

ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—20XX

寒冷地区渠道冻害评价导则

Guidelines for frost damage evaluation of canal in cold regions

(报批稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

前 言

本导则按照中国水利学会《关于批准<寒冷地区渠道安全监测技术规程>等 2 项标准立项的通知》（水学（2019）77 号）的要求，依据 SL 1—2014《水利技术标准编写规定》的规则起草。

本导则共 6 章和 2 个附录，主要技术内容包括：总则、术语和定义、工程现状调查、评价方法、指标评价、渠道冻害综合评价等。

本导则由中国水利学会负责管理，南京水利科学研究院负责具体技术内容的解释。

本导则主要起草单位：南京水利科学研究院 新疆水利水电科学研究院 西北农林科技大学 新疆额尔齐斯河流域开发工程建设管理局 黑龙江省水利科学研究院 中水东北勘测设计有限责任公司。

本导则主要起草人：蔡正银 石泉 高长胜 贺传卿 王正中 何宁 黄英豪 苏珊 王怀义 张晨 张桂荣 苏安双 李登华 李卓 武颖利 周彦章 郭万里 钱亚俊 何斌 詹小磊 马栋和 汪璋淳 朱洵 谭春 王骥玮 韩迅

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给中国水利学会（通信地址：北京市西城区白广路二条 16 号；邮编：100053；电话：010-63204533；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

目 次

1 总 则	1
2 术语和定义	2
3 工程现状调查	3
3.1 一般规定	3
3.2 技术资料收集	3
3.3 现状调查分析	4
4 评价方法	5
5 指标评价	7
5.1 指标标准值	7
5.2 指标特征值	10
5.3 指标评价	10
6 渠道冻害综合评价	11
附录 A 工程现状调查报告	12
附录 B 渠道冻害综合评价报告	13
标准用词说明	14
条文说明	15

1 总 则

1.0.1 为加强寒冷地区渠道安全管理，掌握工程运行状况，规范渠道冻害评价工作，制定本导则。

1.0.2 本导则适用于寒冷地区 2 级以上衬砌渠道的冻害评价工作，其他等级的衬砌渠道可参照执行。

1.0.3 渠道冻害评价工作分为工程现状调查、指标评价、渠道冻害综合评价三个阶段。

1.0.4 本导则主要应用下列标准。

GB 50007	建筑地基基础设计规范
GB 50021	岩土工程勘察规范
GB 50324	冻土工程地质勘察规范
GB/T 50123	土工试验方法标准
GB/T 50145	土的工程分类标准
SL 23	渠系工程抗冻胀设计规范
SL197	水利水电工程测量规范

1.0.5 寒冷地区渠道冻害评价除应符合本导则的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和定义

- 2.0.1 寒冷地区 cold regions
最冷月月平均气温 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 的地区。
- 2.0.2 冻害 frost damage
由冻结、融化或反复冻融等引起的工程病害。
- 2.0.3 冻土盐渍度 salinity of frozen soil
冻土中含易溶盐的质量与土颗粒质量之比。
- 2.0.4 冻害评价指标 evaluation index of frost damage
评价工程冻害程度的指标。
- 2.0.5 指标标准值 standard value of frost damage index
冻害评价指标的常见值或阈值。
- 2.0.6 指标特征值 characteristic value of frost damage index
冻害评价指标在现阶段的取值，或通过试验得到的测定值。
- 2.0.7 冻害综合评价 comprehensive evaluation of frost damage
工程冻害程度的定量化判断。

3 工程现状调查

3.1 一般规定

- 3.1.1 工程现状调查包括工程技术资料收集和现状调查分析。
- 3.1.2 收集的技术资料应全面、真实、完整，满足冻害评价要求。
- 3.1.3 技术资料应通过查阅技术档案、现场调查、现场勘查及遥感监测等方法，并分析不同资料来源的一致性。
- 3.1.4 现场勘查应在已有检查、观测成果分析的基础上进行，重点检查渠道工程的薄弱部位，对调查中发现的问题和缺陷，应分析其成因和对渠道冻害的影响。

