

NE45°混凝土衬砌渠道抗冻胀设计特点

刘世春 张力平

(新疆生产建设兵团农一师勘测设计院 新疆 阿克苏 843000)

摘要 结合塔里木河流域工程实例,研究北方寒区工程地下水埋深与混凝土衬砌渠道设计冻深的关系,进行衬砌结构抗冻胀稳定计算,确定相应的抗冻胀措施。计算结果表明,渠道设计冻深随地下水埋深与基础之间垂向距离的增加而增加,但当相对距离大于 2 m 后设计冻深增长缓慢,设计冻深与工程区标准冻深值成正比,基础冻胀量随工程区地下水埋深与基础之间垂向距离的增加而递减;NE45°混凝土衬砌渠道阴坡冻胀量最大。

关键词 混凝土衬砌渠道 冻深 冻胀量 塔里木河流域

中图分类号:TV135.3;TV698.2⁺6 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2008)S1-0117-03

我国北方地区的渠道防渗工程在冬季运行过程中,由于冰冻、地基土冻胀等的作用,不少衬砌结构发生冻融破坏。为防止冻害需进行必要的抗冻胀设计,抗冻胀设计的成败不仅关系到工程的安全运行及节水效益,还将直接影响工程造价。塔里木河流域属于干旱缺水地区,根据该流域近期综合治理规划,在农业缺水严重、渠道渗漏损失大的情况下,渠道防渗节水势在必行,因此,研究混凝土衬砌渠道抗冻胀设计具有现实意义。本文以塔里木河流域新疆生产建设兵团农一师沙井子灌区二团渠道防渗工程为对象,进行混凝土衬砌渠道抗冻胀设计计算,分析 NE45°渠道抗冻胀设计特点,以供参考。

1 灌区概况

1.1 灌区地理、气候条件

新疆生产建设兵团农一师沙井子灌区位于塔里木盆地北缘,南天山支脉哈拉铁克山南麓山前冲积平原和喀什噶尔河冲积平原上,地理坐标为东经 79°50′,北纬 80°16′。新疆生产建设兵团农一师沙井子灌区二团四、五、六支渠防渗改建工程属塔里木河流域近期综合治理子项目,渠道总长 34.2 km,走向为 NE45°,采用混凝土板衬砌防渗、砂砾石置换渠基土结构形式。

本区干旱少雨,蒸发量大,属暖温带极端大陆性荒漠干旱气候,其特征值如下:最冷月平均气温为

-8.6℃,年平均气温为 9.8℃,历年极端最高气温为 40.7℃,历年极端最低气温为 -27.6℃;多年平均降水量为 62.9 mm,多年平均蒸发量为 1 950.8 mm,最大冻深为 0.8 m,多年平均冻深为 0.545 m,平均风速为 2.4 m/s,实测最大瞬时风速为 31 m/s,主要大风为西北风。

1.2 渠道工程地质特点

渠道工程地质特点有:①支渠沿线均处于一个地貌单元上,且无滑坡、采空区和活动断裂等不良地质灾害。②拟建工程区地下水埋深较浅。③场地沿线为冻胀土基,设计时必须考虑场地冻胀问题。④本区筑堤土料及砂砾石料场储量丰富,且符合质量要求。⑤渠线区域地质构造稳定,地震基本烈度为 7 度。

2 渠道抗冻胀设计

2.1 抗冻胀设计条件

抗冻胀设计条件为:①本区标准冻深取多年平均冻深 0.545 m;②土质中小于 0.05 mm 的细颗粒质量分数超过 6%;③场地地下水埋深较浅,土层中含水量较大,砂性土天然含水量大于 14% 时,冻结期间地下水埋深与冻深的垂向距离小于 1.5 m,粉性土天然含水量大于 19% 时,冻结期间地下水埋深与冻深的垂向距离小于 2.0 m。对场地土质进行的天然含水量测试表明,场地土质存在冻胀现象。依据 SL 211—

98《水工建筑物抗冰冻设计规范》^[1]和 SL18—2004《渠道防渗工程技术规范》^[2]对渠道进行抗冻胀设计。

2.2 抗冻胀设计内容

2.2.1 设计冻深计算及工程冻胀等级确定

设计冻深按式(1)计算：

$$Z_d = \Phi_f \psi_d \psi_w z_k \tag{1}$$

其中

$$\psi_d = a + b\psi_i \tag{2}$$

$$\psi_w = \frac{1 + \alpha e^{-Z_{w0}}}{1 + \alpha e^{-Z_{wi}}} \tag{3}$$

式中： Z_d 为设计冻深； Φ_f 为冻深年际变化的频率模比系数， $\Phi_f = 1.22^{[1]}$ ； ψ_d 为日照及遮阴程度影响系数； ψ_w 为地下水影响系数； z_k 为标准冻深，0.545 m； ψ_i 为典型断面某部位的日照及遮阴程度修正系数； a 、 b 、 α 均为系数， a 、 b 根据建筑物所在的气候区确定，因支渠渠床土质均以砂壤土为主，取 $\alpha = 0.63$ ； Z_{w0} 为邻近气候台(站)的地下水埋深，本区取2.0 m； Z_{wi} 为计算点的地下水埋深，m。

