



渠道防渗技术

论 文 集

中国灌区协会 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

渠道防渗技术 论文集

中国灌区协会 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是中国灌区协会召开的两次渠道防渗衬砌技术研讨会交流论文的汇编。为方便阅读,分为:渠道防渗衬砌的综合技术,渠道防渗衬砌的防冻胀技术,渠道防渗衬砌的施工技术,渠道防渗衬砌的试验研究,黑龙江省水科院、内蒙古河套灌区和河北省石津灌区渠道防渗衬砌技术专栏以及工程实例等8个部分。

本书除灌区工程技术人员使用外,亦可供从事灌区建设与管理的有关科研、规划设计、施工、管理等部门技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

渠道防渗技术论文集/中国灌区协会编. -北京:中国水利水电出版社, 2003

ISBN 7-5084-1671-6

I. 渠… II. 中… III. 渠道防渗-文集 IV. S274.3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 074975 号

书 名	渠道防渗技术论文集
作 者	中国灌区协会 编
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 19.5 印张 462 千字
版 次	2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷
印 数	0001—3100 册
定 价	50.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

党的十六大提出了全面建设小康社会的奋斗目标。灌区在保护国家粮食安全、城乡生活供水、保护和改善生态环境等方面起着十分重要的作用。新中国成立以来,农田灌溉事业迅速发展,灌溉面积从2.4亿亩增加到8.25亿亩,占全国耕地面积42%的灌溉农田,生产出占全国3/4粮食总产量和4/5经济作物产量。我国之所以能以占世界不足10%的耕地,养活了占世界22%的人口,灌溉发挥了举足轻重的作用。

由于种种原因,我国已建灌区普遍存在着设计标准偏低、工程设施配套程度差、老化失修、效益衰减等问题。“九五”以来,国家加大了对灌区续建配套与节水改造的投入,许多灌区多年未能解决的老大难问题,初步得到了解决。渠道防渗衬砌是灌区续建配套与节水改造的主要内容之一,涉及许多新技术、新材料、新工艺,渠道防渗衬砌工作能否健康发展,直接关系到国家投资的效益和灌区今后的可持续发展。

为配合国家正在实施的灌区续建配套节水改造,中国灌区协会于2002年10月在陕西西安市、2003年4月在山东青岛市,分别召开了渠道防渗衬砌技术研讨会。两次活动得到了有关单位和广大会员单位的关心和支持,许多同志认真准备论文在研讨会上踊跃发言。应会员单位的要求,我们对在研讨会交流的论文进行了汇编。

衷心希望本论文集的出版发行,有助于提高我国渠道防渗衬砌技术水平,推动我国灌溉事业的发展。同时,也是中国灌区协会为广大基层同志办实事的具体行动。

论文集的出版得到有关领导、单位、特别是灌区主管部门和灌区广大工程技术人员的大力支持,在此深表谢意!

由于汇编时间仓促,编者水平所限,书中欠妥或谬误之处,敬请读者批评指正。

编者

2003年9月

目 录

前 言

- 1 当前发展节水灌溉应注意的几个问题 翟浩辉
6 渠道防渗、衬砌技术发展中的若干问题与建议 冯广志 周福国 季仁保

一、渠道防渗衬砌的综合技术

- 15 陕西省渠道防渗工程技术的经验 陕西省水利厅
19 黑龙江省大型灌区渠道防渗技术的探讨 崔伟 赵双权 魏邦纪
23 宝鸡峡灌区渠道防渗技术的总结 陕西省宝鸡峡引渭灌溉管理局
29 渠道防渗衬砌结构形式的探讨 毛全年
35 尊村灌区渠道防渗技术研究 相保成 王俊武 赵永安
41 鸭河口灌区渠道防渗技术探讨 刘天杰
46 渠道防渗技术有关问题探讨 刘顺发
50 混凝土预制板衬砌渠道坡面破坏的原因分析及防治措施 张文渊
54 合理采用渠道防渗技术 有效提高水的利用率 唐紫亮
57 大型灌区节水改造防渗渠道断面的优化设计 余长洪 周明耀 姜健俊 乔保雨

二、渠道防渗衬砌的防冻胀技术

- 67 冬季输水的混凝土渠道防冻胀破坏的研究 余书超 宋玲 欧阳辉
70 黄河下游引黄灌区衬砌渠道防冻胀破坏措施的研究 周振民
78 衬砌渠道防冻胀破坏措施的探讨 李强坤 詹子胜 王世忠
82 防渗抗冻措施在景电一期灌区节水改造中的应用 周瑾成 阎立泰
86 党河灌区渠道防渗与防冻胀技术措施 达勇 王建明 宋军
89 抗冻技术在江东灌区配套工程中的应用 张桂川 刘文启 郭艳波
94 混凝土防渗渠道冻胀破坏的原因分析及防治措施 张文渊

三、渠道防渗衬砌的施工技术

- 101 喷射混凝土防渗技术在绵河灌区人民渠的试验应用 张生庭 宋富明 郝秋粮

- | | | | |
|-----|-------------------------|-----|---------|
| 104 | 现浇混凝土弧底梯形断面渠道施工技术的初探 | 郎向东 | 巩文军 |
| 108 | 混凝土外加剂在衬砌工程中的应用研究 | 王景元 | 郝爱荣 |
| 111 | 浆砌条石圆涵在晋江灌区仕头渠道防渗工程中的应用 | | 苏强生 |
| 116 | 引汉灌区渠道滑坡和衬砌实例的剖析 | | 钟小平 |
| 121 | “U”形混凝土预制槽在渠道防渗工程中的应用实践 | 陈兴国 | 张绪清 龚春芳 |

