

ICS 93.160

P 57

DB64

宁夏回族自治区地方标准

DB 64/T 811—2012

灌溉渠道衬砌工程技术规范

2012 - 12 - 11 发布

2012 - 12 - 11 实施

宁夏回族自治区质量技术监督局 发布

前 言

为统一宁夏灌区灌溉渠道衬砌工程的技术标准，保障输水供水安全，提高工程建设质量、管理水平、水资源利用效率和效益，推进灌区工程标准化水平，制定本标准。

本标准共 6 章。主要技术内容包括：总则、规范性引用文件、术语和定义、工程设计、施工及质量控制、工程维修。总结集成了多年来灌区灌溉渠道衬砌工程成功经验，综合考虑了灌区不同区域特点、现有技术水平和今后的发展，广泛征求水行政主管部门及有关科研、设计、施工、管理等单位的意见和建议。

本标准在执行过程中，请各单位积极总结经验，积累资料，并将有关意见和建议及时反馈，以供今后修订时参考。

本标准的编写格式符合 GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》的要求。

本标准由宁夏回族自治区水利厅提出

本标准由宁夏回族自治区水利厅归口

本标准主要起草单位：**宁夏水利科学研究院**

本标准参与起草单位：**宁夏水利厅科技教育处**

宁夏水利厅规划计划处

宁夏水利水电勘测设计研究院有限公司

宁夏水利厅灌溉管理局

宁夏水电工程质量监督站

宁夏秦汉渠管理处

宁夏唐徕渠管理处

本标准技术负责人：薛塞光 陆立国

本标准主要起草人：陆立国 薛塞光 李 东 赵东辉

顾靖超 刘学军 江 静 杨海宁

胡连英 杜 历 陈玉贵 吴永花

徐进光 李晓鹏 李金娥 杨晓玲

赵庚贤 李雷平 张晓玲 黎东芳

鲁 浩 张 伟

目 次

1	总 则.....	1
2	规范性引用文件.....	2
3	术语和定义.....	3
4	工程设计.....	5
	4.1 灌区划分.....	5
	4.2 基础资料.....	5
	4.3 灌区工程地质及水文地质条件.....	6
	4.4 渠道断面设计.....	6
	4.5 渠道衬砌结构设计.....	14
	4.6 特殊环境衬砌结构.....	24
5	施工及质量控制.....	26
	5.1 施工组织.....	26
	5.2 施工准备工作.....	26
	5.3 工程材料要求.....	28
	5.4 施工工艺.....	28
	5.5 施工环境.....	45
	5.6 雨（低温）季施工.....	45
6	维修养护.....	48
	6.1 运行管理.....	48
	6.2 工程检查.....	48

6.3 衬砌工程状态评价.....	49
6.4 工程维修.....	56
附录 A 沙坡头灌区工程地质与水文地质条件	59
附录 B 青铜峡灌区工程地质与水文地质条件	63
附录 C 固海灌区工程地质与水文地质条件	67
附录 D 盐环定扬黄灌区工程地质与水文地质条件	71
附录 E 红寺堡灌区工程地质与水文地质条件	75
附录 F 渠道衬砌相关工程地质特性参数	79
条文说明	84

1 总 则

1.1 本标准规定了灌溉渠道衬砌工程技术的术语和定义、工程设计、施工质量及控制、维修养护。

1.2 本标准适用于负气温指数在 $400^{\circ}\text{C}\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 的地区，新建、扩建、改建的渠道衬砌工程。渠系配套建筑物不适用于本标准。

1.3 渠道衬砌工程应遵循因地制宜、综合治理，以削减冻胀为主的原则。

1.3.1 因地制宜：工程设计应通过工程地质勘测，查清工程地质和水文地质条件，并掌握渠道基本情况，收集相关技术资料，通过论证，达到技术先进、经济合理、经久耐用、运用安全、管理方便。

1.3.2 综合治理：防渗、防冻措施应工程措施与管理措施并重，改土、保温、换填、隔水、结构处理多种措施综合。

1.3.3 削减冻胀为主：不宜依靠加厚砌体结构尺寸的方法减轻冻胀变形，而应采取措施减少基土冻胀及其不均匀性，并使衬砌结构能适应冻胀变形。

1.4 渠道衬砌工程的设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行的有关技术规范和技术规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 17642-2008 土工合成材料非织造布复合土工膜

GB 50288 灌溉与排水工程设计规范

GB 50487 水利水电工程地质勘察规范

GB/T 50600-2010 渠道防渗工程技术规范

DL/T 5144-2001 水工混凝土施工规范

DL/T 5169-2002 水工混凝土钢筋施工规范

JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法规范

SDJ 207 水工混凝土施工规范

SL18-2004 渠道防渗工程技术规范

SL23 渠系工程抗冻胀设计规范

SL176 水利水电工程施工质量检验与评定规程

SL191 水工混凝土结构设计规范

SL207 水灌溉技术规范

SL211 水工建筑物抗冰冻设计规范

SL252 水利水电工程等级划分及洪水标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 负气温指数

在一个冻结期内，日平均负气温值的累计值，其中不包括在冻结期内，特别是冻结初期和后期，由于气温回升而可能出现日平均气温为正值的日子。

3.2 冻结指数

整个冻结期内日平均温度低于 0℃ 的日平均气温逐日累计值。

3.3 季节冻土

地壳表层冬季冻结、暖季又全部融化的土和岩石。

3.4 冻胀量

土在冻结过程中的膨胀变形量。

3.5 冻胀破坏

在负温条件下，因水分冻结使土体膨胀变形及材料受损而引起的渠道破坏。

3.6 渠道防渗

减少渠道水量损失的技术措施。

3.7 混凝土防渗

浇筑或砌筑混凝土护面层以减少渠道水量渗透损失的措施。

3.8 防渗层

设置于渠道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。

3.9 伸缩缝

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。

3.10 特殊土

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。

3.11 施工组织设计

以施工项目为对象编制的，用以指导施工的技术、经济和管理综合性文件

4 工程设计

4.1 灌区划分

宁夏灌区分为自流灌区和扬水灌区。自流灌区位于宁夏北部，分为青铜峡灌区和沙坡头（卫宁）灌区；扬水灌区位于中部干旱风沙区，由南向北依次分布有固海、固海扩灌、红寺堡和盐环定等大型扬水工程灌区。

4.2 基础资料

4.2.1 渠道衬砌工程的设计、施工和管理除应按照 GB/T50600-2010 的规定收集、整理基础资料外，还应结合宁夏实际，补充工程所在区域不同时期地下水位变化、渠道积水变化状况，灌区种植结构、灌溉定额、渠系水和灌溉水利用系数等资料。

4.2.2 对于扩建、改建工程，应充分论证扩建、改建依据。对渠道工程病害调查、评价后，取得原渠道水力要素、近三年实测流量和渠床土质、渗漏损失、运行效果、地下水位等技术参数资料。取得建设单位对工程运用要求，管理单位对工程运行效果。搜集当地或类似地区已建成渠道防渗工程的设计与施工资料、管理运用经验、试验研究成果和竣工验收等资料。

4.2.3 应取得工程邻近地区各类建筑材料的产源、产量、质量、开采与运输条件、单价等资料。

4.3 灌区工程地质及水文地质条件

工程地质和水文地质是渠道设计的重要参数。灌区渠道衬砌工程的设计在执行 GB50487 的基础上,沙坡头灌区参考附录 A、F,青铜峡灌区参考附录 B、F,固海灌区参考附录 C、F,盐环定扬黄灌区参考附录 D、F,红寺堡灌区参考附录 E、F。

4.4 渠道断面设计

4.4.1 灌溉面积

设计灌溉面积以《宁夏引黄灌区灌溉面积及作物种植结构遥感调查》(宁夏水利厅 2009 年)的遥测面积为准,结合近 3 年实际灌溉面积进行复核。按照最严格的水资源管理要求,对新增灌溉面积应进行水资源配置论证。如有基本确定的新增灌溉面积时,水资源配置也应立足内部挖潜。

4.4.2 工程级别和规模划分

参照 GB50288 中表 2.0.5 和 GB/T 50600-2010 中表 3.0.4,结合宁夏灌区渠道规模,将流量划分为: $\leq 5\text{m}^3/\text{s}$, $5\text{m}^3/\text{s}\sim 10\text{m}^3/\text{s}$, $10\text{m}^3/\text{s}\sim 20\text{m}^3/\text{s}$, $20\text{m}^3/\text{s}\sim 50\text{m}^3/\text{s}$, $50\text{m}^3/\text{s}\sim 100\text{m}^3/\text{s}$, $>100\text{m}^3/\text{s}$ 。渠道规模划分按表 4.4.2 确定。

表 4.4.2 渠道规模划分

工程级别	5	4	3	2
流 量	小型渠道	中型渠道	大型渠道	
自流灌区	$Q_{\text{设}}\leq 5\text{m}^3/\text{s}$	$5\text{m}^3/\text{s}<Q_{\text{设}}\leq 20\text{m}^3/\text{s}$	$Q_{\text{设}}>20\text{m}^3/\text{s}$	
扬水灌区	$Q_{\text{设}}\leq 2\text{m}^3/\text{s}$	$2\text{m}^3/\text{s}<Q_{\text{设}}\leq 10\text{m}^3/\text{s}$	$Q_{\text{设}}>10\text{m}^3/\text{s}$	

4.4.3 流量确定

4.4.3.1 扩建、改建渠道

4.4.3.1.1 流量推算方法

流量采取规范法和实测流量频率法两种方法进行分析推算。按照节水型灌区建设要求，结合现状实际，对 2 种方法推算的流量进行分析论证，推荐确定设计流量。

1 规范法

按照现行规范相关流量计算方法分析推算理论设计流量。灌溉定额采用《宁夏农业灌溉用水定额》成果。灌溉天数采用近 3 年农业灌溉天数的平均值。

2 实测流量频率法

对近 3 年干渠流量控制点实测流量平均值进行频率分析，原则上以频率为 75%时对应的实测流量（实际常运行流量），作为参与分析论证的设计流量。

4.4.3.1.2 设计流量确定

1 设计流量原则上以近 3 年实测日平均流量频率为 75%的流量作为设计流量。

2 加大流量参照规范规定加大流量的加大百分数计算。从节水考虑，加大流量的加大百分数按规范从严取值。中型和大型渠道取小值或平均值；小型渠道取小值。

3 加大流量接近 3 年平均最大实测流量控制，若超过近 3 年平均最大实测流量时，取近 3 年平均最大实测流量；若介于近 3 年平均

最大实测流量和近 3 年平均最大实测流量的 80%时,取近 3 年平均最大实测流量;若小于近 3 年平均最大实测流量的 80%时,应充分论证后确定。

4 实测最大流量指日平均流量的最大值,不能采用瞬时最大值作为日最大流量。

4.4.3.2 新建渠道

1 设计流量根据控制灌溉面积和设计灌水率、灌溉水利用系数等因素按 GB50288 中 6.1.6~6.1.7 条中的公式计算。干渠、支渠按续灌方式设计,斗渠、农渠按轮灌方式设计。必要时支渠也可按轮灌方式设计。

2 渠道加大流量:自流灌区按设计流量取值,扬水灌区为包括除备用机组外的全部装机流量;渠道最小流量按不小于设计流量的 40%考虑,相应的最小水深不宜小于设计水深的 70%。

3 斗渠、农渠采用现状轮灌的灌溉方式,各级渠道流量计算采用自上而下分配末级渠道的田间净流量。然后再根据农渠的净流量自下而上逐级计入渠道输水损失,得到各级渠道的毛流量,即设计流量。支渠为续灌渠道,直接由下级渠道的毛流量推算。轮灌的斗渠、农渠所控制灌溉的面积基本相等,不能相差太大。

4.4.4 设计水位

1 对于渠道改造工程,设计水位要充分考虑高口引水、控制性建筑物、直开口合并、渠道衬砌对水位的要求,原则上设计流量对应的水位不低于现状常水位。

2 取水口、控制性建筑物对水位没有严格要求时，可以结合实际情况，综合考虑工程量、投资等因素进行合理调整。

3 现状常水位指现状常流量对应的渠道水位，现状渠道水面线痕迹高程。

4.4.5 断面形式选择

渠道断面形式分为梯形、弧形坡脚梯形、弧形底梯形、弧形(或U型)。

1 引黄自流灌区衬砌渠道：流量 $\leq 5\text{m}^3/\text{s}$ 渠道优先采用弧形(或U型)断面，流量 $5\text{m}^3/\text{s}\sim 20\text{m}^3/\text{s}$ 渠道优先采用弧形底梯形断面或弧形坡脚梯形断面，流量 $> 20\text{m}^3/\text{s}$ 渠道优先采用弧形坡脚梯形断面或梯形断面。

2 扬水灌区衬砌渠道：流量 $\leq 1\text{m}^3/\text{s}$ 渠道优先采用弧形(或U型)断面，流量 $1\text{m}^3/\text{s}\sim 20\text{m}^3/\text{s}$ 渠道优先采用弧形底梯形断面或弧形坡脚梯形断面。

3 弧形(或U型)断面可以套用《宁夏灌区支斗农渠衬砌定型图集》(2011年)。

4.4.6 断面参数

断面参数根据 SL18-2004、GB/T50600-2010 和 GB50288，结合现状渠道实际情况确定。

4.4.6.1 边坡系数

1 依据 GB/T50600-2010 中表 5.4.1-2 和 GB50288 中表 6.1.22 确定衬砌渠道最小边坡系数。

2 考虑宁夏寒冷地区实际冻胀情况，以及改造渠道断面可以有缩窄的条件，在投资增加不大且有条件的前提下，结合规范的相关要求，大流量渠道内边坡宜适当放缓，内边坡系数 1.5、1.75 和 2.0 均可选择。

3 流量小的斗渠、农渠通过对最优水力断面和冻胀作用下的受力计算，并进行试验后，依据规范要求和工程实际情况，确定不同圆弧直径直立段竖直倾角 α 为：圆弧直径 $D=20\text{cm}\sim 40\text{cm}$ ， $\alpha=15^\circ$ ； $D=50\text{cm}\sim 180\text{cm}$ ， $\alpha=22^\circ$ ； $D=200\text{cm}\sim 500\text{cm}$ ， $\alpha=30^\circ$ 。

4.4.6.2 糙 率

渠道的糙率根据衬砌结构类别、施工工艺、养护情况合理选用。

1 GB50288 中附录 E 给出了不同性质渠床糙率。随着混凝土板预制质量和渠道衬砌质量的提高，并根据我国部分大型灌区的试验和经验，以及宁夏灌区同类工程的设计和运行经验，宁夏灌区渠道糙率取值按表 2 取值。

表 4.4.6.2 不同衬砌材料渠道糙率

序号	砌体材料	建议采用值	序号	砌体材料	建议采用值
1	土 渠	0.022	4	干砌块石砌筑	0.025
2	预制砼板砌筑	0.015	5	浆砌块石砌筑	0.023
3	现浇砼砌筑	0.014	6	铅丝笼(格宾、格栅)块石	0.026

2 渠底砂砾石保护层膜料防渗渠道的糙率按式 (1) 确定：

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

式中：n——砂砾石保护层的糙率；

d_{50} ——允许砂砾石重 50% 的筛孔直径，mm。

砂砾石混合料中粒径 1mm~5mm 之间的占 50%，粒径 5mm~20mm 之间的占 40%，粒径 20mm~50mm 之间的占 10%。 d_{50} 为 5mm，计算 n 为 0.037。

3 渠道护面采用几种不同材料的综合糙率，按湿周加权平均计算。

$$n_{\max}/n_{\min} < 1.5 \text{ 时} \quad n = \frac{x_1 n_1 + x_2 n_2 + \dots}{x_1 + x_2 + x_3 + \dots} \quad (2)$$

$$n_{\max}/n_{\min} > 1.5 \text{ 时}, \quad n = \left(\frac{x_1 n_1^{3/2} + x_2 n_2^{3/2} + \dots}{x_1 + x_2 + x_3 + \dots} \right)^{2/3} \quad (3)$$

