

# 灌溉渠道衬砌

D·B·克拉茨 著  
何 丕 承 译  
李崇智 朱怀祖 校

水利出版社

# 灌溉渠道衬砌

D·B·克拉茨著  
何丕承译  
李崇智 朱怀祖校

水利出版社

## 内 容 提 要

本书1977年由联合国粮农组织在意大利罗马出版。作者D.B.克拉茨调查、收集了美国、加拿大、墨西哥、苏联、巴基斯坦、埃及、印度、伊朗等十多个国家渠道防渗的实际资料，介绍了这些国家渠道防渗的各种不同的方法。全书共分五章，重点介绍渠道渗漏损失的确定和渠道衬砌的设计和施工。

本书可供各级水利和农业部门，从事农田水利工作的技术人员和渠道防渗的科研人员参考。

## 灌 溉 渠 道 衬 砌

D.B.克拉茨著 何丕承译

李崇智 朱怀祖校

\*

水利出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

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 6 $\frac{1}{2}$  印张 143千字

1980年2月第一版 1980年2月北京第一次印刷

印数 00001—12150册 每册 0.90元

书号 15047·4009

## 序 言

本书系就有关灌溉渠道衬砌技术编纂而成的一本手册，目的在于提供一本在此领域内较新较全的参考材料。书中特别强调了小型渠道的衬砌问题，因为小型渠道的衬砌在有效利用灌溉水方面起着重大作用。而这至为重要的问题却往往为工程人员和工程师们所忽视。本书的出版，对于灌渠工程的规划、设计和管理人员当能有所裨益。过去，各地在渠道衬砌技术方面，都是各自发展的，但愿此书之成，对于各个地区之间的渠道衬砌技术和设计经验的交流有所促进。

在此，谨向对本书提供资料、图片以及提出建设性意见和批评的个人、团体、公司表示感谢。

对于为本书作过审阅的联合国粮农组织的水利资源开发及管理处主任C.E.豪斯顿和已故的C.W.劳里森特表谢意。劳里森先生系一杰出的灌溉工程权威，曾经常地给粮农组织提供建议，协助其工作。

本书的度量单位一般采用公制，在认为以保持原资料单位为宜的地方，始用别种单位制，这种情况通常出现在转载表格、数据以及直接引用原文的地方。

参考书目按其内容分为A、B、C、D、E、F六类，其下条目又各按顺序标以数目，于是书内提及原著时，只用如A1、B4、B15等表示。

最后，对于为本书提供插图、图表的个人、书刊介绍单位、企业、出版机构深致谢意（下略）。

# 目 录

序 言	
引 言	1
第一章 确定采用渠道衬砌的因素	3
防渗保水	3
防止地下水位升高和减少排水费用	12
减小建筑物尺寸和渠道占地	13
降低渠道的管理养护费用	17
防止渠道冲刷, 保证建筑物安全以及其他方面的效益	20
第二章 渠道渗漏损失的确定	22
影响渠道渗漏的因素	23
拟建渠道渗漏量的计算	26
已成渠道渗漏量的测定法	42
第三章 渠道衬砌的设计和施工	56
刚性护面衬砌	56
明铺膜料衬砌	132
埋铺膜料衬砌	133
土料衬砌	150
土壤止水剂	163
输水槽、输水管、平卧管道	165
第四章 渠道衬砌形式的选择	172
确定渠道衬砌形式的因素	173
投资-效益的分析计算	185
第五章 对今后研究和发展的几点意见	191
参考文献	193

## 引 言

输水和配水，是灌溉事业中的主要工作内容。从水源引出的水，常须在渠道中输送 100 公里甚至更多。有的灌溉系统，由引水点至用水处的输水时间常达数日之久；许多灌溉系统，引水到每公顷灌溉土地上，需用长达 100 公里左右的渠道网。