3.2 技术资料收集

- 3.2.1 调查内容包括渠道工程的设计、施工、运行管理、安全监测以及渠道工程所在的水文、气象、地质等相关技术资料。
- 3.2.2 设计资料应包括下列内容：
 - 1 工程地质勘察报告。
 - 2 工程设计文件与图纸。
 - 3 改建、续建或除险加固工程的设计文件。
 - 4 与工程安全相关的其他资料。
- 3.2.3 施工资料应包括下列内容：
 - 1 工程质量、监测、设计及监理资料。
 - 2 施工质量问题及处理措施。
 - 3 工程验收报告和竣工资料。
- 3.2.4 运行管理资料应包括下列内容：
 - 1 工程定期和不定期检查记录及大事记。
 - 2 观测资料分析成果。
 - 3 渠道冻害处治资料。
 - 4 冻害应急预案及维修养护资料。
 - 5 工程大修和重大工程事故处理记录。
- 3.2.5 安全监测资料应包括下列内容：
 - 1 监测方案，包括监测内容、监测设备安装与埋设、设备变更情况等。
 - 2 监测数据资料。
- 3.2.6 水文、气象、地质资料应包括下列内容：
 - 1 渠基土的物理力学指标。
 - 2 渠道渗漏情况，地下水埋深及补给情况。

- 3 工程所在地的气象资料，以及冻深、冻胀量、含水率等反映渠基土冻胀性的资料。
- 3.2.7 对于渠道薄弱部位、质量存疑部位，以及调查资料不齐全时，应提出补充勘查和试验方案。
- 3.2.8 补充勘查和试验应符合下列规定：
 - 1 应根据初始地勘资料中工程地质、水文地质和气象条件，选择渠道沿线典型断面进行补充勘查。若渠道沿线地质、气象等特征变化较为显著，应选取 3~5 个典型断面。
 - 2 补充试验应在能真实反映渠道冻害状态的断面或部位开展。
 - 3 补充勘查、试验应按照 GB 50021、GB 50324、GB/T 50123、SL 23、SL 197 等标准中的有关规定执行。

3.3 现状调查分析

- 3.3.1 应在资料收集的基础上，结合工程存在的安全隐患和疑点对工程现状进行资料梳理、分析。
- 3.3.2 现状调查分析应包括下列内容：
 - 1 工程水文、气象、地质条件，衬砌结构、防渗防冻胀形式。
 - 2 工程在历史上发生过的损毁及其破坏形式，以及修复情况。
 - 3 巡视检查、观测和监测情况。
 - 4 冻害破坏的应急管理措施。
- 3.3.3 应在调查分析的基础上，编制工程现状调查报告，报告编制应符合附录 A 的规定。

4 评价方法

- 4.0.1 应根据现状调查报告等基础资料进行指标评价，以及渠道冻害综合评价。
- 4.0.2 应在工程现状调查报告的基础上，按照以下原则选取冻害评价断面：
- 1 渠基存在冻胀敏感性土、盐渍土和膨胀土等不良地层分布。
 - 2 历史上曾发生过大范围冻害或工程检修频次较高。
 - 3 防渗和保温层损毁严重。
 - 4 地下水埋藏较浅。
- 4.0.3 应按照以下步骤开展冻害评价：
- 1 依据基础资料确定待评断面各项冻害评价指标的特征值。
 - 2 参照冻害评价指标的标准值对各项指标进行指标评价，确定指标评价等级。
 - 3 根据指标评价等级确定指标得分。
 - 4 按照指标权重和因素权重，结合指标得分，计算渠道冻害综合评价得分。
 - 5 根据渠道冻害综合评价得分确定渠道冻害综合评价等级。
 - 6 形成评价结论，给出防治措施及管理建议。
- 4.0.4 冻害评价指标包括细粒含量、压实性、水分、盐渍度、衬砌结构 5 项内部因素指标，以及环境温度 1 项外部因素指标。
- 4.0.5 冻害评价指标的评价等级和得分应按照表 4.0.5 确定。

