

## 土地整治项目灌溉渠道衬砌方案经济比选研究

岳小松 (江西省煤田地质局测绘大队, 江西南昌 330001)

**摘要** 灌溉渠道是农田重要的基础设施, 而渠床渗漏是渠系水量损失的主要途径, 渠道衬砌可减少渠床渗漏损失, 提高灌溉效益。不同的衬砌方案效益各不相同, 通过对相同流量、不同断面和不同衬砌方式的渠道进行单价分析, 考察较适宜的衬砌方案。结果表明, 3种断面中梯形断面渠道单价最低, 矩形断面渠道单价次之, U型断面渠道单价最高。5种衬砌方式中, 梯形断面边坡预制渠道单价最低, 预制U型槽单价最高。

**关键词** 梯形断面; 矩形断面; U型断面; 现浇; 预制; 砖砌

**中图分类号** S27 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)30-0236-03

## Research on Economic Scheme Comparison of Irrigation Canal about Land Consolidation Project

YUE Xiao-song (Jiangxi Provincial Bureau of Coal Geology Surveying and Mapping Team, Nanchang, Jiangxi 330001)

**Abstract** Irrigation channel is an important infrastructure of farmland, leakage of canal bed is the main way of water loss, lining can reduce leakage loss and improve irrigation efficiency. By studying irrigation canal unit cost about the same discharge with different section and lining fashion, the results showed: in three sections, the trapezoidal cross section irrigation canal unit cost was lowest, the rectangular cross section irrigation canal took second place, the U-shaped cross section irrigation canal unit cost was highest. Among five lining fashion, the trapezoidal cross section with slope prefabricated irrigation canal unit cost was lowest, the U-shaped cross section with prefabricated irrigation canal unit cost was highest.

**Key words** Trapezoidal cross section; Rectangular cross section; U-shaped cross section; Cast-in-situ; Prefabricate; Brick

在渠道输水过程中, 有水面蒸发、渠床渗漏和闸门漏水等水量损失, 其中, 渠床渗漏损失占渠系水量损失的绝大部分。为了减少渗漏损失, 提高渠系水利用系数, 采取渠道衬砌的工程措施。衬砌后的渠道不仅可以减少渠床渗漏损失, 节省灌溉用水量, 提高渠床的抗冲刷能力, 防止渠道边坡坍塌, 增加渠床的稳定性, 而且可以减少渠床糙率系数, 加大渠道流速, 提高渠道输水能力; 同时, 渠道衬砌又可以防止渠道长草, 减少泥沙淤积, 节省工程维修费用, 降低灌溉成本, 提高灌溉效益。

近年来, 随着国家对土地整治工程重视程度加大, 对工程建设标准的要求也不断提高, 明确要求大力推进高标准农田建设, 加强农田基础设施建设, 并规定基础设施使用年限不低于15年<sup>[1]</sup>。灌溉渠道是农田主要的基础设施之一, 渠道选用何种断面形式、采用何种衬砌方式, 与项目的资金投入息息相关。这不仅是设计单位, 更是业主和施工单位关注的内容。因此, 对灌溉渠道衬砌方案进行经济技术方案比选的研究有重要意义。

## 1 渠道横断面设计

**1.1 梯形和矩形断面渠道设计** 梯形和矩形断面的渠道根据设计流量, 按照明渠均匀流公式<sup>[2]</sup>采用试算法进行计算。

$$Q = AC \sqrt{Ri}$$

式中,  $Q$  为渠道设计流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ );  $A$  为渠道过水断面面积 ( $\text{m}^2$ ),  $A = h(b + mh)$ , 其中  $b$  为沟底宽 ( $\text{m}$ ),  $h$  为水深 ( $\text{m}$ ),  $m$  为边坡系数, 矩形渠道  $m = 0$ ;  $R$  为水力半径 ( $\text{m}$ ),  $R = A/\chi$ , 其中  $\chi$  为湿周 ( $\text{m}$ ),  $\chi = b + 2h \sqrt{1 + m^2}$ ;  $i$  为水力比降;  $C$  为谢才系数,  $C = R^{1/6}/n$ , 其中  $n$  为沟床糙率。