四、渠道防渗衬砌技术的试验研究

- | | | | | |
|-----|-----------------------|-----|-----|------------|
| 129 | 粉煤灰混凝土在沿海垦区渠道防渗工程中的应用 | 周明耀 | 刘文俊 | 周进 |
| 135 | 矿渣砖防渗渠道的试验运用及观测分析 | 杨代亮 | 王赛朝 | 倪红举 |
| 142 | 渠灌区低压管道技术设计与应用发展 | 崔京平 | 刘素君 | 王旭辉 |
| 149 | 环保型绿色植被混凝土的开发与应用 | 孙永军 | 刘学功 | 程庆臣 隋涛 张岳松 |

五、黑龙江省水科院渠道防渗衬砌技术专栏

- | | | | | | |
|-----|---------------------------|-----|-----|-----|---------|
| 155 | 寒冷地区渠道防渗技术的试验研究 | 阚瑞清 | 孙景路 | 吴富平 | 袁安丽 |
| 159 | 改性聚丙烯纤维混凝土在高寒地区水利防渗工程中的应用 | | 孙景路 | 吴富平 | 袁安丽 |
| 163 | 固化土材料的试验研究 | | 袁安丽 | 孙景路 | 毛世峰 |
| 167 | 寒冷地区混凝土衬砌渠道防冻胀设计的探讨 | | 那文杰 | 吴富平 | 袁安丽 |
| 170 | 分散土渠道边坡破坏的机理与防治 | | 阚瑞清 | 张滨 | 吴富平 |
| 174 | 浅谈灌区中渠道防渗措施的经济效益 | | 吴富平 | 那文杰 | 韩雷 |
| 178 | 寒冷地区大型渠道防参与防护新技术方案的研究 | | 袁安丽 | 孙景路 | 阚瑞清 吴富平 |

六、内蒙古河套灌区渠道防渗衬砌技术专栏

- | | | | | | |
|-----|--------------------------|-----|-----|-----|------------|
| 185 | 内蒙古河套灌区渠道衬砌防冻试验的研究 | 马祖融 | 兰玉 | 樊奉春 | 张义强 |
| 189 | 内蒙古河套灌区节水灌溉综合技术试验与示范的研究 | | 程满金 | 申利刚 | 康跃 沈红膺 |
| 193 | 渠道衬砌铺设聚苯乙烯板保温防冻害试验的研究 | | 申利刚 | 程满金 | 康跃 沈红膺 |
| 199 | 隆胜节水示范区工程改造后对环境变化的初步探析 | | 赵培清 | 程满金 | 申利刚 康跃 沈红膺 |
| 205 | 从隆胜节水示范工程看河套灌区节水改造模式及其效益 | | | 赵贵成 | 李建伟 |
| 210 | 河套灌区渠道防渗技术的探讨 | | | 周丽萍 | 白中强 |

七、河北省石津灌区渠道防渗衬砌技术专栏

- | | | | |
|-----|-------------------|-----|---------|
| 219 | “三新”技术在灌区防渗工程中的应用 | 单兆民 | 郭宗信 |
| 223 | 石津灌区的渠道防渗技术及改进措施 | | 朱永乾 |
| 226 | 混凝土渠道防渗及其效果分析 | | 孟建法 |
| 230 | 浅议混凝土防渗渠道冻害的防治 | 张向往 | 单兆民 张永增 |

八、工程实例

- | | | | | |
|-----|--------------------------|------|-------------|-----|
| 235 | 头屯河灌区渠道防渗布局与节水效益的分析 | 欧阳定基 | 欧阳辉 | 张新贵 |
| 238 | 景电一期灌区渠道更新改造防渗技术的应用 | | | 宁守家 |
| 241 | 漳州市渠道防渗工程建设技术 | 林良炎 | 张来泉 | 张丽明 |
| 246 | 混凝土预制板在惠女灌区渠道防渗中的应用 | | | 苏强生 |
| 251 | 小开河引黄灌区输沙干渠复合防渗技术的应用 | | | 王景元 |
| 255 | 渠道防渗技术在潇河灌区的应用与推广 | | | 贺恒丽 |
| 259 | 向东渠渠道防渗及大型建筑物的维护 | | 朱龙昌 | 邓济坤 |
| 264 | 漳滏河灌区渠道防渗的探讨 | | 河北省漳滏河灌区管理处 | |
| 269 | 都江堰灌区防渗技术及老化工程的治理 | | 四川省都江堰管理局 | |
| 274 | 漳河灌区土工膜防渗技术的应用 | | | 李赵琴 |
| 278 | 汾西灌区渠道工程防渗的措施 | | | 卫国庆 |
| 280 | 三义寨引黄灌区骨干工程渠道防渗技术 | | | 李世月 |
| 284 | 上海市崇明灌区渠道水土保持和防渗技术的应用 | | 陈松 | 张利东 |
| 287 | 新材料新技术新工艺在位山灌区节水改造施工中的应用 | | 许晓华 | 陈文清 |
| 290 | 渠道防渗衬砌技术在洛惠渠灌区中的应用 | | | 许俊峰 |
| 295 | 冶河灌区渠道防渗技术形式及效果 | | 郝敏霞 | 王旭辉 |
| 302 | 引汉灌区渠道防渗衬砌 | | | 彭选择 |