表 4.0.5 指标评价等级和指标得分

指标评价等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
指标得分	9	7	5	3	1

- 4.0.6 冻害评价指标的因素权重应按照表 4.0.6-1 确定，指标权重按照表 4.0.6-2 确定。

表 4.0.6-1 因素权重

因素	内部因素	外部因素
权重	0.5	0.5

表 4.0.6-2 指标权重

指标	细粒含量	压实性	水分	盐渍度	衬砌结构	温度
权重	0.26	0.14	0.33	0.12	0.15	1.00

- 4.0.7 冻害综合评价得分应采用下式计算：

$$s = \sum_{i=1}^m k_i \sum_{j=1}^n (R_{ij} \times W_{ij}) \quad (4.0.7)$$

式中：

S — 渠道冻害评价综合评分；

K_i — 第 i 个因素的因素权重；

W_{ij} — 第 i 个因素、第 j 个指标的指标权重；

R_{ij} — 第 i 个因素、第 j 个指标的指标得分，根据指标评价确定；

$m=2$ 。 n 按照内部和外部因素取值，内部因素 $i=1, n=5$ ；外部因素 $i=2, n=1$ 。

5 指标评价

5.0.1 应根据指标标准值对各项冻害指标的特征值进行指标评价。

5.0.2 指标评价等级应按照指标标准值区间，分为 I 级~V 级五个等级。

5.1 指标标准值与指标评价等级

5.1.1 渠基土细粒含量和压实性的指标标准值与指标评价等级应按以下要求确定：

1 参照 GB/T 50145—2007 附录 A 确定渠基土的粒组；

2 细粒含量的指标标准值按以下要求确定：

1) 粗粒土以渠基土中的粒径小于 0.075mm 颗粒含量的质量百分比，划分指标标准值区间。指标标准值取值及相应评价等级按照表 5.1.1-1 确定。

表 5.1.1-1 细粒含量标准值与评价等级（粗粒土）

评价等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
细粒含量标准值 (%)	(0, 5)	[5, 10)	[10, 15)	[15, 50]	>50

2) 细粒土以平均冻胀率划分指标标准值，按照表 5.1.1-2 中平均冻胀率标准值确定评价等级。

表 5.1.1-2 细粒含量指标标准值与评价等级（细粒土）

评价等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
细粒土平均冻胀 率标准值 (%)	[0, 1]	(1, 3.5]	(3.5, 6]	(6, 12]	>12

3 压实性指标标准值按以下要求确定：

1) 粗粒土以相对密度作为压实性指标，其标准值取值及相应评价等级按照表 5.1.1-3 确定。

表 5.1.1-3 压实性指标标准值与评价等级（粗粒土）

评价等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
相对密度标准值	>0.99	(0.96, 0.99]	[0.94, 0.96]	[0.92, 0.94)	<0.92

2) 细粒土以压实度作为压实性指标，其标准值取值及相应评价等级按照表 5.1.1-4 确定。

表 5.1.1-4 压实性指标标准值与评价等级（细粒土）

评价等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
压实度标准值	>0.90	[0.9, 0.85]	(0.85, 0.80]	(0.80, 0.75]	<0.75

5.1.2 水分的指标标准值应以渠基土冻前天然含水率 w 和冻结期间地下水位距冻结面的最

小距离 h_w 表征，按照表 5.1.2 确定。

表 5.1.2 水分的指标标准值与评价等级

土的名称	冻前天然含水率标准值 w (%)	冻结期间地下水位距冻结面的最小距离标准值 h_w (m)	评价等级
碎(卵)石, 砾、粗砂、中砂	≤ 12	>1.0	I 级
		≤ 1.0	II 级
	(12, 18]	>1.0	
		≤ 1.0	
	>18	>0.5	IV 级
		≤ 0.5	
粉砂	≤ 14	>1.0	I 级
		≤ 1.0	II 级
	(14, 19]	>1.0	
		≤ 1.0	
	(19, 23]	>1.0	IV 级
		≤ 1.0	
	>23	不考虑	V 级
	粉土	≤ 19	>1.5
≤ 1.5			II 级
(19, 22]		>1.5	
		≤ 1.5	
(22, 26]		>1.5	IV 级
		≤ 1.5	
(26, 30]		>1.5	V 级
		≤ 1.5	
$w > 30$	不考虑		
黏性土	$\leq w_p + 2$	>2.0	I 级
		≤ 2.0	II 级
	$(w_p + 2, w_p + 5]$	>2.0	
		≤ 2.0	
	$(w_p + 5, w_p + 9]$	>2.0	III 级
		≤ 2.0	
	$(w_p + 9, w_p + 15]$	>2.0	IV 级
		≤ 2.0	
$> w_p + 15$	不考虑	V 级	

