黑河流域节水改造中的防冻胀措施

祁红军

(张掖市水利水电工程局,甘肃 张掖　734000)

摘要:甘肃省甘、临、高地区地质构造复杂,气候条件严酷,是黑河流域渠道工程冻胀破坏多发区.针对不同地域、不同地质、不同地下水位等工程特点,采取换填砂砾石垫层、提高渠道防渗能力、排水、提高渠道防渗体抵御冻胀破坏的能力、设置保温材料、暗管输水、透水衬砌、加强运行管理等多项措施,较好地解决了工程实施中的冻胀破坏问题,节水效果显著.

关键词:黑河流域;节水改造;水渠;冻胀破坏

中图分类号:TV698.2+6　　文献标识码:B　　文章编号:1006-7647(2005)S1-0143-03

在寒冷地区,当土的温度低于 0℃时,土中部分水冻结成冰,从而将土粒胶结成冻土.土在冻结过程中,由于土中原有的水分和外界补给冻层的水分冻结成冰使体积增大,引起土体体积膨胀,这种现象称为冻胀;冻土融化时,由于土中冰的融化,造成土结构的破坏和强度的急剧减弱,使土体在自身作用下产生下沉,这种现象称为融沉.冻胀和融沉,致使渠道衬砌体发生冻胀变形,出现衬砌板鼓起、错动、裂缝、折断、勾缝脱落、整体滑落,对渠道造成极大危害.

甘肃省甘州区、临泽县、高台县三县(区)位于河西走廊中部、黑河中游下段,地势平坦,地下水位高,工程地质条件复杂.属大陆性温带荒漠干旱性气候,冬季漫长寒冷,夏季炎热多风,昼夜温差大.复杂的地质构造和严酷的气候条件,使甘、临、高黑河流域节水改造工程防冻胀措施成为高标准衬砌渠道设计、施工的技术难题.

1　冻胀原因分析

引起渠道衬砌冻胀的外部因素主要有土质、水分和温度;内部因素主要有衬砌体本身刚度不足和没有约束力或断面结构形式不适应冻胀变形,以及混凝土、砌石等耐久性差引起的冻融剥蚀破坏等.

从土质看,地基土质的粒径越细冻胀越严重,渠坡稳定性也差.从水分看,当地下水埋深无影响时,冻胀主要由农田渗水和渠基渗透水引起的.当灌溉水在气温进入 0℃以下至渠水冻冰时,基土开始冻结.渠道基土渗透水加旁侧渗水共同补给,使基土含水量达到最大,渗透滞缓.基土空隙率越大,渗透反而越小,冻胀极为严重.当地下水埋深较浅时,渠道基土基本处于含水量饱和状态,更易冻胀.再从温度看,冻胀与冻结指数、渠道走向、日照及遮荫程度有关,如东西走向的渠道冻胀量阳坡小阴坡大,渠底大渠顶小;当挖方渠道堤岸有土体堆积遮挡阳光时,渠坡冻胀严重;渠道较深时,冻胀也严重.造成渠道冻胀的主要原因有:

a. 渠道基土属冻胀性土壤,这是发生冻胀的土质因素.

b. 渠道地基有外部水源补给,基土含水量高,水分迁移水来源充足,主要表现形式有:①地下水位高,在渠道地基内有地下水存在或地下水位较高,毛细水上升高度能达到或接近冻结线时,渠道发生强烈冻胀;②侧向渗流补给渠道地基,渠道基础高程低于上一级渠道控制灌溉的农田、林地段,使得大量的灌溉渗水从侧向渗流补给渠道地基,个别渠道侧坡甚至可能成为溢出面,使得渠道基土含水量很高,极易造成冻害破坏;③渠道防渗措施不佳,渗漏严重,渠道基土中有相对隔水层存在,透水性差,或是渠道渗水排泄途径不畅,排泄速度慢,使得大量渗水滞留在渠道基土中,引起渠道冻胀破坏.

c. 渠道地基土含盐碱.试验表明,当土内含有少量盐分时,对水泥是有利的.因其可以加速材料的硬化,当盐碱土中氯化物含量超过 5%时,就会对水泥产生有害的腐蚀作用,同时还会产生严重的冻胀.碳酸盐能使土壤胶体分散,使土壤具有强烈的亲水

作者简介:祁红军(1972—),甘肃张掖人,工程师,从事水利水电工程施工建设与管理工作.

性和膨胀性.硫酸盐对工程的破坏也较为严重.

d. 渠道走向对冻胀的影响.东西走向渠道的向阳坡(南坡)较背阳坡(北坡)冻胀破坏严重.这是因为向阳坡在白天被日光照射,吸收了一定热量,使土基冻土层消融,因此,在一段时间内昼夜冻融循环,使渠道基土层冻结只能达到某一厚度,由此产生的冻胀相对较小.所以,渠道向阳坡冻胀破坏较轻,而背阳坡较重.

e. 渠道衬砌体适应、抵御冻胀破坏的能力低.渠道冻胀破坏主要发生在渠道底部及接近渠底的渠坡下部.适当的适应冻胀变形能力、适当的冻胀变形量、一定的衬砌厚度和较高的衬砌材料强度是防止渠道冻胀的主要措施.

f. 冬季负温是引起渠道冻胀的重要因素.