当前发展节水灌溉应注意的几个问题

水利部副部长 翟浩辉

随着我国经济社会的进一步发展，水资源的战略性地位日渐重要。发展节水灌溉，已经成为缓解我国水资源紧缺矛盾的战略选择。面对新的形势，必须进一步认清形势，提高认识，切实把节水灌溉作为一项革命性措施来抓。要以“三个代表”重要思想为指导，抓紧完善节水灌溉规划和制定相关政策，大力推进节水灌溉技术和设施的研究、生产和应用，尽快制定有关技术标准并规范市场秩序，建立健全节水灌溉服务体系。

一、发展节水灌溉事业，是缓解我国水资源紧缺的战略选择

当前，节水灌溉工作面临着新的形势和新的挑战，节水灌溉的发展速度和规模还远不能适应新形势下农业、农村经济乃至经济社会可持续发展对水资源的要求。

首先，发展节水灌溉，是保障国家供水安全、粮食安全和经济社会可持续发展的需要。

第二，发展节水灌溉，是提高用水效率、建立节水型社会的需要。我国水资源紧缺，同时，农业用水浪费十分严重。一是灌溉水利用系数低；二是灌溉定额普遍偏高；三是自然降水利用率低；四是农业用水效率不高；五是用水效率在地区之间的差距很大；六是初步改造的节水灌溉工程面积仅占全国灌溉面积的 31%。农业节水潜力巨大。

第三，发展节水灌溉，是恢复和建设良好生态系统的需要。我国生态环境建设是一项长期艰巨的任务，需要采取综合措施。大力推进节水灌溉发展，对生态环境建设和保护有十分重要的意义。一是大力发展节水灌溉，节约农业用水量支持生态环境建设用水；二是大力发展节水灌溉，从源头节水，严格控制上游用水，可以缓解下游用水紧张矛盾，遏制下游生态环境恶化趋势，为逐步恢复和保护生态提供支持；三是大力发展节水灌溉，是草原生态建设的根本保障；四是大力发展节水灌溉，减少灌溉用水量，有利于水环境改善，有利于遏制地下水进一步超采和减少地质灾害。

第四，发展节水灌溉，是调整农业与农村产业结构、增加农民收入、发展现代农业、促进农村水利现代化的需要。节水灌溉，说到底就是科学灌溉、现代灌溉。推行节水灌溉的过程，就是加快农村水利现代化、促进农业现代化的过程。建立面向市场和资源双重约束的节水型种植业结构，优化各有关生产要素的时空配置，最大限度地挖掘农业自然资源的生产潜力，是持续增进我国农业生产力、保障农民增收、提高农产品竞争力和确保粮食

安全的战略选择。大力推行节水灌溉，推动农业节水工作，也是服务于农业和农村中心工作、促进农业结构调整、增加农民收入的重要保障措施。一方面，以市场为导向，调整农业种植结构，对灌溉排水和耕作栽培技术提出了许多新的更高的要求，不仅要实行适时、适量灌溉，还要保证作物的水、肥、气、热的综合要求，不仅要提高农作物的产量，还要保证作物的质量，提高农产品的市场竞争力，建设高效农业，增加农民收入。

二、发展节水灌溉在全局上应注意把握的几个问题

节水灌溉是一项系统性工作，涉及国民经济的很多行业 and 部门。大力推进节水灌溉必须综合运用法律、行政、技术、经济、宣传教育和管理等各种手段，调动全社会的力量，协调一致，形成合力，共同推进。研究节水灌溉工作，关键是要研究建立有中国特色农业节水技术体系，研究如何调动广大农民节水的积极性。

首先，节水灌溉要以“三个代表”重要思想为指导，始终代表广大农民的切身利益，把发展节水灌溉与改善农业生产条件、促进农业结构调整和增加农民收入结合起来，建立完善的政策保障体系。

完善的政策体系是大力推进节水灌溉的保障。当前首先要制定科学的用水总量控制和定额管理指标体系。做到计划用水、计量收费、超定额累进加价，节约奖励，逐步建立适合我国国情和水情的农业用水分配和管理机制。其次是建立稳定的节水灌溉投入机制。节水灌溉工程建设和技术、设备的研究开发应列入各级政府基本建设规划，并优先安排。第三是制定鼓励节水的优惠政策和补偿政策。进一步调动灌区和农民对节水的积极性。对生态效益和社会效益较大的节水工程，如大型灌区骨干工程的节水改造、为解决流域上下游用水矛盾采取的工程措施、重点严重缺水地区的节水工程等，基本建设和技术改造以国家投入为主，因水费减少造成的管养费用不足由财政补贴。对经济效益较好的节水工程，如采用滴、微、喷灌等节水灌溉技术发展蔬菜、花卉等经济效益突出的“三高”农业、“特色”农业等，实行免征农林特产税的鼓励节水政策，并按“谁投资、谁所有、谁管理、谁受益”的原则，确定产权，充分调动农民兴建节水灌溉工程的积极性。第四是建立合理的水价形成机制。按照补偿成本、合理收益、节约用水、公平负担的原则，制定符合各地实际情况的实施办法，逐步理顺水价，分步到位。第五是完善水费计收和管理办法，逐步引入用水户参与管理的形式，做到水价和水费的公开透明。对一些高扬程提水灌区（特别是高扬程的引黄灌区）、机电井灌区，给予优惠电价或电费补贴政策，以降低运行成本，保障这些地区农业持续稳定发展。第六是加强对灌溉水源和灌排工程设施的管理和保护，落实占用补偿政策，以保障灌排面积的稳定和发展，维护国家、集体和农民管理经营灌排设施的合法权益。第七是深化农田水利灌溉工程的改革。在灌区支渠以下推广以用水户参与为主的改革，小型农村水利工程要明确所有权，探索建立以各种形式农村用水合作组织为主的管理体制，因地制宜，采用承包、租赁、股份合作等灵活多样的经营方式和运行机制，从根本上解决长期以来灌区斗渠以下和小型农田水利工程政府管又管不好以及建设维修养护职责不明确、资金无来源、水费不公开透明。层层搭车、用水矛盾多等问题。

