DOI:10.3880/j.issn.1006-7647.2008.02.019

江苏省渠道防渗模式应用分析

郝树荣[1],张展羽[1],朱成立[1],刘敏昊[2]

(1.河海大学农业工程学院,江苏 南京 210098;2.江苏省农村水利科技发展中心,江苏 南京 210005)

摘要:针对江苏省不同地区自然地形、土壤、水资源的特点,分析了渠道防渗的适宜地区,并对防渗断面形式及防渗结构的选择进行了简述,针对江苏省范围内各区域土壤、地貌、水文等条件差异,遵循同一类型区工程建设特性一致性的原则,将全省划分为 6 个区域:徐淮平原区、水网圩田平原区、沿海平原区、沿江平原区、高沙平原区和低山丘陵区,分别提出各区适宜的渠道防渗模式。

关键词:渠道防渗;断面形式;防渗结构;江苏省

中图分类号:S27 **文献标识码**:B **文章编号**:1006-7647(2008)02-0072-04

Application of channel anti-seepage model in Jiangsu Province//HAO Shu-rong[1], ZHANG Zhan-yu[1], ZHU Cheng-li[1], LIU Ming-hao[2](1. *Department of Modern Agricultural Engineering*, *Hohai University*, *Nanjing* 210098, *China*; 2. *Jiangsu Provincial Development Center of Rural Water Resources Science and Technology*, *Nanjing* 210005, *China*)

Abstract: In consideration of the characteristics of topography, soil and water resources of different regions in Jiangsu Province, suitable regions for channel seepage control as well as the selection of cross sections and anti-seepage structures were briefly described. According to the consistency principle of engineering construction characteristics, the province was divided into 6 areas, based on different soils, landforms and hydrological conditions: the Xuhuai plain area, the coastal plain area, the riverside plain area, the high sediment-concentration plain area, the low hilly regions and the plain area with river networks and polders. Furthermore, the channel anti-seepage models suitable for different areas were also presented.

Key words: channel anti-seepage; type of cross section; anti-seepage structure; Jiangsu Province

农田水利工程是灌区节水改造、土地开发整理工程中的核心内容,而采用何种输配水方式则是农田水利工程的关键。目前,虽然管道输水有了很大发展,但渠道仍是农田灌溉的主要输水方式[1]。传统土渠输水渗漏损失大,而且占用了大量土地。据测定,渠道防渗后,渗漏损失减少,浆砌石防渗可减少渗漏损失 50% ~ 60%[2],混凝土防渗可减少渗漏损失 60% ~ 70%。采取防渗措施可缩窄渠道断面,如采用混凝土防渗,在维持原水深不变、保证宽深比 $\geqslant 0.5$ 的情况下,渠道底宽可缩窄至原底宽的 40% 左右[3]。因此,渠道防渗是高效利用水资源和增加耕地面积的有效措施之一,是灌区节水改造、土地开发整治工程的重要内容。

多年来,国内外学者从技术角度对渠道防渗进行了大量研究[4-5],但其适宜性探讨较少。本文从江苏省各区域不同级别渠道防渗的适宜性、渠道断面形式和防渗结构的选择上探讨渠道防渗模式,对江苏省推广渠道防渗工程有重要意义,也可为国内同类型区提供借鉴。

1 渠道防渗的应用条件

1.1 适宜进行渠道防渗的地区

a. 水资源严重紧缺、用水供需矛盾十分突出的地区。如江苏省的淮北地区是严重缺水地区,近年来,上游省份水资源开发利用程度不断提高,入境水量锐减,而本区位于江水北调工程末梢,调水线路长、运行成本高。据徐州雨量站统计,小麦生长期多年平均降雨量为 261.7 mm,需水量尚缺 200 mm[6]。另外东部沿海滩涂淡水资源短缺,低山丘陵区也存在水资源短缺现象。这些地区应优先进行渠道防渗。

b. 土壤透水性较大的地区。经验表明,如果渠系水利用系数 $\eta \geqslant 0.9$,除非水源十分紧张、农产品价格特别高,否则进行防渗是不经济的[3]。江苏省废黄河两岸的土壤沙性较重;东部沿海土壤虽已脱盐但土质疏松、质地较粗;通南高沙土地区漏水漏肥、水土流失严重。应优先在这些地区的强透水性地段进行防渗。