灌溉渠系输配水系统的效率——也就是输水费用最低、渗漏损失最小的渠系经济指标——基本上决定着整个灌溉工程经济效益的高低。为使工程具有最大经济效益，一个至为重要的问题，就是确定渠道要不要衬砌，以及采取何种衬砌方式。在确定这一问题时，不管工程大小，都要依照同样的标准和要求进行论证，至于衡量得失的依据，则应根据具体情况，可以一样，也可不一样。

渠道是否需要衬砌，应从渠道的防渗保水、减缓灌区地下水水位上升或降低的要求、减小土方开挖和占地的费用、减小管理养护费用和保证建筑物的安全等方面所获利益进行全面分析研究，作出最后决定。

可以用来衬砌渠道的材料，多种多样，一般可分为刚性护面、膜料和土料三大类。不可能有一种衬砌在所有地方都是最经济、最适用的。每种衬砌都各具特点，各具适应条件。具体工程衬砌形式的选定，应以对当地条件进行细致的分析研究为基础。这里所说的当地条件，包括：可以获得的劳力、机械设备、建筑材料的数量及其价格；交通运输条

件；要采用的灌水方法及渠道管理制度；当地的衬砌技术水平以及将来养护方面的特殊要求等。可能获得的技工与普工的数量问题，有时也成为决定选用某种衬砌形式的最主要因素。例如，在有大批劳力急于寻求工作的地区，就不应选用可以采用高度机械化施工法的衬砌形式，因而某种衬砌，从经济上说或许是较优的，但就当地条件而言，却不宜采用。

## 第一章 确定采用渠道衬砌的因素

如果能把一定条件下渠道衬砌的各种效益准确的估算出来，则渠道应否衬砌的问题，便迎刃而解。在一些情况下，渠道应采用某种衬砌措施的理由甚为明显，详细的投资—效益分析就无必要。但在多数情况下，把衬砌效益从各个方面进行适当的估算，并将其与所拟进行的衬砌工程的原价和衬砌工程的市价进行对比分析，仍属必要。

本章将就渠道衬砌可能带来的各种有形、无形效益及其估算方法进行讨论。有关渠道渗漏损失的问题，因其内容甚多，亦甚重要，拟另在第二章中讨论。至于在各种条件下选择最适渠道衬砌的标准问题，则在第四章中讨论。

### 防 渗 保 水

当前，整个世界的用水量正继续不断地迅速增长，新水源又日益难寻，因此保水问题在世界范围内日益成为一个重大问题。不久的将来，增加天然水源的途径，只有把目前损失掉的那部分回收起来。减少渠道输水损失和控制沿渠杂草丛生，是农业上充分利用天然水源的重要途径。

没有衬砌的输水系统，水量损失一般很大。这可由表 1 所列各地的统计数值充分看出。

小型渠道和农场灌溉渠的输水损失，一般比大型输水渠道为大。流量30~140升/秒的灌水渠道，由于渗漏损失和杂





图 1 杂草蔓延的灌水沟，实测每公里渠长腾发量的损失达流量的20%

草消耗的水量每英里（1.6公里）可高达进水量的20%（图1）。作者在希腊马其顿西部流量20~100升/秒的灌水渠上，测得的输水损失平均为每公里17.5%。

渠道衬砌并不能完全消除原来输水过程中各种损失。因此，在考虑渠道衬砌问题时，应对原有渠道的输水损失进行系统的调查研究，并对衬砌后，可能减少的输水损失进行估

算，以便作出正确的决定。有的认为，在不衬砌渠道中损失的水量，大约有60~80%可借刚性护面衬砌保存下来（A3、C2）。根据经验，良好的衬砌渠道其渗漏损失不会超过30升/米<sup>2</sup>/日，这大约相当于流量140升/秒的渠道，每公里损失输水量的0.6%。