**1.2 U型渠道断面设计** U型断面水力计算的主要任务是

根据已知渠道设计流量  $Q$ 、渠床糙率系数  $n$  和渠道比降  $i$ , 求圆弧半径  $r$  和水深  $h$ , 以及确定断面的上口宽  $B$  和衬砌渠槽高度  $H$ 。

根据明渠均匀流公式, 可得到圆弧半径  $r$ , 计算公式见下式<sup>[2]</sup>:

$$r = \frac{\left[ \theta + \frac{2N_\alpha}{\cos\alpha} \right]^{1/4} \left[ \frac{nQ}{\sqrt{i}} \right]^{3/8}}{\left[ \frac{\theta}{2} + (2N_\alpha - \sin\alpha) \cos\alpha + N_\alpha^2 \text{tg}\alpha \right]^{5/8}}$$

式中,  $N_\alpha$  为直线段外倾角为  $\alpha$  时的系数,  $\alpha = 0$  时的系数用  $N_0$  表示;  $\theta$  为圆心角。为了保持圆心以上的水深与  $\alpha = 0$  时相同,  $N_\alpha$  与  $N_0$  应遵守  $N_\alpha = N_0 + \sin\alpha$  的关系。  $N_0$  与圆弧半径  $r$ 、直线段的外倾角  $\alpha$  的经验关系见表1。

表1 U型渠道断面尺寸经验关系

Table 1 Empirical relationship of U-shaped channel section size

$r//\text{cm}$	$\alpha//^\circ$	$N_0$
>15 ~ 30	>5 ~ 6	0.65 > ~ 0.35
>30 ~ 60	>6 ~ 8	0.35 > ~ 0.30
>60 ~ 100	>8 ~ 12	0.30 > ~ 0.25
>100 ~ 150	>12 ~ 15	0.25 > ~ 0.20
>150 ~ 200	>15 ~ 18	0.20 > ~ 0.15
>200 ~ 250	>18 ~ 20	0.15 > ~ 0.10

渠道水深  $h$ 、圆弧段高度  $h_1$  及圆弧以上的水深  $h_2$ :

$$h = r(N_\alpha + 1 - \sin\alpha)$$

$$h_1 = r(1 - \sin\alpha)$$

$$h_2 = h - h_1$$

衬砌渠槽高度  $H$ :

$$H = h + a_1$$

上口宽  $B$ :

$$B = 2 \{ r \cos\alpha + [H - r(1 - \sin\alpha)] \text{tg}\alpha \}$$

式中,  $a_1$  为渠道衬砌超高, 其值同渠堤超高  $a$  以及加大流量的关系可参考表2。

**作者简介** 岳小松(1983-), 女, 河南鲁山人, 工程师, 硕士, 从事土地整治项目勘测、设计及研究。

**收稿日期** 2016-08-31

表2 U型渠道衬砌超高和渠堤超高值

Table 2 Empirical relationship of U-shaped channel section size

加大流量 Increase flow $m^3/s$	渠道衬砌 超高( $a_1$ ) Super high lining//m	渠堤超高(a) Super high value of canal bank//m
<0.5	0.10 ~ <0.15	0.20 ~ <0.30
0.5 ~ <1.0	0.15 ~ <0.20	0.30 ~ <0.40
1.0 ~ <10.0	0.20 ~ <0.35	0.40 ~ <0.60
10.0 ~ <30.0	0.35 ~ <0.50	0.60 ~ <0.80

校核渠道流速:衬砌渠道不冲流速不超过 2.0 m/s,不淤流速一般不小于 0.3 m/s。

## 2 渠道衬砌方案

渠道衬砌措施有土料防渗、砌石防渗、砖砌防渗、混凝土衬砌和沥青材料防渗等。土地整治项目中渠道常用的防渗措施有混凝土衬砌和砖砌。常用的断面形式有梯形、矩形和U型断面,每种断面常用的衬砌方案有所不同。由于不同的衬砌方案都有不同的优缺点,因此合理选取渠道的断面和衬砌方式尤为重要,这就需要对不同断面对应的不同衬砌方案进行经济比较,造价最低的可以优先选取。

