

渠道复合式防渗技术

吴玉柏

毕荣石[✓] 刘文俊

(江苏省水利科学研究所 南京 210017) (江苏省农业资源开发局 南京 210003)

摘要 介绍渠道复合式防渗技术的概念和优越性,各种复合式防渗衬砌材料的物理指标和特点,复合式防渗渠的断面形式和防渗体结构,混凝土板的技术要求和施工基本程序及需要注意的几个问题。

关键词 渠道 防渗技术 复合式防渗 土工膜

TV67

修流控制

1 复合式防渗的概念

在60~70年代,我国一些灌区采用混凝土板(特别是预制混凝土板)作防渗衬砌,并认为这已是高标准的防渗渠道,迄今,很多地区仍然采用这种防渗形式。经过几年的使用,破坏、损失相当普遍而严重。究其原因,除了不重视垫层铺设及冻胀破坏外,接缝处理不当、渗漏严重是主要原因⁽¹⁾。

山西省水利科学研究所对渠道衬砌接缝渗漏的现场测验表明,混凝土预制板和砌石渠道的渗漏量的80%~99%是由接缝开裂造成的。从实测的概化稳渗曲线可以看出防渗效果以塑膜最好,现浇混凝土次之,预制混凝土板较差,砌石最差。从实践中人们逐渐认识到,预制混凝土板单一衬砌结构是很难达到预期防渗效果的。另一方面,塑膜虽然防渗效果好,成本也低,但埋设在渠表土30cm以下,施工有一定难度,特别是使用中土体容易滑塌,造成渠道失去正常功能。上述情况促使人们探寻既能防渗又能护渠的良策,于是复合式防渗衬砌结构就应运而生了。

所谓复合式防渗渠,就是用混凝土板、砌石、砌砖、水泥土板、三合土板等刚性材料作护面层,用柔性膜料(或土工膜)作主防渗层,把两者结合起来,从整体上提高衬砌结构的防渗抗冲能力。复合式防渗具有较好的技术

经济性,同时也大大提高了抗冻胀性能,已成为一种发展趋势。目前国内复合式防渗渠采用较多的是混凝土板加塑膜,即在混凝土板(厚度为4.0~10.0cm)下铺聚氯乙烯或聚乙烯薄膜,膜的上下加设垫层。如湖南长沙市原有700km衬砌渠道,70%为单一混凝土板衬砌,实测渗漏损失为(2.4%~7.7%)/km,改用混凝土板加塑膜后,渗漏损失降低到0.03%/km。据经济分析,加一层塑膜的造价相当于1cm厚混凝土板的造价,从总造价上看并不比单层混凝土板高。江苏省铜山县棠张斗渠和房村夏洪干渠均采用上铺混凝土板(厚4cm)下衬RmPVC合金膜,渠道输水损失仅为0.76%/km,渠道输水有效利用系数达98%以上,减少了土渠道占地,节省了提水费用,扩大了灌溉面积,具有十分显著的社会效益和经济效益⁽²⁾。

2 复合式防渗衬砌材料

复合式防渗衬砌材料由刚性和柔性两类组成,前者主要用作渠道表面的保护层,防止渠道冲刷、坍塌、淤积和杂草生长;后者是主防渗层,防渗主要靠膜料。

2.1 膜料

常用的防渗膜料有塑料薄膜、沥青玻璃丝布油毡、复合柔毡等。油毡、柔毡的强度、抗外力破坏性能高于塑膜,但塑膜柔性好、易

焊接、价格低、适用范围广、宜优先选用。塑膜宜选用厚度为 0.18~0.22 mm 的深色膜料。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塑膜。

a. 聚氯乙烯(PVC)。聚氯乙烯薄膜适宜使用温度在 -15~55℃ 之间,耐低温性能较差,低温下会变硬,但如不扰动并不破坏,抵抗芦苇、杂草的穿透能力较强。

b. 聚乙烯(PE)。聚乙烯的化学稳定性很高,低温柔性好,断裂延伸率大,价格比 PVC 低 1/4,但在大气中会被紫外线破坏,使用寿命较短。

c. 沥青玻璃丝布油毡。沥青玻璃丝布油毡采用玻璃丝布作基材,以沥青作浸涂层压制而成。自 70 年代西北水科所和青海省水科所试验成功后,各地陆续开发出 SBS, APP, FBS 等多种类型的改性沥青高分子防水卷材。其中 SBS 改性沥青玻璃丝布油毡是将高弹体橡胶苯乙烯~丁二烯~苯乙烯嵌段共聚物掺入沥青使其软化点、针入度和延伸性有较大改善, FBS 玻纤防渗布则通过优化配方和改进工艺使其强度和抗渗性有明显提高,但油毡每平方米的价格比塑膜的贵 50%~100%。

