

我国混凝土防渗渠道问题分析

张海燕¹ 杜应吉¹ 张金凯²

(1. 西北农林科技大学水利与建筑学院 陕西 杨凌 712100; 2. 山西省水利科学研究所 山西 太原 030000)

摘要 依据调查资料,总结了我国现有渠道衬砌的断面形式,对混凝土防渗渠道现存问题进行了分析.根据工程实际运用情况,认为渠道防渗正由单一材料向复合材料、单一结构向复合结构发展.

关键词 混凝土 防渗渠道 节约用水

中图分类号 S27 TV441

文献标识码 B

文章编号 1006-764X(2004)06-0052-03

目前,我国渠道防渗主要有土料防渗、水泥土防渗、膜料防渗、砌石防渗、沥青混凝土防渗、混凝土防渗等几种形式,其中混凝土防渗是近年来使用较为普遍的渠道防渗形式^[1].

我国在 20 世纪 60 年代开始使用混凝土防渗,它的特点是:①防渗效果好,一般能减少渗漏损失 90%~95%;②经久耐用,只要设计合理,施工质量好,注意混凝土养护,正常情况下一般能使用 50 a 以上;③糙率小,流量大,一般糙率为 0.012~0.018,允许流速为 3~5 m/s,混凝土本身的耐冲流速可达 10~40 m/s.因此,可加大渠道坡降,节省连接建筑物,缩小渠道断面,占地面积和建筑物尺寸相应减小,可大大降低造价;④强度高,渠床稳定,混凝土衬砌的抗压、抗冲、抗冻性能高,能防止动植物穿透,对外力、冻融、冲击有较强的抵抗作用;⑤混凝土具有良好的可塑性,可根据不同要求制成不同形状、不同结构形式;⑥管理维护方便;⑦混凝土防渗的缺点是适应变形能力较差,在缺乏砂、石料和交通不便地区,造价较高.

我国开始采用混凝土防渗以来,渠道断面形式经历了漫长的试验过程,总结出一些适合混凝土防渗的渠道断面形式,大致有梯形断面、弧形底梯形断面、弧形坡脚梯形断面、U 形断面、矩形断面、复合断面及城门洞形暗渠、箱形暗渠、正反拱形和圆形暗渠.

1 混凝土防渗渠道存在的问题

经过对我国多个省(区)的调查,按照衬砌形式,我国混凝土防渗渠道主要存在以下问题.

1.1 预制混凝土板梯形断面衬砌

在六七十年代,我国一些灌区的建设或改建中

较多地采用了预制混凝土板衬砌结构.这种形式的优点是预制板可集中工厂化生产,混凝土板的质量可保证,不受停水期和气候条件限制,施工速度快、防冲刷、糙率低.缺点是接缝多、施工质量难以保证;要求渠坡缓,受力条件差,由于渠底和两个坡都是平板,在冻胀力作用下易变形错位.一般情况下,混凝土板的大小、厚度根据施工条件、基础、过流能力等情况由设计单位计算确定,一般为 40 cm×60 cm,不宜太大,太大搬运安装困难,太小砌缝多,渠槽整体性差.

陕西省泾惠渠灌区位于八百里秦川腹部,是一个由泾河自流引水的大型灌区.属大陆性半干旱气候区,多年平均降雨量 538 mm,年平均气温 15℃,冬季土壤冻层深度 20~40 cm,年极低气温 -16.5℃.1962 年采用 50 cm×25 cm×8 cm 和 50 cm×50 cm×8 cm 小型混凝土预制板衬砌,缝的布置为水平通缝,垂直错缝,经过 1 a 运行水平缝裂开,而后鼓起,板块滑落.1964 年在南干渠永乐、庄头等段改用 75 cm×75 cm×8 cm,100 cm×60 cm×8 cm,110 cm×75 cm×7 cm,100 cm×100 cm×10 cm,150 cm×100 cm×10 cm 混凝土预制板衬砌,缝的布置改为水平错缝,垂直通缝.但不论板块大小和形状如何,阴坡均遭冻胀破坏,板块小的,破坏更早、更严重.20 世纪 80 年代以后,除干、支渠道翻修外,这种形式未再采用过^[2].