豪克（A9）指出：一般地说，把渠道的渗漏损失降低到输水总量的5%，从经济方面考虑，只有在水源不足，而农产品价格又特别高的地区才是合算的。

渠道渗漏水量可以在本灌区加以利用时，为防止渗漏而去花钱，从经济上看，并没有什么好处。

表 1

不衬砌输水系统输水损失

资料来源 (单位或个人)	国家和工程	输水损失占总 水量的百分比 (%)	说 明
美国垦务局 (A12)	美国46个灌溉工程	3~86 (平均40)	46个灌溉工程的记录。其中包括渗漏损失、渠中植物摄取的水量及水面蒸发
汉加(F6)	巴基斯坦	18~44	只考虑渗漏损失
买士兰, M.	巴基斯坦; 印度 河流域灌溉工程	35	总输水损失的平均 值
肯尼迪(B40)	巴基斯坦; 巴里 杜布渠	20 6 <u>21</u> 47	干 支 渠 配 水 渠 灌 水 沟 总 计
巴罗纳, F.(A3)	墨西哥	26 35~50	弱透水性土 强透水性土
多尼, L.D. (B2)	土耳其; 堪雅库 拉平原麦尼门平原	40 30	
劳里生, C.W. (C16)	埃及; 尼罗河三 角洲地区沙漠区新 渠系	8~10 50	由于尼罗河水所含 泥沙的影响, 数值较 低
沙罗夫, I.A. (E7)	苏 联	20~35	干渠及支渠
赛因, K.(A3)	印度; 恒河渠系	15 7 <u>22</u> 44	干 支 渠 配 水 渠 灌 水 沟 总 损 失

续表

资料来源 (单位或个人)	国家和工程	输水损失占总 水量的百分比 (%)	说 明
1962年1519号 技术援助扩充计 划报告(B40)	巴基斯坦: 恒河 一柯巴达克灌溉工 程库什塔灌区	最大40	总渗漏损失 干 渠 支 渠 第三级渠系 总 计
		5.7	
		7.3	
		<u>12.0</u>	
		25.0	
赫克特, H. 1969	伊朗: 加姆萨灌 溉工程	40	干支渠
智利公共工程 部	豪斯柯流域工程	54 (大约2.2/公里)	渠长2.5公里, 流 量1米 <sup>3</sup> /秒
国际灌溉排水 委员会(A5)	苏联: 卡拉库姆 渠长400公里, 宽 28~6米, 砂土渠道	43	第一年运行的平均 值, 以后随地下水升 有所降低
国际灌溉排水 委员会(A5)	阿尔及利亚: 埃 尔阿伦	40	平均值, 系在砂壤 土中开挖的渠道
巴基斯坦旁遮 普灌溉动力部 (D10)	旁遮普省	11	44000个灌溉渠道 上的平均值, 相当于 每年损失 $7 \times 10^9$ 米 <sup>3</sup>

表2列出了各类衬砌与不衬砌渠道渗漏损失的实测与计算数值, 由表可以看出各种不同衬砌能够减少渗漏量的范围。在不能用测验、计算或比较的方法确定渗漏量的地方, 考虑应否衬砌时, 表2可供参考。