**2.1 梯形断面** 梯形断面的渠道常用的衬砌方案有2种:一是渠道底板、边坡和压顶均采用混凝土现场浇筑(以下简称“现浇梯形渠道”),二是渠道底板和压顶采用混凝土现场浇筑,边坡采用预制混凝土板衬砌(以下简称“边坡预制梯形渠道”)。方案1优点:灌水方便,防渗效果好,不生杂草,减少淤积,便于养护管理,经久耐用,且施工和布设不受地形限制;缺点:占地面积较大,需要现场搅拌混凝土,支模板,养护,现场施工比较麻烦。方案2的优点:一方面便于施工,边坡采用预制板衬砌,不需要支护模板,另一方面也便于后期

维护管理;缺点是预制板预制受天气影响,且不方便运输。

**2.2 矩形断面** 矩形断面的渠道常用的衬砌方案有2种:一是渠道底板、边墙和压顶均采用混凝土现场浇筑(以下简称“现浇矩形渠道”),二是渠道底板和压顶采用混凝土现场浇筑,边墙采用标准砖衬砌(以下简称“边墙砖砌矩形渠道”)。方案1的优缺点同现浇梯形渠道。方案2的优点:造价低廉、取材方便、施工技术简单、糙率小、防渗效果较好,且布设不受地形限制,衬砌后外观观感好,便于维修;缺点是只能采用矩形断面。

**2.3 U型断面** U型断面渠道一般采用预制混凝土衬砌。其优点:具有较大的输水能力,占地面积小,施工便利,工期短,防渗效果好;缺点:单位造价较高,后期维修比较困难。

## 3 实例分析

以某地区某月份的造价信息为依据,采用智多星软件计算不同方案的渠道单价,最终确定最优的衬砌方案。某土地整治项目有一条长约200 m的斗渠,已知设计流量 $0.21 m^3/s$ ,比降 $1/1\ 000$ ,衬砌后渠床糙率取 $0.017$ 。为了节约用地和方便施工,梯形渠道边坡系数取 $0.5$ 。采用明渠均匀流公式试算法确定梯形和矩形断面渠道的尺寸,见表3。U型渠道根据经验估计 $r=60\sim 80\text{ cm}$ ,查表1,选择 $\alpha=10^\circ$ , $N_0=0.3$ ,则 $N_\alpha=0.47$ 。经计算,U型渠道的圆弧半径为 $0.38\text{ m}$ 。由于预制厂家没有相应规格的U型槽,因此选用半径为 $0.40\text{ m}$ 的预制U型槽,计算与选用断面尺寸均见表4。由表3和表4可知,梯形断面渠道流速 $0.67\text{ m/s}$ ,矩形断面渠道流速 $0.64\text{ m/s}$ ,U形断面渠道流速 $0.69\text{ m/s}$ ,3种断面流速均满足不冲不淤的流速要求。

表3 矩形、梯形断面渠道横断面尺寸

Table 3 Cross section dimensions of rectangular and trapezoidal channel

断面形式 Section forms	设计流量(Q) Design flow $m^3/s$	流速(v) Velocity of flow $m/s$	底宽(b) Bottom width $m$	边坡系数 Slope(m) coefficient	设计水深(h) Design water depth (m)	超高 Super high $m$	沟深(H) Ditch depth $m$	沟开口宽(B) Furrow opening width $m$
梯形 Rectangular	0.21	0.67	0.60	0.50	0.40	0.20	0.60	1.20
矩形 Trapezoidal	0.21	0.64	0.70	—	0.47	0.20	0.67	0.70

