



陕西省水利水土保持厅

U 形 渠 道



SHUILI KEJI CHENGGUO CONGSHU

《水利科技成果》丛书

U 形 渠 道

陕西省水利水土保持厅

水利电力出版社

内 容 提 要

混凝土U形渠道是具有许多优点的一种新型渠道。本书是在试验研究和大量生产实践的基础上编写的。内容介绍了混凝土U形渠道的发展、应用情况,设计和施工方法,施工机具,以及管理方面的要求。书内图文并茂,收录了较多的图表,使用方便,可供水利设计、施工、管理以及有关技术工作者参考。

21150/12
《水利科技成果》丛书

U形渠道

陕西省水利水土保持厅

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路8号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 4.375印张 94千字

1986年9月第一版 1986年9月北京第一次印刷

印数0001—8110册 定价0.80元

书号 15143·6004

序

水是人类生存和社会生产必不可少的物质资源。水利工作的基本任务是除水害、兴水利，开发、利用和保护水资源，为工农业生产和人们的物质、文化生活创造必要的条件。普及水利科学技术知识，让更多的人了解和掌握水利科学技术，也是两个文明建设的内容之一。为此，针对水利战线职工和社会上不同文化程度读者的需要，分层次地编写出版水利科普读物是十分必要的。

为了帮助水利科技人员的知识更新，掌握一些现代科技知识，并使水利科技成果更广泛地得到推广应用，尽快地形成生产力；为了使广大农村水利工作人员，掌握一些实用的水利基础知识，并应用于生产实际；为了总结和宣传我国水利建设的伟大成就和悠久历史，介绍水利在四化建设和人民生活等方面的重要作用，激发广大人民群众和青少年热爱祖国江河、关心水利事业，我们组织编写了七套水利科普丛书，包括：《现代科技》丛书、《水利科技成果》丛书、《水利水电施工》丛书、《小水电技术》丛书、《农村水利技术》丛书、《中国水利史》小丛书、《水与人类》丛书。这些科普丛书将由水利电力出版社陆续出版。

编写和审定这些丛书时，力求做到以思想性和科学性为前提，同时注意通俗性、适用性和趣味性。由于我们工作经验不足，书中可能存在某些不妥和错误之处，敬请广大读者给予批评指正。

中国水利学会科普工作委员会

一九八四年七月

水利科普丛书编审委员会名单

主任委员 史梦熊

副主任委员 董其林

委员	丁联臻	王万治	史梦熊	田 园	李文治
	邴凤山	杨启声	张宏全	张林祥	沈增卿
	陈祖安	陈春槐	汪景琦	郑连第	郭之章
	赵珂经	茆 智	陶芳轩	谈国良	徐曾衍
	蒋元驹	曹述互	曹松润	董其林	颜振元

(以姓氏笔划为序)

前 言

混凝土U形渠道是防止水量渗漏损失，扩大水利工程经济效益的一种新型渠道。1975年以来，我省各灌区在中、小型渠道上建成U形渠道3000余km。实践证明，混凝土U形渠道比混凝土衬砌的梯形渠道优越，它不仅具有较佳的水力断面，利于输水输沙，而且具有较好的抗土基冻胀能力。同时，渠道占地少，又能省工省料，便于管理，因而受到普遍欢迎。

随着U形渠道的推广，渠道衬砌工程的机械施工技术相继发展起来，陕西省水利科研、施工、管理单位，先后研制成各种U形渠道衬砌机、开渠机和土方压实机械，并采用了喷射混凝土施工新工艺。对提高混凝土衬砌工程的质量，加快U形渠道建设，起到良好的作用。

目前，有些国家如苏联、日本等都采用过U形渠道。国内如北京、天津、山西、甘肃、青海、江苏、河北、河南、广东等省、市也都修建了一些U形渠道。为了学习先进技术，交流U形渠道的技术经验，进一步搞好渠道防渗和灌区建设，我厅科教处组织有关同志，在对陕西重点灌区调查的基础上，结合以往的试验研究成果和生产实践经验，编写了这本《U形渠道》。本书着重介绍了混凝土U形渠道的优点，设计、施工方法和管理经验，收录了较多图表，查用方便，可供从事水利设计、施工和管理工作的同志参考。

本书由陕西省水利科学研究所高启仁同志负责编写，参

加该项工作的有陕西省泾惠渠管理局田野同志和陕西省宝鸡峡引渭灌溉管理局王民社同志。

在本书编写过程中，上述各单位和各灌区管理单位及有关地、县水利局都给予了大力支持。田兴禾、孟宪琪、叶遇春高级工程师、陕西机械学院王克成副教授参加了审查，给予了帮助，在此一并致谢。本书最后由我厅汪云峰、余光夏两位副总工程师作了审定。

