

玻璃钢防渗渠道的研制^①

吴玉柏 ,黄俊友 ,王 远

(江苏省水利科学研究所 ,江苏 南京 210017)

摘要 :在分析比较玻璃钢材料良好的防渗、力学、耐腐蚀和抗微生物性能的基础上 ,研制了采用玻璃钢材料制作防渗渠道的新工艺 ,探讨了玻璃钢渠道的最佳断面、适宜配方和成型工艺 ,开发了玻璃钢防渗渠道的现场铺装技术 ,全面分析了玻璃钢防渗渠道的优越性 .结果表明 ,玻璃钢防渗渠道每千米输水损失小于千分之一 ,使用寿命可达 20 年 ,与混凝土渠相比过流能力提高 50% ,节省投资 10% ~ 20% ,减少占地 1/3 .

关键词 玻璃钢 ;防渗渠道 ;材料配比 ;成型工艺 ;断面形式 ;现场铺装

中图分类号 :S27 ;TV44 文献标识码 :A 文章编号 :1000-198X(2002)05-0087-04

目前我国防渗渠道主要采用混凝土材料制作 .虽然这种防渗渠道有很多优点 ,但也有明显不足 ,如施工受气候、水文地质、动力、交通影响 ,施工难度大 ,质量不易控制 ,仍有渗漏 ,接缝和伸缩缝难处理 ,在砂石料缺乏地区和偏远地区造价昂贵 .为了克服混凝土防渗渠道的缺陷 ,笔者在江苏省“ 333 工程 ”培养基金的资助下 ,从 1997 年开始研究采用玻璃钢材料制作防渗渠道技术 .经过几年试验 ,初步摸索出了玻璃钢防渗渠道的材料配比、成型工艺、断面形式和现场铺装技术 .本文主要介绍玻璃钢防渗渠道的制作铺装工艺 .

1 材料选用

玻璃钢系复合材料范畴中的一个分支 ,它属于无机-有机相非金属复合材料 .玻璃钢最显著的特点是强度高(比普通钢还高)、重量轻(只及钢重的 1/3 ~ 1/4) ,还具有良好的介电性能、耐腐蚀和抗微生物性能等 .这些优越的性能 ,使其得到了广泛的应用 .美国 1904 年就在军事工业上广泛应用过 ,我国早期也应用于军事工业 ,1950 年后开始应用于民用工业 .目前玻璃钢已广泛应用于民航、电器、建筑、化工、造船、汽车改装件、城市公园艺术雕塑、电绝缘等领域 .适合于生产防渗渠道的玻璃钢以 189 树脂和玻璃纤维布为主要原料 .189 树脂是一种不饱和聚酯树脂 ,是由乙二醇、苯酐、醋酐和顺酐在 160 ~ 210 ℃ 温度下熔融缩聚制成的一种粘稠液体 ,为一种热固性树脂 .由于其在反应后期加入醋酐封闭了端羟基 ,起到了憎水作用 ,具有较好的耐水性 .这是笔者选用 189 树脂做防渗渠的原因 .189 树脂制成的玻璃钢除具有很好的防渗性能外 ,还具有较强的耐冲击性和高承载力 ,其物理性能见表 1^[1] .

表 1 189 树脂玻璃钢板机械性能最小值
Table 1 Min. values of mechanical characteristics
of 189 resin FRP plate

					MPa
弯曲强度	弯曲弹性模量	拉伸强度	拉伸弹性模量	冲击强度	弯曲强度系数
288	1.33 × 10 ⁴	307	1.35 × 10 ⁴	26.3	4.805

2 断面形式选择和水力计算

2.1 断面形式选择

为了减少材料用量 ,提高过流能力 ,增强防渗体的稳定性 ,玻璃钢防渗渠槽断面形式采用接近于最佳水力断面的弧形底梯形断面(图 1) .因玻璃钢渠槽自重轻、刚度小 ,主要是仰躺在土基上 ,承受渠槽外侧土压力的能力较小 ,所以边坡系数的正确选择对于提高渠槽的稳定性非常重要 .最适宜的边坡系数有待进一步研

收稿日期 :2001-10-20
基金项目 :江苏省“ 333 工程 ”培养基金资助项目
作者简介 :吴玉柏(1960—)男 ,江苏盐城人 ,教授级高级工程师 ,主要从事农田水利、水资源研究 .
①玻璃钢防渗渠槽获得国家发明专利(专利号 97247377.7) .