5.1.3 盐渍度的指标标准值与评价等级应按以下要求确定：

1 渠基土中的易溶盐以 SO_4^{2-} 离子为代表，必要时应开展渠基土易溶盐试验，明确易溶盐含量。

2 按照以下公式确定土中易溶盐含量。

$$\zeta = \frac{m_g}{g_d} \times 100(\%) \quad (5.1.3)$$

式中：

ζ ——盐渍度；

m_g ——土中含易溶盐的质量；

g_d ——土颗粒质量。

3 盐渍度的指标标准值取值及相应评价等级按照表 5.1.3 确定。

表 5.1.3 盐渍度的指标标准值与评价等级

评价等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
易溶盐含量标准值 (%)	(0, 0.2]	(0.2, 0.5]	(0.5, 1.0]	(1.0, 1.5]	>1.5

5.1.4 衬砌结构的指标标准值应按以下要求确定：

1 以梯形、弧形、弧形底梯形、弧形坡脚梯形、整体式 U 型槽或矩形槽、分离挡墙式矩形断面（底板）等 6 种结构形式，与混凝土、浆砌石、沥青混凝土等 3 种衬砌材料，组成衬砌结构指标标准值的标准组合。

2 应结合待评断面结构形式，按照 5.1.4 确定衬砌结构标准组合对应的评价等级。

表 5.1.4 衬砌结构标准组合与评价等级

结构形式	衬砌材料		
	混凝土	浆砌石	沥青混凝土
梯形断面	V 级	IV 级	III 级
弧形断面	IV 级	III 级	II 级
弧形底梯形或弧形坡脚梯形	IV 级	III 级	II 级
整体式 U 型槽或矩形槽	IV 级	III 级	--
分离挡墙式矩形断面（底板）	III 级	II 级	I 级

5.1.5 以“冻深”表征环境温度对渠道冻害的影响程度，指标标准值取值及相应评价等级应按照表 5.1.5 确定。

表 5.1.5 环境温度（冻深）的指标标准值与评价等级

评价等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
冻深标准值 (cm)	(0, 50]	(50, 100]	(100, 150]	(150, 200]	>200

5.2 指标特征值

5.2.1 待评断面各项指标的指标特征值应在设计、施工阶段形成的技术资料基础上，结合现状调查报告中的相关内容综合确定，必要时可增加试验、监测等。

5.2.2 环境温度指标的指标特征值若无实测资料，可参照 GB 50007—2011 附录 F 查取。

5.3 指标评价

5.3.1 应按照指标标准值，确定待评断面各指标的特征值所对应的评价等级。

5.3.2 应按表 4.0.5 确定指标得分。

6 渠道冻害综合评价

6.0.1 渠道冻害综合评价应在指标评价的基础上,根据 4.0.7 条确定渠道冻害综合评价分值。

6.0.2 根据确定的渠道冻害综合评价分值,按照表 6.0.2 确定综合评价等级。

表 6.0.2 渠道冻害综合评价等级

冻害综合评价等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
描述	无冻害	轻度冻害	中度冻害	重度冻害	严重冻害
渠道冻害综合评价分值	$s \geq 8$	$6 \leq s < 8$	$4 \leq s < 6$	$2 \leq s < 4$	$s < 2$

6.0.3 冻害综合评价的使用应符合以下要求:

- 1 冻害综合评价为 I 级和 II 级,可按日常管理要求正常运行。
- 2 冻害综合评价为 III 级,应有针对性地提出局部处治建议。
- 3 冻害综合评价为 IV 级或 V 级,应提出整体修复方案。