作者简介:郝树荣(1971—),女(回族),河北怀来人,副教授,硕士,从事节水理论与技术研究。E-mail:srhao@hhu.edu.cn

c. 通过填方地段(特别是高填方)以及傍山渠道,需采取防渗措施,以减少渗漏并保证渠床稳定。如通南高沙土地区,渠道边坡不稳定;低山丘陵区的骨干渠道多沿等高线布置,有很多傍山渠道。这些地区应优先进行渠道防渗。

d. 纵比降大、易产生冲刷的渠道。如低山丘陵区的部分农渠多垂直于等高线布置,纵比降大,易产生冲刷;通南高沙土地区,土壤抗冲能力差,水土流失严重。因此在这些地区应优先进行渠道防渗。

e. 有土壤次生盐渍化潜在威胁、土壤含盐量较高、需控制地下水位埋深的地区。如东部沿海平原区及徐淮平原东部的滨海平原,土壤含盐量高,区内地势低,地下水位偏高且矿化度高,极易随毛细管作用引发反盐现象,需进行渠道防渗。另外由废黄河冲积泛滥形成的黄泛平原,由于受历史黄河决口的影响,土壤质地轻,有盐渍化威胁,需进行渠道防渗。

f. 水费成本较高的高扬程提水灌区,渠道防渗可大幅度减少渗漏损失,减少提水量,降低能耗和运行成本。

1.2 不适宜进行渠道防渗的地区

尽管渠道防渗有很多优点,但防渗投资大,对环境有一定影响,即使经济发达的国家也不是全部渠道均防渗。我国目前灌区节水改造及土地开发整治工程投资十分有限,渠道防渗应进行科学论证,使有限的投资取得最大的经济和社会效益。江苏省不适宜进行渠道防渗的地区如下:

a. 土质较黏重、已运行多年、渗漏损失明显减弱的渠道(段)。如长江两岸的平原区、洪泽湖周边低洼圩区、里下河水网圩区和环太湖地区,大多为黏壤土,保水保肥性能较好,可不进行防渗。这些区域的小型渠道可采用土料压实防渗,以减少渠道占地和修渠土方。

b. 地下水位高、渠道受地下水顶托渗漏较小的地区。沿江平原区紧邻长江,水网圩区地势低洼,环太湖地区水网密集、湖泊众多,地下水位高,防渗节水效果不大。

c. 渠道防渗有可能对渠道两侧生态产生明显不利影响的渠道。渠道不仅承担输水任务,还应成为生态通道,从生态角度看,土质渠床是多种水生生物的繁衍栖息场所,而一些防渗措施阻断了渠水与土壤间的物质能量交换,使原有的动植物大量减少甚至消失,必然对地区的生物多样性产生不利影响。

2 渠道防渗的结构形式

渠道防渗结构有土料、混凝土、沥青混凝土、砌石、塑膜加保护层等。根据江苏省的自然和技术条件、防渗材料来源情况,渠道多以混凝土、塑膜加保护层、砌石、黏土为防渗结构。

2.1 混凝土防渗

目前江苏省兴建的灌溉工程中 80% 以上是混凝土防渗,其防渗效果好、允许流速达 3 ~ 5 m/s[7]、可加大渠道坡降、节省连接建筑物、减少占地。另外混凝土具有良好的可塑性,可制成不同形状。

江苏省大部分地区,特别是沙土灌区、填方渠道、高填方渠段、渠外坡附近有居民点者,为保证渠道安全运行和提高渠系水利用系数,应采用混凝土防渗。

2.2 复合式防渗

实践证明,单一刚性材料的防渗结构很难达到预期的防渗效果和使用年限。随着土工膜料的应用,现多采用同时使用刚性和柔性材料的复合式防渗结构。试验表明,复合式防渗可减少土渠渗漏量 95.5%[8],防渗效果显著;膜料防渗层可提高地温,降低渠基的水分,从而可减轻冻害。因此,这样的防渗形式应在渗漏损失较大或有冻害地区的小型渠道上大力推广。在江苏,刚性材料护面多采用预制或现浇的混凝土,防水的柔性材料衬垫多采用塑料薄膜。