究.但根据笔者的初步试验,边坡系数不宜小于 0.5,最好在 0.6~0.8 左右,这样可确保渠槽稳定、不变形.

2.2 渠道横断面参数及水力计算公式

a. 渠道横断面参数

$$m = \tan \alpha \qquad b = 2r \cos \alpha \qquad H_1 = r(1 - \sin \alpha) \qquad H_2 = r \sin \alpha$$

$$B_w = b + 2m(H_2 + H_3) \qquad B = B_w + 2mH_4$$

式中:m——边坡;b——底宽;B_w——设计水面宽度;B——渠槽口宽.

b. 水力计算公式

$$\chi = \pi r \theta / 180 + \chi(H_2 + H_3) / \cos \alpha \qquad A = \pi r^2 \theta / 360 - 0.5 b H_2 + 0.5(b + B_w)(H_2 + H_3)$$

$$R = A / \chi \qquad V = n^{-1} i^{1/2} R^{2/3} \qquad Q = VA$$

式中:χ——湿周;A——过水断面面积;R——水力半径;V——水流速度;Q——流量.

为便于工厂化生产,根据我国小型灌区的特征,共设计 12 种型号的玻璃钢防渗渠系列,在糙率 $n = 0.010$ (实际糙率可能还要小,有待进一步测定),坡降 $i = 1/3\,000$ 时,过水流量为 $0.041 \sim 1.105 \text{ m}^3/\text{s}$,基本上满足了我国斗农级防渗渠道建设的需求.当渠道比降不是 $1:3\,000$ 时,设比降为 i' ,则流速流量按下式修正:

$$V' = \sqrt{3\,000 i'} V \qquad Q' = \sqrt{3\,000 i'} Q$$

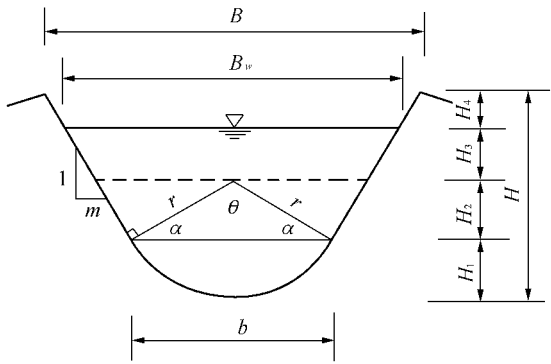


图 1 玻璃钢防渗渠断面
Fig.1 Cross section of a FRP canal

3 玻璃钢防渗渠的成型工艺

热固性玻璃钢的成型工艺一般有手糊成型和模压成型两种.由于 189 树脂在室温下即可很快固化,因此可用手糊法.它是将玻璃纤维及其织物等增强材料与热固性树脂粘结在一起的一种无压成型的方法.手糊法的优点是操作方便、设备简单、不受产品尺寸和形状的限制,可根据产品设计要求铺设不同厚度的增强材料.缺点是生产效率低、劳动强度大.由于其优点突出,即使在工业发达的先进国家仍然占据一席之地,在我国则是占主要地位.

3.1 模具

手糊成型的模具,要求表面光滑无锐角、密实无孔隙、无裂缝和无凹陷等.通过对木材、钢材、玻璃和玻璃钢等不同材料模具的反复对比试验,发现玻璃钢模最符合要求,并且造价低,成型容易.采用玻璃钢作为模具,汽车蜡作为脱模剂,用这种方法制作的防渗渠,渠槽光滑如镜,行水条件较好.

