ϕ 值。

附表 5.1 膜料在三轴试验试样中的夹角(α) (单位：度)

土壤类别	土壤干容重(g/cm³)		
	1.35	1.5	1.7
砂壤土	52	55	56
壤土	46	47	48
粘土	45	46	47

四、膜料防渗渠道土保护层边坡稳定安全系数的控制标准。根据膜料防渗渠道工程分析，它是次要的永久性水工建筑物，并以其灌溉面积的大小分别属于Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级，参照坝坡抗滑稳定最小安全系数的标准，膜料防渗渠道土保护层边坡稳定的最小安全系数可采用 1.2。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附录六 刚性材料防渗层伸缩缝填料和裂缝处理材料的配合比、制作及施工方法

一、刚性材料防渗层伸缩缝填料和裂缝处理材料的配合比及制作方法见附表 6.1。

附表 6.1 填料和裂缝处理材料的配合比及制作方法

用途	材料名称	配合比(重量比)	制作方法
填筑伸缩缝	沥青砂浆	沥青:水泥:砂=1:1:4	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，即可使用
	焦油塑料胶泥(聚氯乙烯胶泥)	煤焦油:废聚氯乙烯薄膜:癸二酸二辛脂(或 T50):粉煤灰=100:(15～20):2(T50 为 4):30	按配比将脱水煤焦油加温至 110～120 ℃，加入废聚氯乙烯薄膜碎片、癸二酸二辛脂(或 T50)，边加边搅约 30 min。待材料全部溶化后，加粉煤灰继续加温搅拌，温度达到 110 ℃时即可使用
处理裂缝	过氯乙烯胶液涂料	过氯乙烯:轻油=1:5	按配比将过氯乙烯加入轻油中，溶化 24 h 即可使用
	煤焦油沥青填料	煤焦油:30 号沥青:石棉绒:滑石粉=3:1:0.5:0.5 或 3:0.5:0.8:0.8	按配比将沥青加入煤焦油中，加温至 120～130 ℃，待全部溶化后，加入石棉绒和滑石粉，搅拌均匀后，即可使用

注 ①煤焦油宜采用煤 3 或煤 5，优先采用煤 3。

②制作焦油塑料胶泥所用的废聚氯乙烯膜，应洗净、凉干、撕碎后再用。如制作聚氯乙烯胶泥，仅用新鲜的聚氯乙烯粉代替废聚氯乙烯膜即可。前者价低，宜优先选用。

③制作中应防火，注意安全。

二、施工方法：

(一)填筑伸缩缝，宜按下列步骤进行：

1.清除缝内的泥土、杂物，使缝壁清洁、干燥；

2.在缝壁涂刷冷底子油(沥青:柴油=1～3:10)；

3.将制好并保持 110 ℃的焦油塑料胶泥灌入缝内，迅速用小铁铲或木棒向缝壁抹压，使胶泥与缝壁充分粘结。填塞渠坡伸缩缝时，为防止流淌，可用充水的橡胶管(管径稍大于缝宽)堵住缝口，从顶部灌注；

4.如缝下部为焦油塑料胶泥，上部为沥青砂浆填筑时，下部填好填料冷却后，然后将制好的沥青砂浆，将温度控制在 120～130 ℃，填入上部缝隙，填满压实。最后用热烙铁沿缝口压烙，使表面光滑平整与缝壁粘牢。(二)裂缝处理宜在晴天，并可按下列方法进行：

1.缝宽较大的渠道，宜采用填筑法处理。其具体处理方法可按填筑伸缩缝的步骤进行。

2.缝宽较大的大型渠道，可按下列填塞与粘补相结合的方法处理：

(1)清除缝内、缝壁及缝口两边的泥土、杂物，使清洁、干燥；

(2)缝壁涂刷冷底子油；

(3)将煤焦油沥青填料或焦油塑料胶泥填入缝内，填压密实，使表面平整光滑；

(4)填好缝 1～2 天后，沿缝口两边各宽 5 cm 涂刷过氯乙烯涂料一层，随即沿缝口两边各宽 3～4 cm 粘贴玻璃丝布一层，再涂刷涂料一层，贴第二层玻璃丝布。最后涂一层涂料即完成。涂料要涂刷均匀，玻璃丝布要粘平贴紧，不能有气泡；

(5)如缝宽很小，可只用涂料贴玻璃丝布处理。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附录七　渠道防渗工程渠基的排水设施