图2及图3, 为美国犹他州洛根河道研究所, 从膨润土层衬砌和埋铺沥青层衬砌试验中, 得出的历年渗漏增长变化图。

在不衬砌渠道中, 水内露生杂草和潜水湿生植物从渠道

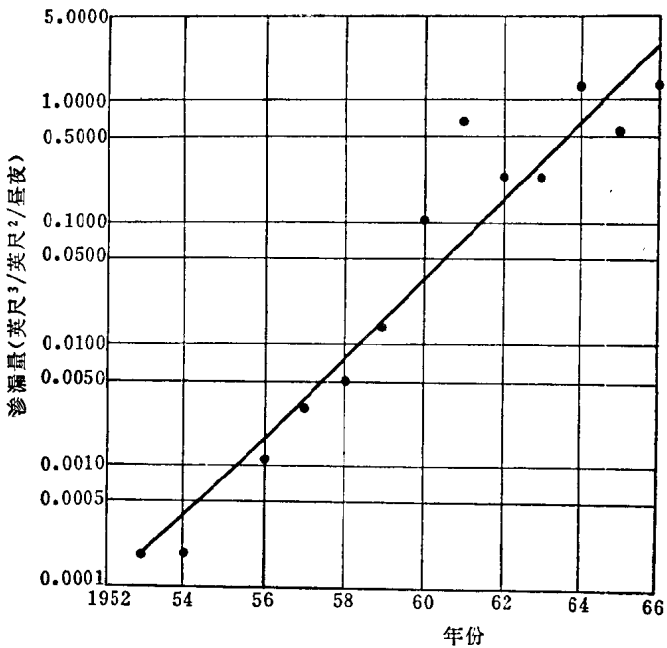


图 2 砂壤及膨润土上历年实测渗漏率图 (美国犹他州, 洛根河道研究所)

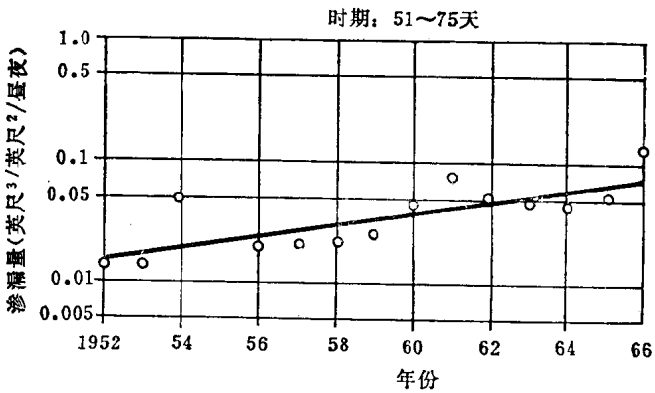


图 3 埋铺沥青层衬砌渠道历年实测渗漏率图 (美国犹他州, 洛根河道研究所)



续表

0.03 0.06 0.14 0.07 0.20 0.11	施工以后 1年以后 施工以后 1年以后 施工以后 1年以后 施工以后 1年以后	3英寸厚, 水混15.5% 3英寸厚, 水混11.0% 3英寸厚, 水混17.5%	美国 俄克拉何马州 W.C. 澳斯丁工程西支渠 (A1)	水
0.50 0.76 0.25 0.44	1957 完工以后 1年以后 1957 完工以后 1年以后	0.95 现测因附近不衬砌渠段 水混5.2% 标准水混土(干拌合) 水混9.4%		泥
0.015 0.17 0.22 0.12 0.16 0.09 0.24 0.13 0.08 0.07	完工后, 静水试验法, 两层砖灰浆砌。 1:3 水泥, 苏尔基上灰浆砌双层, 砖衬砌的估计值 衬砌前 衬砌后 衬砌7年后 衬砌前 衬砌后 衬砌7年后 衬砌后 衬砌10年后	巴基斯班 旁速普 哈维里渠 0.69 同一渠道未衬砌时的估计值 催化吹气地沥青隔水层1/8~1/4英寸厚, 盖土8英寸, 渠道开挖在粘土, 斯维夫特卡伦特干渠 1.32 测验段不衬砌 美国 爱达荷州 博伊西工程 萨维奇试验支渠1/8~3/16 美国 爱达荷州 博伊西工程 萨维奇试验支渠, 湿周9英尺 埋设有有机纤维增强预制沥青隔水层, 湿周9英尺 衬砌后 衬砌1年后 衬砌2年后 衬砌3年后 衬砌4年后 衬砌后 衬砌1年后 衬砌2年后 衬砌3年后 衬砌4年后	(C62) (C2) (B30) (A1) 10 (A1) (A1) (A1) (A1)	砖 衬砌 8 泥 青 膜 料
0.021~0.16 0.015 0.013 0.33 0.19 0.17	衬砌以后 衬砌10年以后 衬砌10年以后 衬砌10年以后 衬砌10年以后 衬砌10年以后	施工后4年, 6英寸厚, 黑色聚乙烯, 砾石和土覆盖 加拿大 阿河流域格罗弗杜高特渠 1, 密尔厚薄膜 4, 密尔厚薄膜 8, 密尔厚薄膜	美国 爱达荷州 博伊西工程 萨维奇试验支渠, 湿周1/16英寸厚, 埋设纤维增强预制隔水层, 湿周9英尺 美国 加利福尼亚 明姆黑柔乙烯薄膜衬砌渠道	塑 料 薄 膜
		2.00 衬砌前 12.28 衬砌前观测(砂质土)	(B30) (C38)	