3.2 原材料准备

a. 玻璃布处理.玻璃布要预先经过脱蜡、表面处理,在使用前保持不受潮湿、不污染油垢.如果玻璃布已经采用浸润剂处理过,则不必脱蜡.表面处理的目的是增加玻璃钢的抗老化性能.玻璃纤维经过化学处理后,处理剂以一种聚合的多分子层薄膜覆盖在玻璃纤维表面上.这层薄膜不但可以改善玻璃纤维与树脂界面状态,增强界面粘结力,而且对玻璃纤维本身的抗老化性能产生一定影响,因而与玻璃钢的抗老化性能有密切关系.一般不用处理剂的玻璃钢制品,在空气中放置 6~12 个月后,其强度往往下降到原来的 60% 左右,然后基本稳定.这是空气中的水分侵入树脂与玻璃布的界面引起脱粘所致.处理剂可以阻止水分的侵入,使树脂和玻璃布保持原来的粘合状态,所以使用处理剂的玻璃钢制品,放置一年后,其强度下降很少.因此,玻璃布的浸润处理具有重要的意义.

处理剂的种类很多,主要有两大系列,即硅烷偶联剂和钛酸酯偶联剂,目前有几十个品种.我国常用的有沃兰、KH—550、KH—560 等,而对于不饱和树脂玻璃钢最适宜的还是沃兰和 KH—560.在使用时,先把处理剂配成一定浓度的水溶液,然后将玻璃纤维布浸到处理液中,一般 30~60 s 内处理剂就可被吸附到玻璃布表面上.

b. 树脂胶液配制.树脂胶液配方中主要成分有 189 树脂、103 胶衣树脂、促进剂、固化剂、碳酸钙粉和无机颜料等.在配制时,根据用量的多少在配料桶中倒入 189 树脂,然后放进一定数量的促进剂、碳酸钙粉和无机颜料,搅拌均匀,在使用时再分批加入固化剂,随用随加,不可一次配制加入固化剂的胶液太多,因为这样会影响玻璃钢的质量.另外应特别注意,固化剂和促进剂不可直接混合,否则会产生剧烈反应而发生爆炸.

3.3 玻璃钢板糊制

玻璃钢防渗渠采用直接在 U 形玻璃钢模板上糊制的方法生产. 玻璃钢渠道一般采用“三布四胶”,即三层玻璃丝布,四层树脂胶液,厚度可达 5 mm 左右.在糊制玻璃钢板之前,应先将模具清扫干净,并喷一层汽车蜡.制作玻璃钢板的过程是,先喷涂一层树脂,然后铺第一层玻璃布,再喷涂一层树脂,再铺一层玻璃布,再喷第三层树脂,并铺第三层玻璃布,最后再喷涂一层树脂收面.在操作过程中应注意玻璃布要浸透树脂,并排除气泡.糊制好后,在室温通风条件下 2~3 h 即可脱模.

3.4 胶衣树脂喷涂

为了防止玻璃纤维外露,增强防渗渠槽的耐候性和耐腐蚀性,改善制品的外观,应在防渗渠槽的内壁喷涂一层胶衣树脂,厚度为 0.32~0.5 mm,可以用喷枪喷涂,也可以用毛刷涂刷,后者简单易行.

3.5 定型加固处理

玻璃钢防渗渠槽虽然强度高,抗冲击能力强,但刚度较小,容易变形、失稳.为了提高玻璃钢防渗渠槽的刚度,保持渠槽的稳定、不变形,需加固处理.加固处理主要有两种方法:一种是加定型箍;另一种是加枕梁.定型箍围系在玻璃钢渠槽的外侧,起肋梁的作用.为了便于与渠槽粘结,定型箍也采用同质玻璃钢材料,横断面尺寸 5 cm×4 cm 左右,间隔 1~1.5 m.

枕梁采用钢筋混凝土材料,尺寸随渠道断面不同有所差别,一般为 8 cm×4 cm.枕梁放置在玻璃钢渠槽两侧压顶的下面,采用铆钉将其与渠槽固定成一体.枕梁除起稳定玻璃钢渠槽不变形的作用外,还增加了渠槽的自重,防止防渗体漂浮、滑动.