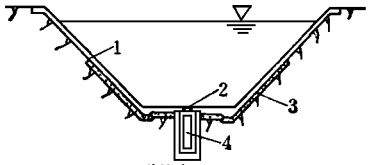
一、当渠基未设砂、砾石换填层，且附近又无洼地时，可采取下列两种排水设施排水入渠。

（一）排水沟与渠底集水井组成的排水设施（见附图 7.1）。排水沟中可填砾石、碎石。集水井上设逆止阀，其周围作反滤处理。

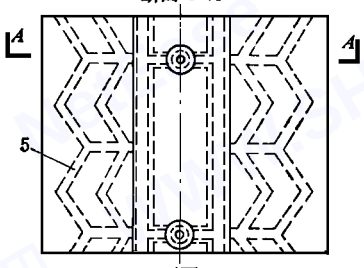
（二）排水管、排水沟与渠坡渠底排水阀组成的排水设施（见附图 7.2）。逆止阀及排水沟（管）埋设的数量，可参照附表 7.1 选用。

附表 7.1　排水管及底部排水沟的设置

边坡高度 H(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	
$2.5\leqslant H<5.0$	设 1～2 层排水管和底部排水沟	设 1～2 层排水管
$H\geqslant 5.0$	设 2～3 层排水管和底部排水沟	设 2～3 层排水管及底部排水沟



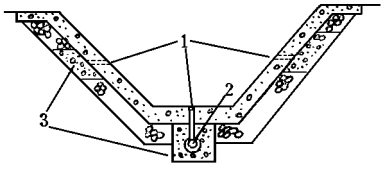
断面 A-A



平面

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

附图　7.1　排水沟与集水井组合式排水



1-塑料逆止阀；2-排水沟（管）；3-滤水砂砾料

附图 7.2 排水沟（管）和排水阀组合式排水

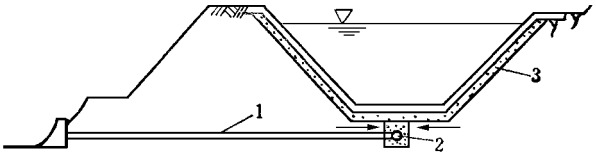
二、当渠基设有砂砾石换填层，且附近有低洼地时，可采取纵向集水管和横排水暗沟组成的排水设施（见附图 7.3）。集水管采用带孔石棉水泥管、塑料管或混凝土管等。其管径根据排水量大小确定，但不宜小于 15 cm。纵比降不得小于 0.001～0.002。集水管周围应采取反滤措施。集水管宜设置在渠底中部，或分设两边坡脚。

为减少横向排水沟的数量，可将纵向集水管从两个方向引向排水暗沟（附图 7.4）。

纵向排水管的长度可按式（附 7.1）和式（附 7.2）计算：

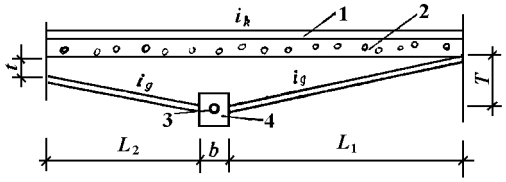
网易 Netease　企业应用事业部（IVP）　ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM



1-排水暗沟； 2-纵向排水管； 3-垫层

附图7.3 纵横向沟（管）组合式排水



1-护面； 2-垫层； 3-排水暗沟； 4-连接井

附图7.4 纵向集水管与排水暗沟的连接

（一）集水管与渠底比降方向相同时

$$L_1 = \frac{T - t}{i_9 - i_K} \qquad \text{（附 7.1）}$$

（二）集水管与渠底比降方向相反时

$$L_2 = \frac{T - t}{i_9 + i_K} \qquad \text{（附 7.2）}$$

式中 L_1、L_2——集水管的长度，cm；

T、t——集水管末端、首端距渠底垫层的深度，cm；

i_K——渠底比降；

i_9——集水管底比降。

附录八 膜料接缝的处理方法

要保证膜料防渗的效果，除严防施工中人为及自然的外力破坏外，必须处理好连接缝。

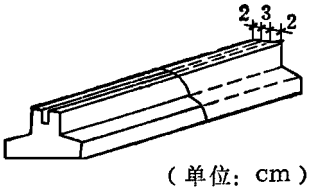
一、搭接法：主要用于大块膜料施工中的现场连接，或小型的膜料防渗渠道。搭接宽度一般为20 cm。膜层应平整，层间应洁净，且应上游一幅压下游一幅，缝口应吻合紧密。

