

文章编号: 1007-4929(2004)05-0001-04

试验研究

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,北京 100073)

摘要:阐述了我国渠道防渗衬砌技术发展中的若干问题,指出科学规划和充分论证是搞好渠道防渗衬砌的前提,应重视加强对渠道断面结构形式和改进施工工艺的研究,因地制宜选择成熟实用的防渗衬砌新材料,做好北方寒冷地区的衬砌渠道防冻胀工作,注意研究渠道防渗衬砌对生态环境的影响,加强对渠道防渗衬砌的经济分析和工程质量监督管理。最后,对渠道防渗衬砌技术的发展提出了几点建议。

关键词:渠道防渗;材料;工艺;防冻胀;经济分析

中图分类号:S275.3 **文献标识码:**A

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的地位。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 0.53 万 km,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 m³,节水效果显著。

目前,我国灌溉渠道总长约 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 m³。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 m³ 计,大约有近 30 亿 m³ 的水在渠道输水过程中渗漏损失掉,不仅如此,还导致地下水位抬高,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 m³,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 490 km 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。

1 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的重要内容之一,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 1 793 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,

收稿日期:2004-05-24

作者简介:冯广志,男,中国灌区协会会长。

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、笔直的外在形式美,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,哪些可以不衬砌或暂时不衬砌,应按照取得最佳节水效果和最佳经济、社会、生态环境效益的原则进行。

2 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。

近年来,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 $2.5\text{ m}^3/\text{s}$ 的支、斗渠道上,多采用全“U”形衬砌结构形式;流量 $2.5\sim 8.0\text{ m}^3/\text{s}$ 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,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。

3 因地制宜选择成熟实用的防渗衬砌新材料

(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。

20世纪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5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1 MPa,最高达10 MPa,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1 min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2 cm,节省的工程投资与增加的聚合物纤维费用大体相当。

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40 cm的薄壁“U”形渠槽,纤维掺量为 1 kg/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2 cm,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 0.9 kg/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%,3~28 d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。

4 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1~1.3 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 /cm的地温,削减土壤冻结深度约8 cm左右;东西走向渠道阴坡采用6~10 cm,阳坡采用4~8 cm,南北走向渠道采用3~5 cm厚的保温板,渠底采用5 cm厚的保温板,可基本消除基土冻胀,或使冻胀量控制在3 cm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,密度为 20 kg/m^3 的聚苯乙烯泡沫板,每1 cm厚约可抵御10 cm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。

5 注意研究渠道防渗衬砌对生态环境的影响等问题

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。由于切断了补给途径,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、昆虫的繁衍栖息场所,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,采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。

6 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,从小型渠道的几千元到上万元,到中型渠道的几万元到几十万元,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成本较高的永久性基础设施建设,为了加强农业抗御自然灾害的能力,改善农业生产条件,为农业结构调整和农业现代化提供物质保障,国家今后仍将会继续重视和支持灌区续建配套节水改造,还会有大量资金用于渠道工程中。如何使国家和农民有限的资金用在刀刃上,取得最佳效益,使投入产出关系合理,工程造价适中,质量可靠,使用年限长,是当前需要引起高度重视的重大课题。要尽快建立评价渠道防渗衬砌必要性、可行性和效益的方法、指标体系及量化标准,建立渠道防渗衬砌质量和使用寿命状况的监测网络。

当前渠道防渗衬砌工程建设的质量监督控制机制很不健

全,一些业主单位片面追求降低工程造价,忽视可靠性和使用寿命。有些设计施工技术人员对有关技术规范规程不熟悉,对国内外新技术、新材料发展动态不了解。国外一些灌区混凝土衬砌渠道使用年限长达四五十年,而我国不少灌区只有二三十年,甚至十几年。

7 几点建议

(1)加强渠道防渗衬砌已建工程的观测试验。我国已经建成了一大批渠道防渗衬砌工程,对它们的技术性能、实际效果效益、质量寿命缺乏系统总结分析,有必要选一批有代表性的灌区,进行观测、总结、分析,拿出有科学依据、有说服力的数据,使今后灌区续建配套节水改造健康发展,建立在更加科学的基础上。

(2)抓紧修订《渠道防渗工程技术规范》。该《规范》已颁布10年之久,主要反映了二三十年前的经验和科技水平,应把近年生产实践中的新经验和国内外新的科技成果吸收进来,使之成为促进我国渠道防渗衬砌技术再上新台阶的技术法规。

(3)多组织一些技术经验交流会、研讨会、培训班,继续办好防渗技术刊物,加强技术信息交流。

(4)重视渠道防渗衬砌科研工作。内蒙古水利厅结合灌区续建配套节水改造安排专项科研经费,把科研、高校、生产管理等单位组织起来,围绕生产急需解决的重大技术问题协同攻关的经验值得各地借鉴。

简讯·

灌排分会召开第二届理事会 2004年第一次全体理事会议通过重要议程

2004年7月18日,中国水利企业协会灌排设备企业分会(以下称灌排分会)在北京召开了第二届理事会2004年第一次全体会议。经到会理事单位代表充分地讨论,一致通过以下决议:(1)同意由原会长单位中国灌排技术开发公司经改制重组后新建的北京中水新华灌排技术有限公司继续担任灌排分会第二届理事会会长单位;(2)在2004年12月份召开灌排分会第三次会员代表大会,选举产生新一届理事会;(3)调整灌排分会年度会费标准(详见中企灌[2004]10号文件)。

灌排分会在北海召开 “广西壮族自治区乡镇供水设备及技术研讨会”

2004年7月29日,灌排分会与广西壮族自治区水利厅供水协会联合在广西北海市召开了“广西壮族自治区乡镇供水设备及技术研讨会”。灌排分会许复初秘书长和广西壮族自治区水利厅农水处寿胜年处长出席了会议。来自广西壮族自治区有关县市水利局、乡镇供水项目单位、自来水厂和全国各地有关设备生产企业的100多位代表参加了会议。本次研讨会的特邀专家、武汉大学董文楚教授在会上就乡镇供水工程中的水处理问题作了专题报告。亚通新材料科技股份有限公司等企业分别就乡镇供水工程中管网安装的技术要点、技术难点的处理,针对不同水源水质的处理设备,水厂远程自动化监控等问题进行了探讨。