

ICS 编号

CCS 编号

团 体 标 准

T/CHES XXX—20XX

代替 T/CHES XXX—XXXX

寒冷地区渠道安全监测技术规程

Technical code for monitoring canal safety of cold regions

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

前 言

本规程按照《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。

本规程的某些内容可能涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程起草单位：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。

本规程主要起草人：蔡正银 高长胜 贺传卿 王正中 张健 何宁 王怀义 黄英豪 张晨 张桂荣 苏珊 李登华 李卓 周彦章 郭万里 钱亚俊 何斌 汪璋淳 苏安双 马栋和 谭春 王骥玮 朱洵

本规程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。如有意见建议，请寄送中国水利学会（地址：北京市西城区白广路二条 16 号，邮编：100053），以便今后修订时参考。

目 次

1 总则	1
2 术语	3
3 基本规定.....	4
4 巡视检查.....	5
4.1 一般规定	5
4.2 检查内容	5
4.3 检查要求和方法	6
5 常规监测.....	8
5.1 一般规定	8
5.2 设计与布置	8
5.3 环境量监测	9
5.4 渗流监测	9
5.5 变形监测	10
5.6 应力应变监测	10
6 专项监测.....	12
6.1 一般规定	12
6.2 冻胀过程监测	12
6.3 冬季供水监测	12
6.4 强震动监测	12
6.5 抗滑稳定性监测	13
6.6 锚固结构应力监测	13
7 监测自动化.....	14
7.1 一般规定	14
7.2 系统设计	14
7.3 运行管理	15
8 监测资料整编与分析.....	16
8.1 一般规定	16
8.2 监测基本资料整理	16
8.3 监测数据整编	16
附录 A 巡视检查内容与记录格式	18
附录 B 寒冷地区渠道常规监测项目分类	20
附录 C 分布式光纤传感器的设计、安装和观测	21
附录 D 冻胀监测设施的设计、安装和观测	23
D.1 冻胀位移监测	23
D.2 冻胀力监测	23

D.3 冻深监测	24
标准用词说明.....	25
条文说明	26

1 总 则

1.0.1 为适应渠道工程建设与管理要求，做好寒冷地区渠道安全监测工作，规范安全监测技术内容、方法及要求，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于 2 级及以上，位于我国寒冷地区承担供水、调水、灌溉、发电等任务的输水渠道及相关渠系建（构）筑物的安全监测工作。

1.0.3 寒冷地区渠道安全监测类型、项目及内容应在施工阶段、正常运行阶段根据工程所在区域、工程级别、结构型式、破坏模式确定。

1.0.4 对寒冷地区渠道工程安全监测结果应及时整理分析。

1.0.5 下列文件对本规程的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50007	建筑地基基础设计规范
GB 50176	民用建筑热工设计规范
GB 50228	灌溉与排水工程设计标准
GB 50324	冻土工程地质勘察规范
GB/T 21303	灌溉渠道系统量水规范
GB/T 50138	水位观测标准
GB/T 50145	土的工程分类标准
GB/T 50328	建设工程文件归档整理规范
GB/T 50600	渠道防渗工程技术规范
GB/T 50662	水工建筑物抗冰冻设计规范
SL 21	降水量观测规范
SL 23	渠系工程抗冻胀设计规范
SL 197	水利水电工程测量规范
SL 252	水利水电工程等级划分及洪水标准
SL 418	大型灌区技术改造规程
SL 486	水工建筑物强震动安全监测技术规范
SL 551	土石坝安全监测技术规范
SL 599	衬砌与防渗渠道工程技术管理规程
SL 601	混凝土坝安全监测技术规范
SL 616	水利水电工程水力学原型观测规范
SL 725	水利水电工程安全监测设计规范
SL 768	水闸安全监测技术规范
SL/T 246	渠道与排水工程技术管理规程
SL/T 794	堤防工程安全监测技术规程
JGJ 118	冻土地区建筑基础设计规范

2 术 语

2.0.1 寒冷地区 cold regions

多年冻土地区和标准冻深大于0.5m的季节性冻土地区。

2.0.2 渠道工程安全监测 canal safety monitoring

采用人工或仪器对渠道工程有关安全状态信息进行采集和分析的过程，包括巡视检查、专项监测、常规监测等。

2.0.3 监测等级 level of risk

用于给出寒冷地区渠道监测方式选择的划分。

2.0.4 破坏模式 potential failure modes

渠基土在冻结、冻融或反复冻融作用下导致寒冷地区渠道发生的冻胀、融沉、渗透、失稳、冰冻等破坏过程和形式。

2.0.5 监测区划 division for safety monitoring

对不同渠段安全管理风险大小进行划分的工作。

2.0.6 季节性输水渠道 seasonally water delivery canal

一年内仅有两季或除冬季外三季输水的寒冷地区渠道，这类渠道通常具有通水期和停水期。

2.0.7 通水期 stage of release water

季节性输水渠道在达到预定输水水位前的通水阶段。

2.0.8 冬季供水监测 special monitoring of conveying water in winter

对有冬季输水任务的渠道开展的安全监测工作。

2.0.9 冻胀过程 processes of frost heave

土体发生冻胀伴随的温度、水分等物理力学性质的变化过程。

3 基本规定

- 3.0.1 寒冷地区渠道安全监测工作应根据渠道工程等级、结构形式以及地质条件和地理环境等因素,确定监测等级,按照监测等级选择适宜的监测方式,合理安排监测设计及监测布置。
- 3.0.2 寒冷地区渠道安全监测等级分为低风险、中风险、高风险三个等级。
- 3.0.3 根据不同监测等级,按以下要求选择监测方式:
- 1 低风险等级:应以巡视检查为主。
 - 2 中等风险等级:应以巡视检查为主,有条件的可开展常规监测。
 - 3 高风险等级:应做到常规监测和巡视检查并重,且互为补充。
- 3.0.4 巡视检查应作为寒冷地区渠道安全监测的基本手段,按要求的时间和频次进行,并做好数据记录。
- 3.0.5 常规监测作为高风险等级渠段安全监测的重要组成部分,应根据工程等级、规模、结构型式及其地形、地质和地理环境等因素,设置必要的监测项目。
- 3.0.6 对开展常规监测的渠道断面,监测项目设计应遵循以下要求:
- 1 监测项目和监测点布设应能反映渠道运行的主要工作状况。
 - 2 监测断面和部位的选择应具有代表性,并应做到一种设施能测多个参数,渠道监测断面间距根据实际情况而定。
 - 3 深挖方、高填方、高地下水位及不良地质渠段等特殊渠段,可适当增加监测项目和监测断面。
 - 4 对有穿渠建筑物渠段,应根据建筑物与渠道接合部特点进行专项监测设计。
- 3.0.7 有关监测物理量的符号要求,参见 SL 725 和 SL 551。
- 3.0.8 变形、渗流及压力(应力)监测仪器,应在工程施工或翻修过程中适时安装埋设。当监测仪器缺失时,应根据实际情况,在确保结构、渗流安全的情况下,择机补设或更新改造。
- 3.0.9 应选用成熟适用的监测设备和仪器开展监测工作。布置工作期间应做好仪器标定、线路检查、标识与保护等。
- 3.0.10 根据工程具体情况或科研、试验需要,可设置如下专项监测项目:
- 1 冻胀过程监测
 - 2 冬季供水监测
 - 3 强震动监测
 - 4 抗滑桩稳定性监测
 - 5 锚固结构应力监测