具体计算参数(无量纲)取值及成果见表1和表2。根据式(1)计算出当地下水埋深为0~3 m时项目区设计冻深与地下水埋深的关系曲线(图1)。各渠道可根据地下水埋深的不同数值由图1查出逐段设计冻深值。

表1 NE45°渠道计算参数(按式(2)计算)

断面各部位	ψ_d	a	b	ψ_i
阴面	1.3955	-0.87	1.97	1.15
底面	1.1555	0.04	0.97	1.15
阳面	0.8305	1.21	-0.33	1.15

表2 NE45°渠道计算参数(按式(3)计算)

ψ_w	α	Z_{w0}/m	Z_{wi}/m
0.665804435	0.63	2.0	0
0.785218137	0.63	2.0	0.5
0.881062595	0.63	2.0	1.0
0.951506111	0.63	2.0	1.5
1	0.63	2.0	2.0
1.031898115	0.63	2.0	2.5
1.052256312	0.63	2.0	3.0

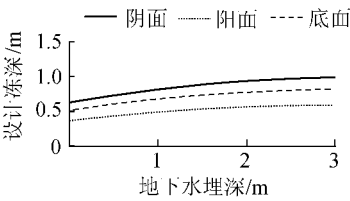


图1 NE45°设计冻深与地下水埋深关系曲线

由图1可知衬砌渠道冻胀与工程区地下水埋深关系密切，设计冻深随地下水埋深的增加而增加，但当地下水埋深大于2 m后设计冻深增长缓慢。按照 SL211—98 附录 C 的 C.0.2 条，查图 C.0.2—2 并根

据表 2.0.8 土的冻胀性划分标准，得出本工程冻胀等级为Ⅱ级、部分为Ⅲ级。

2.2.2 衬砌结构抗冻胀稳定性计算

基土冻胀量按式(4)计算：

$$\Delta h' = \alpha_p \Delta h Z_B / Z_d \tag{4}$$

其中

$$\alpha_p = e^{-\beta p} \quad Z_B = Z_f - d_s$$

$$Z_f = Z_d + \psi_a d_s - 1.67 \delta_i$$

式中： $\Delta h'$ 为基土冻胀量，mm； α_p 为荷载修正系数， $\alpha_p = 0.98$ ； Δh 为地表水冻胀量，mm； Z_B 为基础下土的冻深，m； Z_d 为设计冻深，m， Z_d 由图1得出； β 为与季节冻结层内地基土干密度有关的系数， $\beta = 0.007$ ； p 为计算点地基的荷载强度， $p = 2.35$ kPa； Z_f 为基础设计冻深，m； ψ_a 为基础材质修正系数，混凝土基础取0.35； d_s 为基础板厚度，板厚0.09(0.08)m； δ_i 为基础上面的冻层厚度，m。

由式(4)计算得出基土冻胀量与地下水埋深的关系曲线(图2)。由图2可知衬砌渠道基础冻胀量随工程区地下水埋深增加而递减，表明地下水埋深对衬砌结构的冻胀影响随两者之间垂向距离的增加而削弱，地下水埋深与基础的垂向距离大于2 m后，基础冻胀量随地下水埋深增加衰减缓慢。本项目混凝土板衬砌渠道地下水埋深介于0~3 m，由式(2)求得基础下基土冻胀量介于13~128 mm；根据 SL211—98 弧形坡脚梯形断面混凝土衬砌渠道结构允许法向位移为10~30 mm。由于本项目混凝土板衬砌渠道要满足灌区的冬灌，在结冰期来临时，渠侧的地下水埋深均较其他季节高，故为工程运行安全考虑，本设计渠道衬砌结构均需采取抗冻胀措施。