由于我们经验不足，书中可能存在一些缺点或不妥之处，恳请同志们批评指正。

陕西省水利水土保持厅

1985年3月

本书使用的单位符号

为了贯彻《中华人民共和国法定计量单位》，本书采用的单位符号如下：

量的名称	单位名称	单位符号	备 注
长 度	米	m	SI基本单位
	千米(公里)	km	$1\text{km} = 10^3\text{m}$
	厘米	cm	$1\text{cm} = 10^{-2}\text{m}$
	毫米	mm	$1\text{mm} = 10^{-3}\text{m}$
质 量	千克(公斤)	kg	SI基本单位 在人民生活和贸
	吨	t	$1\text{t} = 10^3\text{kg}$ 易中，质量习惯
	克	g	$1\text{g} = 10^{-3}\text{kg}$ 称为重量
时 间	秒	s	SI基本单位
	分	min	$1\text{min} = 60\text{s}$
	[小]时	h	$1\text{h} = 3600\text{s}$
	天(日)	d	$1\text{d} = 86400\text{s}$
力	牛[顿]	N	SI导出单位， $1\text{N} = 1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ 。 若将人民生活习惯用的公斤力(kgf)换算成牛顿，则 $1\text{kgf} = 9.8\text{N} \approx 10\text{N}$
压力，应力	帕[斯卡]	Pa	$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$
平 面 角	弧度 度	rad °	$1^\circ = (\pi/180)\text{rad}$
旋转速度	转每分	r/min	
频 率	赫[兹]	Hz	$1\text{Hz} = 1/\text{s}$
功 率	瓦[特]	W	$1\text{W} = 1\text{N}\cdot\text{m}/\text{s}$
体 积	立方米	m^3	
	升	L	$1\text{L} = 10^{-3}\text{m}^3$

目 录

序

前言

第一章 U形渠道的发展及其优点	1
第一节 U形渠道在陕西的发展和应用	1
第二节 混凝土U形渠道的优点	14
第二章 混凝土U形渠道的设计	21
第一节 渠道断面设计的水力计算	21
第二节 U形土槽稳定分析计算	30
第三节 衬砌厚度的确定	42
第四节 预防地基冻胀和外水压力的技术措施	48
第五节 混凝土设计	51
第六节 伸缩缝设计	55
第七节 断面细部设计	58
第三章 混凝土U形渠道的施工	61
第一节 土方施工	61
第二节 混凝土衬砌施工	68
第三节 伸缩缝填料施工	96
第四节 渠道断面整修	99
第四章 混凝土U形渠道的管理	100
结束语	104
附表 混凝土U形渠道不同直径、水深、比降的流 量值及单位渠长混凝土工程量表	106
附图	112
附录 松香皂加气剂的制作及使用方法	126
主要参考资料	129

第一章 U形渠道的发展及其优点

第一节 U形渠道在陕西的发展和应用

一、U形渠道在陕西的发展过程

陕西地处干旱半干旱地带，农业供水不足，为了解决渠道渗漏问题，早在五十年代老灌区改善改建中，一般都在原梯形断面渠道上采用了各种不同的防渗措施。到六十年代，关中各大灌区已普遍用混凝土衬砌渠道。但由于冬季气温低（关中地区元月最低气温 $-17\sim-21^{\circ}\text{C}$ ，土壤冻结期从12月上旬至2月底约3个月，土壤最大冻结深度 $40\sim50\text{cm}$ ），渠床土壤冻胀，常给渠道衬砌工程带来相当严重的破坏。在此期间，科研、设计、管理部门的科技人员，曾对板形结构、混凝土及掺和料、止水材料、渠道断面形式以及提高混凝土施工质量等方面进行了大量室内外试验，取得了一些成果，但衬砌裂缝仍未得到根治。

1975年，陕西省水利科学研究所参照一些外地经验，在宝鸡峡灌区总干二支渠和斗渠上进行了一系列U形渠道结构形式现场试验，证明U形渠道同样适用于本省的自然条件，能有效地减少或防止地基冻胀引起的裂缝。通过试验还提出了适用于支渠的薄壁加肋梁结构形式，使混凝土工程量有所减少。此后，陕西各灌区也都开展了斗渠、支渠以及干渠的U形渠道现场试验，使U形渠道迅速推广开来。