4 巡视检查

4.1 一般规定

- 4.1.1 寒冷地区渠道工程巡视检查应根据工程特征和具体情况，编制巡视检查方案。
- 4.1.2 对巡视检查中发现的问题，应查明原因、做好记录，并及时采取必要措施。对问题较严重的应报上级主管部门，尽快查明原因。
- 4.1.3 巡视检查宜采用人工巡查和图像视频监视相结合的形式。有条件的可运用无人机、物联网等先进技术进行巡视检查，提升渠道工程管理的信息化水平。
- 4.1.4 巡视检查可分为例行检查、定期检查、专项检查。检查频次和要求应符合下列规定：
- 1 例行检查。在施工阶段，宜每周 2 次；正常运行阶段，可适当减少频次，但每月不宜少于 2 次。季节性输水渠道，应在通水期和停水期间提升例行检查频次；冬季输水渠道，具体频次应在正常运行阶段检查频次的基础上，根据渠道的重要性、所处位置及其运行状态等因素适当增加。
 - 2 定期检查。应在每年冬季、春季，季节性供水渠道的通水期、停水期、运行最高水位，以及汛期时组织定期检查。冬季、春季前后应组织一次工程检查，遇特殊情况应增加检查次数；当达到警戒水位时，应加强对工程的巡视检查。
 - 3 专项检查，应在发生极端寒潮、暴雨、台风、地震等工程非常规运用情况和发生重大事故后及时进行。期间要增加检查次数，每天不得少于 1 次。

4.2 检查内容

- 4.2.1 例行检查应包括下列内容：
- 1 输水明渠。例行检查应包括下列内容：
 - 1) 渠顶：是否坚实平整，有无凹陷、起伏、裂缝、残缺、积水，相邻两渠段之间有无错动，马道是否平整、有无冲沟等。
 - 2) 渠堤：包括坡面检查、衬砌检查两个环节。坡面检查应检查是否平整、完好，有无滑坡。衬砌检查应检查包括：混凝土衬砌有无冻害、溶蚀、侵蚀、裂缝、蜂窝麻面、破损等；浆砌石衬砌有无松动、塌陷、脱落、隆起或架空、垫层淘刷等现象；变形缝和止水是否正常完好，是否有局部侵蚀剥落、裂缝或破碎老化等。
 - 3) 渠底：对于季节性输水渠道，应在冬季，以及春季通水前检查渠底有无隆起或架空、沉陷、渗漏、护面裂缝或破碎老化等。
 - 4) 深挖方渠道还应检查背水坡、外堤脚及排水沟、护坡、防护堤、锚固结构是否完好。填方渠道还应检查排水孔是否顺畅，背水面有无雨淋沟、隆起或架空、滑坡、裂缝、塌坑、洞穴，有无杂物垃圾堆放，有无白蚁等害渠动物洞穴或活动痕迹，有无渗水，堤脚有无隆起、下沉，有无冲刷、残缺、洞穴等。
 - 2 输水隧洞。应检查洞脸有无沉陷或掏空，结合部位回填土是否夯实、沉陷等。

3 倒虹吸。应检查管线及建筑物（镇墩、交通桥等）有无损坏或异常情况，放空系统、进气阀、人孔，及伸缩节有无损坏或异常情况。

4 管道、渡槽等穿渠建筑物和管线接合部，应检查下列内容：

- 1) 穿渠建筑物、管线与渠道的接合是否紧密。
- 2) 穿渠建筑物、管线与渠堤的接合部临水侧截水设施是否完好，背水侧反滤排水设施有无阻塞现象，穿渠建筑物变形缝有无错动、渗水。
- 3) 跨渠建筑物、管线支墩与渠道接合部有无不均匀沉陷、裂缝、空隙等。跨渠建筑物、管线与渠顶之间的净空高度，能否满足堤顶交通、防汛抢险、管理维修等方面的要求。

5 闸室。渠道沿线各闸室的巡视检查工作应参照 SL768—2018 第 3 章执行。

6 监测设施。检查项目应包括下列内容：

- 1) 安全监测仪器设备、传输电缆、通信设施、防雷和保护设施、供电系统是否正常工作。
- 2) 监测仪器与监测系统是否正常。

7 管理与保障设施。检查项目应包括下列内容：

- 1) 与渠道安全有关的供电系统、预警设施、通信、交通、应急抢险、安全标示等。
- 2) 管理范围内有无危害工程安全的活动。

4.2.2 定期检查。定期检查应包括下列项目和内容：

1 冬季检查。应符合下列规定：

- 1) 应重点检查重要渠段、穿堤建筑物（管线）与渠道接合部，改建及其他可能出现险情的渠段。对气象、变形等观测、监测设施的有效性和完整性应重点检查。
- 2) 应重点检查渠道断面损坏情况，有无变形，保温、防渗层是否完好，衬砌表面有无冻害，断面及渠顶高程是否符合设计要求，有无发生沉陷、滑坡、崩塌等；填方渠道内部有无隐患，外部有无冲沟、洞穴、裂缝、陷坑、堤身残缺，防渗铺盖及盖重有无损坏，以及有无影响渠道安全的违章建筑等。
- 3) 对于冬季供水渠道，应进行冰情观测，包括流凌情况，冰盖形成情况等。

2 春季检查。以雪情检查为主要内容，对防洪堤外侧山体、马道及马道边坡、隧洞进出口的积雪量进行徒步检查。

4.2.3 专项检查。应包括下列检查项目和内容：

1 事前检查。在暴雨、台风到来前，应检查防雨、防台风准备工作和渠道工程存在的问题，以及可能出险的部位和应急预案。

2 事后检查。应检查暴雨、台风、地震等工程非常运用及发生重大事故后渠道工程及附属设施的损坏情况，并应检查防汛抢险物资及设备动用情况，核查最高水位记录。

4.3 检查要求和方法

4.3.1 检查应根据年度计划要求，检查前应做好准备，检查人员应相对固定，分工明确，各司其责，并应由有经验的人员带领。

4.3.2 巡视检查方法应符合下列规定：

1 外观检查应采用目视、耳听、手摸、脚踩和检查仪器、工具及视频进行，必要时可采用无人机等设备进行有效巡视；

2 害渠动物的检查应根据其习性因地制宜进行。

4.3.3 巡视检查应有清晰、完整、准确、规范的检查记录（包括拍照或录像），每次检查完毕后，应及时整理资料，并结合观测、监测资料，编写检查报告。

4.3.4 巡视检查记录应符合下列规定：

1 渠道工程管理部门应结合所辖工程的具体情况，参照附录 A 格式制定符合实际的经常检查记录表，必要时可附简图、照片或影像记录。

2 巡视检查记录应及时整理分析，并与历史检查结果对比，如发现异常应及时分析原因。

3 对出现严重冻胀、融沉的渠段、滑坡段，以及重大缺陷部位应设立专项记录，日常巡视检查中发现的较严重问题以及定期检查、专项检查记录表格可参照附录 A。

4.3.5 渠道工程巡视检查报告内容应包括：

1 检查基本情况：包括检查目的、参加人员（签名）及职务职称以及检查日期、检查环境条件等。

2 检查结果分析：包括检查过程、方法和结果（文字记录、图表、影像资料等），与以往检查结果的对比分析，发现的特殊或异常问题及原因分析。

3 检查结论与建议：包括对检查工作的总体评价，发现的问题及处理意见。

5 常规监测

5.1 一般规定

- 5.1.1 常规监测的监测断面、监测项目及监测设施应根据工程级别、水文气象条件、地形地质条件、结构类型、渠系建（构）筑物特点及工程运用要求设置。
- 5.1.2 监测项目应包括环境量、渗流、变形和应力应变监测。对破坏后果影响较大、水文地质条件复杂的高风险渠段，或需要进行试验研究的渠段，适当增加监测内容。
- 5.1.3 常规监测的监测精度应按照 SL 725 规定的精度要求执行。
- 5.1.4 监测仪器设备选型应根据气候及地质条件、计算成果、类似工程经验等确定，且便于实现自动化。
- 5.1.5 监测点应设置满足观测要求的交通、照明等条件，监测设施应配备满足安全要求的保护装置，并宜兼顾多种用途。
- 5.1.6 穿渠建筑物（管线）及接合部位的监测应结合建筑物（管线）的监测统一布置。