2.3 砌石防渗

砌石是江苏省采用最早的渠道防渗结构,随着新型防渗材料的推广应用,砌石防渗现已较少采用。只有在石料丰富、可就地取材的低山丘陵区,以及有抗冲刷要求的渠道采用。

2.4 黏土防渗

实测资料表明:江苏省洪金、周桥、渠南、淮涟等大型灌区,黏壤土压实防渗比混凝土防渗的渠系水利用系数仅少 5% ~ 10%,而单位投资仅是后者的 10% ~ 20%[9],故在经济相对不发达的北部平原黏土区,以及土壤黏性较重的长江两岸平原区、里下河水网圩区的小型渠道可采用黏土防渗。黏土防渗允许流速仅为混凝土的 1/6,只能用于较平坦地区,对于地形较陡的黏土区则不宜采用。

3 防渗渠道的断面形式

在江苏省防渗渠道最常见的断面形式有 U 形、梯形、弧形底梯形和矩形。断面形式的选择宜结合防渗结构的选择一并进行。不同防渗结构适用的断面形式不同。

3.1 U 形断面

U 形渠道开口小、占地少,较同流量梯形节省土地 30% ~ 50%;更接近水力最佳断面、过流条件好;具有适应基础冻胀的性能,其冻害程度仅为梯形渠的 1/3 ~ 1/4。

U形渠在江苏省小型渠道上已广泛应用，并已研制出基槽开渠机、混凝土浇筑机、整体钢模U形预制和油压式U形预制机械，这些设备的使用提高了U形渠防渗工程质量，加快了施工进度。对于小流量的混凝土防渗渠道，如斗、农渠，应优先采用U形断面，可运用U形渠混凝土衬砌机一次浇筑成渠，也可预制拼装。

U形渠有标准U形和非标准U形两种形式。一般只在土质、流量、地下水位及施工水平较好的地区考虑采用标准U形渠道[8]。江苏通南高沙土地区土壤沙性太重，里下河水网圩区地下水位较高，这些地区大多采用宽底、宽口非标准U形断面形式。

3.2 梯形断面

梯形断面渠道施工简便，边坡较稳定，是应用较普遍的一种断面形式。目前我国在适用于大中型U形渠道的施工机械短缺的情况下，大型渠道仍多采用梯形断面形式。无U形渠道施工条件的地区，小型渠道也可采用梯形断面。另外黏性土夯实渠道只适合采用梯形断面。

3.3 其他断面

无U形渠道施工条件的地区，为减小占地，小型渠道可采用边坡陡的梯形或矩形。近年来，又提出一些复合断面形式，流量2.5～8.0 m^3/s的梯形断面骨干渠，多改为弧形坡脚梯形断面或弧形底梯形断面。由于其适应冻胀变形的能力强，在苏北地区应用较多。弧形底梯形适用于中型渠道，弧形坡脚梯形适用于地下水位浅埋地区的大、中型渠道。在江苏平原区，梯形渠道若全部改为U形，由于断面减少，受到土料限制，也提倡采用弧形渠底梯形边坡断面。

4 渠道防渗模式的应用分析

20世纪70年代以前江苏省已在渠道防渗的研究和应用方面取得了一定的进展，90年代以后为推广新型防渗渠道又进行了很多相关研究和试点，随着大中型灌区节水改造和土地开发整治任务的开展，必将大规模地采用渠道防渗工程手段，以提高水资源的利用率和有效增加耕地面积[10]。

笔者对江苏省土壤、地貌、水文等区域条件差异进行系统分析，遵循同一类型区工程建设特性一致性的原则，将全省划分为6个区，每个区对应一种模式。

4.1 徐淮平原区

区域范围包括徐州市、宿迁市、连云港市全境及淮安市市郊及涟水县。该区属资源型缺水地区，即使在平水年份仍缺水严重；另外土壤透水性较大；疲黄河两侧多花碱土，有盐渍化威胁。现有防渗渠道占渠道总长的3.46%，为全省平均水平的1/3，渠系水利用系数约为0.5，因此在该区的大、中、小型各级渠道上均应采取防渗措施。