U形渠道曲面多、砌体薄，人工施工不仅模型用材多、效率低，而且混凝土质量难以保证。1977~1978年，陕西省水利科学研究所首先研制成D80、D60、D40三种U形渠道衬砌机，可用于流量 $1\text{m}^3/\text{s}$ 以下小型渠道的混凝土衬砌，开始了小型渠道机械施工，生产效率大大提高，衬砌质量明显改善。陕西省宝鸡峡、泾惠渠、交口电灌等灌区和陕西省水电工程局也陆续研制成用于斗渠U形衬砌的KU-50开渠机、1KU-80双轮自抛式开渠机、用柴油机改装的衬砌机、砌缝机，并进而研制成适用于支渠U形衬砌的JKU-180开渠机、震动钢模车、液压自行衬砌机和用于土方压实的震动碾。1978年后，陕西省冯家山、宝鸡峡等灌区又成功地使用喷射混凝土法衬砌干、支渠道。这些衬砌机械和施工方法，丰富和发展了我省的渠道工程技术，加快了U形渠道建设的步伐。

从1975年到1983年的九年中，陕西省共建成混凝土U形渠道3674.64km。其中陕北、陕南数量较少，仅占1.54%；绝大多数在关中地区，占98.44%。陕西省U形渠道的分布及土壤、气温条件详见表1。

二、U形渠道在陕西的应用概况

陕西省建成的U形渠道以流量的大小来划分，其中小于 $1\text{m}^3/\text{s}$ 者占绝大多数。据对关中及陕南八个重点灌区的调查，在建成的1802.6kmU形渠道中，流量 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 以下者占85.78%； $0.5\sim 1\text{m}^3/\text{s}$ 者占4.41%； $1\sim 10\text{m}^3/\text{s}$ 者占8.24%； $10\text{m}^3/\text{s}$ 以上者占1.57%，详见表2。其最小流量为 $0.03\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量达 $25.8\sim 58\text{m}^3/\text{s}$ 。U形断面选用的圆弧半径为 $0.15\sim 3\text{m}$ 。再按通常的四级渠道划分，斗、农渠道上的U形渠道最多，其流量为 $0.05\sim 0.2\text{m}^3/\text{s}$ ，断面圆弧半径多为

表 1 陕西省U形渠道的分布及土壤、气温条件表

地 区		陕 北	关 中	陕 南	
U形渠道 长 度	km	28.28	3026.68	19.68	
	占全省%	0.92	98.44	0.64	
土 壤		粉质沙壤 土、粉质 壤 土	壤 土、 粉质粘土	粉 质 粘 土、 轻 粘 土	
1974~1983 十年中	测 点		榆 林	武 功	汉 中
	最低气温	极值(°C)	- 27.8	- 19.4	- 8.2
		年 份	1978	1977	1975
	最大冻深	极值(cm)	148	24	8
		年 份	1977	1977	1983

表 2 陕西省重点灌区混凝土U形渠道长度表

灌区名称	不同流量的U形渠道长度(km)						
	小 计	小于0.5 (m³/s)	0.5~1.0 (m³/s)	1~5 (m³/s)	5~10 (m³/s)	10~30 (m³/s)	大于30 (m³/s)
宝鸡峡引渭 泾 惠 渠	277.718	165.58	1.0	32.11	51.1	27.928	0.32
交口电灌	10.46	5.3		4.76	0.40		
冯家山水库	253.136	223.19	16.084	13.462	0.40		
石堡川水库	961.19	960.0	0.5	0.37			
东雷抽黄	49.80	11.90		37.90			
石门水库	226.70	165.80	60.90				
羊毛湾水库	14.257	5.86	0.40	7.997			
	9.34	8.69	0.65				
合 计	1802.601	1546.32	79.534	96.599	51.9	27.928	0.32
占总长%	100	85.78	4.41	5.36	2.88	1.55	0.02