2 渠道防冻胀措施

针对甘、临、高三县(区)黑河流域的自然环境和条件,在实施节水改造项目过程中,根据不同地域、不同地质、不同地下水位等,采取了不同的防冻胀措施.现将甘、临、高三县(区)黑河流域节水改造工程中采用的渠道防冻胀措施介绍如下.

2.1 换填砂砾石垫层

将渠道基土冻层内冻胀土的一部分或全部置换成非冻胀性土,即采用砂砾石垫层铺筑,以减轻或避免冻胀危害.这是黑河流域节水改造项目最主要和最常用的防冻胀措施.

2.2 防渗措施

a. 渠道防渗.黑河流域节水改造工程常用的防渗措施有混凝土现浇防渗、预制块衬砌防渗、浆(干)砌石防渗和聚乙烯薄膜防渗等措施.

b. 防侧向渗流.对于因渠道周围农田灌溉下渗水向渠道基土侧向渗流造成的冻胀破坏,采取排水措施进行防渗.在甘州区大满干渠改建过程中,针对该工程的冻胀破坏主要是侧向渗流引起的事实,采取了如下的防治措施:在渠道的背水坡外侧挖一条平行于渠道并有截水和排水功能的阴沟,在阴沟内靠渠一侧垂直铺设一层聚乙烯薄膜防渗,厚0.18 mm,在沟的下部回填粒径2 cm以上的砂砾石透水混合料,厚80 cm,并与下部砂砾石层接通,砂砾石透水混合料上部回填混合反滤料.实践表明,该措施防渗效果良好.

2.3 排水措施

黑河流域节水改造项目渠道工程渠线均布置于原渠道线上,设计时将设计线抬高,可减轻地下水对渠道冻胀的影响.另外,对于渠基透水性较差、基下有透水层的渠道,采取的措施有:①挖渗水盲井,即在渠基防渗体下垂直下挖井坑至透水层,然后在井坑中填充垫层料,达到排泄渗水的作用.大满干渠的改建就采取了这种排渗措施;②在防渗体下设置水平排水层、加厚排水层厚度、缩短水平排水距离和增加垂直排水井等措施,加快了渠道渗水排泄,防止了渠道冻胀破坏.

2.4 提高渠道防渗体抵御冻胀破坏的能力

在临泽县黑河流域节水改造工程中梨西干渠、红星支渠、牛场支渠等工程设计中采取了浆砌石衬砌渠底、C15(或C20)混凝土现浇渠坡的梯弧形衬砌断面,增加了渠道易冻胀部位的衬砌厚度,加强了衬砌体的刚度和强度,有效地提高了渠道衬砌的抗冻胀破坏能力.在高台县黑河流域节水改造项目中的柔远干渠工程采取了在旧渠基础上套衬垫层料和新砌体的办法,取得了既防冻胀又节省资金的效果.

2.5 保温措施

a. 聚苯乙烯保温板保温防冻胀.负温是渠道发生冻胀破坏的外因,通过提高冬季渠道基土的温度,可以减弱渠道基土在冬季的冻胀变形,避免渠道的冻胀破坏.聚苯乙烯保温板具有较好的隔热性能,其导热系数小于或等于0.04 W/(m·℃),在渠道混凝土下铺设一层聚苯乙烯保温板,能有效地阻止基土温度的降低,减弱了渠道基土的冻胀变形,从而防止渠道冻胀破坏.在高台县2002~2004年度黑河流域节水改造工程柔远干渠、三清干渠、纳凌干(支)渠、站家干渠、小坝干渠等部分工程中采用了聚苯乙烯保温板护砌的措施,有效地防止了冻胀,降低了工程造价.

b. 在渠道一侧或两侧种植柳树.因柳树根呈网状盘结,土中须根含量高达12%,其导热系数为0.25~0.35 W/(m·℃),是很好的天然保温材料,可以起到削减或消除冻胀发生的作用.同时还可以起到防风固沙、绿化环境的作用.

2.6 暗管输水

将明渠改成管道,埋入地下.管材选用普通钢筋混凝土预制管,管径400~1000 mm,管内流态大多为无压流,个别渠段受地形限制,为有压流,但压力均小于0.1 MPa.管道沿线每1.5~2.0 km设一座检查、排气井.将暗管置于冻土层以下,使之不受土层冻胀的影响,由此较成功地解决了明渠冻胀问题,提高了渠道水的利用率,而且还具有使用寿命长、防止水质污染、运行费用低、管理方便及省地、省工等优点.在临泽县黑河流域节水改造工程中沙河干渠、红星二支渠等工程采取了这种设计,节水效果明显.