大型渠道应考虑梯形、弧形底梯形断面，采用混凝土防渗方式。小型渠道采用混凝土或复合式防渗，断面形式采用U形或梯形。该区年平均气温低于0℃，属于冻胀量小于20 mm的Ⅰ级冻胀性工程地区，另外该区土质差、气温低，宜采用宽底、宽口的非标准U形断面。

4.2 水网圩田平原区

该区包括里下河地区和环太湖地区两部分。里下河地区地势较为低洼、地下水位较高，土质黏重，单纯的渠道渗漏较之由于建筑物配套差所造成的水量损失并不严重，加之许多干支渠断面偏大，防渗需大量土方。因此大型渠道可暂不考虑防渗，小型渠道可采取夯实渠床土壤的方式加以处理。环太湖地区存在水质型缺水问题，由于该区经济发达，随着工业和城市化进程的加快，土地资源日趋短缺，应积极发展低压管道输水，通过农业节水，减轻过量灌溉用水对水体面源污染的压力，改善水生态环境。

4.3 沿海平原区

区域范围包括盐城市的响水县、滨海县、射阳县、东台市、大丰市，以及南通市的如东县、通州市、海门市和启东市。该区淡水资源相对不足，地势低平，地下水位普遍较浅且矿化度较高，易受次生盐碱化威胁。渠道渗漏是造成地下水位抬高的主要原因之一，为防止地下水位抬高，应在各级渠道上大力推广渠道防渗和管道化灌溉技术。

大型渠道可考虑采用混凝土梯形、弧形底梯形防渗，小型渠道可考虑U形混凝土防渗，因为U形渠在盐胀地基上有一定适应地基不均匀变形的能力。

4.4 沿江平原区

区域范围包括丹阳市、扬中市、常州市郊、江阴市、张家港市、南通市郊的全部以及江都市、泰州市郊、泰兴市、靖江市、如皋市、常熟市和太仓市的沿江地区。该区土壤为黏壤土，保水保肥较好，紧邻长江，水资源丰富，地下水位较高，地下水对土渠渗漏的顶托影响大，所以该区可不考虑对渠道特别是末级固定渠道农渠实施混凝土防渗工程，可采用夯实渠床土壤的方式进行防渗。

4.5 高沙平原区

区域范围包括海安县、姜堰市的全部以及江都市、泰州市郊、泰兴市、如皋市和靖江市的北部地区。该区土质除沿江少量黏土外主要为高沙土，土壤通透性强，渠系水利用系数在0.45～0.5范围内，水土流失严重，渠道稳定性差。因此该区应大力推广防

渗渠道，以减少渗漏损失并保护渠坡的安全。

大型渠道可考虑采取防渗效果最好的混凝土防渗，断面形式采用复合梯形。小型渠道可采用 U 形混凝土防渗，因为 U 形渠近似于最佳水力断面，流速快、输水输沙能力强。

4.6 低山丘陵区

区域范围包括盱眙县的全部，以及赣榆县、东海县、新沂市、南京市郊、溧水县、高淳县、仪征市、扬州市郊、镇江市郊、句容市、金坛市、溧阳市、宜兴市等市县的部分地区。该区地貌类型比较复杂，以山、岗、丘为主，约占土地面积的 3/4。由于提引水不便，该区尚有 20% 的耕地缺少灌溉条件，是全省灌溉率最低的地区。渠道主要以土渠为主，防渗渠道长度占全部渠道的 9.3%。

实测资料分析表明，江苏省丘陵地区渠系输水损失中干支渠约占 70%，因此该区干支渠防渗应优先于田间渠系防渗。骨干渠道可考虑砌石防渗，小型渠道可采用混凝土 U 形防渗。该区属江苏省产业结构调整的重点区域，对地形较为复杂的灌区需因地制宜地发展低压管道灌溉和喷滴灌工程。

江苏省南北区域自然和经济条件差异很大，而渠系防渗技术又有一定的适宜范围，因此，要因地制宜，贯彻安全可靠、技术先进、效果持久、易于施工和方便管理的原则，科学论证，选择最适合本地区发展的防渗模式。

参考文献：

[1] 张展羽，吴玉柏. 渠系改造[M]. 北京：中国水利水电出版社，2004.