式中： n_1 、 n_2 ——断面周界各部分的糙率；

x_1 、 x_2 ——断面周界各部分的湿周。

4 有条件者，用类似条件下的实测值予以核定。

4.4.6.3 比 降

1 扩建、改建渠道应全渠道推算设计比降，在满足不冲不淤的条件下，原则上不做大的调整。对于渠道跌水、控制性建筑物等对比降有要求的，综合考虑后进行合理调整。有地形条件，结合渠道衬砌，需要调整比降的，经论证后合理调整。

2 自流和扬水灌溉的输水渠道在满足不冲不淤的条件下，尽可能采取较缓的比降，以满足灌溉的要求。

3 渠道比降应尽量接近地面比降，避免挖、填方量过大。

4 对于土壤易冲刷的渠道，其比降应缓；对于地质条件较好的渠道，其比降可适当陡一些。

5 新建渠道比降应根据渠道沿线地形、地质条件、设计流量及含沙量等因素，通过计算分析确定。

4.4.6.4 流速

1 为了保证渠道不冲、不淤，灌区衬砌渠道设计流速控制在 1.0m/s 左右，但最小不宜小于 0.5m/s。流量 $Q > 50\text{m}^3/\text{s}$ 时，设计流速控制在 0.8m/s~1.1m/s；流量 $Q \leq 50\text{m}^3/\text{s}$ 时，设计流速控制在 0.7m/s~0.8m/s。地形条件不允许情况下可适当降低流速，但不应小于 0.5m/s。

2 利用渠道采用最大流量相应的流速，验算渠道不冲流速。利用渠道采用最小流量相应的流速，验算渠道不淤流速。允许不冲流速，可按 GB50288 中附录 F 选用。临界不冲流速可按列维公式计算；不淤流速根据渠底水流挟沙能力，按沙玉清公式计算。

4.4.6.5 超高

1 渠道堤顶超高值，按 GB50288 计算确定。

2 渠道衬砌超高值，按表 3 确定。

表 4.4.6.5 渠道衬砌超高

流量 (m^3/s)	>50	50~20	20~10	<10
衬砌超高 (m)	0.5	0.4	0.3	0.2

3 有山洪入渠的西干渠、东干渠、七星渠、跃进渠等渠道，洪水入渠段渠道超高要根据洪水入渠情况进行超高复核，原则按上述设计流量对应衬砌超高向上靠一级，需要进一步加高的，经充分论证后确定。

4.4.6.6 堤顶设计

1 渠堤宽度

1) 原则执行 GB/T50600-2010, 渠堤只考虑运行管理要求, 万亩以上灌区干、支渠渠堤宽度不应小于 2m, 一般为 3m~4m, 斗、农渠渠堤宽度一般不应小于 1m, 一般为 1m~2m。渠堤兼作交通道路时, 其宽度应满足车辆通行要求, 一般为 4m~6m。

2) 干渠和支干渠可结合堤顶现状, 宜按以下宽度控制: 设计流量 $\geq 10\text{m}^3/\text{s}$, 填方段 4m, 挖方段 3m; 设计流量 $< 10\text{m}^3/\text{s}$, 填方段和挖方段均为 2.5m。现状堤顶宽大于上述宽度的, 维持现状宽度, 超出部分进行整理规整, 不做压实要求。渠堤兼做巡护道路时, 按巡护道路要求确定。

2 堤顶结构

干渠总宽度 5m, 铺设碎石路面宽 4m, 厚度 12cm。支干渠总宽度 4m, 铺设碎石路面宽 3.5m, 厚度 12cm。碎石路面两侧埋设混凝土道牙, 与碎石路面齐平, 长 30cm, 高 25cm, 厚 10cm。

3 护堤林

1) 扩建、改建渠道, 有防护林, 尽可能设法保留。防护林已达到规范的, 不再考虑; 没有达到规范的, 补充种植。

2) 新建渠道规划防护林, 在左、右渠堤外侧各种两行树, 间距 3m~4m, 树种以臭椿、刺槐为主, 城市段可间种垂柳。

3) 衬砌渠道渠堤内侧禁止种树。种树位置在渠堤外侧低于渠顶 50cm。

4.4.7 断面尺寸水力计算

依据 GB50288，渠道横断面根据灌溉面积、沿线地形、地质条件以及边坡稳定的需要和是否衬砌等因素，按接近水力最佳断面进行设计。渠道断面尺寸水力计算依据 SL18-2004 中 5.5 规定。

4.5 渠道衬砌结构设计

4.5.1 根据宁夏灌区渠道衬砌技术应用实践，渠道衬砌的形式需要综合考虑渠道新旧、工程地质及地下水、渠道走向、挖填情况等因素之后确定。

1 填方、地下水位低的半挖半填渠道主要以防渗为主。半挖半填和挖方渠道，在地下水位较低渠段，应以防渗、防冻、稳定边坡为主；地下水位较高渠段，以防渗、稳定边坡为主，应采取排除渠堤内积水措施，减少外水压力和降低地下水位，减轻冻胀破坏。

2 地下水位低指在冬季 12 月至次年 1 月期间，地下水位低于渠底 50cm；地下水位较高指渠底大面积连续积水，水位低于渠道深度的 1/3；地下水位高指地下水位高于渠道深度的 1/3。

4.5.2 衬砌结构

一般应采用弧形坡脚梯形断面全断面衬砌。

1 填方或地下水位低的半挖半填渠道

主要以防渗为主，采用弧形坡脚梯形断面。混凝土预制板与防渗材料全断面结构形式（衬砌型式一），边坡自上而下依次为 60mm 厚 C15 混凝土预制板、30mm 厚 M5 水泥砂浆垫层、防渗材料。

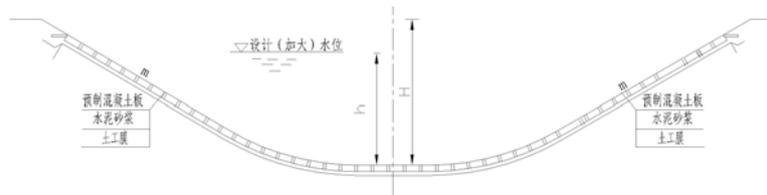


图 4.5.2-1 渠道衬砌型式一

2 地下水位较高的半挖半填和挖方渠道

以防渗、防冻、稳定边坡为主，采用弧形坡脚梯形断面。

1) 通常情况下采用衬砌型式二(1)。20cm 厚现浇混凝土圆弧坡脚与苯板防冻衬砌，加强结构现浇混凝土厚度为 30cm。边坡自上到下依次为 60mm 厚 C15 混凝土预制板、30mm 厚 M5 水泥砂浆、防渗材料、苯板。渠底自上到下依次为 60mm 厚 C15 混凝土预制板、30mm 厚 M5 水泥砂浆、防渗材料。

2) 部分应急或现浇混凝土圆弧坡脚难以直接施工的渠段采用衬砌型式二(2)。在 20cm 厚现浇混凝土圆弧坡脚下增加 30cm 厚浆砌石。渠底自上到下依次为 60mm 厚 C15 混凝土预制板、30mm 厚 M5 水泥砂浆、防渗材料，或 20cm 厚现浇混凝土下铺设 20cm 厚天然砂砾石。

3) 流量小于 $5\text{m}^3/\text{s}$ 的渠道采用弧形底梯形断面渠道衬砌型式二(3)。弧形渠底自上到下依次为 60mm 厚 C15 混凝土预制板、30mm 厚 M5 水泥砂浆、防渗材料，或 20cm 厚现浇混凝土。边坡自上到下依次为 60mm 厚 C15 混凝土预制板、30mm 厚 M5 水泥砂浆、防渗材料、苯板。

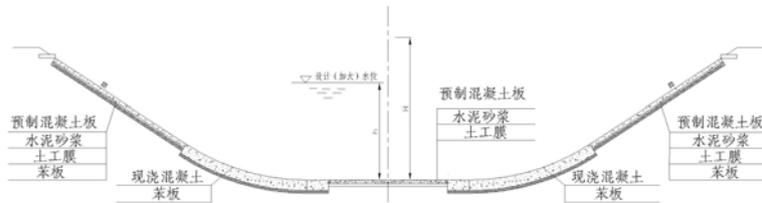


图 4.5.2-2 渠道衬砌型式二 (1)

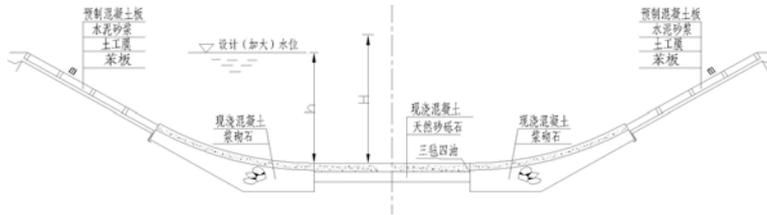


图 4.5.2-3 渠道衬砌型式二 (2)

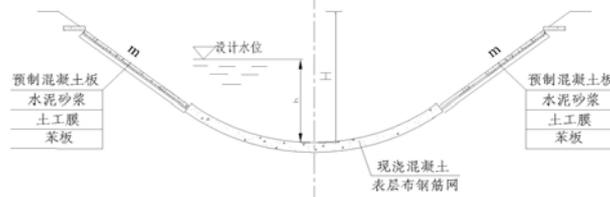


图 4.5.2-4 渠道衬砌型式二 (3)

3 地下水位较高，在非灌溉期有侧向浸水的半挖半填和挖方渠道

以防渗、防冻、稳定边坡为主，采取透水固坡砌体结构，排除渠堤内积水措施，以减少外水压力和降低地下水位，减轻冻胀破坏和边坡滑塌。透水固坡砌体材料主要有格宾石笼、铅丝石笼或土工格栅石笼。坡面砌体厚度 30cm，作为排水通道。为了防止渠坡细颗粒流失，在金属格网石笼护坡下面铺设 200g/m² 土工布。坡脚砌体按两种结构

均可选择：

①矩形断面结构。宜用于渠深小的渠道。坡脚砌体基础深、宽均为 1m，渠道衬砌型式三。

②矩形断面错台结构。宜用于渠深大的渠道。砌体可采用错台结构，坡脚基础深 1m，宽 1.2m，基础以上每层宽度较其下层减少 0.2m，分层错台砌筑。砌体高度根据实际情况控制，渠道衬砌型式四。

透水固坡砌体护坡以上部分采用板膜衬砌，自上到下依次为 60mm 厚 C15 混凝土预制板、30mm 厚 M5 水泥砂浆、防渗材料、苯板。为了减少冲刷，渠底回填卵石或砾石，卵石厚度不大于 0.3m，砾石厚度不大于 0.4m。

在地面以下部位可以尝试使用土工格栅石笼等新材料。

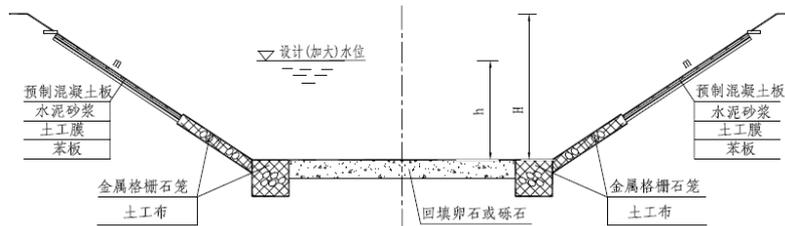


图 4.5.2-5 渠道衬砌型式三

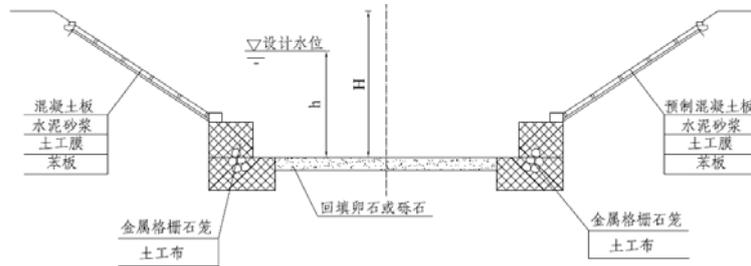


图 4.5.2-6 渠道衬砌型式四

4 支、斗、农渠衬砌结构采用整体 U 形和弧形板拼装，直接选用《宁夏灌区支斗农渠衬砌定型图集》中的衬砌型式。

5 灌区渠道改造属节水工程改造，首先应以防渗为主。原则上中型以上渠道均采取防渗措施。对于部分边坡较短的渠道，若考虑不设防渗材料，需经充分论证方可取消或采取其他措施。

4.5.3 主要参数

4.5.3.1 基础尺寸

无论是现浇混凝土弧形坡脚还是透水固坡砌体，其渠底以上的高度一般不小于设计（或加大）水深的 1/3。对于渠深较大的渠道，现浇混凝土弧形坡脚的高度可提高 30cm~50cm。厚度主要考虑保证施工质量和降低施工难度。

1 现浇混凝土弧形坡脚

现浇混凝土弧形坡脚的半径为 2.5m~10m，每一级差为 0.5m，厚度为 20cm。在冻胀严重地段，加强结构厚度为 30cm。现浇混凝土下铺设 4cm 厚聚苯乙烯板。部分应急或现浇混凝土弧形坡脚难以直接施工的渠段在现浇混凝土弧形坡脚下增加 30cm 厚浆砌石。

2 透水固坡砌体

透水固坡砌体材料主要有格宾石笼、铅丝石笼和土工格栅石笼。坡面砌体厚度 30cm。坡脚砌体按矩形断面结构和矩形断面错台结构两种结构均可选择，具体做法依据 4.5.2（3）条。

4.5.3.2 预制混凝土板尺寸

预制混凝土板尺寸主要考虑人工搬运、铺砌方便。不能太小，

以免填缝工作量大，造成工期延长；也不能太大，以免人工劳动强度大，铺砌困难，坡面平整度无法满足。

1 干渠、支干渠

预制混凝土衬砌板采用的主要板形为矩形和正六边形板。矩形板的尺寸宜为 50cm×50cm。正六边形板，其平面尺寸为直径 50cm 圆的内接正六边形，即边长 250cm 的正六边形，内角 120°。其它辅助铺砌的预制混凝土板应与主要板块尺寸协调一致，以便铺砌。压顶板采用矩形板，平面尺寸为 30cm×40cm。

2 支、斗、农渠

预制混凝土衬砌板采用整体 U 形和弧形板拼装。单块板宽 40cm，板长根据圆弧半径确定，重量尽可能控制在 75kg 以内。

3 预制混凝土板厚度

GB 50288 规定 4 级及 4 级以上渠道混凝土预制铺砌防渗衬砌结构的适宜厚度为 5cm~10cm；SL 18-2004 规定渠道混凝土预制铺砌防渗衬砌结构的适宜厚度为 4cm~10cm，当渠道流速小于 3m/s 时寒冷地区混凝土防渗衬砌层的最小厚度为 6cm~10cm（小型渠道为 6cm，中型渠道为 8cm，大型渠道为 10cm），当预制混凝土板为膜料防渗层的保护层时，其厚度为 4cm~8cm。本规范将预制混凝土板的厚度确定为：

1) 干渠、支干渠预制混凝土矩形和正六边形板的厚度为 6cm。

对于板厚需增加的，要充分论证。

2) 支、斗、农渠预制混凝土板采用整体 U 形和弧形板拼装，弧

板的长度在 80cm~160cm 之间, 由于弧板较长, 极易在圆弧段和直立段部位处断裂。综合考虑混凝土预制件的抗冻胀、预制、运输、搬运等因素, 混凝土板的厚度根据圆弧直径大小确定, 板厚为 5cm、6cm、7cm。圆弧直径 $D=20\text{cm}\sim 50\text{cm}$, 混凝土板的厚度为 5cm; 圆弧直径 $D=60\text{cm}\sim 160\text{cm}$, 混凝土板的厚度为 6cm; 圆弧直径 $D\geq 180\text{cm}$, 混凝土板的厚度为 7cm。