其次，以提高用水效率和综合生产能力为目标，以水资源承载能力分析和建立强制节水、效益节水两套指标为手段，建立科学的节水灌溉规划体系。

规划是工作的基础，大力推进节水灌溉发展首先要建立科学的规划体系。各级政府应从战略的高度认识节水灌溉的重要意义，把节水灌溉作为水利建设的战略重点和优先领域，列入同级国民经济和社会发展规划中。节水灌溉规划应充分考虑各地水资源承载能力和水资源的可持续利用，按以供定需、以水定种植结构、以水定发展规模、以水定经济布局，统筹考虑生产、生活和生态用水，积极推进强制节水、效益节水两套指标体系建设；节水灌溉规划应与水资源规划、农业规划和生态建设规划相协调，以水土资源的优化配置和高效利用为目的，统筹考虑地表水、地下水、土壤水、雨水、灌溉回归水和城市污水等多种水源的综合利用；要充分考虑加入 WTO 农业面临的挑战以及农业和农村经济结构调整的要求，加大节水灌溉新技术、新材料、新工艺的研究开发推广力度，加快科技创新、成果转化和产业化步伐，带动农田水利和农业现代化；要因地制宜，根据不同地区的水资源状况、自然和气候条件、农业生产经营方式、作物种类和经济发展水平等，科学确定节水灌溉和旱作农业的布局 and 模式；要突出重点，确定节水灌溉工程和旱作农业的重点发展区域以及节水技术研发的重点领域和生产的重点区域布局。规划还应充分体现节水灌溉的系统性，既要统筹考虑农业生产发展布局和水资源配置，工程节水和非工程节水，先进技术和常规技术，技术研发推广和服务体系建设，效益节水和强制节水，建设和管理，经济效益、社会效益和生态效益，还要明确各部门的密切配合和协调，特别是提出系统性的政策保障措施。

第三，大力引进先进科学技术，开展节水灌溉技术、设备设施研究，建立完善节水灌溉技术研究、产品推广体系。

一是加强节水灌溉基础研究，特别是节水管理和节水经济的研究；加强作物需水规律、灌溉用水定额、评价指标等基础研究工作；积极开展雨水资源、劣质水资源、旱区水资源的高效利用研究等工作。二是加强实用技术研究。在总结各地节水灌溉技术和设备应用推广的基础上，组织技术人员研制适合我国发展的各种节水灌溉设备设施，通过改进和创新，降低成本，提高设备的质量和性能。三是加速节水灌溉科研成果的转化。积极推动科研院所和设备生产企业的联合，加速节水灌溉设备技术科研成果的转化。

第四，按照社会主义市场经济体制的要求，引进市场竞争机制，规范节水灌溉技术标准体系，健全节水灌溉市场。

一是完善适应节水灌溉发展新形势的节水灌溉技术和设备标准体系，促进节水灌溉技术运用和节水产品设备生产的标准化。二是规范市场秩序。建立国家节水灌溉设备生产企业生产许可证制度和国外节水灌溉产品的市场准入制度，加大产品质量监督和检查力度，实行节水灌溉产品质量定期监测制度，及时发布抽查结果，严厉打击伪劣产品进入市场。建立国家节水灌溉技术、设备产品信息库，实现信息共享。建立节水灌溉工程设备的集中采购制、招标投标制和监理制，打破地方保护主义，保证工程质量，维护市场秩序。

第五，突出农民在节水灌溉中的主体地位，充分发挥水利技术人员在节水灌溉服务中的主体作用，建立健全节水灌溉服务体系。

广泛调动科研院校、生产企业的积极性，建立以各级水利服务组织为主体，科研、高校、企业、管理单位广泛参与的推广服务体系。利用先进的信息技术建立全国旱情预报和

灌溉信息服务系统，定期发布信息；充分发挥近4万个乡镇水利站、13万基层水利技术人员的主力军作用，全面开展以技术推广和生产示范为重点的基层培训，普及节水灌溉知识，让基层水利技术人员和部分农民切实掌握节水灌溉知识和技能，形成一支能带动和影响广大农民把发展节水灌溉和增加收入结合起来的骨干队伍；组织科研人员开展节水灌溉规划设计、技术咨询、信息服务、人员培训等服务，鼓励科研人员在科技成果转让、承包经营等活动中参与效益分配。

三、当前节水灌溉应着力抓好的几项工作

“九五”以来节水灌溉工作取得了显著成绩，但发展规模、速度、节水产生的效果都还不适应客观形势的要求，与党中央、国务院提出的“把推广节水灌溉作为革命性措施来抓”的要求还有很大差距。要使节水灌溉有一个更快地发展，当前应重点抓好以下几方面工作。