湖南省韶山灌区是一个灌溉面积达百万亩(1 hm²=15 亩)的大灌区,多年平均气温 16~17℃,20 世纪 80 年代,对六七十年代建成的三合土衬砌干渠进行了混凝土预制板衬砌,预制板形状为正六边形,直径 60 cm,厚 4 cm,强度等级 C15,用 M10 砂

资助项目《渠道防渗工程技术施工规范》修订项目资助(SL18-91)

作者简介 张海燕(1967—),女,陕西泾阳人,工程师,从事水工建筑材料试验研究.

浆勾缝,运行十多年,预制混凝土板衬砌的渠道基本完好,没有塌落、架空现象,只是缝隙滋长杂草(常年过水挖方渠段)^[3]。

在南方,由于冬季气温偏高,不存在冻胀破坏因素,预制混凝土板衬砌破坏的主要原因是拼装接缝多,架空不实,形成渗漏通道,影响渠道的稳定。另一原因是渠堤土压实差,出现沉陷,形成预制板架空、塌陷,以至于脱落。此外,地下水的扬压力也会造成混凝土预制板的滑落。

在北方,预制混凝土衬砌破坏的原因主要是不重视垫层质量,接缝处理不当,未考虑冻胀破坏或防冻胀破坏措施不合理。在目前的大、中型灌区改建中,资金紧张的工程只对预制混凝土板衬砌进行翻修,大部分灌区不改变渠线和断面形式,将预制混凝土板单一防渗结构改为土工膜和混凝土板复合防渗结构。

1.2 现浇混凝土板梯形断面衬砌

现浇混凝土板防渗具有可塑性强、造价低的特点,缺点是易受停水期影响。现浇混凝土一般为等厚板,厚度为5~20 cm。在北方,为防止混凝土防渗层的冻胀破坏,曾采用楔形板、肋梁板、中部加厚板、门形板,断面有梯形断面、弧形坡脚梯形断面和弧形底梯形断面。后两种断面较梯形断面流速分布均匀,近似最佳水力断面,流速较快,改善了防渗渠道冻胀变形分布的不均匀,且渠底有一定反拱作用,可以减轻冻害。

陕西省泾惠渠灌区,1964年在南干渠永乐、宝丰寺渠段采用200 cm×10 cm的等厚板和8~12 cm,11~13 cm的楔形板现场浇筑,在护坡中间设腰缝,经过一段时间运行,阴坡全部沿水平腰缝鼓裂,上部混凝土板下滑,由于没有设纵向缝,结果相继出现冻胀断裂。1969年在南干渠衬砌的现浇素混凝土肋梁板,现衬砌高1/2以上部位均出现裂缝,80%已鼓起破坏。1982年衬砌的现浇钢筋混凝土肋梁板,现基本完好,但也出现纵向裂缝。

湖南省韶山灌区用无模混凝土施工方法进行现浇混凝土衬砌,混凝土强度等级C15,板厚4~10 cm,总干渠渠底厚10 cm,边坡混凝土板厚8 cm,其他干渠边坡混凝土厚6 cm,渠底厚8 cm,支渠边坡混凝土板厚4~6 cm,渠底厚6~8 cm。为了增加边坡混凝土的稳定性,采用了齿墙设置,沿渠道边坡方向顶处设10 cm×10 cm齿墙,边坡与底板交接处设15 cm×15 cm齿墙。沿渠道水流方向每5~8 cm设一条横向伸缩缝,缝宽2 cm左右,缝内填沥青砂浆或水泥锯末砂浆。韶山灌区的现浇混凝土衬砌防渗,经过20多年运行,防渗效果良好,裂缝很少。

2 混凝土防渗渠道的发展

随着防渗渠道断面形式的不断发展,新材料的推广应用,混凝土渠道防渗由单一材料向复合材料、单一结构向复合结构发展。

a. 预制混凝土U形渠道衬砌,具有过水能力强、防渗效果好、占地少、抗冻性能强、耐久性好(正常情况下,可运用30~50 a)和施工速度快等优点。大断面U形渠道常采用两侧预制吊装和渠底现浇相结合的施工方法。预制混凝土U形渠,一般用于断面小的渠道^[4]。例如:①陕西省宝鸡峡灌区在塬下北干渠采用两侧预制吊装和渠底现浇相结合的施工方法做了60 m长试验段,试验段改原梯形土渠为U形渠,设计流量20 m³/s。经过3 a观测,该施工方法施工的U形混凝土衬砌虽有上抬和扭转现象,但未发生裂缝、错位和倾覆现象,防渗、抗冻效果良好^[5]。②甘肃省景电二期工程斗渠采用预制U形混凝土渠槽衬砌,经过几年运行,未发现冻胀破坏。U形渠道底部是反拱形整体结构,对外部的冻胀有极强的抵抗力,使之不产生裂缝,当冻胀力较强时,U形渠会整体上抬,解冻后易复位。