3) 为了减少损耗和确保质量, 混凝土板的预制工作应提前进行。

4.5.3.3 预制混凝土板接缝

1 板缝宽度

1) 混凝土预制板缝宽度按照方便施工, 保证施工质量的原则确定。

2) 干渠的板缝不宜太宽, 以 5cm 为宜。支、斗、农渠板缝宽度的确定充分考虑断面大小, 衬砌板之间的连接强度和整体美观, 确定为 5cm、6cm、7cm。圆弧直径 $D=20\text{cm}\sim 50\text{cm}$, 板缝宽为 5cm; 圆弧直径 $D=60\text{cm}\sim 100\text{cm}$, 板缝宽为 6cm; 圆弧直径 $D\geq 120\text{cm}$, 板缝宽为 7cm。

2 填缝材料

填缝材料以 C20 细石混凝土为主, 应保证预制板之间的连接强度和填缝质量。

4.5.3.4 混凝土材料和砂浆的性能指标

1 混凝土的性能指标

1) 渠道衬砌混凝土预制板的性能指标为 C15、F150、W6。采

用整体 U 形和弧形混凝土板拼装的渠道，混凝土性能指标为 C20、F150、W4。

2) 现浇混凝土和填缝细石混凝土考虑到现场拌合和浇筑等质量存在一定的不确定性，性能指标为 C20、F150、W6。

3) 若要调整混凝土性能指标，要有充分的试验依据并经论证。

2 水泥砂浆的性能指标

渠道衬砌工程中水泥砂浆主要用于浆砌石砌筑和混凝土预制板与防渗材料之间的砂浆垫层。浆砌石砌筑砂浆采用 M7.5。混凝土预制板与防渗材料间的砂浆垫层采用 M5。

4.5.3.5 防渗材料

1 土工膜

原则上中型以上渠道采用 0.3mm/150g 复合土工膜，小型渠道采用 0.3mm 土工膜。但综合考虑现阶段投资等因素，自流灌区流量 $10\text{m}^3/\text{s}$ 以上的渠道，扬水灌区流量 $5\text{m}^3/\text{s}$ 以上的渠道，采用 0.3mm/150g 复合土工膜，若提高标准需有充分理由。

2 土工布

透水固坡结构部分防渗要求，砌体后铺设土工布，规格 $200\text{g}/\text{m}^2$ 。

4.5.3.6 防冻措施

宁夏灌区渠道衬砌的防冻胀措施为：一是利用聚苯乙烯板进行保温防冻，二是换填弱冻胀性土（砂砾石、风积砂等透水性和自身弱冻胀性的土料）。无论采用何种防冻材料，材料的使用应根据实际情况确定。在渠道衬砌防冻胀措施方面应优先考虑选用聚苯乙烯板。

1 聚苯乙烯保温板

渠道设计采用聚苯乙烯保温板时，要充分考虑渠道走向，渠道走向不同，决定了渠道横断面上各部位的冻结和冻胀的不均匀性。聚苯乙烯板厚度的设计遵循以下原则：

1) 东西向渠道：设计流量大于 $50\text{m}^3/\text{s}$ 的渠道，阴坡、阳坡苯板厚分别为 8cm 和 4cm ；设计流量 $10\text{m}^3/\text{s}\sim 50\text{m}^3/\text{s}$ 的渠道，阴坡、阳坡苯板厚分别为 6cm 和 4cm ；设计流量 $5\text{m}^3/\text{s}\sim 10\text{m}^3/\text{s}$ 的渠道，阴坡苯板厚 4cm ，阳坡不铺设苯板。

2) 南北向渠道：设计流量大于 $50\text{m}^3/\text{s}$ 的渠道，阴坡、阳坡苯板厚均为 6cm ；设计流量 $10\text{m}^3/\text{s}\sim 50\text{m}^3/\text{s}$ 的渠道，阴坡、阳坡苯板厚均为 5cm ；设计流量 $5\text{m}^3/\text{s}\sim 10\text{m}^3/\text{s}$ 的渠道，阴坡、阳坡苯板厚均为 4cm 。

3) 设计流量小于 $5\text{m}^3/\text{s}$ 时，原则不铺设苯板。冻胀严重地区，经论证后铺设。

4) 现浇混凝土圆弧坡脚下铺设 4cm 厚苯板。

5) 东西向渠道：阴坡为南堤临水面，阳坡为北堤临水面。南北向渠道：阴坡为东堤临水面；阳坡为西堤临水面。渠道走向与南北方向夹角超过 40° 时，按东西向渠道考虑铺设苯板。

6) 聚苯乙烯保温板密度 $\geq 20\text{kg}/\text{m}^3$ ，物理力学性能符合 GB/T 50600-2010 的规定。

2 弱冻胀性土材料

在特别需要排水的渠段采用换填砂砾石，利用砂砾石较大的孔

隙率来排除渠堤内的水分，降低基土含水量，以减轻衬砌渠道的冻胀破坏。当工程范围内砂砾石料源距施工现场较近、储量丰富的弱冻胀性土（粒径小于 0.05mm 的土粒含量小于总土重的 6%）、并且渠道内边坡为 1: 1.75 以上时，渠道衬砌防冻材料可采用弱冻胀性土材料置换渠床冻胀性土，渠床各部位的置换深度参照 SL18-2004 执行。

3 暗管排水

1) 地下水位高，冻胀破坏严重的渠段，具备布设暗管排水条件的，适当考虑布设暗管排水。排水口间距按 500m~800m 控制，管径 200mm，纵比降不缓于 1/800。

2) 在渠道的两个坡脚，沿纵向各设置一道 DN250mm 波纹管，波纹管外侧设置 0.8×1.0m 的砂砾石反滤层，反滤层外部包裹土工布，结合地形间隔 500m~800m 左右设置横向排水管，将渠堤内水排出渠道范围以外。

4.5.3.7 伸缩缝

1 根据规范规定并结合宁夏灌区工程实际情况，确定灌区渠道刚性衬砌结构的伸缩缝宽度为 3cm，间距为：预制混凝土板的伸缩缝间距为 6m；现浇混凝土的伸缩缝间距为 12m；浆砌石只设置沉降缝，间距为 12m。

2 伸缩缝填缝材料采用 PVC802 型沥青油膏。预制混凝土板的伸缩缝采用油膏填缝，厚度 6cm。现浇混凝土圆弧坡脚采用两层结构，上层为沥青油膏，下层为苯板，厚度均为 3cm。填缝前应将缝内泥土、杂物清理干净。

4.5.4 防冻胀设计考虑的因素

影响衬砌渠道冻胀破坏的因素较多，主要因素包括：渠床土质、土体密度、气温、地温、冻土深度、冻胀量、基土水份、地下水位、渠道走向、衬砌结构型式及材料等，设计时依据规范并结合宁夏实际情况重点考虑。防冻胀设计考虑的因素在条文说明中做了详细阐述。

4.6 特殊环境衬砌结构

4.6.1 对流沙段、湿陷性土基等特殊环境地段，应进行专题研究，确定渠道衬砌方案。

4.6.2 流沙段

流沙段以稳定边坡为主。对于中、高地下水位渠段，渠道边坡采用透水固坡砌体结构（衬砌型式三和四）。对于低地下水位渠段，采用衬砌型式二（1），部分应急渠段采用衬砌型式二（2），并在边坡上设排水孔。

4.6.3 湿陷性土基

1 非自重弱湿陷性土基宜采用适应基土变形的渠道断面和防渗结构，渠道采用全断面混凝土板+土工膜防渗结构，并衬砌到渠顶，设压顶板，防止渠堤积水流入防渗层后面，引起湿陷变形。

2 自重强湿陷性土基，宜采用深翻回填渠基、设置灰土夯实层、打孔预浸水重锤夯实或强力夯实等方法处理。处理深度应根据当地情况，经试验确定。结合宁夏以往工程实践经验，有以下处理措施：

1) 在标准断面基础上原土翻夯 1.0m 深；并采用混凝土板和土工膜全断面复合防渗衬砌。

2) 对于有较长工期的渠道，采用预浸水处理措施，即成渠后先通水浸泡 3 个月左右，停水后再整修渠道，然后进行混凝土板和土工膜全断面复合防渗衬砌。

5 施工及质量控制

5.1 施工组织

5.1.1 渠道衬砌工程应在水利厅的领导下，由工程建设部门组织实施。

5.1.2 水利工程质量监督部门行使政府部门工程质量监督职权，对工程项目进行监督、抽查和处理工作，并最终核定工程质量等级。

5.1.3 建设单位应建立质量控制体系，成立质量管理机构，委托监理单位对工程建设的各工序、各阶段的工程质量进行检查、认证。

5.1.4 工程建设所在地的水行政部门建立工程质量现场质量监督小组，配合建设单位对工程建设的各工序、各阶段的工程质量进行现场检查、监督。

5.1.5 施工单位应按照施工合同的约定要求，建立健全施工、质检、安全和后勤组织，采取切实措施，确保工程质量；必须在监理单位检查认证、“三检”（初检、复检、终检）合格的基础上，完成工程的各道工序。

5.2 施工准备工作

5.2.1 技术准备

1 熟悉审查图纸。对照图纸目录并按照施工需要复核施工图纸是否完整、齐全，是否符合国家有关规范、规定，施工图纸前后及各组成部分（结构、尺寸、标高、材料、说明、要求等）是否一致。

2 分析有无特殊工艺和工序。如：渡汛、地下水降水、冬季施工、温控混凝土等。

3 原始资料调查分析。气象、地形、地质、水文、地上地下障碍物、居民及健康状况等自然条件调查分析；当地建筑企业、地方资源、交通、水电、建材等技术经济条件调查分析；特种物资企业生产能力。

4 依据施工图纸、原材料、劳动力、施工机械和定额规范等编制施工预算和施工组织设计。

5.2.2 物资准备

1 按照工程建设进度需要确定建筑材料的需求计划、仓储位置和运输方式。

2 预制板、聚苯乙烯板、防渗膜、建筑物预制构件等构件加工设备的准备，组织运输，确定堆场。

3 运输车辆、挖掘设备、拌合设备、土方碾压设备、混凝土振捣设备等施工机具的准备。

5.2.3 劳动组织准备

建立施工项目领导机构，根据施工工序建立施工班组，依据工程建设规模组织劳动力。开展各类人员入场教育、培训工作，树立质量意识和安全文明施工。

5.2.4 施工现场准备

建立施工现场控制网，实现三通一平。制定现场管理制度和原材料试验、检验计划，完成食宿及其它临建工作，安排施工机具进场。

5.2.4 施工场外协调

按计划进行材料加工订货，施工机具租赁、订购，工程分包及劳务合同签订等工作。

5.3 工程材料要求

渠道衬砌工程所需的原材料必须符合相关规范和满足工程质量要求，严格控制。

5.3.1 水泥采用 42.5 普通硅酸盐水泥，粗细骨料质量应符合 JGJ 52 的规定。

5.3.2 砂料细度模数 2.2~3.0，含泥量 3%以下，硫化物及硫酸盐含量小于 1%。

5.3.3 石料含泥量 1%以下，硫化物及硫酸盐含量小于 0.5%，最大粒径小于混凝土板厚的 1/3。

5.3.4 混凝土预制板粗骨料采用 D10、D30 两级配碎石，现浇混凝土弧形坡脚采用 D20、D40 两级配碎石。

5.3.5 符合国家规范的饮用水可用于拌合和养护。如果采用渠道灌溉用水，需澄清后方可使用。地表、地下或其他类型水，首次须按有关规范检验合格后使用。

5.3.6 为了改善混凝土性能，提高混凝土的质量，合理降低水泥用量，若在混凝土中掺加适量的引气剂时，其品质应符合SD108的规定。

5.4 施工工艺

5.4.1 土石方工程

5.4.1.1 基础工作

1 施工工序

施工准备、测量放线、土方分层开挖（土方回填）、排降水、渠底及边坡整修（预留土层）。

2 基础工作

土方挖填平衡计算，选定取土场、弃土场并核定，规划运输道路，办理有关临时征占地、取土手续。

3 测量放线

1) 坐标和高程复核、转引：沿渠道每隔 50m 设一个高程点，对整个渠道进行高程控制。

2) 施工控制放线：渠底中心桩、渠底宽桩、渠顶内侧桩、弯道圆弧曲线放线。

5.4.1.2 施工重点控制环节及要求

1 现场试验确定含水量、铺土厚度、碾压机械、碾压遍数等压实控制指标。压实遍数最低控制要求为：平碾 6 遍、振动碾 4 遍、打夯机 4 遍、人工打夯 4 遍。

2 渠道建基面预留保护层 20cm，采用人工作业。

3 大型挖土或排水降低地下水位时，要密切关注附近构筑物、管线、道路的变形情况。

4 填方渠道设计水位以下渠形先回填后挖出渠槽。每层铺土宽度余量不少于 50cm，填筑面均匀上升，相对高差不大于两层土（或 80cm），预留下沉高度 2%~3%。

5 渠内外坡严禁贴坡。渠外坡脚 20m 范围内严禁取土。

- 6 建筑物处回填缺口边坡比不小于 1:3。
- 7 石方开挖爆破预留保护层厚度不小于 60cm。
- 8 原则上冬季不做土方回填工程。

5.4.1.3 施工工序控制要求

1 清基

首先应采取机械或人工的方式清除衬砌段渠道表面的虚土、腐土、垃圾、树叶、树根、草皮等，直至本土。

2 削坡及修整

削坡是渠道衬砌前关键的一道工序，同时也是难度较大的工序，削坡过程中注意随时检查校正，防治超挖伤坡，并且注意坡面的平整度，随时用坡尺检查坡线，直至达到标准。

1) 流量 $Q < 20\text{m}^3/\text{s}$ 或渠道开口宽 $B < 20\text{m}$

a) 按照“挖填平衡”的原则，先将原有渠道用机械压实或人工夯实的方式进行全部回填；

b) 确定渠道中心线后，利用机械或人工的方式修出初步渠道断面，初步渠道断面的尺寸应小于设计衬砌渠道断面 20cm~30cm,填方层的压实厚度应控制在 20cm~30cm，含水率必须适宜，并伴随机械压实；

c) 利用人工修整断面死角并夯实，最终确定设计衬砌断面。

2) 流量 $Q \geq 20\text{m}^3/\text{s}$ 或渠道开口宽 $B \geq 20\text{m}$

a) 以渠道中心线为界进行单面施工，小于 1.0m 的贴坡土方可修成台阶式采取逐层人工夯实或机械夯实的方式修出初步渠道断面，新

老土结合尺寸不得小于 0.5m;

b) 大于 1.0m 的贴坡土方可采取逐层机械压实的方式修出初步渠道断面, 压实的分层厚度控制在 20cm~30cm, 碾压机械要保持低速、均匀, 机械单遍的重合碾压尺寸不低于 50cm;

c) 贴坡确定的初步渠道断面的尺寸应小于设计衬砌渠道断面 20cm~30cm, 最后利用人工整修断面死角并夯实, 最终确定设计衬砌断面。

3 基槽开挖

开挖尺寸不得小于渠道设计衬砌尺寸; 开挖要均匀推进, 不得掏挖、隔挖、漏挖; 开挖有地下水的基槽, 应根据当地工程地质资料, 采取措施降低地下水位。一般要降至开挖面以下 0.5m, 然后才能进行开挖。

4 土方回填

1) 回填土的压实系数大中型渠道 0.95, 小型渠道 0.93; 含水率现场检测, 最优含水率为 $15\% \pm 3$ 。

2) 过湿或过干的土必须经过处理方可用于回填, 湿土须进行翻搅晾晒, 干土须进行浸泡。

3) 密切注意天气变化, 避免在雨天进行土方回填。

4) 新老土结合必须设有重合段, 避免直缝或贯穿缝出现。

5) 人工回填分层厚度控制在 10cm~15cm, 机械回填分层厚度控制在 20cm~30cm。

5.4.2 混凝土板预制

主要是针对渠道衬砌的混凝土预制板，强度 C15、C20，抗渗 W4、W6，抗冻 F50、F100、F150，形状矩形、六边形和弧形。采用钢制或塑料模具，人工或振动平台振捣。