续表

0.09	衬砌刚做成以后	加拿大 博河工程 F-2 支渠, 天然土质: 弱粘土和砂	4.39	衬砌前	(B30)	压								
0.18	10年以后	衬砌: 压实粘土, 砂和砾石覆盖				实								
0.10	刚衬砌后	加拿大 头普尔格里克 B 支渠, 天然土质: 粘土、粉土, 衬砌: 20 英寸厚, 压实粘土	2.00	衬砌前	(B30)	土								
0.25	衬砌 4 年后	下面为砂和砾石, 衬砌: 20 英寸厚, 压实粘土				料								
0.10	刚衬砌后	加拿大 头普尔格里克 C 支渠, 天然土质: 粘土、粉土, 衬砌: 1.16 衬砌前	1.16	衬砌前	(B30)	衬								
0.26	衬砌 5 年后	12 英寸厚, 压实粘土				砌								
0.41	衬砌前	天然土: 粘土、粉土和砂			(B30)									
0.13	刚衬砌后	加拿大 头普尔格里克干渠, 衬砌: 20 英寸压实粘土												
0.24	衬砌 6 年后													
0.40	附近渠段不衬砌													
0.07	弱粘土衬砌, 渠底压实 1 英尺, 边坡 1:3, 粘土在渠底及左侧边坡上衬砌		2.20	衬砌前		12								
0.28	用 50 厘米厚粘原石灰石铺碎泥浆衬砌后					13								
0.11	处理后 4 天, 美国 西怀俄 伊麟工程支渠 (石油基乳液)	1.35 处理后 15 个月	2.36	处理前 (粉土、细砂至中砂)	(C20)	水下土								
1.04	膨润土封闭前	美国 南达科达州 米苏里				止								
1.06	膨润土封闭后	第一段 } 河流城工程安哥威因拉				水								
1.08	膨润土封闭前	第二段 } 灌区, 水深 2.5 英尺				剂								
0.75	膨润土封闭后					防								
0.67	刚处理后	1.99 用树脂聚合				渗								
1.37	3 个月以后	物处理前												
0.98	12 个月以后	美国俄 (C20)												
1.40	16 个月以后	怀明州 } 伊麟工												
		程麦克 } 带淤												
		阿马斯支渠 } 泥砂土												
0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
24 小时内湿周面积上每平方英尺的渗漏损失量(英尺 <sup>3</sup> /英尺 <sup>2</sup> /日)														
24 小时内湿周面积上每平方米的渗漏损失量(米 <sup>3</sup> /米 <sup>2</sup> /日)														

## 表 2 的说明

1. 在一般情况下, 渗漏损失不致引起地下水位升高。渠道愈新, 渗漏损失愈大。随着渠道建成的日期的延长, 渗漏损失就会显著地日益下降, 渠水含沙量大的渠道, 尤其这样(A7)。

2. 美国垦务局收集的不同土质的渠道实际渗漏量的资料, 系八个不同工程上的实测渠道渗漏的平均值(A9)。

3. 印度昌巴尔地区右干渠上 17000 英尺不衬砌渠段静水试验的实测值(B26), 该灌区地下水位低于渠底 1 米, 渠道平均湿周 5 米, 渠道已使用了 8 年。