d. 复合柔毡(XD-103)。复合柔毡是由无纺布与塑膜之间加沥青涂层及添加剂压制成的复合防水材料。其中 0#~2# 为一层塑膜、一层油膏、一层无纺布;3#~8# 为两层塑膜、两层油膏及一层无纺布构成。复合柔毡厚度较大,具有一定的弹性,因而它较塑膜抗外力和抗植物穿透力强。此外复合柔毡防渗效果好,抗老化性能强,且表面有皱纹,与土壤的摩擦系数较大,土保护层的边坡可适当变陡,每平方米的价格比塑膜贵 2~3 倍。

2.2 刚性护面材料

对于复合式防渗渠道,刚性材料的主要作用是保护渠道,防止渠道坍塌、淤浅和杂草生长。刚性材料多种多样,有砌石、混凝土、水泥土、灰土,应根据渠道流速和流量、当地

材料资源、投资承受能力,以经济的合理性和技术的可行性进行科学选择。

a. 砌石。浆砌块石防渗渠道具有抗冲刷、耐磨、耐冻、使用寿命长、就地取材等优点,石料丰富的地区可以选用。但砌石与混凝土相比防渗效果差、糙率大,不利于输水输沙,膜料铺垫困难,造价较高。据分析,砌石护面的防渗渠道的造价比混凝土护面的高 100%~150%。

b. 混凝土。混凝土是普遍采用的渠道衬砌材料,具有防渗效果好、耐久性强、糙率小、适应性广等优点。由于允许流速大,可缩小渠道断面,减少土方工程量(20%~60%)和渠道占地面积,正常情况可以运行 30~50 年。

c. 水泥土。水泥土是由水泥和规定级配的土拌和而成的,只适宜在砂石缺乏或运输困难的温暖带使用。按含水量的高低,水泥土分为干硬性(最优含水量)和塑性(其稠度与砂浆类似)两种。干硬性水泥土宜采用现场压实法或预制安砌法施工,塑性水泥土采用现场铺筑法施工。研究表明,应选用粘粒含量为 3%~10%、砂粒含量为 70% 的土料,干容重在 1.8 t/m³ 以上,适当增加水泥掺量,有条件时可以蒸汽养护,掺加外加剂和玻璃溶液中浸泡等方法,可使水泥土的抗冻标号提高到 D₂₅ 以上。

d. 灰土。此材料我国沿用已久,料源广、造价低、实践经验丰富,但因其抗冻性能差,多用于温暖地区中小型工程,或暗渠暗管工程。为了提高灰土的早期强度,减少干缩和裂缝,在灰土中分别加入砂、砾石、炭渣等,使之变成三合土、四合土(在三合土中加入水泥)、贝灰土等类型。灰土的配合比,因石灰质量和土质不同及工程要求不同而异,一般为 1:3~1:9。

2.3 推荐选用的材料

根据上面的介绍和分析,对于地处温暖带的江苏各地,在膜料上宜选用江苏省水科所研制的 RmPVC 合金膜,其突出优点是防渗效果好、价格低廉、容易焊接、施工方便、使

使用寿命。刚性材料宜选用混凝土板,其主要优点是强度高、质量易控制、施工方便、经久耐用、比较效益高。

3 复合式防渗渠的断面形式和防渗体结构

3.1 断面形式

防渗渠道断面形式分梯形、弧形底梯形、弧形坡脚梯形、U形和矩形等,具体选用哪种形式应根据流量、防渗材料、地形、土质、施工难易和经济条件等确定。U形、弧形底梯形和弧形坡脚梯形渠道具有流速分布均匀、湿周小、摩擦力小、材料用量省、整体强度大、抗冻性能好等优点,应当优先选用。U形和矩形渠道适合小型渠道(农、毛渠),弧形底梯形渠道较适合中型渠道(如斗渠),弧形坡脚梯形渠道适合大中型渠道,U形和矩形断面结构最为省地。