4 玻璃钢防渗渠现场铺装

a. 渠基处理与开挖.不管是新建渠道还是老渠道改造,铺设玻璃钢防渗渠槽时都要对渠基进行处理.对于新建渠道,往往是填方渠道,填筑土方时,一定要注意边填边夯实,分层夯实的厚度不超过 30 cm,渠道填好后再洒水湿陷.对于老渠道改造,首先要清除旧渠道里的杂草、树根和淤泥,然后将老渠道开挖成台阶状,再在上面夯填新土.对于斗农级中小渠道,为了保证渠基的稳定,最好将旧渠全部回土填实,然后重新开挖.开挖土渠槽时,首先要做好测量、放线、打桩工作,保证渠道走向和高程准确无误.开挖渠槽时可以先开挖毛坯,再将与玻璃钢渠槽外周尺寸一样的楔模放入渠槽,将两边空隙用细土回填洒水捣实.这种方法做成的土渠基,不仅尺寸十分吻合贴切,而且土渠基密实稳定.

b. 玻璃钢渠槽铺设.土模挖好后,即可进行玻璃钢渠槽铺设.铺设时,先将玻璃钢渠槽放入土槽中,如果土槽与渠槽不吻合,需要对土槽进行修整.修整好后,将渠槽放入土槽,踩压定型箍所在的位置,使定型箍在土槽上留下压痕.这时把渠槽再拿出来,用小铲子在压痕处挖一与定型箍尺寸相同的沟槽,然后再把玻璃钢渠槽放入,使定型箍放在挖好的沟槽内,并把渠槽压紧,使之与土槽贴合在一起.按照这种方法依次把渠槽放入土槽.每两节玻璃钢渠槽接头处搭接 5 cm 左右,并且使上游的一节压在下节的一节的上面.

c. 接头处理.渠槽就位后,即可对接头进行处理,首先用电钻在两块渠槽搭接处打 3~5 个孔,用铆钉把两块渠槽固定起来,然后把接头处打扫干净,刷一层树脂胶液,再铺一层玻璃布,最后再刷一层树脂胶液,使整个玻璃钢防渗渠成为一个整体.

d. 枕梁的安装.在玻璃钢渠槽就位前,先将枕梁安放就位.在渠槽就位并且处理好接头后,即可用铆钉将渠槽和枕梁铆固起来,铆钉间距 1.5~2.0 m 为宜,并应进行防锈处理.

e. 与建筑物的连接.玻璃钢防渗渠与渠上建筑物的连接选用环氧砂浆作为连接材料.将环氧砂浆涂在连接处,待其固化后即可.这样不仅大大提高了连接处的强度,而且使玻璃钢渠槽与建筑物平滑连接,既减少了水头损失,又提高了渠道的美观程度.

5 玻璃钢防渗渠道的优越性

a. 优良的防渗性能.玻璃钢制作防渗渠道,只要接头以及与建筑物的连接处理恰当,可达到绝漏的要求.实际操作中,玻璃钢渠槽接头用玻璃钢膜封住,与建筑物的连接用环氧砂浆涂糊,因此可以说玻璃钢防渗渠几乎不漏水.实际测试表明,玻璃钢防渗渠每公里的输水损失小于千分之一,比混凝土防渗渠的防渗效果好得多.

b. 长久的使用寿命.以 189 树脂为原料制成的玻璃钢具有卓越的物理性能和优良的耐老化性能,广泛

用于制造小型渔船、游船、海上救生艇和海上追逐艇。我国1964年以189树脂为原料生产的966号工作艇已在海水中浸泡了30年,目前还在服役。70-1号玻璃钢工作艇在长江内河使用,经10年后切割取样测试,其弯曲强度保留率81%。据《中国玻璃钢工业大全》介绍,玻璃钢在水中浸泡20年后仍有80%的使用寿命。以上资料显示,用189树脂生产的玻璃钢防渗渠具有很强的耐老化性能,其使用寿命至少可保持20年。采用103胶衣树脂作为保护层的玻璃钢渠,使用寿命更长。