一是抓紧制定和完善节水灌溉规划。节水灌溉虽然在我国已开展多年，但目前有的地方仍存在概念不清、认识不到位、标准不具体、措施单打一等问题，非常有必要针对节水灌溉存在的实际问题，提出工作的总体思路和科学规划，以进一步明确不同类型地区节水的指导思想、原则以及工作的总体部署、具体的目标任务要求、可操作性强的行动计划。

二是抓紧制定和完善有利于推进节水灌溉发展的政策和办法。近年来，国家已出台了一些促进节水的政策措施，但与党中央国务院要求和客观形势需求比力度不够大、成效不够显著，有些政策亟待完善配套。如，中央早已明确“开源与节流并重，把节水放到优先位置”原则，但节水至今尚无稳定的投资渠道，现行投资政策仍是向“开源”倾斜；又如，一些靠灌溉水费维持运转的灌区积极节水，水费收入随着供水量减少而减少，社会效益非常显著，但管理单位的财务出现困难。目前缺乏能持久调动管水单位节水积极性的经济补偿政策。

三是加强灌区续建配套节水改造。推行节水灌溉，无论是实施用水总量控制、田间用水定额管理，还是采用其他管理措施、农艺节水措施都要有必要的物质基础条件，如完善的渠系工程，配套齐全的水量水位控制建筑物和监测设施等。近几年国家通过发行国债，增加了灌区节水改造投资，取得了初步成效。但灌区硬件设施历史欠账太多，已有的投入和客观需求差距很大。这里我要特别强调的是，灌区改造要大力依靠科技进步和加强管理。

四是加强节水灌溉技术应用基础研究和实用新技术开发。推行节水灌溉，涉及资源、环境等方面的许多深层次相互关系问题，如河流上游节水对下游生态环境产生什么影响，地下水超采地区对地下水环境产生什么影响，节水会对农产品品质产生什么影响等，需要从各方面加强研究。再如，目前提倡的许多节水方法、技术、标准和设备还很不完善，缺乏系统的组合集成配套，农民在使用中反映存在这样那样的问题，需要从科技方面继续做工作。科技部门最近已经把节水作为“十五”重大科技项目列入计划。

五是节水灌溉技术推广服务体系建设。大量节水灌溉措施要通过农民实施，面对农民受教育程度偏低，掌握节水方法和技术能力较弱的现实，必须进一步加强各种节水示范区建设，编印散发节水科技宣传材料，举办灵活多样、农民喜闻乐见的节水培训班。这些工

作需要有健全的基层技术推广服务体系。在乡镇机构改革中，应当注意不要削弱而应进一步加强基层水利服务组织。

六是加强管理，加大宣传力度。大力推进节水灌溉，既要重视硬件建设，还要重视加强管理，通过科学管理出效益。一方面要加强工程管理，以确保工程效益发挥；另一方面要抓灌溉管理，按流域统一管理水资源，做到保护与合理配置相结合，上中下游均衡发展。制定和推动合理的水价政策和水费计收机制。要利用各种媒体，通过生动活泼的形式，提高农民的节水意识，引导农民投入发展节水灌溉，使节水成为全民的自觉行动。

渠道防渗、衬砌技术发展中的若干问题与建议

冯广志 周福国 季仁保

(中国灌区协会)

灌溉渠道是灌区工程的主要组成部分,是把灌溉水输送调配到田间的不可缺少的工程设施,渠线长,占地多,工程量大,管护维修任务重,在灌区新建和续建配套技术改造中占有十分重要地位。渠道防渗衬砌工程投资约占目前各地灌区续建配套技术改造总投资的2/3左右。据不完全统计,自1998年实施大型灌区续建配套节水改造以来,累计衬砌大型灌区干、支渠道达5300km,配套改造建筑物3.8万座,与田间工程等其他节水综合措施配套,年节水约为110亿 m^3 ,节水效果显著。

目前,我国灌溉渠道总长约为300万km,其中80%为土质渠道,土渠输水的渗漏惊人,约占水量的一半。已防渗衬砌的渠道只有1/5左右。大量宝贵的灌溉水源在输水过程中渗漏损失,十分可惜。采用渠道防渗、衬砌技术措施,可以大幅度提高渠系水的利用系数。如陕西省宝鸡峡灌区总干渠,采用混凝土防渗衬砌措施后,每年减少渗漏水量约为2.4亿~2.9亿 m^3 。内蒙古河套灌区,渠系水利用系数现为0.42,以年引黄河水量52亿 m^3 计,大约有近30亿 m^3 的水在渠道输水过程中渗漏损失掉,不仅如此,还招致地下水位抬高,土壤盐碱化程度加重。该灌区续建配套与节水改造规划,拟采用渠道防渗衬砌和田间节水等综合措施,预计项目完成后,可使渠系水利用系数提高到0.66,综合节水效果约为12亿 m^3 。同时还能控制灌区土壤盐碱化的发展。再如河北省石津灌区,到2002年底,全灌区已完成181条共490km的斗渠以上渠道防渗衬砌,实测数据显示,防渗后比防渗前减少渗漏损失53%~80%,如果按照该《灌区改造规划》实施,渠道防渗衬砌后的渠系水利用系数将由原来的0.424提高到0.72左右。节省出的水,可用于石家庄市城市生活、工业以及改善环境用水。