3.2 防渗体结构

复合式防渗渠道防渗体的结构分为设过渡层和不设过渡层两种形式,如图1所示。无过渡层的防渗体主要适用于土渠基,但为了

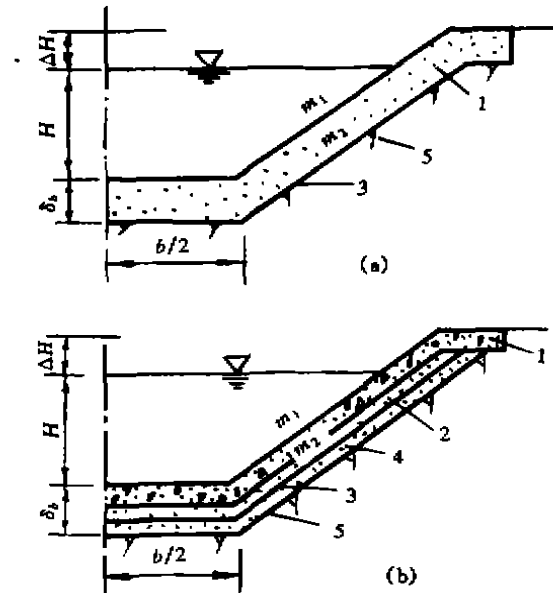


图1 防渗体的构造

1. 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. 渠基

保证保护层与膜料贴紧吻合,同时避免膜料被刺破,现场浇筑混凝土保护层时,需在膜料上抹一层1~2cm厚的泥浆或灰土。预制安装时,则需在预制板的反面抹一层泥浆或灰土。有过渡层的防渗体适用于岩石、砂砾石渠基。

4 混凝土板的技术要求

4.1 工程材料

a. 细骨料。细骨料宜用天然级配的中、粗河砂或人工砂。河砂细度模数 $M = 2.4 \sim 3.0$, 人工砂 $M = 2.6 \sim 3.2$, 石粉($< 0.15 \text{ mm}$)含量不超过15%, 砂的含量不超过3% (粘土含量少于1%)。

b. 粗骨料。碎石或卵石应级配良好,各级超逊径含量分别小于5%和10%,针片状颗粒含量不大于25%,含泥量小于3%,避免使用风化严重的软弱颗粒。石料的最大粒径不得大于防渗层厚度的 $1/3 \sim 1/2$ 。

c. 水泥。水泥的质量应符合《水工混凝土施工规范》(SDJ207-82)要求,并应取得生产厂家近期内对水泥的检测资料,一般选用325#或425#普通硅酸盐水泥。

4.2 混凝土标号与配合比

a. 标号。混凝土的设计标号应根据气候、设计流量和流速确定,不应低于表1中数值。江苏省一般选用7.5~10.0 MPa混凝土。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。

表1 混凝土标号的最小允许值

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

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

b. 配合比。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》(SD105-82)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选用,如江苏省常用的配合比为水泥:黄沙:石子=1:1.975:3.439。

c. 水灰比。混凝土的水灰比,应为砂料在面干饱和状态下的单位用水量与胶凝材料的比值,其最大允许值为0.65,受水流冲刷部位的水灰比为0.5。若混凝土强度不大于10 MPa,水灰比值可增加0.05~0.10。

d. 坍落度。坍落度与渠道部位及振捣方式有关,机械捣固一般为1~3 cm,人工捣固3~5 cm,预制块应略低。

4.3 添加剂和粉煤灰掺和料

a. 添加剂。为了提高早期强度,增强抗冻能力,减小坍落度,可以在混凝土中掺加减水剂、引气剂、早强剂、速凝剂等外加剂,其掺入量见文献[3]。

b. 粉煤灰。在混凝土中掺入少量粉煤灰,不仅可以减少水泥用量,降低工程造价,而且有利于提高抗冻胀能力,延长使用寿命。大、中型渠道粉煤灰的掺入量应按国标《粉煤灰混凝土应用技术规范》通过试验确定;小型渠道可按表2选定。

表2 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 [*]	10	25	20~25
425 [*]	10	25	20~40
425 [*]	15	25	30
425 [*]	20	25	25

4.4 混凝土板的厚度和尺寸

4.4.1 厚度

a. 混凝土防渗层一般采用等厚板。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、中部加厚板和Ⅱ形板。

b. 渠道混凝土衬砌厚度应根据流量、流速、土质等情况决定。流速小于3 m/s时,梯

形渠道混凝土板的最小厚度宜为4~10 cm;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。水流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少,但不应小于4 cm。

c. 肋梁板和Ⅱ形板的厚度,可比等厚板适当减少,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,宜比中部增加2~4 cm,中部加厚板加厚部位的厚度宜为10~14 cm。

d. 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。

4.4.2 形状和尺寸

预制混凝土板的尺寸应根据安装、搬运条件及抗冲要求确定,一般块重不宜小于15 kg,其形状有正四边形和正六边形,正六边形因板间咬合力强,且整体外观好看而宜优先采用。