5.4.2.1 原材料执行 5.3 的具体要求。

5.4.2.2 模具及工器具控制

1 模具几何尺寸。上下面尺寸偏差值不大于 3mm，模具与模具间尺寸偏差值不大于 2mm。

2 模具的刚度和内壁光洁度满足预制需要，浇筑前和使用后必须清洁。

3 震动平台配套偏心电动机功率根据试验确定。

4 所有预制场必须配置自动计量式拌合站。

5.4.2.3 配合比控制

1 混凝土的性能必须满足设计强度、抗冻、抗渗设计指标要求。

2 水灰比不得大于 0.55，塌落度 2cm~4cm。

3 若考虑加入胶凝材料、粉煤灰等材料，需经论证后确定，用量依据相关规定。

4 板厚 6cm 及以上的板，配比中石子必须采用两级配或 0.5mm~40mm 的混合料。

5 对水洗砂，必须按批次量测含水量，并在拌合水中减去。

5.4.2.4 工序及质量控制

1 混凝土拌和时间由现场试验确定，但不得少于 2min。

2 混凝土震动时间由现场试验确定，但不少于 30s；混凝土表面

要均匀出现浆液，确保混凝土振捣密实。振捣完成后，要及时收面。脱模之前必须覆膜并遮阴。

3 在确保混凝土具有足够强度时才可脱模，拆模要保证混凝土板表面及棱角不受损。脱模后的混凝土板养护必须采取覆盖洒水养护，保持混凝土表面及覆盖物湿润。7、8月份养护时间不少于28d，其余不少于14d。

4 混凝土板运输、堆放光面对光面，毛面对毛面，按规格、型号、浇筑日期整齐堆放，满足养护和拉运条件。强度达到70%时方可运输。

5 预制板必须集中拌合站统一预制，除外加剂，其它原材料（水泥、粉煤灰、拌合水、砂石骨料）入仓必须采用自动计量系统。

5.4.2.5 现场管理要求

1 施工场地整体整洁，对脱模前的混凝土板堆放区和原材料堆放场地必须进行硬化。各功能区划分合理、清晰，现场施工有关标牌完整、规范、统一、醒目。

2 各原材料堆放区要分离，标牌注明原产地及技术指标。

3 施工及监理人员上岗必须佩带上岗证、安全防护用具。

4 预制板运输道路进出场必须分设。

5.4.3 现浇混凝土和钢筋混凝土

5.4.3.1 原材料执行5.3的具体要求。

5.4.3.2 模具及工器具控制

1 模板及支架的材料、种类、等级应根据结构、质量要求、周转次数确定。

2 模具在浇筑前和使用后必须清洁，脱模剂的选择应使混凝土不留有污点。

3 模板安装通过测量准确就位，并要保持足够的固定，接缝要平整。

4 不承重侧模拆除时混凝土强度不小于 2.5Mpa，应达到保证棱角不受损伤。

5 模板安装净距，沿渠道纵向允许偏差值 10mm，横向允许偏差值 10mm。

6 钢筋的替换必须征得设计部门的同意。强度控制构件等强度代换，最小配筋率构件等面积代换。钢筋安装验收内容包括：受力筋或箍筋品种、规格、数量、位置、间距、连接方式、接头位置、接头数量，预埋件的规格、数量、位置。

5.4.3.3 混凝土配比

1 任何外加剂的使用及其掺量必须通过试验确定。有抗冻要求的应掺加引气剂。外加剂必须和水搅拌均匀，配成一定浓度的溶液使用。

2 混凝土的性能必须满足设计强度、抗冻、抗渗设计指标要求。

3 有防渗抗冻要求的混凝土，水灰比不得大于 0.55，塌落度 2cm~4cm。胶凝材料用量不少于 275kg/m³。

4 混凝土的配料均已重量计，称量的允许误差，骨料 3%，其它

2%。

5 渠道现浇混凝土配比中，厚度 20cm 及以上，石子必须采用三级配。

6 混凝土必须集中拌合，除外加剂，其它原材料（水泥、粉煤灰、拌合水、砂石骨料）入仓必须采用自动计量系统。

5.4.3.4 混凝土运输

1 混凝土的运输过程要防止离析、漏浆、严重泌水、过多温度回升、塌落度损失。

2 运输时间宜少于 45min，运输过程要遮盖保温，装载混凝土的厚度不少于 40cm。

5.4.3.5 混凝土浇筑

1 混凝土浇筑前土基要先洒水浸润，岩基铺一层 1cm~2cm 水泥砂浆。

2 混凝土自由下落高度不大于 1.5m。

3 厚度大于 10cm 时采用插入式振捣；小于 10cm 时，采用平板式振捣。

4 填仓结束后须用大于横缝长度的直杆进行平仓，以保证混凝土的平整度；粗骨料堆积时，应使其均匀分布于砂浆较多处。

5 平仓后振捣，振捣时间以粗骨料不再下沉，并开始泛浆为准。振捣须保持匀速行进，速度应控制在 1.5m/s~2.0m/s，振捣遍数为 2 遍~3 遍，振动板重叠宽度保持在 10cm~20cm；

6 振动出浆后，先用水泥抹或电动手工泥抹抹面，后用铁抹收

光，待 2h~3h 后，再进行光洁度处理。

7 混凝土浇筑要保持连续，允许间歇时间为 1.5h。浇注温度不大于 28℃。

8 总体质量应做到“三随四度一严禁”，三随就是随振、随抹、随光，四度就是密实度、平整度、光洁度和顺直度，严禁砂浆粉面。

5.4.4 浆砌石及干砌石

5.4.4.1 原材料要求

1 衬砌坡石料须选用质地坚硬、不易风化的石料，无风化剥落层或裂纹，石材表面无污垢、水锈等杂质。杜绝山皮石、风化石进入施工现场。抗水性、抗压强度、几何尺寸等均应符合设计要求。每块厚度不小于 20cm，重量不小于 25kg，宽度为厚度的 1.5 倍~2.0 倍。为了减少糙率，砌体的面石应选用平整的较大的石块砌筑。

2 砌筑前要将石料表面的泥垢清理干净。砌石坡面采用 Mu20，挡土墙采用 Mu30，砌筑砂浆采用 M7.5。

3 胶结材料。配制砌筑用的水泥砂浆和碎石混凝土，应按设计强度等级提高 15%。砌石用砂细度模数 2.2~3.2，勾缝用砂细度模数 1.8~2.5。

4 水泥砂浆应采用机械拌和，拌和时间不少于 2min~3min。拌和过程中应保持骨料含水率的稳定性，根据骨料含水量的变化情况，随时调整引水量，以保证水灰比的准确性。砂浆和混凝土应随拌随用。常温拌成后应在 3h~4h 内使用完毕。如气温超过 30℃，则应在 2h 内使用完毕。使用中如发现泌水现象，应在砌筑前再次拌合。

5.4.4.2 砌筑

1 砌筑应分层，各层砌筑均应座浆，随铺浆随砌筑，每层依次砌角石、面石，然后砌腹石。座浆厚度 3cm~5cm，缝宽超过 5cm 时填塞小片石。

2 砌石施工时，先洒水浸润基础，在基础上铺一层 2cm~5cm 厚同标号砂浆，再铺砌石。

3 块石砌筑，应选择较平整的大块石经修凿后用作面石，上下两层石块应骑缝，内外石块应交错搭接。要根据块石不同形状，相互咬紧，使块石靠实挤紧，不得有通缝。

4 料石砌筑，按一顺一丁或两顺一丁排列，砌缝应横平竖直，上下层竖缝错开距离不小于 10cm，丁石的上下方不得有竖缝，粗料石的砌体缝宽可为 2cm~3cm。

5 砌体宜均衡上升，相邻段砌筑高差和每日砌筑高度，不宜超过 1.2m。

6 砌体外露面和挡土墙的临土面均应勾缝，并以平缝为宜，勾缝砂浆标号应高于砌体砂浆标号，宜用中细砂料拌制、灰砂比控制在 1: 1~1: 2。砌体勾缝前，应清理缝槽，并用水冲洗湿润，砂浆应嵌入缝内 2cm。砂浆应分次向缝内填塞密实，严禁勾假缝、凸缝，勾缝完毕应保持砌体表面湿润做好养护。

7 砌筑后 12h 内开始养护，养护时间不少于 14d。最低气温在 0℃ 以下时，应停止砌筑。

8 干砌石砌体缝口应砌紧，底部应垫稳、填实、严禁架空。宜

采用立砌法，不得叠砌和浮塞，石料最小边厚度不宜小于 150mm。
具有框格的干砌石工程，宜先修筑框格，然后砌筑。

5.4.5 铅丝笼片石

5.4.5.1 原材料执行 5.4.4 的具体要求。

5.4.5.2 笼体铅丝须有检验或实验结果证明方可使用，石料必须选用质地坚硬的块（卵）石，杜绝山皮石、风化石进入施工现场。

5.4.5.3 笼口尺寸须均匀、平顺，避免忽大忽小，起伏不均。

5.4.5.4 填石应分层填筑，保持实体均匀，以小石填塞大孔，避免漏填、空洞。

5.4.5.5 封口前后应充分振捣、补齐，保持笼石体尺寸到位。

5.4.6 防渗膜铺设

防渗材料包括塑膜和土工膜。

5.4.6.1 使用前应委托具有检测资质的单位对产品的各项技术指标进行检测。

5.4.6.2 正式施焊前，应先根据施工气温、膜厚度，对膜料先进行试焊，施焊温度为 220℃~300℃。掌握好的焊接机温度及行走速度，确定好施工工艺参数，再进行正式施工。目测缝合格后方可正式施焊，并把目测合格的试焊样品进行拉伸强度检测。

5.4.6.3 复合土工膜应尽量采用宽幅，减少现场拼接量。

5.4.6.4 先上游后下游，上游压下游，接缝垂直水流方向。铺设要留有褶皱，膜下空气应排出。扣接搭接款 20cm，粘接宽不少于 15cm。粘补膜应超出破洞周边 10cm~20cm。

5.4.6.5 铺膜速度与上部保护和过度层的施工速度要配合，当天铺膜，当天完成混凝土工程的砌筑，避免膜层裸露时间过长。

5.4.6.6 作业人员应穿胶鞋或软底鞋施工。

5.4.6.7 其它未尽事宜参照 SL-T231-1998。

5.4.7 聚苯乙烯板铺设

5.4.7.1 苯板在进入施工现场前，应在满足设计要求的前提下，在市场厂家切割成不同尺寸，以方便施工。

5.4.7.2 将聚苯乙烯板紧帖在修整好的渠坡面上，检查其稳定性，是否有空起或挠起。

5.4.7.3 严禁施工人员踩踏聚苯乙烯板板面，严禁从聚苯乙烯板板面下滑混凝土板，确保板面干净、整洁、无损坏，符合施工要求。

5.4.7.4 苯板接缝须用专用胶水进行粘接，不留冷缝。清除聚苯乙烯板粘结面上的浮尘，按照要求均匀涂刷粘合剂，粘接为一体，保证粘结平整，粘合牢固，符合要求。

5.4.8 砂砾石换填施工

5.4.8.1 选定砂砾石料场，应先取样经质检部门鉴定，满足设计级配要求，保证砂砾石的透水性。

5.4.8.2 进入施工现场的换填料必须经过筛选、清洗，粒径控制在5mm~50mm，含泥量小于5%。

5.4.8.3 砂砾石填筑前须清除基槽内的杂物，填筑应均匀推进，不易稳定的部位可洒水增固，做到均匀、平整、稳定，尺寸到位。

5.4.8.4 砂砾石换填要和后道工序衔接合理，一边换填，一边铺膜、

砌筑，做到换填一段，成型一段。

5.4.9 砂浆垫层

砂浆的原材料质量除符合规范要求外，执行 4.4.4 部分要求。砂子过筛，砂浆进行配合比试验后，现场严格按重量称量，机械搅和，翻斗车运输，防止漏浆、泌水现象发生，砂浆随拌随用。砂浆垫层的铺设与混凝土板的铺砌同步进行，铺砌顺序从底向上抹平、压实，满足厚度要求，以保证混凝土板的平整度。

5.4.10 混凝土预制砌筑

5.4.10.1 在混凝土板衬砌前，进一步对基础垫层及防渗、防冻胀材料铺设进行验收，对断面进行复测，是否符合设计规范，并进行调整。

5.4.10.2 按照设计图纸进行伸缩缝间距的整数倍分段，并依次衬砌。

5.4.10.3 衬砌次序，先渠底再圆弧段，后渠坡。

5.4.10.4 板缝要求均匀顺直，宽度符合设计要求，板面平整。为防止混凝土板下滑和保证板缝隙均匀，用事先加工好的木块或混凝土块卡住板缝，以固定混凝土板。

5.4.11 细石混凝土填缝

5.4.11.1 板缝处理是渠道衬砌的关键工序，是影响防渗、防冻效果的关键环节。

5.4.11.2 板缝纵横缝宽符合设计要求，缝宽允许误差 2mm。

5.4.11.3 对用于填缝的 C20 细石混凝土的原材料取样检测，石子粒径 5mm~20mm，配合比由试验确定。

5.4.11.4 在填筑混凝土板砌缝时，再次将缝内砂灰等杂物清理干净，并洒水湿润，板缝清理和填缝必须按两道工序安排。

5.4.11.5 用 C20 细石混凝土填充压实，表面与预制板齐平收光。

5.4.11.6 混凝土板板缝的浇注时间与砌筑紧密配合，砌筑完一段验收一段，板缝浇筑一段，并及时做好洒水养护，养护时间 14d，确保工程质量要求。

5.4.11.7 填缝混凝土必须采用机械拌合。

5.4.12 伸缩缝的设置与处理

5.4.12.1 按设计要求设置伸缩缝，缝宽 3cm，采用 PVC802 型沥青油膏填塞。

5.4.12.2 清除缝内砂浆、杂物，使缝壁清洁、干燥。

5.4.12.3 将聚乙烯油膏加热并保持在 110° 的温度，用浸水法将油膏分块填入缝内，特别要注意油膏的温度控制；要求填入缝内的油膏密实、平整、便于沥青砂浆的填筑。

5.4.12.4 填充时必须使填料与缝壁、缝底充分粘结，并均匀达到设计尺寸，做到缝形整齐，尺寸合格，填充密实，表面平整。

5.4.12.5 伸缩缝材料必须由出厂合格证，且在使用龄期内，必须满足设计要求。

5.4.13 施工排水

若渠道有积水均需要排水，且应根据排水量和当地实际提前 30d~60d 进场，为施工创造条件。首先考虑在现有斗口附近设置集水坑，用水泵强排到斗渠或退水沟道中。地下水位较高地段，在明排