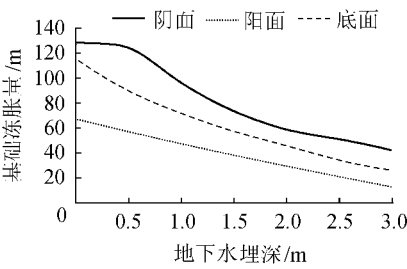


图2 基土冻胀量与地下水埋深的关系曲线

2.2.3 抗冻胀措施确定

抗冻胀方法包括置换法和保温法2种，本工程采用置换法。根据就地取材和节省投资的原则，本设计就近采用当地的砂砾石做防冻层。砂砾石换填厚度按式(5)计算：

$$Z_n = \epsilon Z_d - \delta_0 \tag{5}$$

式中： Z_n 为换填层厚度； ϵ 为置换比； δ_0 为混凝土板护坡厚度。

根据上述抗冻胀计算，各渠道可根据各自走向、

表 3 支渠逐段砂砾石换填层厚度

渠名	走向	渠段(桩号)	地下水埋深/m	设计冻深/m			砂砾石换填层厚度/cm		
				阴面	底面	阳面	阴面	底面	阳面
四支渠	NE45°	0—1+168	1.0	0.825	0.683	0.491	45~60	50	30~40
四支渠	NE45°	1+068—8+078	1.8	0.924	0.768	0.548	45~60	50	30~40
五支渠	NE45°	0—3+342	1.0	0.825	0.683	0.491	45~60	50	30~40
五支渠	NE45°	3+342—5+547	1.5	0.891	0.738	0.53	45~60	50	30~40
五支渠	NE45°	5+547—10+959	2.0	0.936	0.775	0.557	45~60	50	30~40
六支渠	NE45°	0—1+247	1.0	0.825	0.683	0.491	45~60	50	30~40
六支渠	NE45°	1+247—3+220	1.5	0.891	0.738	0.53	45~60	50	30~40
六支渠	NE45°	3+220—6+308	2.0	0.936	0.775	0.557	45~60	50	30~40
六支渠	NE45°	6+308—7+302	1.5	0.891	0.738	0.53	45~60	50	30~40
六支渠	NE45°	7+302—12+150	2.2	0.956	0.788	0.571	45~60	50	30~40

各段地下水埋深查出设计冻深值并计算出换填层厚度。为便于工程施工和质量控制,本设计将相近数值进行归纳,实际采用值见表 3。

3 NE45°衬砌渠道冻胀的特点分析

a. 衬砌渠道冻胀与工程区地下水埋深关系密切,渠道设计冻深随地下水埋深与基础之间垂向距离的增加而增加,但当相对距离大于 2 m 后设计冻深增长缓慢。阴坡设计冻深最大,底面设计冻深其次,阳坡设计冻深最小。

b. 设计冻深与当地标准冻深成正比,在其他条件相同的情况下,标准冻深值越大设计冻深值也同比增长。

c. 基础冻胀量随工程区地下水埋深与基础之间的垂向距离的增加而递减,表明地下水位对衬砌结构的作用是随相对距离的增加而削弱,地下水埋深与基础之间的垂向距离大于 2 m 后,基础冻胀量随地下水埋深增加衰减缓慢。

d. 阴坡冻胀量最大,底面冻胀量其次,阳坡冻胀量最小。在实际应用中应充分注意衬砌渠道阴坡坡脚,此处为冻胀变形最大的部位,可由下部至上部合理简化防冻措施,减小防冻层的厚度,这样不仅保证了工程的安全运用也可节省投资。由于阳坡冻胀量较小不会影响渠道的安全运用,设计水面线以上部分可以考虑简化防冻措施或不采取防冻措施。

4 结 语

灌溉渠道是塔里木河流域农业生产的生命线,该流域对各级渠道进行以混凝土板衬砌为主的节水改造可缓解灌区春旱缺水,同时还可降低地下水埋深、改良土壤、改善生态环境,为提高灌区的生产水平、建立稳产高产田、建设可持续性发展的农业打下坚实的基础。它必将调动灌区人民从事农业生产的积极性,对维护和改善塔里木河流域的生态环境将起到积极作用。在节水的大前提下如果能充分体现

衬砌结构的经济合理、安全适用,对该流域创建节水型社会也将起到促进作用。

参考文献:

[1] SL211—98,水工建筑物抗冰冻设计规范[S].
[2] SL18—2004,渠道防渗工程技术规范[S].
(收稿日期 2007-11-08 编辑 骆超)

(上接第 72 页)

4 结 语

水力调压实验虚拟仪器平台的使用,使整个实验过程更加形象直观,采集到的数据在存储的同时能够及时显示,实验后再从存盘文件中读取实验数据,进行进一步的分析。经过 2 年的实践使用,效果良好,在 PC 机屏幕上很好地模拟了以往只有示波器等专用仪器才具备的数字、图像、波形显示,这也正是虚拟仪器技术得以迅速发展的关键。

参考文献:

[1] 汪志勇,居滋培.虚拟电工仪器及其在电工电子实验中的应用[J].上海理工大学学报,2002,24(2):196-199.
[2] 张运良.虚拟实验室的虚拟仪器开发[J].电子产品世界,2007,37(6):127-129.
[3] 张芹芬,索丽生.调压室浪涌分析的随机模型[J].河海大学学报:自然科学版,1997,25(5):41-45.
[4] 雷振山.LabVIEW 7 Express 实用技术教程[M].北京:中国铁道出版社,2004.
[5] 尚振东,王群燕,韩建海.基于 LabVIEW 的虚拟仪器在测试技术实验中的应用[J].中国现代教育装备,2007,47(1):119-121.
(收稿日期 2007-12-25 编辑 骆超)