5.2 设计与布置

- 5.2.1 常规监测设计应针对渠道潜在破坏模式进行。常规监测设计内容应包括监测项目设置、监测设施布置、监测方法拟定、监测周期设定、监测资料整理分析要求等。
- 5.2.2 常规监测设计应收集下列基本资料：
 - 1 工程规模、设计标准和渠道类型、级别、施工方法以及环境保护要求等资料。
 - 2 水文资料。
 - 3 地形、地质资料。
 - 4 试验检测资料。
 - 5 设计成果及最新安全评价成果。
 - 6 监测仪器设备资料。
 - 7 其它相关资料。
- 5.2.3 常规监测的监测断面应充分结合渠道工况布置。监测断面宜按照横断面布置，对拟监测的渠段，宜布置监测断面 1~2 个。
- 5.2.4 2 级以上寒冷地区渠道在选择常规监测项目时，应符合附录 B 的规定。不良地质、深挖方、高填方、高地下水位等特殊渠段选择常规监测项目时，可在附录 B 规定的基础上，根据具体需要适当增加监测项目。
- 5.2.5 监测设施的设置应符合有效、可靠、牢固、方便及经济合理的原则。监测设施布置应符合下列要求：
 - 1 仪器设备安装埋设或使用前应进行检测、校准。测量仪表应定期检定/校准。
 - 2 仪器设施安装埋设和使用应专业施工或操作，确保质量，并应尽量减少对主体工程的影响。
 - 3 仪器监测应适时建立基准值或背景值，按规定频次进行监测，发现异常，立即复测。

应做到监测连续、记录真实、注记齐全、整理及时。发现问题应及时上报。

5.2.6 监测仪器安装埋设考证表、现场监测记录表格式应规范，具体格式可参照 SL 551、SL 601、SL 768 中的有关规定。

5.3 环境量监测

5.3.1 环境量监测内容应以气温、降水量、水位及流量为主，还可对渠堤温度进行监测。

5.3.2 气温、降水量、水位及流量观测可结合基层站点的气象、水文测站进行。如监测渠段附近无可用站点，应在渠段附近设置 1 个环境量监测站。

5.3.3 降水量观测包括降雨量观测和降雪量观测。降雨量监测仪器宜选用雨量计、遥测雨量计或自动测报雨量计等；降雪量观测宜选用标准容器量度，降水量的观测方法参见 SL21。

5.3.4 在监测断面应设水位及流量测点，测点应设置在水流平顺、便于安装设备和观测的部位，水位及流量观测方法参见 SL 616。

5.3.5 气温、降水量和水位观测的频次应按照 SL725—2016 附录 C 表 C.0.12 执行。

5.3.6 宜采用热电偶或热电敏温度传感器监测渠堤温度，也可结合具有测温功能的渗压计、分布式光纤传感器监测。

5.3.7 热电偶或热电敏温度传感器的温度监测布置应符合以下要求：

1 温度测点应以渠基中心线对称、竖直向下布置。

2 渠顶自顶标高起，按所在地历年最大冻深，以上每间隔 0.5m 布设，最大冻深以下每间隔 1m 布设；渠堤、渠底测点应自保护层以下布设，间距要求同渠顶。渠顶、渠堤的测线上不宜少于 8 个温度测点，渠底测线不宜少于 4 个测点，每断面不应少于三条测线。

3 对于季节性输水渠道，以及对于需要试验研究的断面，可适当增加渠堤温度测点。

5.3.8 采用分布式光纤传感器进行渠堤温度监测的具体要求参照附录 C.1 条。

5.3.9 渠堤温度应逐日监测，非冬季可根据实际气温适当调整频次。

5.4 渗流监测

5.4.1 渗流监测应包括渠堤浸润线、渠堤和渠基的渗透压力等，必要时可进行渗流量、水质分析等监测。

5.4.2 应在监测断面上至少设置 1 个渗流监测线，每条测线上应设置 3~5 个测点。渠堤测点布置，应根据结构形式、渠基土质、防渗材料，以及典型渗流成特征确定预计的浸润线位置，沿不同高程布点。

5.4.3 对不利地质条件的渠段，测点宜沿其走向，在渠基土-混凝土衬砌板接触面、混凝土衬砌板间刚性接缝等重点部位布置。

5.4.4 渠堤浸润线及渗透压力监测宜用测压管或孔隙水压力计（渗压计）。

5.4.5 测压管和渗压计的安裝布置可参照 SL 551—2016 附录 D.1、D.2 条；埋设渗压计宜采用钻孔、一孔单只或少只埋设法，不宜一孔多埋。

5.4.6 采用分布式光纤监测渗流（渗漏），单点布置时的埋设要求应与其他类型的渗压计类似，连续测点布置时应注意光缆的接续和传感器的保护。分布式光纤渗流（渗漏）监测方法

详见附录 C.2 条。

5.4.7 当渠堤有渗水出逸时，应观测渗水水质情况，当渗水量较大时可在背水堤脚附近设导渗沟，采用容积法或量水堰等测其流量。

5.4.8 渠道和穿渠建筑物可设置量水堰量测渗水流量。接触面渗流监测宜采用渗压计，并在穿渠建筑物两侧各布置 1~2 个测点，背渠坡面及坡脚位置各布置 1 个测点。当穿渠建筑物宽度较大时，应沿建筑物轴线方向布置至少 1 个监测断面。