c. 良好的过流条件。目前,我国的防渗渠大部分都是混凝土渠,其糙率在0.015左右^[2],而玻璃钢防渗渠由于在制造时模板为玻璃钢板,表面很光滑,据保守估计,其糙率不超过0.01。在渠道断面和比降相同的情况下,玻璃钢渠的流速比混凝土渠的流速高50%,过流能力也提高50%。换句话说,满足同样的过流要求,玻璃钢渠的断面可以比混凝土渠断面缩小30%左右。

d. 低廉的造价。就江苏省而言,玻璃钢防渗渠造价在32~35元/m²左右,混凝土防渗渠造价30~38元/m²,两者价格很接近。但通过同样的流量,玻璃钢渠的断面比混凝土渠断面小得多,因而同样过流能力的渠道,玻璃钢渠投资比混凝土渠低。据初步资料分析,玻璃钢渠比混凝土渠节省投资10%~20%。以流量0.45 m³/s,比降1/3000的渠道为例,混凝土渠造价100元/m左右,而玻璃钢渠造价85元/m左右。如果今后大面积推广,并且采用工厂化、机械化、大规模生产,则成本将进一步降低。在砂石料缺乏地区和偏远地区,玻璃钢防渗渠的价格优势更明显。

e. 施工维修方便。玻璃钢防渗渠很适合于工厂化生产,现场铺设简单方便,工效高,劳动强度低,5人一组一个工作日可以铺设300 m,比混凝土渠工效提高3倍以上。此外,由于玻璃钢渠现场铺设周期短,可以避免混凝土防渗渠现场浇筑受气候、灌溉输水、地下水位、能源、交通等方面的限制。

玻璃钢防渗渠维修也十分方便。维修时,只需在破损面上像补补钉一样糊上玻璃钢,防渗渠就能恢复正常功能。而且,修补的厚度也可以根据破坏程度和面积灵活掌握,可以采用“一布二胶”,也可采用“二布三胶”,甚至“三布四胶”。

f. 减少占地。玻璃钢防渗渠输水阻力小,侧墙边坡陡,因此渠槽断面很窄,可以极大地节省耕地。玻璃钢渠占地面积只及土渠的1/2~1/3,比混凝土渠还减少占地30%。根据如皋试点资料,设计流量0.1 m³/s的渠道,渠口宽仅1.04 m,而同样过流能力的混凝土渠和原来的土渠口宽达1.4 m和3.6 m。

g. 有利于促进农业高产稳产。玻璃钢防渗渠几乎不漏水,使灌溉水的利用效率达到95%以上,比土渠提高30个百分点以上。不仅有利于提高供水的及时性,提高灌溉保证率,而且有利于扩大灌溉面积,特别是有利于发展旱改水,这对于提高粮食产量、增加农民收入、加快脱贫致富奔小康的步伐具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 山室 中臣. 玻璃钢成型技能教科书——玻璃钢成型技术人员必读[J]. 玻璃钢/复合材料, 1988(增刊): 1~139.
- [2] 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. 1~12, 43~47.

Development of imperious FRP canals

WU Yu-bai, HUANG Jun-you, WANG Yuan

(Jiangsu Water Conservancy Research Institute, Nanjing 210017, China)

Abstract: A new technology for manufacturing imperious canals with FRP is developed based on the good performance of FRP in seepage control, anticorrosion, and anti-microorganism. The optimum section, suitable mix proportion, and shaping technique are studied for the FPR canal, and the technique of on-site laying and installation of the imperious FPR canal is developed. Besides, the merits of the FRP canal are analyzed: the loss of water in water conveyance in the imperious FRP canal is smaller than 1‰ per kilometer, and the life span of the canal can reach 20 years. In comparison with the concrete canal, the overflowing capacity of the FPR canal increases by 50%, the investment in construction is reduced by 10%~20%, and land occupied decreases by 1/3.

Key words: FRP; imperious canal; mix proportion; shaping technique; section-shape; on-site laying and installation