二、热接法：

（一）工具及设备

1.调温电熨斗(140～180 ℃)1个；

2.木模架，见附图8.1，其长度视需要而定。



（单位：cm）

附图 8.1 热接法木模架

（二）热接法

先在膜架顶部铺一层稍宽于顶部的、平整的纸（报纸或水泥袋纸），再将下层膜料齐膜架沿接缝口拉顺拉齐、铺平，擦拭干净，然后铺上层接缝膜料，最后再铺一层纸，用预热至规定温度（一般160～180 ℃，可在现场试验决定）的电熨斗，以每分钟约30 cm的速度沿膜架顶均匀加压进行。行进中所加的压力，可在接缝接合好的前题

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

下，经试验确定。

三、粘接法：主要用于聚氯乙烯和油毡两种膜料。

（一）聚氯乙烯的粘接法

1.粘接剂配方：采用福建省水电厅改进以后的粘接剂配方，即：丙酮 60 %，环己酮 15 %，二甲苯 8 %，过氯乙烯树脂 15 %，邻苯二甲酸二辛脂等（重量比）。

2.粘接剂配制方法：因丙酮易挥发，应在粘膜前一小时配制，随配随用。配制时，先将环己酮、二甲苯、过氯乙烯树脂、丙酮 45 %及邻苯二甲酸二辛脂等按重量比配好，搅拌均匀。若过氯乙烯树脂（固体）溶解不彻底，再加丙酮（总量不得超过 60 %），搅拌至固体完全溶解，即可使用。

3.粘接塑膜：将下层膜料铺平在一个长约 2 m、宽约 1.2 m 的平台上。将配好的粘接剂，沿接缝宽度涂匀，随即将上层膜料对准接缝宽度，由一端向另一端均匀压下，使粘接紧密。粘接宽度一般为 15～20 cm。如在现场粘接，也应在 5 m 长的比较平整的木板上粘接较好。

（二）油毡粘接法

油毡多采用热沥青，或沥青玛蹄脂粘接。其粘接工艺与塑膜相同。沥青玛蹄脂的配合比一般为沥青：矿粉＝1：1～1：1.4。

附录九　渠道渗漏的静水法测验段设置和成果整理

第一节　测验段设置

一、确定测验段长度。

测验段长度取决于注水条件、渠道大小及其纵坡与渗漏情况等因素，以能代表测验渠道渗漏特性为原则。测验段长度一般为 30～50 m，渠道断面越大，测验段越长。

为使纵坡陡于 1/100 的渠道，和引洪灌溉的宽浅式渠道测验段中的水深，能接近实际过水水深和实际渗漏情况，测验段长度还应满足（附 9.1）的要求：

$$\frac{2(h_2-h_1)}{h_2+h_1}\times 100\ \% \leqslant 10\ \% \qquad \text{（附 9.1）}$$

式中　h_1——测验段首端水深，m；

h_2——测验段末端水深，m。

二、确定测验水位。

测验水位确定，以能反映渠道实际过水情况为原则。

（一）恒水位测验时，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。

（二）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 1/6～1/8 测验段中间水深时停测。

三、整修测验段。

测验段整修应达到下列要求：

（一）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。

（二）保持渠道断面、纵坡及边坡规则、平整、均匀一致。

（三）渠堤顶排水良好，防止雨水流入测验段。

网易 Netease　企业应用事业部（IVP）　ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

四、修建横隔堤及渗漏平衡区。

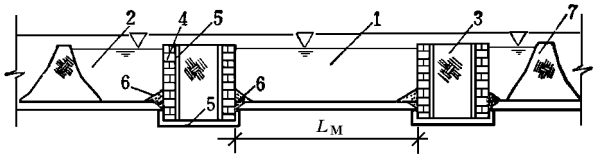
横隔堤及渗漏平衡区见附图 9.1，并应按下列要求修建：

（一）横隔堤必须稳固、严密止水和防止渗漏变形，临测验段一侧表面应竖直。对砌石、混凝土等防渗渠道，横隔堤必须切断防渗层，插入土基 20～40 cm，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 30～50 cm，横隔堤与土层的接缝用粘土填塞夯实。