2.7 透水衬砌

高台县黑河流域节水改造工程六坝灌区七坝干

渠工程，由于渠首至(2+500)段渠底基本与黑河底相平.据渠线探坑揭示，地下水在地面以下0.5~1.0m之间，而渠深在1.0m以下.该段干渠经常有潜流渗入.对此采用了透水衬砌的设计方案：底部干砌块石，边坡为干砌块石辅以异型预制砖衬砌，既避免了渠道淤积，缩小了设计断面，防止了刚性护砌的冻胀危害发生，同时将地下水引入干渠，使有限的水资源充分发挥作用.在2004年的乐善干渠一标、小坝干渠一标工程采取了干砌块石护砌弧形弧底、预制块护砌边坡的透水衬砌形式，有效地防止了冻胀发生.

2.8 运行管理措施

运行管理措施主要有：

a. 合理掌握冬灌时间，冬灌结束不能太迟.

b. 适时、集中灌溉，缩短渠道通水周期，减少渗漏，及时清理渠内垃圾污物，回填渠堤鼠洞陷坑，排除渠道两旁积水，清除渠内的积冰积雪.

c. 每次运行结束，要及时排走渠底积水，修复局部残缺破损，防止破坏蔓延扩大.

3 结 语

渠道发生冻胀破坏的原因是多方面的，在黑河流域节水改造中，针对不同地域、不同地质、不同地下水位等工程环境和条件，采取一种或同时采用几种方法并举的综合防治措施来进行冻胀防治，较好地解决了甘、临、高黑河流域节水改造中的渠道冻胀问题.实践表明，渠道运行良好，节水效果显著，延长了渠道寿命，取得了较好的经济效益.

(收稿日期：2005-04-25 编辑：马敏峰)

(上接第135页)特别是抛石后，管桩没有沉陷变化.从管桩总沉陷记录发现，沉降量超过10cm的仅有2根，沉陷量均为11cm，沉陷量超过5cm的有19根；沉陷量在2~5cm之间的有82根；上浮的有7根，最大上浮量仅为1cm；其余桩的下沉量均在2cm以下.管桩稳定性达到设计标准.为了防止管桩顶部钢箍及钢筋锈蚀而损坏管桩，增设了管桩帽.

c. 一年后，通过对已完工程段滩面测量结果分析，海堤陡墙与管桩抛石顺坝之间滩面淤积明显.至2004年底，滩面平均淤高0.3~0.5m.由于海浪减小，且滩面淤高，有利于大米草定植，大米草从两侧向中央不断繁殖延伸，逐渐形成一条绿带，不仅起固沙保土作用，而且消浪效果更加显著.

d. 由于在施工过程中对块石进行严格筛选，砌筑方法得当，管桩两侧抛石体没有发现破损变形现象，完整如初.

响水县连响闸段海堤管桩抛石顺坝的应用，不仅使连响闸段海堤临海一侧滩面下蚀趋势得以控制，而且滩面向淤涨方向转变，彻底消除了该段海堤因滩面持续下降所带来堤身安全隐患，同时也为今后海堤达标建设和海岸防护积累了经验.

(收稿日期：2005-03-14 编辑：马敏峰)

(上接第140页)

4.3 加快水质站网建设

黄河水污染事件的主要特点是突发性，目前的水质监测及信息传输模式周期长、代表性差，无法满足预防污染、保障用水安全的需要.应尽快结合水量观测、预报工作，建设在线水质监测网，对山东黄河干流水质状况进行在线观测；同时建设信息传输设施，以便对水质污染进行及时预警预报，确保下游沿黄地区的用水安全.

4.4 加强水质监测能力建设

近年来，由于黄河污径比的增加，黄河水污染事件时有发生.目前每月1次的水质监测已经不能满足要求.加强巡测能力的建设，提高处理水污染事件的快速反应能力，已经成为水质监测工作的迫切需要.低水位小流量期间，由于水环境容量低，每月的水质都随着来水量和排污口的变化而发生较大变化，同时，由于水体承载能力低，极易发生突发性水污染事件.因此，应尽快实施水量水质同时监测，以满足水资源管理的需要.

4.5 做好山东沿黄主要排污口的污染治理工作

目前，山东沿黄主要排污口为旧县粉条加工废水排污口和翟庄闸排污口，其排放量大而集中，污染物浓度高，已经对下游河段水质造成了较大影响，特别是对地处下游不远处济南河段黄河水质的影响更是不可小视.目前，旧县粉条加工废水依然在没有经过任何污水处理的情况下，向东平湖出湖口陈山口闸下排放，建议有关部门尽快对上述污染源采取措施，做到达标排放.

(收稿日期：2005-10-20 编辑：马敏峰)