推广渠道防渗、衬砌技术,不仅可以减少水的渗漏损失,还可以提高渠道输水能力,缩短输水时间,提高灌溉效率,起到防冲、减淤、防坍塌、稳定渠床,以及保证输水安全等作用。对于西北内陆荒漠戈壁上纵坡和流速很大的渠道、黄河下游淤积严重的渠道、高填方易坍塌的渠道、地质条件复杂的傍山渠道,以及提高灌区现代化水平需要衬砌防渗的渠道等,都有着十分重要的作用和意义。

一、科学规划和充分论证是搞好渠道防渗衬砌的前提

虽然渠道防渗衬砌可收到显著节水效果,也是建设现代化灌区重要内容之一,但所需

投资数额巨大。全国 402 个大型灌区续建配套与节水改造规划，总投资为 1793 亿元，其中近千亿元的投资将用于渠道工程，如此巨额资金，对于我们这样一个发展中国家，显然短期内难以全部实施。同时还应注意到，防渗衬砌有可能对地下水补给、生态环境保护产生一些负面影响。因此，必须对灌区的渠道防渗衬砌进行整体规划、科学论证，进行多种技术方案比较和投入产出经济分析。要深入分析防渗衬砌的主要目的到底是什么，不能片面追求外观整齐、线条流畅、笔直外在形式美，要讲求实实在在的内在实用功效。即使规划已定，需要防渗衬砌的渠道、渠段，也要分出轻重缓急，统筹安排，先解决最急需解决的问题。

下列情况的渠道、渠段应优先考虑进行防渗衬砌：水资源严重紧缺，用水供需矛盾十分突出地区的渠道；渠床不稳定，如沙性土、湿陷性黄土、膨胀性土土质渠床以及傍山渠道、高填方渠道；长距离输水、渠床渗漏损失比较严重的渠道；有土壤次生盐渍化潜在威胁、土壤含盐量较高、需要控制地下水位埋深的渠道；渠道纵坡坡降大、易产生冲刷危害的渠道，水源含泥沙较多、需要提高渠道水流挟沙能力，尽可能把泥沙带到田间的渠道；水费成本较高的高扬程提水灌区的各级渠道。在需要防渗衬砌的各级渠道中，应优先安排输水时间较长的干、支骨干渠道。

以下情况的渠道（段）是否必须或急需进行防渗衬砌，需要慎重研究、充分论证：地下水质较好、具有良好的含水层、适于发展井渠结合灌溉的地区；渠床土质较粘重、已运行多年、渗漏损失明显减弱的渠道（段）；土质偏粘的深挖方渠道（段）；高寒地区冻胀严重的渠道（段）；同时承担灌溉与排水双重任务的渠道；渠道防渗衬砌有可能对渠道两侧生态产生明显不利影响的渠道。

当前，少数地区在灌区续建配套节水改造中，有不加分析地对所有渠道（段）进行防渗衬砌，推行渠道“三面光”的倾向。即使在经济发达国家，目前也没有做到全部渠道都衬砌，土渠输水还占有一定比例，如美国最干旱缺水的西南部地区，灌区也是有选择地对渗漏严重的渠段分段进行防渗衬砌。

总之，我国水资源严重紧缺，制约着国民经济和社会的发展，对农业可持续发展构成威胁，必须千方百计节约用水、高效用水。同时我国经济欠发达，政府和农民的财力都十分有限，不同条件地区的灌区渠道防渗衬砌应达到什么程度，哪些渠道必须防渗衬砌，哪些可以不衬或暂时不衬砌，应按照取得最佳节水效果和最佳经济、社会、生态环境效益原则进行。

二、重视加强对渠道断面结构形式和改进施工工艺的研究

众所周知，梯形断面渠道施工简便，边坡较稳定，是目前应用最为普遍的一种断面结构形式。“U”形渠从 20 世纪 70 年代在陕西开始推广应用以来，受到各地重视，已在全国许多斗、农级别渠道上广泛应用。“U”形断面与梯形断面相比，具有水力条件好，输沙能力强，渠口窄，节省土地，减少挖填方工程量等许多优点。这种断面形式还能改善渠道坡脚附近冻胀产生的应力集中，使冻胀应力在渠道横断面上分布较为均匀，可适应较大的冻胀力和冻融沉降变位。

近年，不少地方又研究提出一些复合断面形式。陕西省泾惠渠灌区，在流量小于

2.5m³/s 的支、斗渠道上,多采用全“U”形衬砌结构形式;流量 2.5~8.0m³/s 的梯形断面干、支渠,改为弧形坡脚非标准梯形断面或弧形渠底梯形边坡复合断面衬砌结构形式。梯形渠道如果全部改为“U”形,由于断面减少,有时受到施工条件或土料限制,也可采用弧形渠底梯形边坡的复式形式。

黑龙江省地处高寒地区,对混凝土渠道衬砌防冻胀要求较高,省水利科学院结合节水试验示范区建设,推荐干、支渠采用宽浅式梯形断面(包括弧形渠底梯形边坡、弧形坡脚梯形边坡),斗、农渠等小型渠道采用全“U”形断面形式。实践表明,渠底的弧形反拱作用,减轻了冻胀力分布的不均匀性,提高了抗冻胀性能,减少混凝土衬砌板裂缝和接缝错位。