b. 现浇混凝土U形渠道,现已有D₄₀、D₆₀、D₈₀、D₁₀₀、D₁₂₀U形混凝土系列机械施工的技术,可一次性浇筑成直径为40~120 cm的U形渠,其断面尺寸准确,混凝土密实,施工速度为人工施工的4.5倍。现浇混凝土U形渠在陕西省、四川省、山西省使用广泛。山西省在近几年的大中型灌区改造中将过去的预制混凝土板衬砌改为现浇混凝土U形渠,如夹马口灌区支渠、尊村引黄灌区的支渠等。

c. 预制混凝土板和土工膜梯形断面复合衬砌。这种结构形式是目前推广的防渗形式。我国拟建的防渗渠道,多为旧渠改建工程,普遍存在施工与行水时间的矛盾,采用工厂生产的膜料和预制好的混凝土板,在停水期施工,不会影响行水。采用混凝土作膜料防渗层的保护层,其厚度可由单一混凝土防渗时的10~14 cm减薄至4~8 cm。用减薄混凝土节省的投资购买膜料,降低了总造价。例如,甘肃省景电二期工程总干及干、支渠采用复合衬砌形式,在混凝土预制板下铺设聚乙烯塑料薄膜,两者之间铺水泥砂浆过渡层3 cm。工程已运行10 a,防渗效果很好,但在地下水位高、渠床为壤土时,采用复合衬砌仍有冻胀发生,需采取防冻胀措施。

d. 现浇混凝土板和土工膜梯形断面复合衬砌,整体性好,渗漏损失较单一预制混凝土板衬砌要小,在解决行水矛盾的前提下,是目前大中型灌区改建、续建工程首选的衬砌形式之一。

e. 现浇 U 形混凝土渠道和土工膜复合衬砌. U 形断面近似水力最佳断面, 流速快, 输水、输沙能力强. 现浇 U 形混凝土渠道整体性好, 再加上土工膜作为防渗层, 该衬砌形式防渗效果好, 抗冻胀性能强. 缺点是造价高, 如 D100U 形渠道, 当现浇混凝土造价 245 元/m³, 土工布 13.55 元/m² 时, 该衬砌形式的渠道材料造价约 500 元/m, 再加上土方开挖、夯实、清淤等工程, 造价约 600 元/m.

f. 浆砌石、混凝土和土工膜复合衬砌. 全断面铺设土工膜, 渠道边墙为重力式浆砌石, 渠底现浇混凝土保护层. 这种衬砌形式抗冻胀性能好, 防渗效果好, 但造价较高. 如山西省潇河灌区, 年平均气温 10.5℃, 极端最低气温 -27℃, 最大冻土深 0.9 m, 2002 年对一部分支渠进行了渠道防渗改造, 渠道边墙为重力式浆砌石挡土墙, 渠底为现浇混凝土保护层. 混凝土为 C20F50, 渠底及边墙外侧均采用土工膜防渗^[6]. 这种防渗形式在山西省北部的滹沱河灌区和桑干河灌区也得到了运用, 区别在于渠底. 滹沱河灌区渠底为 60 cm 厚覆土保护层, 每隔 50 m 左右设防冲坎一道, 桑干河灌区渠底铺 30 cm 厚河卵石, 同时护堤底部采用碎石换基 10 cm. 这两个灌区位于山西北部, 年最低气温分别为 -27.8℃ 和 -32℃, 经多年运行考验, 使用情况良好, 缺点是造价较高.