的基础上辅助以降水井降水，降水井一般采用口径 400mm 无砂混凝土管，井距 20m~30m，井深 20m。

5.4.14 施工流程图

包括：工期安排、主要工序、质量控制。

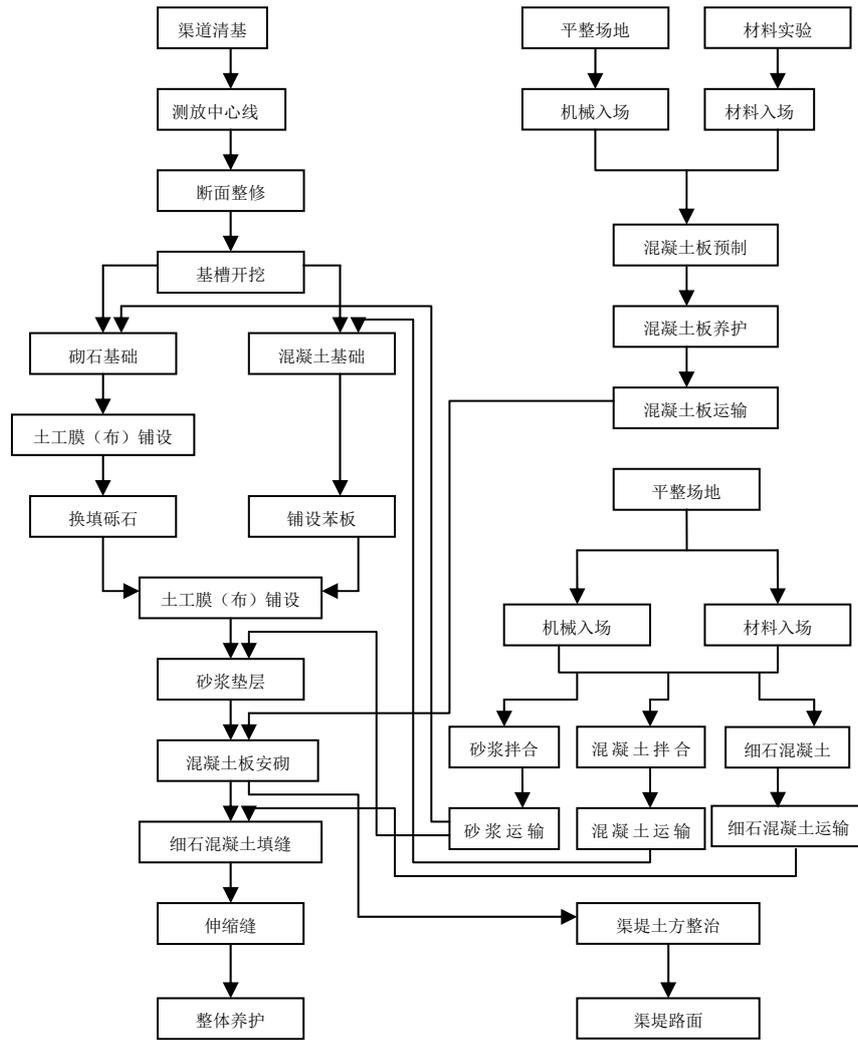


图 5.4.14-1 预制混凝土板衬砌渠道施工工艺流程图

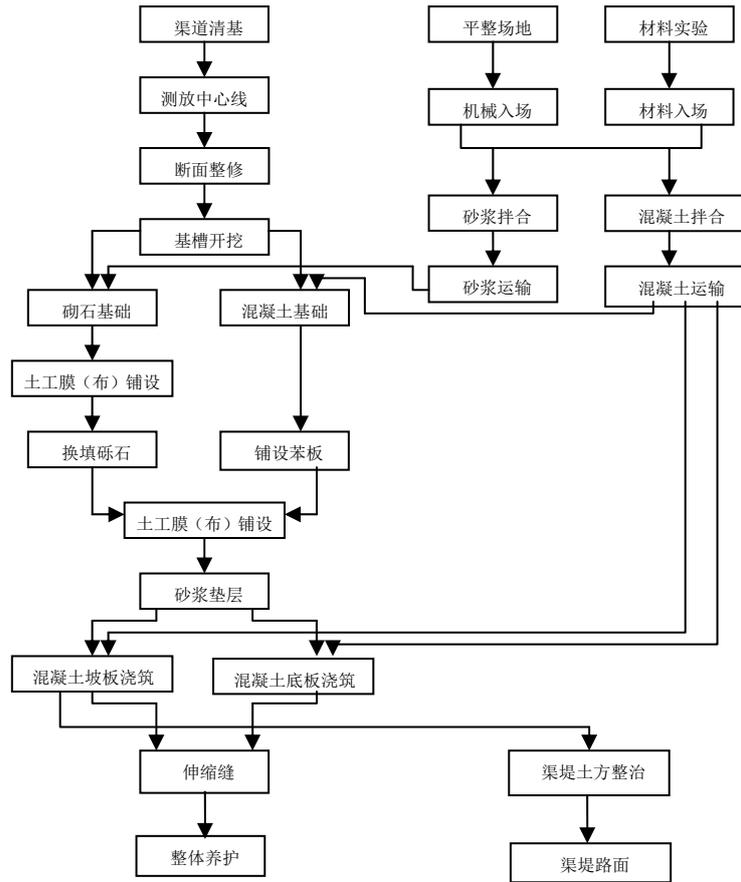


图 5.4.14-2 现浇混凝土板衬砌渠道施工工艺流程图

5.5 施工环境

- 5.5.1 施工单位必须为渠道衬砌工程提供“三通一平”的施工条件。同时，每一个衬砌工地必须备用一台 75KW 的发电机。
- 5.5.2 工程建设所在地的政府部门及水行政部门应协助业主做好工程协调工作，保证衬砌工程在一个安定的环境中进行。
- 5.5.3 业主应督促施工单位合理安排工期，保证衬砌工程在优良的气候条件下顺利进行。
- 5.5.4 日平均气温稳定在 5℃ 以下或最低气温稳定在 -3℃ 以下时，混凝土施工应按 SDJ207 的规定进行低温季节施工。
- 5.5.5 日平均气温低于 -5℃ 时，应停止施工。

5.6 雨（低温）季施工

5.6.1 雨季施工

- 1 施工期间要随时注意收听、收看天气预报，当预告天气有雨时要采取必要防雨措施。
- 2 拌和站搭设工棚，防止漏雨，搭设水泥棚并做好防潮，防淋工作。
- 3 机电设备采取防雨、防淹措施，安全接地装置，机电闸箱漏电保护装置要安全可靠。
- 4 雨季及时测定砂石含水率，掌握其变化幅度，及时调整配合比。
- 5 对取土场和堤基面要建立完善有效的防水、排水系统，并在整个施工过程中，始终保持其处于良好的防水、排水状态，以确保施

工场地不积水和不受雨水冲刷。

6 做好未完工序保护。钢筋、水泥等建筑材料作好防淋措施。

7 雨前将施工机械撤出基坑低洼面。下雨或雨后，尤其要禁止机械通行，否则填筑面容易成稀泥状。

5.6.2 低温季施工

渠道衬砌工程原则上不允许低温季节施工。确需施工的，应遵循以下规定。

1 日平均气温连续 5d 稳定在 5℃ 以下或最低气温连续 5d 在 -3℃ 以下，按低温季节施工。11 月 15 日至次年 3 月 15 日期间，必须按低温季节要求施工。

2 为减少、防止混凝土冻害，选用较小的水灰比和较低的坍落度，以减少拌合用水量，此时可适当提高水泥标号。

3 拌合设备进行防寒处理，设置在温度不低于 10℃ 暖棚内。拌制混凝土前及停止拌制后用热水洗刷拌合机滚筒。

4 水的加热温度不宜高于 80℃。当骨料不加热时，水可加热至 80℃。以上，此时要先投入骨料和已加热的水进行搅拌均匀，再加水泥，以免水泥与热水直接接触。水泥不得直接加热，可以在使用前转运入暖棚内预热。

5 混凝土的运输过程快装快卸，不得中途转运或受阻，运送中覆盖保温防寒。当拌制的混凝土出现坍落度减小或发生速凝现象时，应进行重新调整拌和料堤的加热温度。

6 混凝土浇注前，清除干净模板和钢筋上的冰雪和污垢。

7 混凝土浇筑温度，在任何情况下均不低于 5℃，细薄截面混凝土结构的灌注温度不宜低于 10℃，混凝土分层连续灌注，中途不间断，每层灌注厚度不大于 20cm，并采用机械捣固。

8 现浇混凝土浇筑时间为 10: 00~16: 00，浇筑后用薄膜覆盖，上覆 20cm 土或草帘。

9 暖棚内底部温度不低于 5℃，当低于 5℃时应采取增加煤炉的办法。混凝土养护期间，安排专人对煤炉进行检查，填加燃煤，保持棚内温度。

10 暖棚内应有一定的湿度（由实验室测定），当湿度不够时，要向混凝土面及模板洒水或覆盖润湿堤草袋。

11 土方施工时要彻底清除表层冻土，且冻土不能用于回填。土方回填不得加水，使用天然含水量合适的土源。

6 维修养护

6.1 运行管理

6.1.1 运行管理单位在接受渠道衬砌工程后，应立即建立渠道工程档案，内容包括建设年代、施工过程、主要工程图纸及维修情况等。

6.1.2 做好渠道运行的三要素控制，流量变化力求循序渐进，水位避免大起大落。

6.1.3 利用退水设施做好封冻前的渠道和建筑物积水的排除工作，减少减轻冻害的发生。

6.1.4 按照“经常养护，随时维修，养重于修，修重于抢”的原则做好衬砌工程的维修养护工作。

6.1.5 灌溉前后须认真做好衬砌工程的检查工作，按照《衬砌工程状态评价规范》对所辖工程进行状态评价，并提出解决方案。

6.1.6 对小型修补工程，应尽快安排资金进行维修，防止损害加大；对大修或翻修工程应编制维修方案报请上级部门安排实施。

6.2 工程检查

工程检查分为经常检查、定期检查和特别检查。

6.2.1 经常检查

衬砌工程在交付使用后即开始进行经常性检查，一般实行每日巡渠制度，按照规定的巡护次数、时间，对渠道及其建筑物、树木等附属设施、管理范围的工程状态和水流形态、衬砌岸坡进行全面检查。

发现问题及时处理，在汛期或水位高于正常水位期间，应增加巡查次数。

6.2.2 定期检查

每年在放水前、停水后、汛前、汛后，由管理单位组织有关人员，对渠道衬砌工程进行全面定期检查。岁修前进行岁修工程检查，拟定岁修计划，岁修工程完成后检查岁修工程完成情况。

6.2.3 特别检查

当发生洪水、地震、重大工程事故后和其它异常情况时，管理单位应及时组织力量对衬砌工程进行全面检查，必要时报请上级主管部门及有关单位会同检查，检查工程损坏程度，确定维修方案。

6.2.4 各种检查都必须认真执行，详细记录，存入技术档案。经常检查填写检查日志，记载内容主要有检查时间、检查段落、检查情况、检查人签名。若有异常，应详细记录发现异常部位、性质、程度及处理情况，包括自行处理和上级处理情况。定期检查和特别检查要填写表格或卡片。

6.3 衬砌工程状态评价

6.3.1 根据渠道破坏长度比例、破坏面积比例、剥蚀率、冻胀变形量等指标将渠道衬砌工程运行状态划分为5级，即良好、基本良好、较小损坏、较大损坏、严重损坏。具体分级规范见表4。衬砌工程状态评价分为堤顶及外坡、衬砌内坡、渠底3部分。

表 6.3.1 渠道衬砌工程运行状态分级标准

级别	渠道破坏长度比例	破坏面积比例	剥蚀率	冻胀变形量	总体状况
I 级	≤5%	≤5%	≤5%	≤10mm	良好
II 级	≤10%	≤10%	≤10%	≤20mm	基本良好
III 级	≤20%	≤20%	≤20%	≤30mm	较小损坏
IV 级	≤30%	≤30%	≤30%	≤40mm	较大损坏
V 级	>30%	>30%	>30%	>40mm	严重损坏

6.3.2 工程状态良好

6.3.2.1 堤顶及外坡

渠顶路面顺直平坦、无坑、无明显凹陷和起伏，泥结石路面级配良好，碾压密实，碎石无外溢；外坡平整，植被良好，无塌陷、滑坡、裂缝、雨淋沟、洞穴等；渠堤树木顺直成林，修剪整齐、美观，浇水坑规则，成活率达到 95%以上；标志牌埋设坚固，布局合理、尺度规范，表示清晰、无涂层脱落、无损坏丢失。

6.3.2.2 衬砌内坡

1 浆砌石

砌石坡面平整，无松动、塌陷、隆起冻胀等变形，浆砌石结构无裂缝、倾斜、滑动、错位、悬空，坡面勾缝保持完好、无脱落，无杂草生长。

2 混凝土板

坡面平整，混凝土板无松动、滑塌、鼓胀、隆起，板无裂缝、断裂，表面无剥落、暴皮起砂、石子外露。混凝土板填缝保持完好，无

裂缝、脱落、冻胀松散等。

3) 伸缩缝

伸缩缝保持完整、规则，无脱落、断裂、老化等现象。

6.3.2.3 渠底

渠底保持平整，无冲刷、淤积、杂物堆积，塑膜无外露；渠底衬砌混凝土无塌陷、鼓胀等变形，混凝土板无裂缝、断裂，表面无剥落、暴皮起砂、石子外露。填缝完整、无裂缝、断裂、冻胀松散现象。

6.3.3 工程状态基本良好

6.3.3.1 堤顶及外坡

渠顶路面顺直平坦、无坑、无明显凹陷和起伏，泥结石路面级配良好，碾压密实，碎石外溢较少，单位体积不超过 10%；外坡平整，无塌陷、滑坡、裂缝、雨淋沟、洞穴等；渠堤树木顺直成林，修剪整齐、美观，浇水坑规则，成活率达到 90%以上；标志牌埋设坚固，布局合理、尺度规范，表示清晰、无涂层脱落、无损坏丢失。

6.3.3.2 衬砌内坡

1 浆砌石

砌石坡面平整，无松动、塌陷、隆起冻胀等变形，浆砌石结构无裂缝、倾斜、滑动、错位、悬空，坡面勾缝保持基本完好、有轻度裂缝、脱落，损坏面积不超过 10%，无杂草生长。

2 混凝土板

坡面平整，混凝土板无松动、滑塌、鼓胀、隆起，混凝土板无断裂、个别有细微裂缝，面积不超过 10%，表面无剥落、暴皮起砂、石

子外露。混凝土板填缝基本保持完好，无脱落、冻胀松散等，局部板缝有轻微裂缝，面积不超过 10%。

3 伸缩缝

伸缩缝基本保持完整、规则，无脱落、断裂、老化等现象，局部有裂缝。

6.3.3.3 渠底

渠底保持平整，无冲刷、淤积、杂物堆积，塑膜无外露；渠底衬砌混凝土无塌陷、鼓胀等变形，混凝土板无断裂、局部有轻微裂缝面积不超过 10%，板表面无剥落、暴皮起砂、石子外露。填缝完整、无冻胀松散、断裂，局部有轻微裂缝现象。

6.3.4 工程状态有较小损坏

6.3.4.1 堤顶及外坡

渠顶路面顺直平坦、局部有较小的坑凹和起伏；泥结石路面级配良好，碾压密实，碎石有一定外溢，单位体积不超过 20%；外坡基本平整，无滑坡，裂缝、洞穴，局部有塌陷、凸起，个别处雨淋沟宽、深不超过 5cm 等；渠堤树木顺直成林，修剪整齐、浇水坑规则，成活率达到 90%以上；标志牌埋设坚固，布局合理、尺度规范，涂层局部脱落、较小损坏丢失。

6.3.4.2 衬砌内坡

1 浆砌石

砌石坡面平整，无松动、塌陷、隆起冻胀等变形，浆砌石结构无倾斜、滑动、错位、悬空，坡面勾缝有裂缝、脱落现象，勾缝损坏面

积不超过 20%，无杂草生长。

2 混凝土板

坡面平整，混凝土板无松动、滑塌、鼓胀、隆起，混凝土板个别有断裂、裂缝，面积不超过 20%，表面无剥落、暴皮起砂、石子外露。混凝土板填缝大部分保持完好，无脱落、冻胀松散等，局部板填缝有裂缝、脱落或冻胀松散现象，面积不超过 20%。

3 伸缩缝

伸缩缝基本保持完整、规则，大部分无脱落、断裂、老化等现象，局部有裂缝、断裂或脱落现象，延长米不超过 20%。

6.3.4.3 渠底

渠底基本保持平整，无杂物堆积，有轻度冲刷、冲坑或淤积，局部塑膜有外露现象；渠底衬砌混凝土无明显塌陷、鼓胀等变形，混凝土板个别有断裂和裂缝，面积不超过 20%，板表面有轻度剥落、暴皮起砂、石子外露，面积不超过 20%。填缝大部分完整，局部有冻胀松散、断裂，裂缝现象面积不超过 20%。