5.4.9 对于深挖方，以及高地下水位的渠段，应在监测断面设置地下水位观测点，可与渗流监测结合布置。地下水位观测可采用测压管或孔隙水压力计（渗压计）。

5.4.10 渗流监测的监测频次可参照 SL 725—2016 附录 C 表 C.0.11 执行。

5.5 变形监测

5.5.1 寒冷地区渠道变形监测主要包括表面变形、内部变形监测。应以表面变形监测为主，对重要部位可设置内部变形监测项目。

5.5.2 变形监测测点布置宜与渗流监测位于同一监测断面。变形监测平面坐标及高程应与设计、施工和运行各阶段的控制网相一致，并宜与国家控制网建立联系。

5.5.3 变形监测工作除满足本章 5.2 条、SL 725 中的基本规定外，还应符合下列规定：

1 表面变形监测的位移测点应设置在渠顶、渠堤等主要位置；垂直位移可采用精密水准法监测，水平位移可采用视准线法、三角网法等方法监测。

2 内部变形监测项目可采用沉降仪、测斜仪、多点位移计等，测点宜与渗流测点结合布置。具体方法可参照 SL 551—2012 第 4.3 条。

3 季节性供水渠道，可在冬季使用位移计监测混凝土衬砌板的冻胀位移。具体要求详见附录 D.1 条。

4 当渠道出现大面积冻胀、失稳、渗透破坏等险情时，应对破坏形状、位置、时间、土质、气温以及运行流量等进行观测并做好记录。

5.5.4 渡槽、倒虹吸、供水管道等渠系建（构）筑物变形监测工作，应符合 SL 725—2016 第 11 章中的有关规定。

5.6 应力应变监测

5.6.1 寒冷地区渠道的应力应变监测可包括冻胀力监测和渠系建（构）筑物应力应变监测。

5.6.2 冻胀力监测针对渠堤、渠底衬砌开展，适用于季节性输水渠道。

5.6.3 依据相关设计文件及施工图纸，结合实际工程需要，宜在 1000~10000m 的间隔距离布置冻胀力监测断面，冻胀力监测的具体要求详见附录 D.2 条。

5.6.4 渡槽、倒虹吸、供水管道及其他渠系建（构）筑物宜开展应力应变监测。

5.6.5 渠系建（构）筑物应力应变监测包括结构应力应变、预应力、地基反力等。可采用钢筋计、混凝土应变计等成熟设备，以及分布式光纤传感器等设备。

5.6.6 采用传统传感器进行渠系建（构）筑物应力应变监测的设计、布置应符合 SL 725—2016 第 11 章中的有关规定。

5.6.7 采用分布式光纤传感器进行渠系建（构）筑物应力应变监测，应符合以下规定：

1 采用分布式光纤传感器监测构筑物应力应变时，宜采用基于布里渊散射的全分布式光纤监测技术；

2 所采用的传感器应以光缆为主要形式，以紧包封装方式实现。传感光缆的规格应结合被测物体性状，光缆的强度、弹性模量、形状、直径和封装材料等因素综合确定。

3 对于砼表面监测，施工期安装时，传感器（光缆）宜布设在钢筋上；运行期安装时，传感光缆宜采用开浅槽的方式埋设，安装结束后需采用环氧砂浆修补构筑物表面；

4 对于金属表面监测，安装前需将金属表面的油漆、防腐层清理干净，采用胶粘或焊接等方式将传感光缆安装在金属表面，安装结束后，需对金属表面进行恢复处理；

5 宜发挥分布式光纤技术长距离监测的特点，按照一定的拓扑结构布置形成二维或三维感测网络，实现二维或三维的全域监测。

6 专项监测

6.1 一般规定

- 6.1.1 专项监测包括冻胀过程监测、冬季供水监测、强震动监测、抗滑桩稳定性监测，以及锚固结构应力监测等。
- 6.1.2 专项监测应根据监测目的、渠道工况、运行状况和现场条件，选用适用的方法和设备，必要时可进行不同方法的对比验证。
- 6.1.3 专项监测的项目设置应符合附录 B 的规定。

6.2 冻胀过程监测

- 6.2.1 冻胀过程监测包括与冻胀过程密切相关的渠基含水率监测、冻深观测等。
- 6.2.2 渠基含水率监测，用于评价渠基冻结过程中的渠基内部含水率动态。可在渠堤外侧设置 1 个渠基含水率测线，宜可结合渠基温度测点布置。
- 6.2.3 渠基含水率监测可选用土壤湿度传感器等，具体方法可参考渠堤温度监测。
- 6.2.4 冻深观测可利用地温观测间接获得，也可选用专用的冻深观测设施。选用冻深观测设备开展工作，观测点可设在渠顶，对于冬季不供水渠道也可在渠堤、渠底的已开挖部位开展。采用冻深观测设施工作的具体要求详见附录 D.3 条。
- 6.2.5 冻胀过程监测的监测频次应在参照渗流、变形监测频次要求的基础上，根据工作需要，适当增加监测频次。

6.3 冬季供水监测

- 6.3.1 对于有冬季供水任务的渠道，宜开展冬季供水专项监测。
- 6.3.2 冬季供水监测包括主要包括冰凌监测、冰压力监测等，应与环境量监测结合开展。
- 6.3.3 冰凌监测，应对流凌密度、流凌速度及岸冰长度、宽度等每天观测 1~2 次。
- 6.3.4 冰凌监测宜采用图像法，即在具备通信条件的闸室等设置工业摄像机，通过图像识别技术计算流凌密度、流速分布等。
- 6.3.5 冰压力监测方法和频次要求可参考 SL 725-2016 第 14.3.6 条的规定。

6.4 强震动监测

- 6.4.1 对于处在寒冷地区设计烈度 7 度以上的 1 级渠道工程、8 度以上的 2 级渠道工程，宜开展强震动监测。
- 6.4.2 寒冷地区渠道工程强震监测工作参见 SL 486。

6.5 抗滑稳定性监测

6.5.1 对于设置抗滑桩的渠道，宜实施抗滑稳定性监测。

6.5.2 可采用测斜管对抗滑桩变形进行监测，也可在抗滑桩内设置钢筋计间接观测抗滑桩变形，测点布置应结合变形监测开展。

6.5.3 测斜管安装和观测方法可参照本规程第 5.4.5 条。

6.5.4 采用钢筋计监测，通过测量抗滑桩钢筋所受作用力，推算混凝土结构所受力或弯矩。钢筋计布置应符合下列要求：

1 埋设时应在抗滑桩的不同高程选取若干横截面，每个截面上 4 个方向均应布置 1 钢筋计；

2 焊接时及焊接后，可在仪器部位浇水冷却，使仪器温度不超过 60℃。

6.5.5 抗滑稳定性监测的监测频次宜按照以下要求进行：

埋设初期 1 个月内，前 24h，1 次/4h，第 2~3d，1 次/8h；第 4~7d，1 次/12h；第 7~14d，1 次/24h；之后按 1~4 次/月进行。

6.6 锚固结构应力监测

6.6.1 对于设置锚固结构的寒冷地区渠道，渡槽及倒虹吸等渠系建（构）筑物，宜实施锚固结构应力监测。

6.6.2 锚固结构应力监测参见 CECS22：2005。

7 监测自动化

7.1 一般规定

7.1.1 监测自动化系统应充分考虑渠道监测的特点，本着“安全、实用、可靠、先进、经济”的原则，做到结构简单、性能稳定、维护方便、扩展性好，易于升级和改造。

7.1.2 寒冷地区渠道监测典型自动化监测系统为分布式网络结构，由监测仪器、数据采集与处理系统、数据传输系统和网络发布系统 4 个子系统构成。系统结构运行方式如附录图 F 所示。

7.1.3 应在靠近监测结构的相对稳定区域设置监测站，基准站，监测站宜配备太阳能电源、“北斗”通讯设备、GPRS 通讯模块和天线，通过 GPRS 或“北斗”将数据传输到监控中心进行解算，并应配置有效的人工观测、比测手段，且宜具备与其他自动化系统、局域网或广域网连接的接口。

7.1.4 运行管理单位应根据管辖渠段工程特点和监测系统情况，制定监测自动化系统管理制度，包括仪器设备日常管理与维护、监测数据记录与处理、数据安全与应急管理预案等。