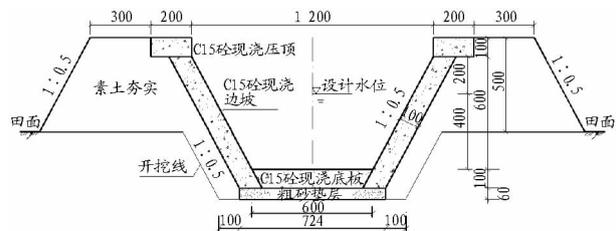
表4 U型渠道计算及选用断面尺寸

Table 4 U-shaped channel calculation and selection of section size

断面形式 Section forms	设计 流量(Q) Design flow $m^3/s$	流速(v) Velocity of flow $m/s$	圆心角( $\theta$ ) Central angle $^\circ$	圆弧半径(r) Arc radius $m$	渠道 水深(h) Channel depth $m$	圆弧段 高度( $h_1$ ) Arc segment height $m$	圆弧以上 水深( $h_2$ ) Channel lining super high $m$	渠道衬砌 超高( $a_1$ ) Channel water sec- tion area $m$	渠道过水断 面面积(A) Water depth above the arc $m^2$	沟开口 宽(B) Furrow opening width $m$	备注 Note
U型 U-shaped	0.21	0.68	166	0.38	0.49	0.33	0.16	0.14	0.31	0.82	计算断面
U型 U-shaped	0.23	0.69	149	0.40	0.50	0.30	0.20	0.20	0.33	1.00	选用断面

按照《渠道防渗工程技术规范》(SL18—2004)的规定,现场浇筑混凝土适宜厚度 $6\sim 12\text{ cm}$ ,预制铺砌混凝土适宜厚度 $4\sim 10\text{ cm}$ 。通过走访群众并深入施工现场了解,最终确定现浇混凝土边坡、底板和压顶均厚 $10.0\text{ cm}$ ,预制混凝土板厚 $6.0\text{ cm}$ ,标准砖衬砌厚 $12.0\text{ cm}$ ,预制混凝土U型槽厚 $4.5$

$\text{cm}$ 。所有渠道渠底均铺设粗砂垫层,厚 $6.0\text{ cm}$ ,现浇部分每隔 $5\text{ m}$ 设置一宽 $2.0\text{ cm}$ 的伸缩缝,缝内采用沥青木板填充。另外,矩形断面砖砌渠道在边墙内侧采用M7.5水泥砂浆抹面,厚 $2.0\text{ cm}$ 。渠道混凝土强度等级C15,标准砖强度等级MU10。为了便于施工,开挖线从粗砂垫层边界向两边加宽

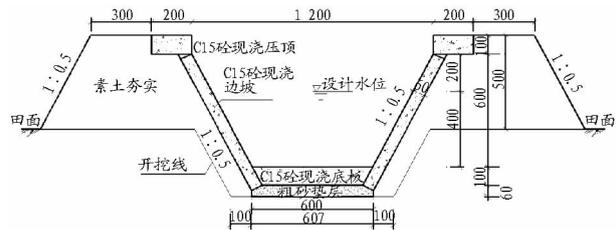


注:图中数据单位均为 mm。

Note:Units of data in the figure are mm.

图1 现浇梯形渠道

Fig.1 Cast in place trapezoidal channel

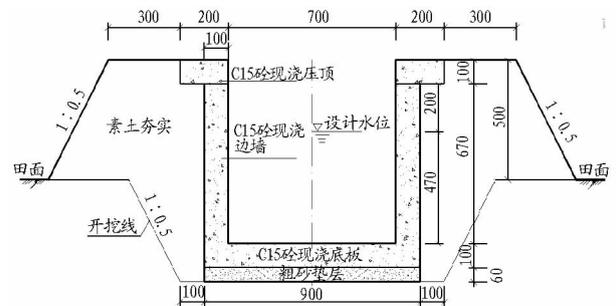


注:图中数据单位均为 mm。

Note:Units of data in the figure are mm.

图2 边坡预制梯形渠道

Fig.2 Slope prefabricated trapezoidal channel



注:图中数据单位均为 mm。

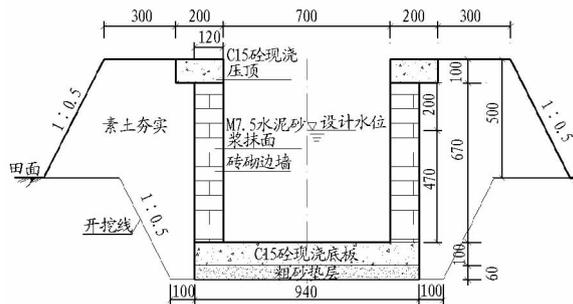
Note:Units of data in the figure are mm.