6.3.5 工程状态有较大损坏：

6.3.5.1 堤顶及外坡

渠顶路面顺直、局部有坑凹和起伏；泥结石级配较好，碎石外溢，单位体积不超过 30%；外坡基本平整，无滑坡、裂缝，洞穴，局部有塌陷、塌坑和凸起，个别处雨淋沟宽、深不超过 5cm 等；渠堤树木顺直成林，修剪整齐、美观，浇水坑规则，成活率达到 85%以上；标志牌松动，涂层脱落、部分损坏丢失。

6.3.5.2 衬砌内坡

1 浆砌石

砌石坡面大部分平整，无松动、塌陷、隆起冻胀等变形，浆砌石结构有松动、滑坡、错位现象，坡面勾缝有裂缝、脱落现象，勾缝损坏面积不超过 30%，有杂草生长。

2 混凝土板

坡面大部分平整，混凝土板松动、滑塌、鼓胀、隆起面积不超过 30%，混凝土板有断裂、裂缝，表面剥落、暴皮起砂、石子外露面积不超过 30%。混凝土板填缝大部分保持完好，板填缝有裂缝、脱落或冻胀松散现象，面积不超过 30%。

3 伸缩缝

伸缩缝基本保持完整、规则，部分有裂缝、断裂或脱落现象，延长米不超过 30%。

6.3.5.3 渠底

渠底基本保持平整，部分有冲刷、冲坑或淤积、杂物堆积现象，渠底冲刷深度小于 30cm；部分塑膜有外露、鼓起和破裂现象；渠底衬砌混凝土有塌陷、鼓起、冻胀等变形，板有断裂和裂缝，总体损坏面积不超过 30%，板表面有剥落、暴皮起砂、石子外露，面积不超过 30%。填缝大部分完整，局部有冻胀松散、断裂，裂缝现象面积不超过 30%。

6.3.6 工程状态有严重损坏

6.3.6.1 堤顶及外坡

渠顶路面损坏，有较多坑凹和起伏，碎石外溢，单位体积超过 30%；外坡局部有滑坡、裂缝、塌陷、塌坑和凸起，雨淋沟宽、深超过 5cm 等；渠堤树木有羊群啃噬，人为损坏现象，无修剪，影响交通，成活率低于 85%；标志牌松动、丢失，涂层脱落较严重，标志作用明显丧失。

6.3.6.2 衬砌内坡

1 浆砌石

砌石坡面松动、塌陷、隆起冻胀等变形，浆砌石结构有松动、滑坡、错位现象，坡面勾缝有裂缝、脱落现象，勾缝损坏面积超过 30%，杂草丛生。

2 混凝土板

坡面混凝土板松动、滑塌、鼓胀、隆起面积超过 30%，混凝土板有断裂、裂缝，表面剥落、暴皮起砂、石子外露面积超过 30%。混凝土板填缝有裂缝、脱落或冻胀松散现象，面积超过 30%。

3 伸缩缝

伸缩缝有裂缝、断裂或脱落现象，延长米超过 30%。

6.3.6.3 渠底

渠底有冲刷、冲坑或淤积、杂物堆积现象，渠底冲刷深度大于 30cm；塑膜有外露、鼓起和破裂现象；渠底衬砌混凝土有塌陷、鼓起、冻胀等变形，板有断裂和裂缝，总体损坏面积超过 30%，板表面有剥落、暴皮起砂、石子外露，面积超过 30%。填缝有冻胀松散、断裂，裂缝现象面积超过 30%。

6.4 工程维修

6.4.1 局部维修

6.4.1.1 砌石结构

1 灰浆脱落的处理

砌石勾缝灰浆的脱落,主要由于勾缝灰浆质量差、勾缝方法不当、受冻融破坏、水流冲刷、气蚀,以及人畜破坏等原因造成。处理的方法:先凿去损坏部分的原有灰浆,经清洗后用水泥砂浆重新勾缝,然后洒水养护。

2 局部松动或脱落的处理

局部砌石松动或脱落,主要是由于部分石料的质量不符合设计要求、风化碎裂或冲刷损坏、灰浆损坏或内部灰浆不密实、基础沉落,以及人畜破坏等原因。修补的措施是:拆除松动或脱落的石块,凿除四周风化或损坏的砌体灰浆,清洗干净,再用符合质量要求的石块及与原砌体强度适应的砂浆补强修复,勾好灰缝。修补时应做到新老砌体犬牙交错,并用坐浆法安砌,以保证施工的质量。

3 裂缝的处理

按产生裂缝的原因,可分为沉陷性裂缝和应力性裂缝两种。沉陷性裂缝主要因砌体基础软硬不一,发生不均匀沉陷,或因局部基础被冲刷淘空而产生不均匀沉陷所致。应力裂缝是由于石料强度不够、砂浆标号过低,以及施工质量差所造成。当砌体产生上述裂缝后,降低了建筑物的抗渗能力,严重时还会引起管涌、流土现象,危机建筑物的安全。常用的处理措施有:堵塞封闭裂缝、局部翻修嵌补、彻底翻

修等。

4 漏水处理

砌石建筑物漏水包括砌体本身漏水和沿建筑物边缘漏水。常用的处理措施有：水泥砂浆勾缝、水泥砂浆粉面、快凝砂浆堵塞漏水孔道，以及设置防水层和反滤排水设施。

6.4.1.2 混凝土结构

1 混凝土表面损坏的修补

混凝土建筑物表面损坏一般表现为表面的蜂窝、麻面、骨料架空外露、表面的冲刷和磨损等。表层修补常用的方法如下：

1) 水泥砂浆修补。首先将混凝土损坏部分清除，对损坏面积较小、深度较浅的，可用人工凿除；对损坏面积较大、深度较深的，可用人工结合风镐凿除，然后凿毛、湿润，再把砂浆抹到修补部位，反复压光后加以养护。修补材料除采用一般砂浆外，还可以采用预缩砂浆堆放 30 min~90 min，使其预先收缩后使用。预缩砂浆的抗压、抗拉，以及与混凝土的粘结强度均较高，且收缩性小，平整度高。其修补方法：先将损坏的混凝土清除、凿毛，在其表面涂一层厚 1mm 的水泥浆，然后填入预缩砂浆，分层捣实、压光后加以养护。

2) 环氧材料修补。环氧材料具有较高的强度和抗蚀、抗渗能力，能与混凝土很好结合。用于混凝土表层修补的环氧材料有环氧基液、环氧石英膏、环氧砂浆和环氧混凝土等。环氧材料一般宜与其他修补方法配合使用，即先用其他材料填补，并预留 0.5cm~1.0cm 厚度供涂抹环氧材料作保护层。环氧材料有毒易燃，种类和配方很多，因此，

必须根据工程的具体情况结合当地条件选用，并严格按照一定的工艺工程进行。

2 混凝土结构的裂缝处理

1) 水泥浆或水泥砂浆表面涂抹。

2) 表面粘补，即用胶粘剂把橡皮或其他材料粘贴在混凝土裂缝部位，以封闭裂缝，防渗堵漏。

3) 防水快凝砂浆涂抹，即在水泥砂浆内加入防水、快凝剂，涂抹封堵裂缝。

6.4.2 较大维修

6.4.2.1 结构补强

当结构（混凝土结构或砌石结构）变形位移过大或表层脱落严重，但从结构整体看形体尚完整时，通过水利计算验证，在不影响断面过水能力的情况下，可以采取结构补强的方式进行断面加固。常用的具体措施包括：表面砂浆涂抹、表面混凝土（或钢筋混凝土）加固、侧面砌石支撑、侧面混凝土（或钢筋混凝土）支撑等。

6.4.2.2 局部翻修

当结构局部损坏，如局部垮塌、冻胀损坏、混凝土衬砌板整体下滑下缘位移超出蹬沿等，可以采取局部翻修的方式进行处理。常用的具体措施包括：局部砌石嵌补、局部混凝土嵌补、局部结构翻建、局部嵌补加结构补强等。

附录 A

(资料性附录)

沙坡头灌区工程地质与水文地质条件

A.1 地形地貌

A.1.1 卫宁平原以黄河冲积平原为主，并兼有部分山前洪积扇和风砂地。地势呈西高东低，南、北向中部的黄河倾斜之势。黄河冲积平原受黄河不断下切和地壳运动的影响，形成数级阶地，自黄河河床及河漫滩地向两侧又可划分为 I、II、III 级阶地。河漫滩主要分布于黄河河床两侧，地形平坦，地面坡降在 1/10000 左右。黄河水大时被淹没。

A.1.2 I 级阶地前缘陡坎高约 1m~3m，是灌区的主要耕作区，地面平坦，地下水埋藏较浅。II 级阶地前缘陡坎一般高 2m~6m，地面向黄河倾斜，坡度较大，地下水较深。自然排水条件好，是较好的农业耕作区。III 级阶地是灌区内的最高一级阶地，主要分布在香山北麓，地面起伏坡降较大，自然排水条件好。

A.1.3 卫宁平原一级阶地发育，构成以冲积平原为主，宽约 3400m，左岸阶地较右岸宽，属于典型的二元结构，地表为壤土层，其下为卵石层。

A.2 地层岩性

沙坡头（卫宁）灌区属祁连区，河西走廊—六盘山分区，威武—中宁小区，出露的地层及其岩性分述如下：

a) 上泥盆统中宁组 (D32)：分布于泉眼山、轿子山、烟筒山北麓

等地，岩性为紫红色厚—中厚层细粒长石石英砂岩夹带薄层泥岩、粉砂岩等；

b) 石炭系下石炭统臭牛沟组 (C1c)、中石炭统石磨沟组 (C2s) 和上石炭统太原组 (X3t)，分布于钓鱼台、余丁、上河沿、泉眼山一带。臭牛沟组岩性为灰白—灰黄色钙质中细粒石英砂岩夹灰岩透镜体，石磨沟组岩性为灰白色厚—中厚层石英砂岩夹灰—灰黑色页岩，太原组岩性为灰黑色页岩、砂质页岩夹灰岩、长石石英砂岩和煤层等；

c) 第三系中新统红柳沟组 (N1h)：分布于黄河北岸的风积砂的下部和石空、枣园北部地区，岩性为桔红—桔黄色砂质泥岩、泥质砂岩等；

d) 第四系 (Q)：发育于卫宁盆地区，主要分布于黄河河谷、山间沟谷、洼地及山前倾斜平原地区，有冲击、洪积、风积等，构成灌区上部地层。卫宁断陷盆地一般厚度 30m—60m，最厚达 350m。下中更新统 (Q1a1、Q2a1) 主要分布于山前及黄河高阶地上，岩性为胶岩、半胶结状态的砾岩；上更新统 (Q3ap1) 主要构成山前古洪积扇，岩性主要由壤土、砂壤土夹带砂土或角砾组成；全新统 (Q4) 主要分布于黄河两岸的河床低阶地及沙漠边缘冲积层 (Q41-2a1)，岩性表现为上部 0.5m—5m 厚的砂壤土、壤土或粉细砂层，下部为黄河冲积的卵砾石层，局部粉细砂层具有液化性。风积层 (Q42e01) 主要分布于腾格里沙漠及其边缘地区，沙漠区由砂丘、砂梁构成，边缘区则形成平铺砂地或草丛砂丘，岩性为浅黄色粉细砂。

A.3 地质构造

本区大地构造位置处于昆仑—秦岭褶皱系走廊过渡带之北东段，经历了加里东—喜马拉雅期的多期构造运动，形成了目前的地貌景观，主要表现为东西向的构造形迹。北以土井子—骡子山断裂为界，南至香山南麓，构造形迹主要由卫宁北山复向斜和香山复背斜、土井子—骡子山断裂、卫宁北山南麓断裂、黄河东西向断裂、香山南麓断裂等组成。卫宁北山复向斜在卫宁北山、通湖山表现最明显，由晚古生代地层组成，褶皱两翼由一系列小型背斜、向斜组成，小型背、向斜走向东西，一般长几公里至十余公里，两翼产状大体对称，倾角一般 30° ~ 40° 之间。香山复背斜以寒武—奥陶系为主体组成的复式褶皱，褶皱走向近东西，局部出露有泥盆—石炭系及少量中、新生代地层。复背斜同样由一系列小背斜、向斜组成。与以上两山体构成相伴生的是走向与上述向、背斜相近的一系列断裂构造，其中卫宁北山南麓断裂和黄河东西向断裂基本控制着山体与黄河冲积平原的边界，卫宁盆地形成与这两条断裂有直接的联系。自第三系以来，构造运动表现强烈，形成第四季活断层，并由此引发地震活动。轿子山—固海扬水（古城）二泵站—坝头子一带发育了一系列密集的第四季新断层，第四季地层北错段，自中更新世纪以来发生了多期地震活动。有史料记载以来，共发生了5级以上地震9次，最大的一次发生在1709年10月14日中卫永康以南，震级7.5级，震中烈度IX度~X度。据《中国地震活动参数区划图（1:40000000）》（GB18306-2001），灌区范围内地震基本烈度为VIII度，地震动峰值加速度0.20g。

A.4 水文地质条件

沙坡头灌区地下水的补给来源主要为渠系渗漏与田间灌水的渗漏，其次为南北两侧山区基岩地下水的侧向补给与山洪径流于山前的下渗补给；再次为大气降水的直接渗入补给。卫宁平原由于下部存在强透水层，灌溉入渗排泄畅通，水分和盐分同时排走，潜水矿化程度与土壤盐渍化程度要比银川平原低得多。地下水化学类型多为 $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$ 型水， SO_4^{2-} 含量 $60\text{mg/L} \sim 180\text{mg/L}$ ，对混凝土无腐蚀。

附录 B

(资料性附录)

青铜峡灌区工程地质与水文地质条件

B.1 地形地貌

青铜峡灌区位于宁夏北部,灌区地形地貌主要由黄河两岸冲击阶地和贺兰山东麓冲洪积倾斜平原(包括洪积扇下部)组成。黄河位于灌区的中部偏东部边缘。黄河 I 级阶地分布不连续,西岸平罗以北缺失,阶地宽度 0.5km~12km; II 级阶地较宽,是灌区的主体,宽度 7km~26km,其中湖沼密布。贺兰山山前冲洪积倾斜平原宽度 3.3km~28km。黄河 I 级阶地阶面高程 1092m~1112m,南北向平均比降 1/5500,东西向比降 1/1600~1/6000。II 级阶地阶面高程 1093m~1114m,南北向平均比降约 1/6000,贺兰山冲积平原地面高程 1095m~1140m。

B.2 地层岩性

地层岩性比较简单,黄河阶地部分主要以全新统冲积相(Q4al)、冲湖积相地层(Q41al)组成,另外零星分布全新统湖沼相(Q43lh)、全新统风积沙(Q43eol)、上更新统冲洪积相(Q32apl)等地层。全新统冲积相(Q4al)主要分布于灌区表层,厚度 2m~6m,岩性为壤土、砂壤土,银南区土层下部为冲积卵砾石层,银北区下部为粉细砂层。全新统冲积相(Q4al)岩性上层主要为壤土、砂壤土,下层粉细砂组成,局部夹粉质粘土层,上层壤土、砂壤土层厚度 2m~10m。全新统湖沼相(Q43lh)岩性主要是由新近沉积的淤泥和淤泥质土组

成，厚度 1m~5m。全新统风积沙（Q43eol）主要分布于山前洪积扇与冲积阶地之间的局部，岩性主要由粉、细砂组成，最大厚度 9m~10m。上更新统冲洪积相岩性主要由砾石、砂土及壤土、砂壤土组成。