7.1.5 自动化系统应适应智慧水利的发展趋势，在确保系统安全可靠的基础上积极采用云平台、移动终端和大数据技术等数据处理技术。

7.2 系统设计

7.2.1 监测自动化系统包括监测仪器、数据采集装置、计算机及外部设备、网络通信设备、电源及防护设备、数据采集软件与安全监测管理软件等。

7.2.2 监测自动化系统设计应满足下列规定：

- 1 应具有自检和远程诊断功能，宜优先采用低功耗、高可靠性的现场仪器设备。
- 2 应具有多种电源和通讯接口，并宜采用光缆（光纤）或无线公网通信。
- 3 宜采用太阳能（风能）/蓄电池或市电/蓄电池供电，并具有自动切换功能。
- 4 应具有特殊工况和应急条件下，保证系统供电、通信和数据可靠性的具体措施。
- 5 应具有可靠的防水、防尘、抗干扰能力以及防人为破坏的措施。

7.2.3 自动化系统配套软件应具有数据采集和信息管理模块，并应符合下列规定：

1 数据采集模块应具有仪器设备、通信链路和电源供电等检测功能，以及任意测点组合选测和自动测量设置功能。

2 信息管理模块应具有针对渠道工程特点的过程线、分布图和相关线绘制功能，以及特征值统计功能、报警功能。

7.2.4 自动化系统功能及性能、数据采集装置主要技术指标以及监测站、网络通信、电源及防护、防雷接地等设计应符合 SL725—2016 第 15 章中的规定。

7.3 运行管理

- 7.3.1 运行管理应按照监测自动化系统管理制度，做好系统的日常运行和维护工作，定期提出分析报告，适时提出完善制度的建议。
- 7.3.2 运行管理应做好监测系统运行记录、监测数据及视频资料的保存，发现异常及时上报。
- 7.3.3 监测自动化系统运行与管理应符合下列规定：
- 1 制定操作性较强的监测自动化系统运行管理规程。
 - 2 监测数据备份每月不少于 1 次。
 - 3 系统时钟每月应校正 1 次。
 - 4 监测自动化系统运行情况应每季度检查一次，并做好记录，存档备查。
 - 5 系统维护维修应及时进行，并做好记录。
 - 6 系统自动采集的数据宜每年进行 1 次人工比测，并编写监测报告。
 - 7 应适时开展监测自动化系统维护。
- 7.3.4 应定期进行系统防雷击专项检查，每年应至少检测 1 次接地电阻。
- 7.3.5 应定期通过检验测试、校验测试和数据分析等方法，分析监测系统运行情况，提出运行维护或升级改造意见。

8 监测资料整编与分析

8.1 一般规定

- 8.1.1 监测资料整编的范围应包括巡视检查、常规监测、专项监测等获得的资料。每年应对监测资料进行一次资料整编和年度分析。根据实际需要，提出安全运行监控建议方案。
- 8.1.2 监测资料整理与成果整编，应项目齐全、考证准确、数据可靠、方法合理、图表完整、格式统一、说明完备。必要时可运用数据结构和数学模型对相关数据进行科学分析。整编所用方法、图表等可参照 SL551、SL601 的有关规定。
- 8.1.3 监测资料整编应建立监测资料数据库，并宜建立监测数据信息管理系统。
- 8.1.4 监测资料除在计算机磁、光载体内存储外，巡视检查、专项探测和常规监测的原始记录、图表、影像资料以及全部资料整编、分析成果应建档保存，并应按分级管理制度报送有关部门备案。

8.2 监测基本资料整理

- 8.2.1 监测基本资料应包括安全监测系统设计、布置、埋设、竣工等资料，以及系统运行后的维护和更新改造资料，并应包括下列内容：
- 1 监测系统设计、布置、埋设、竣工资料。
 - 2 监测设施及测点平面、纵横剖面布置图。
 - 3 有关各水准基点、起测基点、工作基点、校核基点、监测点，以及监测设施平面坐标、高程、结构、安设、设置日期和测读起始值、基准值等文字和数据考证表。
 - 4 仪器资料。
 - 5 安装考证资料。
 - 6 其他相关资料。
- 8.2.2 安装埋设考证资料记录应及时、准确、完备、规范，并应符合下列规定：
- 1 初次整理时，应按渠段监测项目对各项考证资料全面收集、整理和审核。
 - 2 运行阶段，发生校测设施和设备检验维修、设备或仪表损坏、失效、报废、停测、新增或改扩建等情况时，应重新填制或补充相应的考证图表，并注明变更原因、内容、时间等有关情况。

8.3 监测数据整编

- 8.3.1 数据采集完成后，应及时检查、检验原始记录的准确性、可靠性、完整性，对于测量因素产生的异常值应进行处理。
- 8.3.2 计算各监测物理量应及时形成电子文档，并打印出主要图表供查用。
- 8.3.3 监测资料整编应包括监测资料统计、绘制有关图表、初步分析等。
- 8.3.4 监测资料整理整编后，应参照 GB/T 50328 的具体要求，编写年度整编报告，并及时

归档。渠道安全评价时，应进行长序列监测资料整编与分析评价。

附录 A 巡视检查内容与记录格式

A.0.1 寒冷地区渠道巡视检查内容按表 A.0.1 进行分类和选择。

表 A.0.1 巡视检查内容表

类别	项目（部位）		例行检查	定期检查	专项检查
输水明渠	渠顶	砌石	●	○	○
		马道	●	●	○
	渠堤	坡面	●	●	○
		衬砌	●	●	○
		控制缝	●	○	○
	渠底	护面	●	●	○
	深挖方渠道	背水坡	●	○	○
		防护结构	●	○	○
	填方渠道	排水孔	●	○	●
		背水面	●	○	○
		堤脚	●	○	○
	冬季供水渠道	冰情	○	●	
隧洞	洞脸		●	●	
倒虹吸	放空系统		●		
	进气阀		●		
	人孔及伸缩节		●		
渠系建筑物	管道、渡槽	接合部	●	○	
		排水设施	●	○	
		变形缝	●	○	
		支墩	●	○	
闸室			●		
其他	监测设施	监测仪器	●	●	○
		监测设施、通信线路	●	●	○
	管理及保障设施	照明与应急抢险设施	●	●	●
		机电设施	●	○	●
		交通设施	●	○	●
		安全标示	●	○	●

注：●为必做项目，○为可选项目，空白表示不作要求

A.0.2 渠道巡视检查记录格式按照表 A.0.2 填写。

表 A.0.2 巡视检查记录表

工程名称：

标段：

日期：

天气：

检查负责人：

检查人：

巡视检查部位		损坏或异常情况	备注
衬砌渠道	渠顶 渠坡 渠底 混凝土衬砌 浆砌石衬砌 其他部位		
输水隧洞	洞脸 结合部		
倒虹吸	管线 放空系统 进排气阀、人孔 伸缩节 其他部位		
管道、渡槽、穿渠建筑物	结合部		
其他	闸室 伴渠公路 绿化带 监测系统 供电系统 通信设施 应急抢险设施 安全标示		