图3 现浇矩形渠道

Fig.3 Cast in place rectangular channel

10.0 cm,开挖边坡比 1:0.5。为了便于灌溉用水能顺利地流入田间,堤顶高出田面 0.5 m,为方便农户田间通行,堤顶宽度取 0.5 m<sup>[3]</sup>。渠道结构见图 1~5。假设同一断面、同一衬砌方式的渠道不同桩号开挖量相同、回填量均相同,计算出各个断面、不同衬砌方式的渠道每米工程量,见表 5。

以财综[2011]128号文为依据,采用《江西省造价信息》2016年第4期分宜县的材料价格,运用智多星软件进行计算,从而得出不同断面、不同衬砌方式的渠道单价,见表 6。

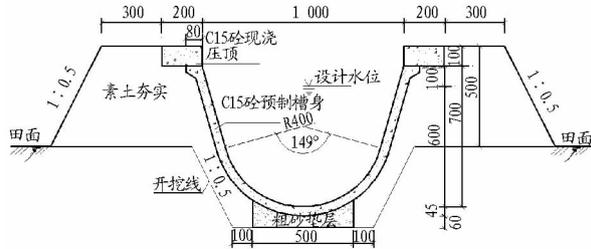


注:图中数据单位均为 mm。

Note:Units of data in the figure are mm.

图4 边墙砖砌矩形渠道

Fig.4 Slope prefabricated rectangular channel



注:图中数据单位均为 mm。

Note:Units of data in the figure are mm.

图5 U型预制渠道

Fig.5 U-shaped precast channel

表5 渠道每米工程量

Table 5 Channel quantities per meter

断面及渠道形式 Section and channel form	土方开挖 Earthwork excavation m <sup>3</sup>	土方回填 Earthwork backfill m <sup>3</sup>	砼现浇底板 Concrete cast-in-situ baseboard m <sup>3</sup>	砼现浇压顶 Concrete cast-in-situ coping m <sup>3</sup>	砼预制 U 型槽 Concrete precast U-shaped groove m <sup>3</sup>	砼现浇边坡 Concrete cast-in-situ slope//m <sup>3</sup>
梯形现浇 Trapezoidal cast-in-situ	0.40	0.57	0.055 0	0.04	—	0.156 5
梯形边坡预制 Trapezoidal slope precast	0.36	0.59	0.056 8	0.04	—	—
矩形现浇 Rectangular cast-in-situ	0.57	0.58	0.090 0	0.04	—	0.134 0
矩形边墙砖砌 Rectangular side wall	0.58	0.57	0.094 0	0.04	—	—
U型预制 U-shaped precast	0.37	0.59	—	0.04	0.089	—

断面及渠道形式 Section and channel form	砼预制边坡 Concrete precast slope//m <sup>3</sup>	标准砖 Standard brick//m <sup>3</sup>	抹立面 Wiping face m <sup>2</sup>	粗砂垫层 Coarse sand cushion//m <sup>3</sup>	沥青木板 Asphalt board m <sup>2</sup>
梯形现浇 Trapezoidal cast-in-situ	—	—	—	0.043 5	0.050 3
梯形边坡预制 Trapezoidal slope precast	0.093 5	—	—	0.034 9	0.019 4
矩形现浇 Rectangular cast-in-situ	—	—	—	0.054 0	0.052 8
矩形边墙砖砌 Rectangular side wall	—	0.160 8	1.34	0.056 4	0.026 8
U型预制 U-shaped precast	—	—	—	0.044 0	0.008 0

程教育研究,2012(1):88-91.