B.3 地质构造

B.3.1 青铜峡灌区为新生代断陷盆地，北起石嘴山，南至吴忠，西自贺兰山东麓山前起，东至黄河。总体走向 NE30°，南北长 140km，东西宽 50km，为一梭状的断陷盆地。目前青铜峡灌区的地貌格局主要受区内新华夏系的贺兰山断褶带和银川断陷盆地控制。断陷盆地的现有钻孔均未见到基底。据物探资料，中部深度最大，东西南北两侧变浅。第四系已知最大厚度已达 1600m，第三系由新老第三系组成，目前 3200 m 的地热井也尚未揭穿。

B.3.2 断陷盆地的东西两侧均为大地断裂带，东侧为黄河大断裂，西侧为贺兰山大断裂。南侧被龙首-六盘山断裂分割为卫宁盆地和银川盆地。黄河大断裂大致沿黄河分布，其南段于陶乐横山堡经灵武市东，沿苦水河一线交于龙首-六盘山断裂上；其北段过石嘴山沿桌子山西麓延伸，长约 300km，其性质属重力断层，倾向北西，倾角 75°左右，构成银川地堑与陶乐台拱的分界线，该断裂可能形成于燕山期，至今仍有活动。贺兰山大断裂位于贺兰山东麓，依山作北北东向展布，于石嘴山与黄河大断裂相交。该断裂为贺兰山台陷与银川地堑的分界线，对形成宁夏北部现代地貌景观起支配作用。其性质也为重力断层，倾向南东，倾角 80°左右，断距 2000m~3600m，向南与龙首-六盘山断裂相交。断裂形成与燕山期，至今仍在活动，惠农县红果子沟附

近明长城因该断裂活动而发生右旋错动。受以上大断裂影响，盆地内沉积地层主要由第三系和第四系构成。第三系由下第三系（E）和上第三系（N）组成。下第三系的岩性主要为浅棕红色砾岩、砂岩、砂质泥岩构成，间夹有白、灰绿色砾岩、砂岩等；上第三系岩性主要为桔黄、土黄及杂色厚层砾岩、砂砾岩和砂质泥岩等构成。第四系主要由下~中更新统（Q1-2）、中更新统（Q2）、上更新统（Q3）和全新统（Q4）组成。第三系与下更新统可能为连续沉积，界限不易区分。下~中更新统为冲洪积、洪积、湖积层，岩性为粉细砂、砂壤土、壤土；中更新统为洪积及冲洪积层，岩性为棕黄灰色砂砾石、壤土、砂壤土；上更新统为冲洪积、洪积、冲湖积层，岩性为灰、灰褐色砾石和灰黄、灰色粉细砂及壤土、粘土；全新统为冲积、洪积、冲湖积、风积层，岩性为卵砾石（碎石、角砾）、粉细砂、壤土、砂壤土及淤泥或淤泥质土。

B.3.3 由于银川盆地内的新生代沉积物巨厚，盆地内的构造形迹被覆盖。据物探资料，在东西方向基底呈地堑式断阶状下落，以中部深度最大，东西两侧变浅；在南北方向上，中段（银川附近）最深，向南北两端基底呈断阶状抬升，北段（银北）约每 15km 上抬 5km。基底地层为晚古生代或更老的地层，新生代地层直接覆于基底地层以上，缺乏整个中生代地层。中段、南段（银南）地区晚古代和中生代地层均缺乏。以上可以看出银川盆地的形成时间较长，而且受多构造体系的影响。银川盆地历史上地震活动频繁，多次发生强烈地震，根据《宁夏强震目录》自公元 876 年至 1981 年银川盆地共发生 4 级以

上地震 22 次，最大震级为 1739 年 1 月 3 日的银川~平罗大地震，震级 8 级，烈度 10 度。据 2001 年《中国地震动参数区划图》GB18306-2001(1/400 万)，青铜峡灌区的青铜峡，银川，贺兰，平罗，石嘴山，惠农地震基本烈度为Ⅷ度，灵武、陶乐地震基本烈度为Ⅶ度。

B.4 水文地质条件

银川平原地下水的径流条件由西向东，由南向北变差，地下水的主要补给来源为引黄灌区灌溉渗漏水，次为贺兰山地下水侧向补给，再次为大气降水补给。地下水的排泄主要是侧向径流通过排水沟下泄至黄河及垂直蒸发。地下水水化学类型 $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Na+--Mg}^{2+}$ ， $\text{SO}_4\text{--}$ 含量 61.3mg/L~145mg/L，对混凝土无腐蚀。银北灌区所属的贺兰山区具有丰富的基岩裂隙水，该地下水受大气降水渗入补给，水量较丰富。除部分消耗于潜水蒸发和农作物吸收外，其余以灌溉入渗补给。银北地区具有地势低洼，径流不畅，地下水易补不易排，水位浅埋，蒸发积盐强烈，具备了土壤盐渍化严重的特点。该区地下水补给十分充足，由于径流不畅，排泄方式主要以蒸发为主，全年平均蒸发量为 1162mm；排水沟排泄只占 17.1%。地下水化学类型为 $\text{Cl--SO}_4\text{--Na+}$ 、 $\text{SO}_4\text{--Cl--Na+}$ ， $\text{SO}_4\text{--}$ 含量 521.13mg/L~1332.83mg/L，对混凝土具硫酸盐型强腐蚀性，对钢筋混凝土结构中钢筋具中等腐蚀性，对钢结构具中等腐蚀性。

附录 C

(资料性附录)

固海灌区工程地质与水文地质条件

C.1 地形地貌

C.1.1 固海灌区分布于黄河一级支流清水河的二、三级阶地及其支流菟麻河、中河的阶地上,其中固海扩灌十一干渠分布于清水河的三级阶地、二级阶地及菟麻河二级阶地上。清水河三级阶地,阶面呈西高东低,南北向较平坦,地面高程 1560m~1530m,阶面宽度 1000m~9000m,被东西向发育的周官沟、扫帚沟、恋家沟、菟麻河等沟道切割,地形较破碎。菟麻河二级阶地,阶面宽度 100m~300m,高程 1545m~1550m。

C.1.2 十二干渠主要经过两个大的地貌单元,清水河Ⅲ级阶地地貌分布在十二泵站一中河之间,渠线测量桩号为 0+000~8+900 段,地面高程为 1556m~1600m,西高东低,南北较为平缓,阶面宽约 1km~9 km,由东西向发育的羊圈沟、北沟、乌木沟等深大冲沟切割,地层岩性以 Q3m 黄土为主。清水河Ⅱ级阶地地貌,分布于中河至十二渠末端(8+900 以后),地面高程为 1550m~1556m,为清水河冲积(Q4la1)地层,岩性主要由壤土、粘土、粉土及角砾等构成;阶面宽 0.3km~8km,北高南低,东西向较为平缓,发育有数条冲沟。

C.1.3 南城拐子支干渠经过清水河三级阶地和二级阶地地貌,其中三级阶地地貌分布于南城拐子支泵站管线后段及支干渠前段,渠线测量桩号为 0+000~17+500,地面高程为 1600m~1640m,南北向分布:

阶地东西向沟道发育，沟谷切割较深，多呈 V 形；阶地居委上更新统马兰黄土。二级阶地呈南北向分布，地面较平坦；南城拐子支泵站及支干渠渠后段均处于该阶地上；阶地东西向沟道发育，多呈宽浅式。

C.2 地层岩性

十一干渠、十二干渠经过的地貌主要为清水河三级阶地和二级阶地，揭露的地层主要分两大层，上部为黄土，下部为壤土，菟麻河河谷、中河河谷阶地，上覆黄土或壤土，下部为砾石或砂土，主要地层岩性从老至新分述如下：

a)第四系中更统（Q2）壤土，坚硬状态，分布于十二干渠 21 km 以后下部，强度高，是良好的持力层；

b)第四系上更新统冲洪积壤土层（Q3al+pl）：分布于清水河三级阶地下部，浅红色～灰黄色，具水平层理，夹薄层粉土、粉砂及粘土透镜体，该层上部具有湿润性；

c)第四系上更新统风积黄土层（Q3eol）：分布于清水河三级阶地上部及菟麻河二级阶地上部，浅黄色～黄色，疏松多孔隙，垂直节理发育，地层均匀，稍湿，具自重湿陷性；

d)第四系上更新统冲积含砾壤土层、砾石层（Q3al）：含砾壤土层、浅红—褐黄色，稍湿，硬塑状态，分布于菟麻河下部，厚度 8.0m～9.0m，呈透镜体状分布。砾石层，杂色，中密，泥质胶结，厚度大于 6.0m，夹有砂和壤土薄层，分布于菟麻河二级阶地底部；

e)第四系全新统冲积砾石、壤土、砂壤土层（Q4al）：砾石层，杂色，稍密～中密，厚度大于 6.0m，分布于菟麻河一级阶地上部和

河谷漫滩上；壤土层，浅棕黄色—褐灰色，硬塑状态，厚度 8.0m~18.0m，呈透镜体状分布于苜麻河一级阶地的下部；砂壤土层，褐灰色，土质疏松，多孔洞，层厚 5.0m~10.0m，分布于苜麻河一级阶地上部。

C.3 地质构造

工程区在构造上地处陇西系巨形带状构造所形成的清水河断陷带与卫宁东西向构造带~卫宁北山复背斜的交织、复合部位。陇西系形成的清水河断弦带，基岩出露不多，清水河河谷主要受两条大的断裂控制，东侧为龙首~六盘山断裂、西侧为沙坡头~同心~彭堡大断裂，由此沉积了巨厚的第四系堆积物，形成了工程区清水河河谷平原目前的地貌景观，其基底构造复杂，建筑场地属不利地段。

本区历史上地震活动十分频繁，据史料记载，1219~1969 年的 750 年中，共发生 4 级以上地震 26 次，其中 6 级以上 6 次，4 级以上地震 20 次，平均每两年半有一次 4 级以上地震发生，最强烈的是 1920 年 12 月 16 日海原地震，震级 8.5 级，地震烈度 12 度。据《中国地震动参数区划图（1:400 万）》（GB18306—2001），工程区地震基本烈度为Ⅷ度，地震动峰值加速度 0.20g。

C.4 水文地质条件

固海灌区地下水为清水河河谷平原中第四系孔隙潜水和第三系承压水，埋深由 I 级阶地的 10m 左右，往上至第三系承压水层埋深大于 50m，水量较小，水质由南往北逐渐变差，南部的头营、三营一带矿化度 0.75g/L~1.6g/L，向北至黑城、七营则变为 4g/L~9g/L，同

心一带有的则高达 13g/L。单纯利用地下水灌溉极易造成土壤盐渍化。水化学类型 SO₄-Cl-Mg-K+Na。地下水径流方向由南向北流动，与地表径流方向一致，径流条件由南向北逐渐变化，地下水补给来源为大气降水、地表水、河水及灌溉用水。

附录 D

(资料性附录)

盐环定扬黄灌区工程地质与水文地质条件

D.1 地形地貌

D.1.1 工程区地势南高北低，海拔在 1300m~1800m，北接毛乌素沙漠，属鄂尔多斯台地，南靠黄土高原，属黄土丘陵沟壑区。南北分为黄土丘陵和鄂尔多斯缓坡丘陵两大地貌单元，自南向北从黄土高原向鄂尔多斯台地过渡。以惠安堡镇的杜记沟、狼布掌和大水坑镇的牛皮沟、谷山塘与红井子的李伏渠连线为界，以南为黄土高原丘陵区，以北为鄂尔多斯缓坡丘陵区。

D.1.2 南部黄土丘陵区：该区是陇东黄土地貌的北部边缘，地表冲沟发育，常呈树枝状，冲沟边坡较陡，多呈 V 字型，一般切割深度小于 20m，深者可达 40m。

D.1.3 北部鄂尔多斯缓坡丘陵区：地形多呈梁岗状、台地及封闭性洼地，部分地段零星分布着流动沙丘，形成风积地貌。

D.2 地层岩性

工程区所涉及到的地层岩性主要为第四系中更新统及全新统松散堆积层，以及第三系、白垩系基岩地层，现将其岩性及物理力学特征简述如下：

a)白垩系(K1j)泥岩：自由膨胀率 70%~90%，膨胀力 40kPa，具中等膨胀性，开挖后易风化；

b)第三系(E3q)棕红色泥质砂岩：主要成份为石英、长石，具弱膨

胀潜势，承载力特征值 280kPa；

c)第三系砂质泥岩：具弱膨胀性，干容重 1.43g/cm³，孔隙比 0.89，承载力 250kPa~280kPa；

d)第四系壤土、砂壤土：呈坚硬状态，低~中等压缩性，湿陷性一般为 II 级，属中等，局部为严重。干容重 1.40g/cm³~1.64g/cm³，压缩系数 0.095MPa-1~0.52MPa-1，属中等压缩性，承载力特征值 150kPa~200kPa；

e)冲洪积层砂砾石层：中等密实，承载力特征值 200kPa；

f)第四系风积砂（eol Q4）：密度 1.43 g/cm³，干容重 1.33g/cm³，孔隙比 0.66，压缩系数 0.075MPa，属低压缩性，承载力特征值 100kPa。

D.3 地质构造

D.3.1 工作区域系为朝准地台之鄂尔多斯台拗及鄂尔多斯习缘拗陷带的分界和接触地段。华力西晚期，台拗大幅度沉降，沉积了巨厚的中生代地层，早期燕山运动以断裂构造为主，晚期燕山和喜马拉雅运动使台拗边缘发生褶皱。主要构造线为近南北向及北东东向。

D.3.2 分布的较大褶皱有：

a)石沟驿向斜：该向斜展布在石沟驿煤矿至老盐池一带，轴向北西 20°~30°，由侏罗系延安组地层组成，两翼由二迭、三迭系地层组成，向斜东翼被断层切断。该向斜在老盐池、惠安堡、隰宁堡好家山等地被第三系及第四系地层覆盖；

b)青龙山背斜：该背斜展布于青龙山东侧，轴向 10°左右，轴部由震旦系、寒武系、奥陶系地层组成，翼部由石炭系、二迭系、三迭

系等地层组成，背斜向北西倾伏，东翼被南北向冲断层破坏，为不完整的背斜构造；

c)天环大向斜：展布在盐池至环县一带，呈舒缓波状平行雁列，两翼倾角平缓 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ ，该部为白垩系地层。

D.3.3 分布的较大断裂有：

a)简山子~老盐池断裂组：该断裂组由老盐池逆断层、烟洞山逆断层及张儿庄逆断层三条断裂组成，断裂组长约百余公里，断裂带最大宽度约2.5km，断距最大的达千余米；

b)阿色浪~车道深大断裂：该断层在工程区以南北向展布在马家滩、萌城一带，断面西倾，倾角为 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，为一逆断层，断距可达千余米，穿切太古界至中生界地层向东逆冲，剖面呈迭瓦状构造，其西盘隆起较高，东盘下降，沉积白垩系地层达千米以上。

D.3.4 根据2001年发布的1:400万《中国地震动峰值加速度区划图》(GB18306-2001)及《中国地震动反应谱特征周期区划图》，地震动峰值加速度为0.10g，其相应的地震基本烈度为6度。

D.4 水文地质条件

盐环定扬黄灌区上部第四系堆积物广泛分布，厚度较小，多为透水不含水的岩层，在坳谷洼地区域，是聚集和储存地下水的主要场所。含水层主要为第四系洪积砂砾石层及粘砂土层，潜水补给主要来源为灌溉用水及大气降水，富水性受含水层的厚度、汇水面积控制，多为弱富水地段，矿化度 $2\text{g/L} \sim 5\text{g/L}$ 。地下水水化学类型 $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{ } 2\text{--Ca}^+\text{--Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4\text{ } 2\text{--HCO}_3\text{--Cl--Mg}^{2+}$ ， SO_4^{2-} 离子含量403.45

mg/L~1757.90mg/L，对混凝土具硫酸盐型中等~强腐蚀性，对钢筋混凝土中的钢筋具弱~中等腐蚀性，对钢结构具弱~中等腐蚀性。

附录 E

(资料性附录)