附录 B 寒冷地区渠道常规监测项目分类

表 B.0.1 常规监测项目分类表

监测内容		监测类型		工程级别		输水渠道		深挖方渠道		高填方渠道		不良地质渠道		高地下水位渠道		冬季供水渠道	
		1		2		1		2		1		2		1		2	
环境量监测	渠内水位	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	气温	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆
	降水量	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆
变形监测	水平位移	★	☆	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	☆
	垂直位移	★	☆	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	☆
	表面裂缝	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	★	☆	☆	☆	☆	☆		
渗流监测	浸润线	☆	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	☆	☆
	渗透压力	☆	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	☆	☆	☆
应力应变监测	冻胀力	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
	渠系建（构）筑物应力应变	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
专项监测	冻胀过程	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆		
	冬季供水监测															★	☆
	强震动	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	抗滑稳定性	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	锚固结构应力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注：有★者为主要项目（必设）；有☆者为建议项目（可选）；“—”表示结合工程具体情况，如有需要；无内容表示该部位无此项目或不做要求

附录 C 分布式光纤传感器的设计、安装和观测

C.0.1 本附录涉及的分布式光纤传感器监测的相关步骤和方法,适用于布设在渠基土内的分布式光纤传感器。

C.0.2 光纤与保护结构的组成的传感器通常称为传感光缆,基本结构如图 C.0.1(A);分布式光纤传感器监测设备主要包括传感光缆、保护结构,以及解调设备等(见图 C.0.1(B))。

C.0.3 应被测对象的特点,采用不同的光纤感测技术。用于寒冷地区渠道安全监测的光缆类型应根据具体监测内容选择。温度、渗流(渗漏)监测宜选用基于拉曼(ROTDR)散射的分布式光纤感测技术;应力应变监测宜选用基于布里渊(BOTDR)散射的分布式光纤感测技术。

C.0.4 应选用感温性和抗折性较好的光缆用于寒冷地区渠道监测。

C.0.5 测量光缆布置应符合以下规定:

1 测量光纤布置前需进行含水率(或渗流速率)与温度特征值相关曲线的标定,获得温度特征值与含水率(或渗流速率)相关方程的计算参数;

2 依据设计文件或监测目的布置测量光缆的空间分布,并进行施工放样;

3 依据放样位置,采用人工或机械方式在渠基土内开挖传感器沟槽,宽度宜在 10~15cm,沟槽深度视监测目的而定,开挖完成后应在沟槽底部人工摊铺原状土料保护层;

4 测量光缆沿开挖好的光缆沟不间断铺设,在布设测量光缆的过程中要避免测量光缆打结,相互缠绕,防止人员踩踏测量光缆;

5 使用光功率计检测已铺好的光缆是否工作正常,合格后,人工将光缆沟回填,并用小型振动碾压密实;

6 需对光纤跳线进行严格保护,在地面光缆露头位置做好防护措施和反光标志。

C.0.6 数据测量应符合下列规定:

1 在周围环境较好,电源稳定的位置布置光纤解调仪,联通电脑检测仪器的的工作状态;

2 检查现场测量光缆跳线接头是否连通,用酒精清洁表面后,插入光纤解调仪接口处,并按照电路图布置测量光缆加热系统,采用万用表检查各部位连通情况;

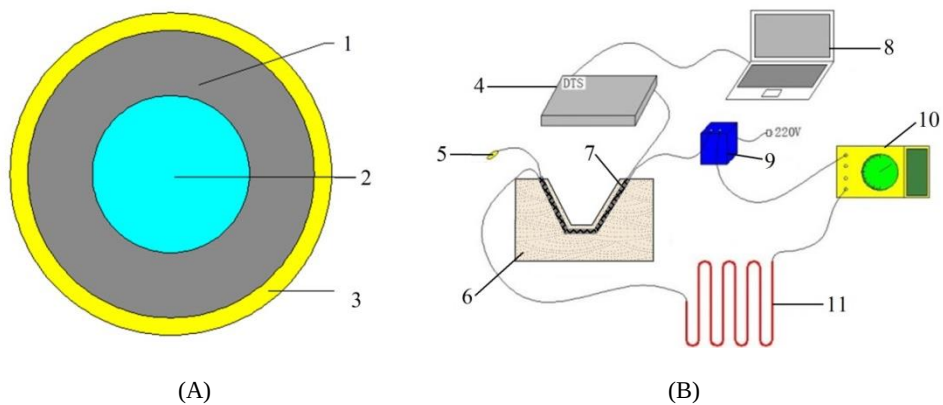
3 在通电加热之前,应先测量未加热的初值,取平均值作为测量的基准值,以降低光纤测量系统的随机误差对测值的影响;

4 根据监测目的设置仪器自动测量的时间间隔后启动通电加热,将电流逐渐加载至设计值,测量期间严格控制加载功率,待测量光缆温升曲线趋稳后,再测量 10~15 分钟后停止测量,并关闭加热系统电源;

5 获取信号读数后,应做好数据基准值和获取值的转换,得到实际被测值;

6 通过测量得到的温度特征值,带入温度特征值与含水率(或渗流速率)方程中,计算得到对应的测值;

7 依据各时期的测值绘制“渠水位、膜后水位-时间”曲线或“渠水位、渗流速率-时间”曲线、膜后水位分布情况、变化特性和趋势等。



1—包层；2—纤芯；3—涂覆层；4—DTS解调仪；5—尾纤；6—被测断面；7—光缆；8—读数设备；9—电源转换器；10—万用电表；11—电阻导线

图 C.0.1 光缆及监测设备

附录 D 冻胀监测设施的设计、安装和观测

D. 1 冻胀位移监测

D. 1. 1 冻胀位移计基本构造见图D.1.1。

D. 1. 2 冻胀位移计的布置应符合以下规定：

1 揭开渠道衬砌板，机械或人工开挖至浅层基岩面，如浅层无基岩，应在开挖面以下设置一混凝土基墩，基墩底部标高至衬砌板底的垂直距离不应大于30cm。

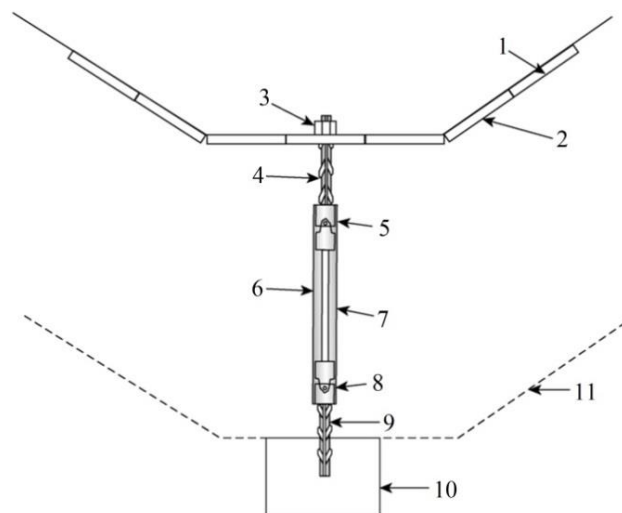
2 应在基岩或混凝土基墩表面开凿一钻孔，用于固定位移计。

3 放置位移计的固定钢筋，并用水泥浆将钻孔处灌封密实，确保固定钢筋在渠道冻胀力作用下不发生滑动；

4 将位移计下端的万向节与固定钢筋连接，位移计上端的万向节与固定钢筋拧紧后固定在渠道表面混凝土衬砌板上。

D. 1. 3 应采用人工或自动化方式获取位移计读数，采用自动化方式读数时，应将位移计电缆导线埋置保护。

D. 1. 4 冻胀位移的监测频次应在变形监测要求的基础上，根据工作需要适当增加频次。



1—提环；2—铁盖；3—毡垫；4—硬橡皮管；5—软橡皮管；6—重锤；7—底盖 8—放水螺丝；9—上接头；10—挂钩；11—软橡皮管；12—链子；13—下街头；14—重锤