g. 渠底和渠坡下部采用现浇混凝土, 断面采用弧形底梯形或弧形坡脚梯形, 渠坡上部采用预制混凝土, 再与土工膜构成复合衬砌. 这种衬砌形式结合了现浇混凝土和预制混凝土的优点, 提高了施工速度, 保证了施工质量, 克服了预制板接缝多的缺点, 使输水、输沙能力增强, 同时采用土工膜全断面防渗, 阻断了地下水补给渠基土的通道, 防止渠道水下渗, 提高了渠道防渗、防冻胀性能, 是一种较好的防渗形式. 如山西省汾河灌区二坝西干迎四支渠道防渗, 采用了渠底现浇 12 cm 厚 C15 混凝土, 混凝土抗冻等级 F100, 混凝土下铺设一布一膜土工膜, 渠内

坡铺 60 cm × 40 cm × 12 cm 的混凝土预制板, 混凝土板错缝铺设, 用 1:4 水泥砂浆填缝, 在混凝土与土工膜之间用 M7.5 水泥砂浆做垫层^[7].

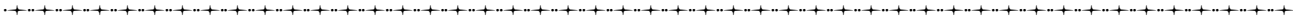
h. 机织模袋混凝土衬砌是近几年才发展起来的, 它的特点是施工速度快、可塑性强, 用坍落度 20 cm 左右的混凝土泵送入模袋, 模袋具有反滤作用, 排出混凝土中多余水分. 如辽宁省大洼灌区, 1997 年采用机织模袋混凝土进行渠道衬砌, 断面为梯形断面, 混凝土的坍落度为 21.4 cm, 掺加 15% 粉煤灰, 同时掺加引气剂、减水剂、硫化剂. 渠道运行至今, 防渗效果良好.

i. 钢筋混凝土衬砌. 钢筋混凝土衬砌的渠道, 混凝土衬砌的厚度增加, 同时配置钢筋, 增加了对压力的抵抗力, 抗磨损性能好, 同时又能防止由于不均匀沉降、温度变化而产生的裂缝. 这种衬砌形式造价高, 在我国采用不多, 只在一些重要工程上使用, 如在引滦入唐工程明渠段的泥夹石渠段中采用, 断面为矩形断面.

参考文献：

[1] 李安国, 建功, 曲强. 渠道防渗工程技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998. 93 ~ 113.
[2] 韩苏建, 陈涛. 关中灌区渠道衬砌结构形式现状综述[J]. 防渗技术, 2002(2): 27 ~ 30.
[3] 朱强, 何韧, 高启仁, 等. 我国渠道混凝土防渗技术的发展[J]. 防渗技术, 1991(1): 1 ~ 7.
[4] 朱强, 付思宁. 甘肃省渠道防渗概况及各种衬砌形式介绍[J]. 渠道防渗技术, 1988(1): 14 ~ 18.
[5] 任之忠. 对混凝土 U 形衬砌渠道的分析总结[J]. 渠道防渗技术, 1988(6): 40 ~ 42.
[6] 《山西省渠道防渗工程技术手册》编委会. 山西省渠道防渗工程技术手册[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2003. 161 ~ 190.
[7] 崔延军, 冯民权, 李荣丰, 等. 渠道防渗在山西省节水农业改造中的重要地位[J]. 防渗技术, 1996(1): 1 ~ 5.

(收稿日期 2004-04-23 编辑: 马敏峰)



(上接第 37 页)

湖泊污染底泥的生态疏浚对污染湖体内负荷的控制效果, 仍是工程技术界和科技部门十分关注的焦点, 国内外尽管不少湖泊采用了疏浚方法, 但仍需持慎重态度. 因此, 从环境、生态和经济角度科学地研究生态清淤问题是十分必要和迫切的任务.

参考文献：

[1] 秦伯强, 胡维平, 高光, 等. 太湖沉积物悬浮的动力机制及内源释放的概念性模式[J]. 科学通报, 2003, 48(17):

1822 ~ 1830.
[2] 蔡启铭. 太湖环境生态研究(一)[M]. 北京: 气象出版社, 1998. 55 ~ 62.
[3] 金相灿, 屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范[M]. 第 2 版. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 208 ~ 238.
[4] 范成新, 刘元波, 陈荷生. 太湖底泥蓄积量估算及分布特征探讨[J]. 上海环境科学, 2000, 19(2): 72 ~ 75.
[5] 陈荷生, 江溢, 宋祥甫, 等. 太湖湖内综合治理技术[J]. 水利水电技术, 2002, 33(12): 46 ~ 49.

(收稿日期 2004-01-28 编辑: 高建群)