6.0.4 应根据评价结果形成冻害综合评价报告,报告编制应符合附录 B 的规定。

6.0.5 评价结果可作为寒冷地区渠道安全评价的依据。

附录 A 工程现状调查报告

1 基本情况

1.1 工程概况

包括渠道所处位置，工程规模，建成时间，衬砌结构和防渗形式等，工程地质条件、气象、水文条件等；工程设计效益，建设过程等。

1.2 运行管理情况

包括工程安全情况，工程实际效益等；运行管理制度与执行情况，主要管理措施，应急处置措施等。

2 工程安全初步分析

应对渠道工程沿线的安全程度进行描述，并对存在的问题、隐患等，结合观测、检测、监测资料进行初步分析。

3 冻害评价断面

给出建议开展冻害评价的渠道断面，并描述该断面的基本情况。

附录 B 渠道冻害综合评价报告

1 前言

包括冻害评价的缘由、过程以及委托单位情况等。

2 工程概况

2.1 管理单位基本情况

2.2 工程基本情况

包括设计情况、施工情况、改扩建情况等基础资料，运行管理情况。

2.3 存在的主要问题

2.4 渠道冻害初步分析

3 指标评价

3.1 指标层特征值取值

3.2 指标评价

4 渠道冻害综合评价

4.1 渠道冻害综合评价计算

4.2 渠道冻害等级确定

5 评价结论与建议

标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应、不得	
宜	允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件下可以这样做

团 体 标 准

寒冷地区渠道冻害评价导则

T/CHES xxx-2020

条文说明

目 次

1 总则.....	17
2 术语和定义.....	18
3 现状调查.....	19
4 评价方法.....	20
5 指标评价.....	21

1 总 则

1.0.1 我国多年冻土与季节性冻土区域面积约占国土面积 75%，根据我国水利行业大量统计数据及研究资料，冻害破坏是寒冷地区渠系工程主要破坏形式。我国北方寒冷地区的大型渠道多为水资源配置工程，这些工程线路长，沿线气候地质条件各异，因此不同断面发生冻害的程度不同，针对冻害所采取的冻害处治措施也不同。开展渠道冻害评价，根据某一渠道断面的工程特征进行冻害安全分级，进而分段施策，有利于管理部门优化资源，提升冻害处治效率。

1.0.2 考虑到工程重要性，以及破坏造成的影响，本标准对 2 级以下渠道的冻害评价不做要求。

2 术语和定义

2.0.1 寒冷地区是我国气候的一个分区，GB 50176—2016 表 4.1.1 给出了其明确定义。本导则所指的寒冷地区，强调低温对渠道工程地基的影响，采用 GB/T 50662—2011 第 3.0.3 条对寒冷地区的定义，更贴近工程需要。

2.0.2 冻胀破坏是渠道冻害的最主要表现形式，也是出现频率较为突出的一种破坏类型。除此此外，一些位于季节性冻土地区的输水渠道，渠基土除经历冻结、融化过程外，还在春秋两季因通水、停水经历一个显著湿润、干燥过程，在这类往复地水-热过程作用下，导致输水渠道发生水胀、滑塌、渗透等破坏。此外，低温对渠道衬砌材料产生冻害，一些冬季供水渠道还因渠水结冰而产生冰冻破坏。

2.0.3~2.0.7 相关名词借鉴了层次分析、模糊评价等评价方法中的有关术语，在此基础上，结合渠道冻害安全评价工作对相关名词进行了定义。

3 工程现状调查

3.1 一般规定

3.1.1 工程现状调查是渠道冻害评价的基础工作，由评价单位组织经验丰富、专业齐备的专家组负责完成，并对冻害评价工作提出指导性意见。

3.1.2 技术资料的真实性与完整性是做好渠道冻害评价工作的重要保障，因此要尽可能数据翔实、准确，满足冻害评价的要求。

3.1.3 对现场调查中发现的工程问题、缺陷或不足，需初步分析其成因和对渠道冻害的影响，对结论明确的内容，可不再进行评价。

3.2 技术资料收集

3.2.7 渠道运行多年后，各指标参数可能会发生变化而与设计资料不一致，因此，在查阅技术资料的基础上，开展补充勘探、检测、监测，可以更好地掌握渠道断面当前的基本性状，有利于提升冻害评价结果的准确性。

4 评价方法

4.0.2 除冻胀敏感性土、盐渍土以外，膨胀土等一些具有显著裂隙性的渠基土，在反复干-湿、冻-融作用条件下，易出现强度衰减和结构损伤，会进一步加速渠堤损毁。这类渠道断面也应作为典型断面开展冻害评价。另一方面，除对选择的待评断面进行评价外，还要做好指定断面的冻害评价。

4.0.3 本标准涉及的评价方法，采用了风险分析和模糊评价方法的基本思想，以寒冷地区渠道冻害对工程安全的影响程度作为评价目标，是围绕科学性和实用性要求，充分考虑各主要影响因素和影响程度下建立的评价体系。