图D.1.1 冻胀位移计构造示意图

D. 2 冻胀力监测

D. 2. 1 冻胀力监测设备应由锚固部分和量测部分组成。

D. 2. 2 量测部分通过锚固部分安装在渠道原状土内，应具有长期可靠性。

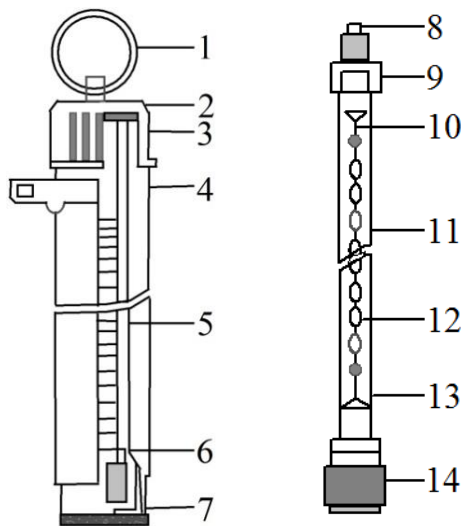
D. 2. 3 冻胀力监测设备的使用应注意下列事项：

1 冻胀力可采用人工测读；具备自动化观测条件的设备，应做好电缆的埋设与防护；

- 2 监测设备的锚固部分不应在原状土体产生较大干扰；
- 3 应根据量测读数，通过适宜的计算方法得到被测土体的冻胀力主应力大小和方向。

D. 3 冻深监测

- D. 3. 1 可采用冻土器观测渠道冻深。所用冻土器设施基本构造见图D.3.1。
- D. 3. 2 冻土器安装应符合下列规定：
- 1 安装前检查仪器内部各结构措施的连接是否正常。
 - 2 将软橡皮管内灌入当地地下水后插入硬质皮管，检查水位是否达到目标刻度。
 - 3 将设备垂直埋入被测渠基中，将仪器上端露出。
- D. 3. 3 冻深观测应依据设备特征以人工观测、自动化观测方式确定，以可靠和操作简便为原则。



- 1—提环；2—铁盖；3—毡垫；4—硬橡皮管；5—软橡皮管；6—重锤；7—底盖8—放水螺丝；9—上接头；
10—挂钩；11—软橡皮管；12—链子；13—下街头；14—重锤

图D.3.1 冻深观测设备构造示意图

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

中华人民共和国团体标准

寒冷地区渠道安全监测技术规程

T/CHES xxx-2020

条文说明

目 次

1 总则.....	28
2 术语.....	29
3 基本规定.....	30
4 巡视检查.....	31
5 常规监测.....	33
6 专项监测.....	37
7 监测自动化.....	38
8 资料整编与分析.....	39

1 总则

1.0.1 渠道结构物因厚度小、自重轻而对地基土冻融作用十分敏感。根据我国水利行业大量统计数据及研究资料，地基土冻融作用产生的破坏是北方寒冷地区渠系工程主要破坏形式。GB/T50600、SL599、GB50288 均对冻胀观测及其测验方法提出了原则性要求。受技术、经济条件等因素制约，对服务于寒冷地区渠道建设与运行管理的安全监测技术未能作出明确规定。为适应新时期水利改革发展总基调要求，加强并规范寒冷地区渠道安全监测技术是十分必要的。

1.0.2 我国多年冻土与季节性冻土区域面积约占国土面积 75%。我国一批大中型水资源配置工程，以及大量灌溉渠道的全线或渠段位于冻土地基上，每年需要耗费大量人力、物力和时间去维护。对于季节性冻土地区的供水渠道，每年反复循环冻融作用导致渠堤发生不可恢复的变形，其形成的空隙很容易被流土填充而无法恢复到原来状况，在冻融作用影响下，渠基土体的强度、渗透性等发生显著改变，进而出现劣化变形。因此，对于以供水明渠为主要形式的水资源配置工程，以及承担其他任务的寒冷地区供水渠道，有必要开展常规监测及专项监测。考虑工程重要性，2 级以下渠道参照时，可以巡视检查、观测为主，有条件的也可开展监测工作。

1.0.3 渠道和供水管道线路漫长，渠系建（构）筑物较分散，不同结构、不同区段面临的损毁风险程度不同；另一方面，不同区域气候条件不同，管理水平也有差异。因此，按照地质条件及气候条件，根据不同类型实施分区域、差异化监测符合工作实际。

2 术语

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。本规程所指的寒冷地区，强调低温对渠道工程地基的影响，这与 JGJ 118、SL 23 等国家和行业标准中的相关要求和内容是协调的。

2.0.2 本条借鉴了 SL 551、SL/T 794 等其他行业监测现行规范、规程，扩展了安全监测的概念，把巡视检查和专项监测纳入安全监测中。

2.0.4 破坏模式的确定是常规监测项目和监测方法选择的主要依据。一些位于季节性冻土地区的渠道，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，这些过程使相应工程的边界条件呈现出“湿-干-冻-融”耦合循环的特点，导致渠道冻胀、融沉破坏显著；另一方面，一些大型水资源配置工程不可避免的穿越膨胀土等不良地质区域，如北疆供水一期工程总干渠、南水北调中线工程总干渠等，膨胀土具有典型的裂隙性、胀缩性、强度衰减性等。在往复水-热过程作用下，极易发生水胀、滑塌、渗透等形式的破坏。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。

2.0.5 鉴于供水渠道线路长，渠系构筑物分散的特点，根据安全管理风险大小对渠段分区施策，考虑渠道潜在破坏模式及失事后造成的损失等因素，合理确定重要渠段和重点部位，有利于优化资源，提高监测工作针对性。

2.0.6 季节性输水渠道是寒冷地区渠道的一种主要输水形式，也是破坏问题比较突出的一种输水建筑物。

3 基本规定

3.0.1 渠道工程具有建设时间跨度大、轴线长、占地多、工程量大、管护维修任务重等特点，同时工程结构相对复杂，非一次性建成工程，可能内部夹杂历史工程，结合部多。寒冷地区渠道安全监测除充分考虑上述特点外，还应充分考虑严寒气候、渠身渠基组成复杂、破坏模式多等特点，本章根据渠道的潜在破坏模式及破坏后造成的损失等因素，合理确定重要渠段和重点部位进行重点监测。

3.0.2 寒冷地区渠道安全监测等级应根据不同工程、不同渠段的运行风险等级确定，其中风险等级由风险因素、破坏模式、后果及影响程度确定，通过专业机构完成，具体包括：

1 资料收集：包括水文地质资料、规划设计和施工资料、历次险情和处理加固记录、巡视记录和探测（监测）报告、安全评价最新成果等。

2 集中讨论：讨论寒冷地区渠道破坏模式并获取更多信息。

3 风险排序及分析：针对渠道工程级别、破坏模式和致灾后果，进行渠道风险及风险管控措施分析。

4 明确区划：应根据渠道风险分析成果，综合区域地质条件、气候环境、危害程度等，明确寒冷地区渠道工程各渠段的风险等级。考虑到监测工作的实际需要，结合实践经验，在具体操作时可作简化处理，即渠道破坏产生的危害程度由渠基土的冻胀风险决定，该风险由 GB/T 50662 中“土壤冻胀级别”的划分确定。在此基础上，结合工程重要性，适用于 2 级以上寒冷地区渠道安全风险区划见表 3.0.2。