（二）横隔堤顶应高于测验水位 10～15 cm。

（三）横隔堤可采用双砖墙内铺塑膜，中间夯填土作夹层。夹层厚度按不发生渗透变形的允许水头坡降确定，并不小于 1.0 m。

（四）渗漏平衡区外侧隔堤可用粘土夯筑，高度应高于最高测验水位。每个渗漏平衡区的长度不得小于 5 倍测验段水深。



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

附图9.1 测验段纵断面图

五、测验段测量及描述

测验段测量及描述可按下列要求进行：

（一）渠宽测量。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渠宽。

（二）测验段长度测量。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、右三对点，求出各高程的平均长度。

（三）绘制测验段水位和容积变化关系曲线或表格。

（四）测验段描述按附录九附表 9.10 填写。

六、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。

在测验段两端及中间，应按下列要求分别设置水位测尺、测针或其它水位测量仪器。

（一）水位测尺最小刻度至 mm，并应校核无误。

（二）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。

（三）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、不摆动。

（四）水面不平稳，不能保证水位尺读数至毫米时，应设置观测井。观测井与测验段用连通管连通，测井的面积约为 0.1 m^2。连通管截面积不小于测井面积的 10 %。测井水位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。水位观测筒采用直径不小于 30 cm、设有透水孔、无底的筒做成。

（五）观测降雨量可用口径 20 cm 的自记雨量计或雨量器。自记雨量计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 70 cm。

（六）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。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

（七）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 80 cm 带套盆的蒸发器，或口径 20 cm 的蒸发皿。

（八）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。安设方法见《水文测验手册》第一册野外工作。

第二节 测验成果整理

一、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。见附图 9.2。

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。

二、在观测时段内，测验段单位长度水体的变化量可分别按下列公式计算：

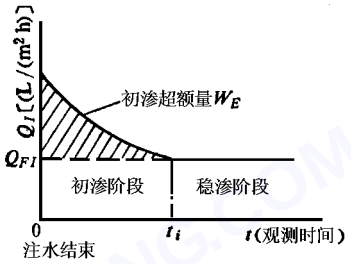
（一）恒水位测验。如采用水位下降法进行观测时，可用式（附 9.2）计算。

$$\Delta W_{BI} = B_W \Delta h \qquad \text{（附 9.2）}$$

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。



附图 9.2 渗漏阶段划分

如采用称量法计量时，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}。

（二）变水位测验。采用水位下降法时，可用式（附 9.3）计算。

$$\Delta W_{BF} = B_W \Delta h \qquad \text{（附 9.3）}$$

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——观测时段开始和终止相应的渠道水面平均宽度，m；

Δh——观测时段中水深变化量，mm。

采用称量法时，计算方法同恒水位称量法。

三、观测时段中，进入测验段的降雨量和蒸发量，应用下列各式计算：

（一）小雨渠坡不产生径流时，可按式（附 9.4）计算。

$$P = p\Delta t B_W \qquad \text{（附 9.4）}$$

式中 P——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。

（二）中雨和大雨时，应计入由渠坡流入的水量，可按式（附 9.5）计算。

$$P = p\Delta t B \qquad \text{（附 9.5）}$$

式中 B——测验段渠堤顶口宽，m。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

（三）观测时段内，测验段单位长度水面的蒸发量，可按式（附 9.6）计算。

$$E = e\Delta t B_W \tag{附 9.6}$$

式中 E——测验段单位长度水面蒸发量，L/m；

e——测验段平均水面蒸发强度，mm/h。

四、观测时段中测验段的渗漏量，可分别情况进行计算：

（一）恒水位测验，应采用式（附 9.7）计算。

$$\Delta W_I = \Delta W_{BI} + P - E \tag{附 9.7}$$

式中 ΔW_I——测验段单位长度的渗漏量，L/m。

（二）变水位测验，应采用式（附 9.8）计算。

$$\Delta W_F = \Delta W_{BF} + P - E \tag{附 9.8}$$

式中 ΔW_F——测验段单位长度稳渗量，L/m。

五、恒水位测验，各观测时段的渗漏强度，应采用式（附 9.9）计算：

$$Q_I = \frac{\Delta W_I}{\chi \Delta t} \tag{附 9.9}$$

式中 Q_I——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。

当测验段入渗稳定后，应采用式（附 9.10）计算恒水位的稳渗强度。

$$Q_{FI} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Q_{Ii}}{10} \tag{附 9.10}$$