表 3

部分典型混凝土衬砌

灌区及渠道名称		流 量 (m ³ /s)	衬砌长度 (km)	衬砌高度 (m)	圆弧半径 (m)	衬砌厚度 (cm)
一、 斗 农 渠	咸阳市杨陵区斗农渠	0.031~ 0.69	25.0	0.30~ 0.75	0.2~0.4	4~5~6
	冯家山斗农渠	0.06~ 0.1	960.0	0.35~ 0.4	0.17~ 0.215	3.5~4.5
	宝鸡峡北干50斗渠	0.137	1.388	0.5	0.25	5
	洛惠渠斗渠	0.37 0.8	6.396	1.0 0.8	0.6 0.8	8 7
二、 支 渠 及 干 渠	冯家山北干八支渠	2.4	0.354	1.59	1.06	6加肋
	宝鸡峡总干二支渠	2.6	5.0	1.50	1.0	7加肋
	泾惠渠二支渠	2.67	1.36	1.40	0.9	7加肋
	泾惠渠六支渠	2.0	0.55	1.30	0.9	7加肋
	泾惠渠北干分支渠	2.67	0.60	1.40	0.9	7加肋
	石门西干一支渠(下段)	3.0	1.622	1.44	0.96	7加肋
	石门南干一支渠	3.5~4.0	3.30	1.8	1.1	7~8加肋
	宝鸡峡兴一支渠	2.5~3.5	17.639	1.7	1.07	7加肋
	泾惠渠四支渠	6~8	0.402	1.8	1.2	8加肋
	交口南干渠	8	0.42	2.3	1.7	8加肋
	宝鸡峡东干三支渠	10	3.0	2.35	2.5	10加肋
	宝鸡峡原下北干渠	25.8	0.198	3.77	3.0	6~8加肋
	冯家山阎家务退水渠	58	0.32	5.1	2.9	10加肋



北林图 A00085366

U形渠道基本情况表

衬砌渠 口 宽 (m)	渠道比降	糙率	水 深 (m)	土 质	地下水 埋 深 (m)	施工时间 (年. 月)	施工方法	参见本书 附 图 号
0.44~ 0.92	1/400~ 1/800	0.015	0.25~ 0.65	中壤土	>15	1975~81	衬砌机	附图 1
0.37~ 0.45	1/600	0.014	0.3~ 0.35	中壤土	>20	1978~80	人工	附图 2
0.5	1/200	0.017	0.3	粘性土	>30	1979.11	人工	附图 3
1.20~ 2.19	1/1500~ 1/2000	0.017	0.8 0.7	沙壤土	4~5	1978	人工	附图 4
2.22	1/2000	0.014	1.39	中壤土	20	1978.5	喷射	附图 5
2.08	1/1500	0.015	1.30	中壤土	20	1975~79	人工	附图 6
2.0	1/1500	0.013	1.30	中壤土	6~8	1978	机械	附图 7
2.0	1/2000	0.013	1.10	中壤土	4~6	1983.5	机械	附图 7
2.0	1/1500	0.013	1.30	中壤土	4~6	1979	机械	附图 7
2.02	1/2000	0.014	1.24	沙壤土	0.2	1979~80	简易模板	附图 8
2.40	1/2000	0.014	1.7	粘性土	3	1978~80	简易模板	附图 9
2.22	1/1300~ 1/1500	0.015	1.41~ 1.67	中壤土	20	1977~78	简易模板	附图 10
5.02	1/2000	0.013	1.17~ 1.43	中壤土	3~4	1982.5	机械	附图 11
3.5	1/3000	0.014	2.17	中壤土	5~7	1979.11	人工	附图 12
5.6	1/2000	0.015	1.85	中壤土	50	1980~81	喷射	附图 13
6.9	1/3100	0.015	3.3	中壤土	20	1980.5	喷射	附图 14
6.66	1/6000	0.015	4.88	粉粘土	10~20	1981	喷射	

363768

表 4

部 分 典 型 U 形 渠

灌区及渠道名称	U 形 衬砌长度 (km)	施工时间 (年. 月)	检查 时间 (年. 月)	运 用 期 间			
				最低 气温 (°C)	最 大 冻土深 (cm)	槽壁水平 裂缝率(%)	
						阴坡	阳坡
一、斗农渠(各重点灌区)	1600	1975~ 1981	1983.9	0		0	0
冯家山北干八支渠	0.354	1976.5	1983.9	-21.7	31	微	微
宝鸡峡总干二支渠	5.0	1975~ 1979	1983.9	-19.4	24	0	0
泾惠渠二支渠	1.36	1978	1983.9	-15.3	33	0	0
泾惠渠六支渠	0.55	1983.5	1983.9	-15.3	33	0	0
泾惠渠北干分支渠	1.7	1979	1983.9	-15.3	33	4.0	4.0
石门西干一支渠(下段)	1.622	1979~ 1980	1983.9	-8.2	20	较多	
石门南干一支渠	3.3	1979~ 1980	1983.9	-8.2	20	较多	
宝鸡峡兴一支渠	17.639	1977~ 1978	1983.9	-19.4	30	0	0
泾惠渠四支渠	0.402	1982.5	1983.9	-15.3	33	0	0
交口南干渠	0.42	1979.11	1982.2	-16.5	21	3.3	2.4
宝鸡峡东三支渠	3.0	1980~ 1981	1983.9	-20	35	7.12	12.2
宝鸡峡原下北干渠	0.1984	1980.5	1983.9	-18.9	31	0	0
冯家山阎家务退水渠	0.132	1981	1983.9	-15	33	微	微