以管道代替渠道,变明渠无压输水为管道有压输水技术,近年来在一些灌区技术改造中得到重视,尤其是山丘区的水库自流灌区和高扬程提水灌区。管道比明渠更能减少输水过程中渗漏和蒸发损失,减少占地,便于机械化耕作,对地形适应性更强,可以扩大灌溉面积,减少土地平整工作量,有利于喷灌等先进灌水技术推广应用,能够促进灌区现代化建设。在北方地区,管道埋在地下还可以缓解冻害问题。以管代渠,要有输水压力水头供给,需要进行细致的技术经济方案比较。

我国渠道防渗衬砌的技术水平与发达国家的差距并不很大,主要差距在工程质量和机械化施工水平。用机械化、半机械化方法生产预制混凝土板或“U”形渠槽是应当进一步提倡推广的实用成熟技术。“九五”国家节水灌溉产业化工程项目——“U”形防渗衬砌渠道混凝土构件成型机,采用立式、振动、挤压、低水灰比等原理,生产的混凝土预制构件,质量好,使用年限长,生产效率高,已在 20 多个省推广应用,并已出口到越南等东南亚国家。对推动我国防渗渠道施工机械产业化起到积极作用。

三、因地制宜选择成熟实用防渗衬砌新材料

(1) 膜料防渗。20 世纪 80 年代以来,高分子材料生产和应用得到飞速发展,目前已有多种类型土工合成材料可用于渠道防渗。塑料薄膜防渗性能效果好,质量轻,便于运输安装,并可适应渠床的各种变形,但存在易被外力破坏、容易老化等缺点。新疆一些灌区多年来一直推广塑料薄膜防渗技术。为了克服塑料薄膜易被刺破的缺点,许多灌区在柔性的膜料防渗层上面铺现浇或预制混凝土板、预制“U”形渠槽、浆砌石或干砌石等刚性保护材料,这种复合材料结构形式,代表了渠道防渗衬砌的发展方向。

复合土工膜。它由防渗的塑料薄膜和土工织物组合而成,既可防止膜被刺破,又提高了接触面的摩擦系数。塑膜可用 PVC 或 PE 原料,土工织物由各种长丝、短丝合成纤维,经纤维成网,纤维固着、整理加工等工序加工而成。复合土工膜可根据需要复合成一布一膜、二布一膜、三布两膜等结构,目前在大型水利水电工程中已广泛应用。随着高分子材料工业的发展,复合土工膜的价格将会逐步降低,有可能更广泛地用于渠道防渗中。

(2) 土工合成材料膨润土垫。它是在两层土工合成材料(土工织物或土工膜)之间夹封报细小的膨润土颗粒,通过针刺、缝合或粘合而成的一种新型防渗土工复合材料。具有防渗性能好,抗冻融循环能力强等优点,国外,有用于渠道防渗试验的工程实例,近年国内已在垃圾填埋场底防渗处理中应用。能否在渠道防渗中应用有待进一步试验研究。

(3) 土壤固化剂。土壤固化剂是固结土壤的新型材料,它与土壤发生化学作用,改变

土壤结构等性质,形成具有一定承载能力、抗渗能力和耐久性的固化土。它与水泥不同,固结对象是土壤而不是砂石料,可就地加固土壤,在工程结构中起到水泥的效用,能够节省大量的砂石料和运输费用。国外在道路、土木建筑、环境保护和水利等工程建设的基础部位有应用的实例。

90年代以来,国内有关单位引进消化吸收国外土壤固化剂及其技术,研制开发出国产的产品,在一些水利工程中试用。如北京玉渊潭公园湖底清淤工程,如采用现浇混凝土或预制混凝土板铺砌,施工噪声大,砂石运输量大,工序较多,工期较长,与公园旅游有矛盾。采用土壤固化剂处理湖底,克服了上述矛盾。又如作为北京市容景观的昆玉河道整治,为防止观光游船搅翻河底淤泥,河水变浑,影响水面景观,采用土壤固化剂固化河床,也取得了较好效果。少数灌区用土壤固化剂进行小型渠道防渗衬砌试验,发现施工工艺上渠道边坡难以碾压是个问题。黑龙江省水科院选取了五种型号固化剂,进行抗压、抗渗、抗冻等性能室内试验。抗压强度一般可达1MPa,最高达10MPa,但抗冻性能差,他们认为在高寒地区目前不宜大面积推广应用。目前用土壤固化剂进行渠道防渗的工程造价,与混凝土衬砌相比,还不具有太大的竞争力。总的来说,尚不具备大范围推广的条件。

(4) 聚合物纤维混凝土。近10多年来,聚合物纤维混凝土已在公路、铁路、桥梁以及房建工程中应用。它具有防止或减少混凝土裂缝、提高变形能力和耐久性等优点,近年来在一些灌区渠道防渗工程中,也开始试用。

广西达开水库灌区总干渠填方渠段,采用聚合物纤维混凝土进行防渗衬砌试验,观测表明,抗拉强度提高13%~27%,弹性模量降低4%~5%,极限拉伸值提高18%~34%,混凝土抗变形能力和抗渗能力有明显提高,防止或减少混凝土裂缝。其施工方法与普通混凝土基本相同,仅增加约1min左右的拌和时间。聚合物纤维混凝土衬砌渠道,厚度可较普通混凝土衬砌减薄2cm,节省的工程投资与增加的聚合物纤维费用大体相当。他们认为有推广应用价值。