5 施 工

5.1 准备工作

5.1.1 施工准备

渠道防渗工程施工前,应进行施工组织设计,并做好如下准备工作:①根据设计选择好防渗材料和施工方法,做好堆料场、拌和场和预制场等施工场地的布置,以及机具设备的准备工作;②对试验和施工的设备进行检测和试运转,如不符合要求,应予更换或调整;③做好永久性排水设施和必要的临时排洪、排水设施,防止洪水等流入基槽。

5.1.2 放线和渠道整理

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,严格控制基槽断面的高程、尺寸和平整度。渠道地基出现以下情况时,应按相应方法处理:

a. 弱湿陷性地基和新建过沟填方渠道,

量及湿拌掺和料的水量均应包括在拌和用水量中。

b. 拌和。尽量采用机械拌和,拌和时间一般为2~3 min。当掺用掺和料和外加剂时应适当延长拌和时间。人工拌和时,应先干拌,再湿拌,干拌湿拌均不少于3次。混凝土应随拌、随运、随用,尽量减少装卸次数,缩短运输时间。

c. 浇筑。浇筑混凝土前应在膜料上抹1~2 cm的素土或灰土,待基本吹干后再浇混凝土,以保证膜料不被刺破,现场浇筑混凝土宜采用分块跳仓法施工,浇筑完毕必须及时原浆收面、抹光,表面应密实、平整、光滑,并且没有石子外露,然后覆盖草席养护。

d. 振捣。现浇混凝土应保证捣固质量,边坡混凝土应为干硬性或半干硬性混凝土,采用平板振捣器或用表面活动模板和小型插入式振捣器振捣,不应采用人工拍打代替捣固,更不能加砂浆二次抹面。

e. 预制块制作。预制混凝土板的模板对角线长度偏差应不大于7 mm,预制场地应平整、光滑,并在模板下铺垫废报纸,宜采用机械振捣,并用振捣泛浆抹光、抹平。

5.4 伸缩缝的设置与处理

a. 伸缩缝的设置。为了防止混凝土板因热胀冷缩和不均匀沉陷造成开裂,应设置伸缩缝。现场浇筑混凝土,纵向伸缩缝间距为5 m,横向伸缩缝间距为3~5 m;预制铺砌的混凝土防渗渠,纵向伸缩缝间距8 m,横向间距为6~8 m。

b. 伸缩缝的处理。伸缩缝宜用粘结力强、变形性能好、耐老化的材料,如焦油塑料胶泥填筑,或缝下部填筑焦油塑料胶泥,上部用沥青砂浆或水泥砂浆填筑。

参考文献

- 1 杨立业. 我国渠库防渗技术的发展及其应用. 见:《防渗技术》编辑部编. 渠库防渗论文集. 西安:三秦出版社,1994. 12~23
- 2 黄俊友, 吴玉柏, 俞青荣等. 卷板式U型混凝土防渗和复合式防渗渠道防渗效果的测试及经济效益分析. 见:《防渗技术》编辑部编. 渠库防渗论文集. 西安:三秦出版社,1994. 106~110
- 3 西北水利水电科学研究所等. 渠道防渗工程技术规范(SL 18-91). 北京:水利电力出版社,1991.

(收稿日期:1995-10-17)

简 讯

▲国际电技术委员会最近成立了质量监督检测委员会(Conformity Assessment Committee),以确保国际产品符合国际电技术委员会的安全标准。

▲1995年6月,美国加州Folsom坝溢流闸门道倒塌,这是加州历史记载中最严重的一次大坝闸门失事。这一事故大大动摇了环境学家对结构安全的信心,并要求对加州所有大坝进行严密监测,还促使美国垦务局对美国西南部17个州的全部大坝闸门进行大规模检查。

▲法国一工程顾问公司最近提出一项雄心勃勃的计划:开挖一条引水运河,从莱茵河引水到西班牙炎热的加泰罗尼亚平原,以解决当地严重缺水问题。运河全长300 km,其中120 km在法国境内,始于法国南部的蒙彼利埃至西班牙的巴塞罗那的北部地区。设计引水流量为15 m³/s,此项规划已得到两国同意,耗资约16.2亿美元,工期为6年,拟近期动工。

▲朝鲜于1996年内将建设一批新的水电站,这些水电站主要是为农村提供电力。

▲世界银行向摩洛哥提供1.1亿美元贷款以支持耗资4亿美元的改善水管理工程,其中包括建造耗资约为1.6亿美元的大坝工程。

▲亚洲开发银行拟向不丹提供750万美元的特批贷款,以帮助不丹建造供当地3000户农户家庭用电的水电站。

(熊莉芸 供稿)