二、
支
渠
和
干
渠

道运用情况表

说	明
	完整、良好。唯现浇分块较大或伸缩缝间距过长者，中间有环形细缝。
	该试验段位于新作填方，厚度3、5、7、9cm不同程度均有裂缝，但无错位。裂缝多在弧底以上40°处。部分侧壁有垂直裂缝，以7cm加肋形式较好。
	1975年作的500m试验段位于填方上，厚度5、6、7、8、9cm者，不同程度有裂缝。以7cm加肋者为好，后即按此施工。
	完好。
	完好。
	完好。
	右岸稻田较高，水、土压力大，1981年有近百米渠段右壁明显内倾，后用钢筋混凝土撑杆对撑加固，修复后至今运用正常。半挖半填渠段完好。
	1978年3月建成的293m试验段中，因右岸稻田与堤顶相平，夏灌稻田泡水，在一次特大暴雨中，堰洪漫入U形空槽，填土沉陷，槽壁裂缝，向外喷水，有的槽壁倾覆槽内，后加固处理。改进后的衬砌渠段运用正常。
	完好。堤外田间夏灌水注入板后，冲刷，致使近百米预制侧板倾倒，后修复。
	完好。
	阴坡裂缝在弧底以上45°附近。北岸裂缝共4块板(8m)，其中3块1981年汛后拖拉机倒车压至渠口所致。此外堤外水井灌溉跑水，注入衬砌板后，冲刷、冻胀使5块板(10m)断裂。
	本段为6~8m高的填方渠道，填方质量极差。裂缝无错位。
	完好。
	在观测段以外的上、下段各有少量裂缝。该渠两岸填方量大，每年冬季观测前均在两岸打孔注水。

0.2~0.3m；支渠的U形渠道流量多在 $2.5\sim 8\text{m}^3/\text{s}$ 范围，选用圆弧半径多为0.9~1.2m（宝鸡峡东三支渠校核流量 $12\text{m}^3/\text{s}$ ，圆弧半径2.5m）；干渠以上流量较大的渠道只是在宝鸡峡原下北干渠（流量 $25.8\text{m}^3/\text{s}$ ）和冯家山灌区阎家务退水渠（流量 $58\text{m}^3/\text{s}$ ）上做了少量试验性工程。典型U形渠道工程的基本情况详见表3，并参见附图1~附图14。

这些灌区的U形渠道，除东雷抽黄灌区渠道和石·堡川等灌区的部分渠道系新建者外，其他多是在原梯形渠道上改建的。许多U形渠道已运用多年，最早的已经历了九个寒暑。1983年9月，各灌区曾对U形渠道运用的破坏情况进行过一次普遍检查，其结果见表4。各渠道的基础土质及基本情况参见表3。1984年6~7月，又重点调查了一些U形渠道，其运用情况概述如下：

（1）流量 $1\text{m}^3/\text{s}$ 以下的斗渠和 $2\text{m}^3/\text{s}$ 以下的支渠：槽体完好，运用正常。无论在关中、陕北有冻害地区或陕南稻田地区的深挖方渠段，均很少有水平裂缝，即使发现，也很微细短小。从未发生过槽壁倾倒破坏现象。但在现场浇筑分块较大或机械连续衬砌伸缩缝间距过长（有的6~12m，甚至更长）的渠段，横向有近于规则的环形细缝。显然，这是由于温度变化引起的。

（2）流量 $2\text{m}^3/\text{s}$ 以上的支渠：关中地区一般砌体完好，运用正常，但少数渠段有水平裂缝。其原因与填方基础沉陷、混凝土施工质量差、伸缩缝填料止水性能不好，以及基础土壤冻胀有关。一般缝位在弧底以上 45° 附近，裂缝短，不连续。个别渠段砌体块长4m，块间直线段也出现垂直裂缝，裂缝率阳坡占12%，阴坡占10%。陕南稻田地区，半挖半填渠段的绝大部分完好，运用正常。即使出现纵缝，也很