式中 Q_{FI}——恒水位稳渗强度，L/(m²·h)；

Q_{Ii}——测验段入渗稳定后，连续各次观测的渗漏强度，L/(m²·h)；应选用满足第 10.1.9 条规定的 10 组观测数据。

六、变水位测验，各个观测时段的稳渗强度，应采用式（附 9.11）计算：

$$Q_F = \frac{\Delta W_F}{\chi \Delta t} \tag{附 9.11}$$

式中 Q_F——测验段在不同水深时的稳渗强度，L/(m²·h)；

χ——测验时段开始和终止时的渠道平均湿周，m。

七、计算出恒水位各观测时段渠道的渗漏强度后，应采用下列公式计算渠道的初渗超额量：

（一）采用称量法观测时，可按式（附 9.12）计算。

$$W_E = \sum_{i=1}^{n_1} (Q_{Ii} - Q_{FI})\,\Delta t_i \tag{附 9.12}$$

式中 W_E——初渗超额量，L/m²；

Q_{Ii}——初渗阶段第 i 个观测时段的渗漏强度，L/(m²·h)；

Δt_i——第 i 个观测时段的长度，h；

n_1——观测时段数。

（二）采用水位下降法观测时，可按式（附 9.13）计算。

$$W_E = \sum_{i=1}^{n_1} (Q_{Ii} - Q_{FI})\,\Delta t_i + \sum_{j=1}^{n_2} (Q_{Ij} - Q_{FI})\,\Delta t_j \tag{附 9.13}$$

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

式中 Q_{1j}——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/(m²·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。

八、成果的回归检验：

(一)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，应按式(附 9.14)进行回归计算，求出稳渗强度随渠道水深变化的规律。

$$Q_F = Ch^D \qquad \text{(附 9.14)}$$

式中 Q_F——稳渗强度回归值，L/(m²·h)；

h——测验段水深，m；

C、D——稳渗回归系数。

(二)对渠道防渗结构型式、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。

(三)对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，可以研究采用分段回归，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的，可代表该类型渠道的渗漏规律。

附表 9.1 降雨量观测记录表

渠名 测验段编号

日期	降雨时段			降雨量(mm)			降雨强度 p(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

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附表 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

附表 9.3 恒水位水位下降法记录表

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 (mm)	每米渠长水体变化量 $\Delta W_{米}$ (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)]·K	(10)=(3)−(7)	(11)=(4)−(8)	(12)	(13)=[(2)+(6)]/2K	(14)=(12)×水面积

说明：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 值当斜尺值倾角为 14.5 度时取 0.25；30 度时取 0.5；在水面波动或风天测尺差值超过 2 mm 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 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。

观测人

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附表 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			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 $\Delta W_{米}$ (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)]·K	(12) =[(2)+(5)]·K/2	(13) =(10)/测验长度

说明：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。

②第(2)栏中 K 值，当斜尺倾角为 14.5 度时取 0.25；30 度时取 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 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。

观测人

附表 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_{ij} (h)	每米渠长水体变化量 $\Delta W_{米}$ (L)	每米渠长降雨量 P (L)	每米渠长蒸发量 E (L)	每米渠长渗漏量 $\Delta W_I = \Delta W_{米} + P - E$ (L)	相应于测验水深的湿周 χ (m)	观测时段渗漏强度 Q_{Ii} [L/(m²·h)]	加水时段渗漏强度 Q_{Ii} [L/(m²·h)]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(4)+(5)−(6)	(8)	(9)=(7)/[(2)·(8)]	(10)

说明：①第(1)栏对于水位下降法，应依次取自附表 9.3 第(1)栏和第(5)栏；对于称量法取自附表 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 $\Delta W_{米}$ 无观测值。加水时段渗漏强度 Q_{Ii}，取与其相邻的两次观测时段渗漏强度 Q_{Ii} 的平均值。

③第(2)栏 Δt_i，即式(附 9.9)中 Δt，第(9)栏即式(附 9.9)中 Q_I。

④第(4)栏 $\Delta W_{米}$ 取自附表 9.3 或附表 9.4；第(5)栏根据附表 9.1 计算得到；第(6)栏根据附表 9.2 计算得到。

计算人

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附表 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 Q_{1i} 或加水时段 Q_{1j} [L/(m²·h)]	观测时段 Δt_i 或加水时段 Δt_j (h)	恒水位稳渗强度 Q_{F1} [L/(m²·h)]	单位面积初渗超额量 W_E (L/m²)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=[(2)−(4)]·(3)

说明：① Q_{F1} 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)栏取自附表 9.5 第(9)栏与第(10)栏。第(3)栏取自附表 9.5 第(2)栏与第(3)栏。