[2] 仇锦先. 关于灌区改造渠道防渗的几点思考[J]. 水利科技，2002(4)：20-22.

[3] 雷声隆，高峰. 灌区渠道防渗工程规划研究[J]. 灌溉排水学报，2003，22(4)：6-11.

[4] 李安国. 我国渠道防渗工程技术综述[J]. 防渗技术，2000，6(1)：1-5.

[5] 李学军，费良军，穆红文. U 形衬砌渠道冻胀机理与防渗技术研究[J]. 干旱地区农业研究，2006，24(3)：194-199.

[6] 戴玉凯. 论江苏省农村水利建设与发展[M]. 北京：中国水利水电出版社，1995：68.

[7] 张海燕，杜应吉，张金凯. 我国混凝土防渗渠道问题分析[J]. 水利水电科技进展，2004，24(6)：52-54.

[8] 吴玉柏，黄俊友，俞青荣，等. 几种新型防渗渠道防渗效果的测试[J]. 灌溉排水，2002，21(4)：35-39.

[9] 陶长生，蔡勇，程吉林. 基于可持续发展的江苏农村节水改造研究[J]. 灌溉排水，2001，20(2)：21-23.

[10] 郭相平，张展羽. 节水农业的潜力在哪里？[J]. 中国农村水利水电，2001(10)：13-14.

(收稿日期：2007-03-16　编辑：高建群)

(上接第 67 页)

在压力钢管部位应用的可行性，在室内试验的基础上，在景洪电站施工现场进行了 6 m^3 自密实混凝土的生产性试验。混凝土为长方体，尺寸为 3 m × 2 m × 1 m，底部有 2 层间距为 200 mm 的钢筋网。水工自密实混凝土采用 10 号配合比，水胶比为 0.38，掺加 30%粉煤灰和 20%双掺料。自密实混凝土从一个角落开始浇注，混凝土流动最远距离为 3.6 m。在没有任何振捣的情况下混凝土能够自动流平。拆模后发现离浇注口最远处的角落已被自密实混凝土密实填充。混凝土硬化一段时间后，从顶面钻芯取样，由芯样外观看，骨料在混凝土中分布均匀。测得该芯样的密度为2 300 kg/m^3，接近理论密度。生产性试验结果表明所配制的水工自密实混凝土具有优良的流动性和工作性能，适于在景洪电站压力钢管周围应用。

5 结　语

水电站压力钢管周围钢筋密集，空间狭窄，混凝土密实性浇注成为关键技术问题。自密实混凝土具有较好的流动性和黏聚性，在免振的条件下即可自动填充钢筋密集或空间狭窄的部位，适用于该类型部位进行密实性浇注。

配制的水工自密实混凝土流动性好，2 h 内的流动性损失较小；混凝土含气量在 4.8% ~ 7.7%之间，没有出现泌水和离析现象。所配制的水工自密实混凝土具有良好的流动性、黏聚性、抗离析性和较强的钢筋通过能力。混凝土抗压强度在 29.6 ~ 62.7 MPa 之间。水工自密实混凝土的抗渗等级和抗冻等级分别在 W10 和 F100 以上，极限拉伸值在 $0.83 \times 10^{-4} \sim 1.03 \times 10^{-4}$之间，满足设计要求。90 d 龄期的混凝土干缩率在 $5.10 \times 10^{-4} \sim 8.21 \times 10^{-4}$之间。

生产性试验中，在没有任何振捣情况下，水工自密实混凝土能够自动流平，狭窄角落能够填充密实。钻取的芯样密实，其骨料分布均匀。生产性试验结果证明所配制的水工自密实混凝土具有优良的工作性能，适于在景洪水电站压力钢管周围应用。

在系列试验研究的基础上，推荐水胶比为 0.38、掺加 30%粉煤灰和 20%双掺料的二级配水工自密实混凝土用于景洪电站压力钢管部位。

参考文献：

[1] GB 175—1999，硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥[S].

[2] DL/T 5055—1996，水工混凝土掺用粉煤灰技术规范[S].

[3] CECS 203：2006，自密实混凝土应用技术规程[S].

(收稿日期：2007-03-15　编辑：高建群)