4.0.4 渠道冻害评价的评价指标是在长期实践、理论研究、试验研究的基础上提出的。细粒含量、压实系数、水分、盐渍度、衬砌结构、温度等 6 个可量化的指标构成了导致寒冷地区渠道发生冻害破坏最主要、最基本的单元。在评价体系中，这些指标位于最底层。细粒含量、压实系数、盐渍度、衬砌结构等 4 个指标被认为是渠道工程的固有属性，这些属性组成了影响内部因素；温度作为引起渠基内水分相变的边界条件，是外部因素。在评价体系中，内部因素和外部因素位于中间层。渠道冻害综合评价为评价目标，位于评价体系的最顶层。

4.0.5 沿用模糊评价的概念，采用“1、3、5、7、9”的“等距尺度法”表示各项指标得分与评价目标的隶属关系。

4.0.6 权重分值由国内 20 余名从事寒冷地区渠道冻害防治工作的专家，采用“层次分析法”分析生成。生成过程中加入了考虑专家职称、职务、以及专家打分“一致性”等条件的各专家权重因子。

5 指标评价

5.1 指标标准值

5.1.1 实践表明，粗粒类土（不包括细、粉砂土）的冻胀性主要决定于粉黏粒的含量。SL 23—2006 第 3.3.1 条给出了渠系工程渠基土的冻胀性划分，即细粒土、粒径小于 0.075mm 的土粒重量超过土样总重量 10% 的粗粒土为冻胀性土。依据现行行业标准，结合理论研究和工程实际，本标准中对于细粒土直接沿用 GB 50007 中的有关划分；而粗粒土以土中的颗粒粒径小于 0.075mm 的颗粒（小于 0.075mm 粒径的颗粒属于粉粒和粘粒）含量为区分土体冻胀特性的因素。此外，本条中的关于压实性的指标标准值取值同样是基于理论研究和实践经验确定的。

5.1.2 含水率是表征土体中水分含量的常用指标，但不同土体在相同含水率下的冻胀特性有所不同，因此不宜将含水率直接作为评价指标。本标准参照 JGJ 118 中的有关规定，根据土体类别、冻结期间地下水位距冻结面的最小距离，以及平均冻胀系数表征水分作用，该等级划分与现行行业标准，以及本标准的评价体系是相协调的。

5.1.3 硫酸盐是土体中常见的易溶盐，对于土体的冻胀性质影响显著。研究表明，随着硫酸盐含量的升高，土体的冻胀率将急剧增大。以 Na_2SO_4 为例，根据大量平行试验结果，按照 1.5m 的冻结深度换算， Na_2SO_4 含量为 0.2% 时土体的冻胀量大约为 1.5cm，参照 GB 50007—2011 中附录 G，该冻胀量对应的地基土冻胀级别为“冻胀”。因此，本标准设定 Na_2SO_4 含量 0.2% 为 V 级和 IV 级的界限含量。在大量试验研究基础上，以 0.5% 的硫酸盐含量为 IV 级和 III 级的界限含量，其后每 0.5% 降低一级。

5.1.4 以 SL 23—2006 表 4.2.2 规定的渠道衬砌允许最大法向位移值为依据，按照衬砌结构标准组合的最大允许法向位移值越大，对应级别越高的原则，确定衬砌结构标准组合的评价等级。例如，梯形断面、混凝土衬砌的衬砌结构，SL 23 中规定的最大允许法向位移值为 0.5~1.0 cm，该允许值在所有衬砌结构中最低，说明该种衬砌结构抵抗冻胀的能力最弱，因此评定为 V 级；分离挡墙式矩形断面（底板）、沥青混凝土衬砌的衬砌结构，最大允许法向位移值为 7~8cm，该允许值在所有衬砌结构中最高，衬砌结构抵抗冻胀能力较强，因此评定为 I 级。其他级别以此类推。

5.1.5 只有渠基土的温度降低至土体的冻结温度以下才可能会发生冻胀现象。为客观反应温度作用，参照 GB 50007—2011、JGJ 118—2011 中“冻深”的定义确定本标准中温度的指标标准值。“冻深”这一指标反映了温度水平和相应的作用时间，符合量化的评价工作需要。