- [6] 中国 GIS 协会教育与科普专业委员会. 我国高等 GIS 教育:进展、特点与探讨[J]. 地理信息世界,2004,2(5):16-19.
- [7] 吴庆双. GIS 高等教育中存在的问题及对策[J]. 实验科学与技术,2011,10(1):77-79.
- [8] 李军,刘海涛,毕睿华. 基于 CDIO 模式的大学生科技创新探讨[J]. 南京工程学院学报(社会科学版),2010(4):57-60.
- [9] 查建中,徐文胜,顾学雍,等. 从能力大纲到集成化课程体系设计的 CDIO 模式. 北京交通大学创新教育实验区系列报告之一[J]. 高等教育研究,2013(2):10-23.
- [10] 陈文杰,任立军,张林,等. 新加坡理工学院基于 CDIO 模式的项目教学改革[J]. 职业技术教育,2009(35):91-93.
- [11] 陈静,张达敏,刘国敏. 基于 CDIO 数据结构课程教学思考与改革[J]. 高教学刊,2016(1):109-111,113.

- [12] 李彤,张璇,王旭,等. SE-CDIO 工程教育模式的探索与实践[J]. 高等工程教育研究,2014(1):52-57.
- [13] 张岳. GIS 专业就业市场分析[D]. 大连:辽宁师范大学,2007:4-7.
- [14] 汪军,强俊. 基于 CDIO 理念的软件工程专业人才培养模式的研究[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版),2015(6):70-74.
- [15] 王伟,王殿君,申爱明,等. 基于 CDIO 人才培养模式的机械电子工程专业实践教学体系的改革与探索[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版),2010(2):136-138.
- [16] 何朝阳,曹祁,杜树旺,等. 基于 C&P-CDIO 模式的电子信息工程专业人才培养[J]. 高等工程教育研究,2013(2):60-63.
- [17] 朱亚玲,张睿敏. 基于 CDIO 模式的软件技术专业教学改革[J]. 高教学刊,2016(2):117-118.
- [18] 周立,刘付程,费鲜芸,等. GIS 创新应用能力本位教育模式的探索与开发[J]. 测绘科学,2011(9):91-94.

(上接第 238 页)

表 6 不同断面渠道单价

Table 6 Price of channel of different sections

断面 Section	渠道 Channel	单价 Price//元
梯形断面 Trapezoidal cross-section	现浇渠道	121.23
	边坡预制渠道	113.80
矩形断面 Rectangular section	现浇渠道	134.91
	边墙砖砌渠道	124.62
U 型断面 U-shaped section	预制 U 型槽	145.20

由表 6 可知,3 种断面渠道单价由小到大排序依次为梯形断面、矩形断面、U 型断面,3 种断面不同衬砌方式的渠道单价由小到大排序依次为:边坡预制梯形渠道、现浇梯形渠道、边墙砖砌矩形渠道、现浇矩形渠道、预制 U 型槽。

#### 4 结论

该研究采用明渠均匀流公式将同一流量的渠道设计成梯形断面、矩形断面和 U 型断面 3 种形式,针对梯形断面渠

道常用的现浇和边坡预制 2 种衬砌方式、矩形断面渠道常用的现浇和边墙砖砌 2 种衬砌方式以及 U 型渠道常用的预制衬砌方式进行经济比选,最终得出:从渠道断面形式进行比较,梯形断面渠道单价最低,U 型断面单价最高,矩形断面渠道介于两者之间。梯形渠道中,边坡预制渠道单价较低,矩形断面渠道中,边墙砖砌渠道单价较低。整体分析,边坡预制梯形渠道单价最低,其次为现浇梯形渠道,边墙砖砌矩形渠道比现浇梯形渠道单价稍高,再次为现浇矩形渠道,预制 U 型槽单价最高。因此,在实际应用中优先选用边坡预制的梯形渠道,在项目对新增耕地要求高的情况下,可以选用边墙砖砌矩形渠道,否则选用边坡预制梯形渠道。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国国土资源部. 高标准基本农田建设标准:TD/T1033—2012[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [2] 郭元裕. 农田水利学[M]. 北京:中国水利水电出版社,1997.
- [3] 江西省国土资源厅. 江西省土地整理工程建设标准[M]. 南昌:江西科学技术出版社,2009.