计算人

附表 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 斜尺 (mm)	折算斜尺水深 (mm)	首尺水深 (mm)	末尺水深 (mm)	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_{BF} (L)	每米渠长降雨量 P (L)	每米渠长蒸发量 E (L)	每米渠长稳渗量 $\Delta W_F=\Delta W_{BF}+P-E$ (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 $Q_F=\Delta W_F/(\Delta t\cdot\chi)$ [L/(m²·h)]	备注
(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)

说明：①每米渠长降雨量 P 和蒸发量 E 的计算见附表 9.5 说明

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 2 mm 时，采用三尺平均数。

观测人 计算人

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附表 9.8 变水位称量法记录及计算表

渠名 测试段编号 测试日期

观测时间	加水前(加水后)水尺读数				加水前(加水后)水深计算值 h (mm)	加水前后水深平均值 $\bar{h}$ (mm)	相应于水深平均值的水面宽 B_w (m)	补加水量		
	斜尺 (mm)	折算斜尺水深 (mm)	首尺水深 (mm)	末尺水深 (mm)				加水次数	每次水重 (kg)	加水总重 (kg)
(1)	(2)	(3)=(2)·K	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)=(9)·(10)

说明：①测验水位应等于加水前后水深的平均值 h。

②每米渠长降雨量 P 和蒸发量 E 计算所用水面宽度应采用第(8)栏 B_w。

③第(6)栏水深计算值采用三尺平均数。

④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。

续表

每米渠长水体变化量 ΔW_{DP} (kg)	每米渠长降雨量 P (kg)	每米渠长蒸发量 E (kg)	每米渠长稳渗渗漏量 $\Delta W_t=\Delta W_{DP}+P-E$ (kg)	观测时段 Δt (h)	相应于水深平均值的湿周 $\bar{\chi}$ (m)	变水位稳渗强度 $Q_F=\Delta W_F/(\Delta t\cdot\bar{\chi})$ [kg/(m²·h)]
(12)=(11)/试段长度	(13)	(14)	(15)=(12)+(13)−(14)	(16)	(17)	(18)=(15)/(16)·(17)

观测人 计算人

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附表 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(m)	$T=\lg h$	T^2	Q [L/(m²·h)]	$M=\lg Q$	M^2	$T\cdot M$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

$$T=\frac{\sum T}{n} \qquad M=\frac{\sum M}{n}$$

$$Q=Ch^D$$

式中 $C=10^{(M-DT)}$

$$D=\frac{\sum(M\cdot T)-\frac{1}{n}\sum M\cdot\sum T}{\sum T^2-\frac{1}{n}(\sum T)^2}$$

相关系数 r

$$r=\frac{\sum(M\cdot T)-\frac{1}{n}\sum M\cdot\sum T}{\left[\sum T^2-\frac{1}{n}(\sum T)^2\right]\cdot\left[\sum M^2-\frac{1}{n}(\sum M)^2\right]}$$

说明：①第(2)栏、第(5)栏取自附表 9.7。

② n 为数组数，r 为回归相关系数。

计算人

附表 9.10 静水位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	渠基土壤干容重(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/(m²·h)]	单位面积初渗超额量 W_E (L/m²)				稳渗强度 Q_F 和水深 h 的回归关系式		

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：

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶ 中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附加说明

本规范主编单位、参编单位和参加工作的人员名单

主编单位：水利部西北水利科学研究所

陕西省水利水土保持厅

湖南省水利水电厅

参编单位：山西省水利厅

新疆生产建设兵团

贵州省水利水电厅

甘肃省水利科学研究所

湖南省水利水电科学研究所

山西省水利科学研究所

青海省水利科学研究所

广东省水利水电科学研究所

辽宁省水利科学研究所

江苏省水利科学研究所

四川省水利水电科学研究所

云南省水利水电科学研究所

山东省水利科学研究所

陕西省水电勘测设计院

贵州省水利水电勘测设计院

主编、副主编：建　功（主编）　何　韧　顾知礼　黄坚石

参加编写和统稿人员（按姓氏笔划排列）：

王家琦　王复华　王义忠　王希尧　王治平　司志明　朱　强　任之忠　刘存仁　吴明钟

吴培安　陈发义　李永安　李秀清　郑　衡　郑泽民　杨　镜　周伏先　赵田夫　荣丰涛

陶景行　梁勇大　高启仁　袁　成　唐济民　张　键　靳肖芳　熊里琛　潘军峰

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com