黑龙江香磨山灌区在斗渠上采用改性聚丙烯纤维混凝土,制作上口宽40cm薄壁“U”形渠槽,纤维掺量为 $1\text{kg}/\text{m}^3$,混凝土的抗裂和抗折性能有所提高,“U”形渠槽厚度减至2cm,重量轻、更便于施工安装。接缝也用改性聚丙烯纤维混凝土进行勾缝处理,不易产生干缩裂缝,有适应冻胀变形的效果,经观测,槽体无冻胀破坏现象。河北石津灌区也进行过聚丙烯纤维混凝土室内试验和现场应用。混凝土掺入为 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 聚丙烯纤维,抗裂能力提高100%~150%,抗渗能力提高60%,抗冲刷能力提高50%~100%,3~28d龄期抗压强度提高15%~30%。施工方法与普通混凝土大体相同,切忌拆破纤维包装,造成纤维飞扬、污染环境。

(5) 混凝土及当地材料。粘土、粘沙混合土、料石、卵石、块石浆砌或干砌挂淤、现浇或预制混凝土等传统防渗材料,都曾或仍在我国灌区建设中发挥重要作用。尽管土料、砌石等材料用人工多,不易机械化施工,但在我国经济欠发达、农村劳动力多、就地取材方便的地区,仍不失为值得重视应用的防渗衬砌材料。

四、衬砌渠道防冻胀问题

在北方寒冷地区,渠道刚性衬砌因基土反复冻融,膨胀隆起沉降,造成衬砌板开裂,

接缝错位、滑坡坍塌,影响了防渗节水和渠坡稳定,缩短了防渗衬砌板的使用寿命,已成为北方灌区续建配套节水改造中的老大难技术问题。

基土冻胀的产生,是因土质、水分、负温所致,研究成果表明,只要设法控制上述因素的其中之一,就可以有效削弱冻胀影响。近年来有一些科研单位与灌区管理机构,本着“适应、消除”冻胀的原则,开展了大量试验研究观测工作,取得一批成果。

内蒙古河套灌区地处干旱寒冷的西北内陆地区,土壤冻结深度 $1\sim 1.3\text{m}$,为了使灌区续建配套节水改造工程建设建立在有科学依据的基础上,他们专门设立了混凝土渠道衬砌防冻胀试验场,探索不同级别渠道、不同使用条件、不同防渗衬砌材料和结构形式的技术方案。研究观测试验结果表明,加铺聚苯乙烯泡沫保温板的防冻胀效果好,保温板厚可提高 $2^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 的地温,削减土壤冻结深度约 8cm 左右;东西走向渠道阴坡采用 $6\sim 10\text{cm}$,阳坡采用 $4\sim 8\text{cm}$,南北走向渠道采用 $3\sim 5\text{cm}$ 厚的保温板,渠底采用 5cm 厚的保温板,可基本消除基土冻胀,或使冻胀量控制在 3cm 之内;不同的支撑方式对边坡面板的冻胀产生不同影响,上齿墙和下齿墙对相邻的衬砌面板产生的约束作用,可减少衬砌面板的冻胀量。混凝土板之间的连接或搭接结构形式不同,对混凝土板冻胀量也有一定影响,但不能完全代替保温板防冻胀的效果。他们的试验研究成果对其他北方寒冷地区有借鉴价值。

河北省石津灌区1997~1999年在引水入市(石家庄市)工程中,也采用聚苯乙烯泡沫板作为保温层,密度 $20\text{kg}/\text{m}^3$ 的聚苯乙烯泡沫板,每 1cm 厚约可抵御 10cm 土层厚的冻深。

总之,渠道防渗衬砌防冻胀问题,应以“防”为主,坚持“适应、消除或削减冻胀”的设计原则,不能与大自然规律对抗,一味加厚、加重、加固防渗板去抗冻胀。

五、注意研究渠道防渗衬砌对生态环境影响等问题

干旱内陆地区渠道防渗衬砌在取得显著节水效果的同时,有可能减少对两侧土壤水分补给,影响林草生长。切断了补给途径,有可能影响沿渠两侧农村居民手压井饮用水的来源。

渠道不仅承担输水任务,还应成为绿色走廊、生态通道,从生态的角度,土质渠床是多种草、水生生物、昆虫等繁衍栖息场所,砌上光滑、没有生命气息的混凝土板,会对地区的生物多样性产生不利影响。

为了解决这一问题,国内一些单位已作了有益尝试,如海南省陵水县,在灌区节水改造工程中,只对渠道最高水位线以下的断面进行混凝土衬砌,最高水位线以上部分,种植人工草皮,既节省了投资,又改善了生态环境。又如天津市水利科学研究所研制开发的环保型绿色植被混凝土,用无沙大孔隙混凝土,改善孔隙内碱环境,利于草植被生长,既加固渠堤,防止水土流失,又绿化美化环境。

六、加强对渠道防渗衬砌的经济分析和工程质量监督管理

1998年至今,通过国债资金、农业综合开发,地方财政补助、农民自筹资金等多种途径,用于渠道防渗衬砌的投资,估算累计200多亿元。每公里防渗衬砌渠道投资,从几十个升每秒流量小型渠道的几千元到上万元,到几个、十几个流量中型渠道的几万元到几十万元,几十个上百个流量的大型渠道约需上百万元甚至几百万元。渠道防渗衬砌是造价