红寺堡灌区工程地质与水文地质条件

E.1 地形地貌

红寺堡灌区位于灵盐台地南西边缘与宁南黄土丘陵的过渡地带，整体上地势南高北低，属山间丘陵地貌区，主要由缓坡丘陵、洪积扇、风沙地、洪积平原及苦水河、甜水河的河谷平原构成。地表广为风积沙覆盖，属于沙漠与波状丘陵相接的地貌景观，局部出露第四系上更新统黄土。依据《湿陷性黄土地区建筑规范》附录 A《中国湿陷性黄土工程地质分区》，场区工程地质分区为 VII2 区，即宁~陕分区。

E.2 地层岩性

地层岩性主要有第三系中新统红柳沟组 (N1h) 砖红色泥质砂岩、砂质泥岩；第四系上更新统洪积 (Q3pl) 的砾砂、圆砾层；第四系上更新统风积 (Q3eol) 的黄土状粉土及粉细砂。具体分述如下：

a) 第三系中新统红柳沟组 (N1h) 砖红色泥质砂岩、砂质泥岩。该组地层遍布全灌区，组成工作区的基底。其岩性主要为砖红色泥质砂岩、砂质泥岩，上部风化裂隙发育，薄~中厚层状结构，泥质胶结。上部风化严重，为强风化，易碎。以河湖相沉积为主；

b) 第四系上更新统洪积 (Q3pl) 的砾砂、圆砾层。分布范围较小，厚度较小。杂色，中密~密实，粒径 3mm~30mm，充填物为细砂，成分主要为灰岩、砂岩，分选性差，为棱角-亚圆状；

c) 第四系上更新统风积 (Q3eol)。黄土状粉土：褐黄色，稍湿，

稍密，孔隙大，竖向节理发育，局部夹有透镜状粉细砂。粉细砂：褐黄色，中密，厚度较小，多以透镜状产出。

E.3 地质构造

E.3.1 地质构造上位于祁吕贺兰山字型构造体系贺兰褶带的罗山复背斜与苦水河东第三系单斜构造的结合部位，苦水河以东地区的第三系红柳沟组，呈向南西倾斜的单斜构造，倾角小于 3° 。

E.3.2 罗山复背斜北起大罗山、南至小罗山南端。其北段仅有一个背斜构造~大罗山背斜，西翼陡东翼缓，东翼有小褶曲，近轴部劈理发育，层理不易辨认；往南到小罗山的北中段，褶皱逐渐增多，甚至成为紧密的流褶，并伴随有逆冲断裂。最主要的两条断裂为：大罗山西麓第四系断陷带；大罗山西麓山前逆断层。

E.3.3 大罗山西麓第四系断陷带，呈条状展布在大罗山西麓。断陷带的西缘，北段沿甜水河呈北东向延伸，抵达苦水河畔，南段经甜水河脑，转为近南北向，向南伸出去。断陷带的东缘，呈北东向，位于山前洪积扇的中部。断陷带中部最宽达6km，南北两端仅宽1.5km~4km。形成年代大约为中更新世末到上更新世早期。

E.3.4 大罗山东侧主要断裂有罗山东麓大断裂与牛首山~固原断裂，走向北北西，大部分隐伏在第四系之下。其中罗山东麓大断裂为活动性断裂，距离工作区大约25km。区内褶皱和断层形成于更新世以前，虽罗山东麓大断裂属活动性断裂，但其距工作区距离大于8km，近期未发现其它活动和迹象。资料显示自喜山运动以来，区内断裂活动相对微弱，无控震性活动断裂分布，无区域强震分布，场地及岩土

抗震稳定性极好，区域构造稳定性较好。

E. 3. 5 根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2001)地震动反应谱特征周期为 0.40s，地震动峰值加速度 0.20g，地震基本烈度为Ⅷ度。

E. 4 水文地质条件

根据区域的地形地貌和地层岩性，灌区含水层划分为 2 类。

E. 4. 1 上部的松散层第四纪孔隙水

E. 4. 1. 1 烟筒山洪积扇区：分布于烟筒山北及东北麓的洪积扇上，即一、二干渠及三干渠前段经过的地区，地下水埋深扇顶 40m，扇底 20m~30m，含水层主要为萨拉乌苏组中的碎石、角砾、及碎石层和分布于山洪沟当中的碎石、角砾、砂土层。山洪沟地下水位埋深 2.0m~4.6m，含水层厚度 0.64m~2.86m，出水量 7m³/d~13m³/d。靠近山前部分（沟上游）矿化度 0.09g/L~0.63g/L，表现为 SO₄-HCO₃-Na-Ca 型水及 SO₄-HCO₃-Na-Mg 型水。靠近扇底（沟下游）水质变坏，矿化度 1.43g/L~5.50g/L，表现为 SO₄-CL-Na-Mg 型水。此区地下水的补给主要靠烟筒山基岩裂隙水及大气降水补给，地下水（潜水）基本沿洪积扇顶部向底部流动，地下水排泄主要为地面蒸发及向邻区排泄。此区潜水涌水量很小，无开采价值。

E. 4. 1. 2 红寺堡盆地区：潜水埋深 10m~15m，局部埋深 1.7m~2.8m，潜水含水层主要为盆地下部的砾石层及砂壤土层，地下水主要靠罗山、烟筒山基岩裂隙水、山前洪积扇潜水及大气降水补给。地下水（潜水）以水平排泄为主，基本表现为向洪沟及其支沟方向排泄，

其次为地面蒸发。

E. 4. 1. 3 大罗山洪积扇区：主要分布于大罗山西、北、东三个方向的洪积扇上，地下水主要靠大罗山基岩裂隙水及大气降水补给，水位埋深西部 9m~15m，北部上部 9m~15m，东部一般大于 15m。东、西部洪积扇含水层透水层较弱，北部洪积扇为强富水区，含水层厚度 10m~40m，地下水埋深小于 20m，单井出水量 50m³/d~100m³/d，矿化度 0.8g/L~4.0g/L。

E. 4. 2 下部的 N1h、N2g 当中的基岩裂隙水和孔隙水含水层

E. 4. 2. 1 含水层以泥质岩类为主，砂岩、砾岩分布较少，含水层汗水较弱，水质不佳，含水层厚度 10m~40m，出水量 20m³/d~160m³/d，矿化度 3g/L~13g/L，地下水的类型属 CL-SO₄-Na-Mg 型和 CL-SO₄-Na 型水，水质较差，无开采利用价值。

E. 4. 2. 2 水文地质区域中，两个洪积扇区含水层的构成相似，且地下水位埋深大，包气带及含水层透水性大，灌区形成后地下水排泄畅通，地下水位不会有明显上升；红寺堡盆地是一个三面环山的半开启盆地，且由于构造活动在盆地内形成了许多封闭的小盆地，其下伏的 N1h 泥质盐类构成隔水层，其上的潜水流动缓慢，径流不畅，具有产生土壤次生盐渍化的条件。

附录 F

(资料性附录)

渠道衬砌相关工程地质特性参数

F.1 工程岩土的渗透性

F.1.1 强透水土层

灌区的强透水土层以卵石(碎石)和圆砾(角砾)为主,主要分布在沙坡头灌区和红寺堡灌区。强透水性土层技术特性见表 F.1。

表 F.1 强透水土层技术特性

类型	颜色	密实状态	粒径(mm)	成分	渗透系数(cm/s)	内摩擦角 ϕ	允许承载力[R](kPa)	开挖边坡
卵石(碎石)	兰灰色-灰色	中密	60~100	砂岩、灰岩	$4.0 \times 10^{-2} \sim 8.0 \times 10^{-2}$	33°	300	1:2.0
圆砾(角砾)	杂色	中密	20~50	灰岩、砂岩	$2.0 \times 10^{-2} \sim 5.0 \times 10^{-2}$	31°	250	1:2.0

F.1.2 中等透水土层

灌区的中等透水土层以细砂为主,主要分布在银川平原和银北灌区,地下水 0.5m~1.5m,位于渠底以上。地下水位较高时,开挖容易形成流砂。中等透水土层技术特性见表 F.2。

表 F.2 中等透水土层技术特性

类型	颜色	密实状态	成分	渗透系数(cm/s)	内摩擦角 ϕ	允许承载力[R](kPa)	开挖边坡
细砂	浅黄色,灰色,灰褐色	松散-密实	石英、长石等,含少量暗色矿物及云母,局部夹有粉砂层。	$2.0 \times 10^{-3} \sim 4.0 \times 10^{-3}$		160	1:2.0
						120	1:2.0
						250	1:1.5

F.1.3 弱透水土层

灌区的弱透水土层以壤土和砂壤土为主，主要分布在卫宁平原、银川平原和银北灌区的上部。弱透水土层技术特性见表 F.3。

表 F.3 弱透水土层技术特性

类型	颜色	密实状态	成分	厚度 (m)	渗透系数 (cm/s)	内摩擦角 ϕ	允许承载力 [R] (kPa)	开挖边坡
壤土	土黄色, 褐色, 黑色	可塑-流塑状态	夹有粉质粘土、砂壤土透镜体	1~4	$2.49 \times 10^{-5} \sim 5.06 \times 10^{-5}$	24°	120	1:1.5
砂壤土	土黄色, 褐色, 黑色	可塑-流塑状态	夹有粉细砂透镜体	1~3	$2.20 \times 10^{-4} \sim 3.50 \times 10^{-5}$	26°	120	1:1.5

F.1.4 弱透水岩体

上泥盆统中宁组砂岩和下石炭统砂岩，分布于中宁泉眼山~余丁附近；二叠系上统石千峰组砂岩和三叠系中统纸坊组砂岩，分布于盐环八干渠附近；第三系砂质泥岩和泥质砂岩，分布于盐池县、枣园乡至闽宁镇之间。弱透水岩体技术特性见表 F.4。

表 F.4 弱透水岩体技术特性

类型	特 性	允许承载力 [R] (kPa)	开挖边坡
上泥盆统中宁组第二段 (D ₃₂) 砂岩	上部岩性为紫红色钙质粉砂岩夹少量紫红色钙质细粒长石石英砂岩，夹有泥灰岩；下部为一套代表河流冲积相的紫红色厚~中厚层细粒石英砂岩、长石石英砂岩夹少量紫红色钙质粉砂岩等。砂岩中单斜层理较发育，砂岩中碎屑多为次棱角状，分选性好，钙质胶结，坚硬。	2000	1:0.75
下石炭统砂岩	上部为灰~灰绿色泥岩，页岩夹泥灰岩，钙质中~细粒石英砂岩，粉砂岩等；中部为灰~深灰色碳酸岩为主夹钙质石英砂岩，粉砂岩，泥岩；下部为砾岩，砂砾岩，灰白~灰黄色，含钙质中细粒石英砂岩。	2000	1:0.75

续表 F.4 弱透水岩体技术特性

类型	特 性	允许承载力 [R] (kPa)	开挖边坡
二叠系 上统 千峰 砂岩	紫红色，薄层~厚层状，层状构造，泥、钙质胶结，夹有薄层泥岩及泥岩条带、泥岩团块，局部夹有石膏薄层。	强风化层：200	1:0.75
		中等风化层：800	1:0.50
		微风化层：1200	1:0.50
三叠系 中统 坊组 砂岩	灰绿色，灰褐色，薄层~厚层状，层状构造，泥质或石膏质胶结，夹有数层石膏薄层，厚度 3mm~10mm，并夹有薄层泥岩及泥岩条带、泥岩团块。遇水易崩解。	强风化层：200	1:0.75
		中等风化层：600	1:0.50
		微风化层：1000	1:0.50
第三系 砂质 泥岩 和泥 质砂岩	桔红色，泥质胶结，层状构造，夹有灰白色砂岩、泥质砂岩。天然容重 2.05 g/cm ³ ~2.10g/cm ³ ，干抗压强度 0.8 MPa~1.2MPa，属软岩。	强风化层：160	1: 1.0
		中等风化层：250	1:0.75

F.2 湿陷性土特性

灌区的湿陷性土主要分布在清水河 I、II、III级阶地、盐环及红寺堡灌区。在一定的压力下受水浸湿，土结构迅速破坏，并产生显著附加下沉。技术特性及湿陷等级按表 F.5 和表 F.6 划分。

表 F.5 湿陷性黄土技术特性

类型	颜色	密实状态	内摩擦角 ϕ	允许承载力 [R] (kPa)	开挖边坡	分布区域
壤土	土黄色	坚硬，具层理，可见大孔隙，夹有砂壤土透镜体，多属 I-II 级非自重湿陷性场地	24°	120	1: 1.50	清水河 I、II 级阶地，盐环及红寺堡灌区
黄土	土黄色	硬塑~坚硬状态，具大孔隙，垂直节发育，属 III-IV 级自重湿陷场地。	26°	120	1: 1.50	清水河 III 级阶地

表 F.6 湿陷性黄土地基的湿陷等级

	非自重湿陷性场地	自重湿陷性场地	
	$\Delta z_s \leq 70\text{mm}$	$70 < \Delta z_s \leq 350$	$\Delta z_s > 350$
$\Delta s \leq 300\text{mm}$	I (轻微)	II (中等)	
$300 < \Delta s \leq 700$	II (中等)	*II (中等) 或 III (严重)	III (严重)
$\Delta s > 700\text{mm}$	II (中等)	III (严重)	IV (很严重)
*当湿陷量的计算值 $\Delta s > 600\text{mm}$ 、自重湿陷量的计算值 $\Delta z_s > 300\text{mm}$ 时，可判为III级，其它情况可判为II级。			

F.3 冻胀土

F.3.1 根据 SL23-2006，场地粗粒土中粒径小于 0.075mm 的土粒重量占土样总重量 10%及以下时，为非冻胀性土；细粒土及粒径小于 0.075mm 的土粒重量占土样总重量超过 10%的粗粒土为冻胀性土。国内的相关试验结论,按土的冻胀性强弱依次排列为：粉质土、亚砂土>亚粘土、重壤土>轻壤土>砂壤土>砂砾土(<0.05mm 粒径的含量超过 12%)>粗砂>砂砾石。当粒径从 0.05mm~0.002mm 的颗粒含量大于 60%时，最具冻胀危险。

F.3.2 宁夏引黄灌区的主体为黄河冲积平原，灌区经多年的引黄灌溉，表层土壤主要以灌淤土为主，部分地区有淡灰钙土、草甸土和盐土，并有插花分布的白僵土。灌区土壤以粉砂、细砂为主，间夹粘砂土、砂粘土透镜体，下伏沙层。根据灌区干渠土质调查，粉质壤土占 63.3%、粉质粘土占 10%，砂壤土占 23.3%、细砂占 3%。基土基本上为表层粉质壤土、粉质粘土和砂壤土，均属于强冻胀土，土体冻胀系数，衬砌渠道冻胀严重。

F.4 不同地质条件分布范围和处理措施

渠道衬砌工程地基处理应根据不同地质条件区分处理，表 F.7 列

出了不同地质条件分布范围和处理措施。

表 F.7 不同地质条件分布范围和处理措施

岩 性	地下水影响	分布范围	渗透性	处理措施
卵石(碎石) 圆砾(角砾)	较大影响	沙坡头灌区	强透水层	降(排)水、防渗
	无影响	红寺堡灌区		防渗
细砂	较大影响	银川平原、银北灌区	中等透水层	降(排)水 稳定边坡防渗
	无影响	红寺堡灌区		防渗
壤土(砂壤土)	较大影响	银川平原、盐环、银北灌区的上部	弱透水层	防冻胀
	无影响	清水河 I、II 级阶地、红寺堡灌区		防渗
黄土	无影响	清水河 III 级阶地	弱透水层	防渗
砂岩	隔水层	中宁泉眼山~余丁、盐环八干渠附近	弱透水层	稳定边坡
第三系砂质泥岩等	隔水层	盐池县、枣园乡至闽宁镇之间	弱透水层	稳定边坡
第三系泥岩	膨胀性	盐池县	弱透水层	防膨胀

宁夏回族自治区地方标准

灌溉渠道衬砌工程技术规范

DB64/T 811-2012

条文说明