4. 美国怀俄明州北普拉特河工程(A1)在州际支渠上进行的六个静水试验和六个渗漏量与水深关系试验的资料(24A)。

5. 美国东康特拉科斯特渠, 第二、三洼地试验资料(A9)。

6. 美国科罗拉多州柯林斯堡 E-W 农场支渠试验资料(A9)。

7. 美国新墨西哥一得克萨斯州格兰德河工程西干渠三个试验渠段上得出的平均值(A1)。

8. 印度巴克拉干渠(C2), 底宽 16~19 米, 水深 6 米。

9. 墨西哥干渠平均渗漏率。流量约 110 米<sup>3</sup>/秒, 水深 4~5 米(A3)。

10. 美国怀俄明州肖肖尼工程 R-4-5 支渠(A1), 设计流量 2.4 米<sup>3</sup>/秒, 水深 0.64~0.67 米。

11. 加拿大波河 FS 支渠上两个试验段, 渠道开在砂和砾石的壤土上, 尺寸不详(B30)。

12. 美国新墨西哥图卡姆克里工程康查渠(A1), 流量 19.8 米<sup>3</sup>/秒, 试验时水深 2 米。

13. 摩洛哥, 阿卜达杜卡拉引水渠, 流量 16 米<sup>3</sup>/秒。衬砌前渗漏损失指的是多孔隙沙土地带渠道的渗漏损失(A3)。

摄取大量水分通过蒸腾作用散发到空中, 这部分水量可借渠道衬砌保存下来。根据观测, 某些亲水天然植物的耗水量比多数大田作物高出 50~100%。根据美国 1948 年调查, 在垦务局管辖下的 22600 公里渠道上, 每年约有 1.85 亿米<sup>3</sup>的水被杂草消耗掉(E4)。计算这一水量的方法见 H. F. 布兰尼著《水的消耗与湿生植物消耗掉的水量》(美国土木工程师协会会刊, 2929 期, 1961 年 9 月号)。从不让杂草耗水这一点, 就可以说明刚性衬砌护面的优越性, 因为它可防止杂草生长。



如果对由于衬砌而保存下来的水量不予利用，或渠道渗漏并不是迫切要求解决的问题，而侈谈防渗保水，就毫无意义了。如果因防渗保存下来的水量，能够引到水分供应不足，生产就不能充分发展的土地上，则应将其增产值计算出来，归诸衬砌效益的项下。就是这样做了，但是扩大灌溉面积，对于整个工程及当地社会和居民的全部利益，有时则难以计算。扩灌面积和原有灌区由于水量充足而增产，只不过是个别农民的净收益，这是可以算出的，但这只是衬砌效益中最小的一部分。人们从土地的生产发展，消费的增长所获得的利益，才是衬砌保水的最大效益，虽然这是难以精确计算出来的（A8）。

### 防止地下水位升高和减少排水费用

渠道渗漏的大小对土地排水的影响，是一个难以度量的问题。由渠道渗漏的水，常常在进入地下透水层后便告消失，却在离渠较远的低洼地区重行出现。因此，在渠道建成以前，难以准确判定什么地方会出现地下水升高问题。地下水位较高地区，有时地下水位升高的原因错综复杂，不能片面孤立地去考虑。如果不把支渠系统和农场渠道系统都加以衬砌，同时适量灌水，以免加重排水系统负担，而只衬砌干渠，这只能局部地减缓灌区的地下水问题。因此，在考虑灌区的排水问题时，必须对灌区内的自然排水条件，预定的农场灌溉效率，可能出现的盐碱问题，以及渠道大量渗漏引起灌区地下水位升高后，所带来的土地和经济方面的损失和对人们生活的影响等方面，进行全面细致的分析研究。在研究排水问题时，还应考虑到，地下水位过度降低反而会促使不衬砌渠