表 3.0.2 寒冷地区渠道安全风险区划参照表

风险区划	工程级别		土壤冻胀级别
	1 级	2 级	
	低风险	低风险	I 级（ $h \leq 2$ ）
	中风险	中风险	II 级（ $2 < h < 5$ ）
	高风险		III 级（ $5 < h < 15$ ）
			高风险
	V 级（ $h > 22$ ）		

3.0.3 按照 SL 725 中的渠道安全监测工作原则，结合寒冷地区渠道安全风险区划和管理工作所需，本条规定了除对 1 级、2 级渠道除不良地质、深挖方、高填方渠段和特殊渠段外的监测要求。另一方面，不同监测方式获得的监测信息不同，在具体选择时应根据风险等级，有所侧重、综合考虑。狭义的安全监测方式是指常规的仪器监测，而本规程将例行检查和专项监测等一并列入（具体解释见后文），以体现寒冷地区渠道工程安全监测的特点，也便于反映不同监测项目的专业性和监测频次要求。

3.0.4 巡视检查，侧重渠道工程表面的缺陷和险情巡查，是一项必不可少的工作。

3.0.5 常规监测主要针对高风险渠段进行，中等风险渠段也可选择设置，低风险渠段一般不设。

3.0.6 为增强监测工作的针对性和操作性，提升工作效率，本条强调了寒冷地区渠道常规监测工作的基本要求，具体要求详见本规程第五部分。

3.0.10 本条结合寒冷地区渠道工程特点，对专项监测的具体内容进行了划分。

4 巡视检查

4.1 一般规定

4.1.1 具体情况是指巡视检查期间工程供水条件、所处区域的气候条件等对开展相关工作具有影响的客观情况。

4.1.2 巡视检查工作应当与管理单位检查工作相结合。对检查中发现的一般问题，应及时进行处理；情况较严重的，除查明原因采取措施外，还应报告上级主管部门；情况严重的，应对异常和损坏现象做详细记录，分析原因，提出处理意见，并报上级主管部门。

4.1.3 在预警发生后，对供水工程进行及时的现场溯源和风险追踪，是采取措施进行灾后恢复和降低损失的前提。对于寒冷地区的大型供水渠道，具有空间跨度大，气候严寒等特点，传统人工巡查风险追踪方式追踪效率较低，难以覆盖长距离供水工程的全线。发现异常情况，传统追踪方式缺乏有效直观的工程信息来辅助决策。视频监控等成熟适用技术，可用于对渠道重点部位和区域的日常监视。近年来，无人机巡查技术的发展为水利工程预警预报工作提供了新的方案。利用无人机技术开展渠道巡检前，应对无人机续航能力，以及低温环境下无人机机械部件的正常运作进行检查。

4.1.4 例行检查，主要为工程外观检查；定期检查，主要针对寒冷地区渠道因冻害造成运行风险进行排查；专项检查，用于应对极端工程风险进行的检查。例行检查应由各站、各段等渠道工程基层管理部门组织开展。

4.2 检查项目和内容

4.2.1 害渠动物检查可参考 SL/T794 中的有关规定和方法；渗漏观测应按 SL599 中的有关规定执行。

4.2.2 对于冬季供水渠道，当河面出现淌凌或岸冰时，应对流凌密度、流凌速度及岸冰长度、宽度等进行观测，宜每天观测 1~2 次，当出现封河时，对封河段每天观测应不少于 1 次。

春季检查，是考虑积雪融化后对工程可能造成的危害而设置的。应形成专题雪情分析报告，上报渠段雪情分析，制订防洪预案，组织人员或机械清除积雪，对马道、防洪堤外影响工程安全的积雪融水进行疏导抽排。对于季节性供水渠道，还应检查渠道及渠系建（构）筑物、机电设备等是否具备通水条件。

4.2.3 事前检查工作，以检查防洪功能为主要内容，对防洪堤、蓄洪库、纳洪口、涵洞进行徒步检查，各部门对发现的问题汇总后，及时上报。事后检查工作以基础设施检修为主要内容，各部门对渠道、渠系建（构）筑物进行徒步检查，将发现的问题形成专题报告，上报上级管理部门。

5 常规监测

5.1 一般规定

5.1.1 对新建或改建、扩建的渠道，施工期监测一般要与运行期监测相结合开展，以降低监测成本并得到连续的监测数据。

5.1.2 常规监测目的，一是要监测工程安全状况指导施工和运行；二是要检验工程质量，反馈设计；三是要为科研工作服务。从风险角度和影响渠道破坏的主要因素出发，根据监测目的和渠道实际情况开展常规监测设计，可及时发现并预警渠道冻胀、渗漏、失稳等破坏，以弥补人工查险方式的不足，为分析寒冷地区渠道安全状况提供更多数据支撑。寒冷地区渠道工程战线长、地形地质条件变化大，安全监测断面、项目总量多，管理工作量大。但影响到寒冷地区渠道安全的主要是冻胀、融沉、失稳变形和渠基渗流、水胀等，因此常规监测设计应以环境量、变形和渗流监测为主。输水明渠的应力应变监测主要是冻胀力。

5.1.4 从总体上说，寒冷地区渠道工程受地形地质条件和综合环境因素的影响较突出，故监测设计要统筹规划、合理布局、突出重点。常规监测一定要根据监测目的，考虑监测设施埋设与运行期费用，并进行技术经济比较后确定；选用的设备和仪器的质量、性能和精度均要满足要求。

5.1.5 寒冷地区渠道监测设施处在低温环境或在水中，对监测设施的保障显得更加重要。在监测设计阶段，需要统筹考虑各观测点应有交通条件、发生险情后险工险的照明设施、防雷等安全保护措施、需要进行长时段连续自动化观测的监测断面所需的必要供电及通信设施等。

5.1.6 穿渠建筑物的沉降尤其是不均匀沉降、止水的好坏会直接造成土石接合部脱空、渗漏隐患，因此接合部监测布置要结合穿堤建筑物的特点进行。

5.2 设计与布置

5.2.1 寒冷地区渠道潜在破坏模式受工程风险、环境风险、人为风险等因素影响，影响因素可概括为内在因素和外在因素，如表 5.2.1 所示。根据长期工程运管实践，可总结出寒冷地区渠道主要破坏形式，主要包括：

- 1 鼓胀及裂缝（混凝土衬砌板的冻胀裂缝多出现在渠道坡脚以上 $1/4 \sim 3/4$ 坡长范围和渠底中部，裂缝一般出现在渠道混凝土板水位线附近）。
- 2 隆起架空（一般出现在坡脚或水面 $0.5 \sim 1.0\text{m}$ 坡长处和渠底中部）。
- 3 错位及坍塌（渠道混凝土衬砌板的冻融滑塌，以及渠坡失稳坍塌）
- 4 整体上抬（衬砌结构因冻胀整体上移）。
- 5 剥落及酥松（衬砌混凝土表面出现的酥松、剥落等现象）

表 5.2.1 影响寒区渠道破坏因素表

因素	类型	影响
内在因素	地形地貌	渠坡坡度
		渠坡坡高
	地层及岩性	地层岩性
		岩石强度
		岩土体结构
	地质构造	区域构造
		新构造活动性
		结构面发育程度
	渠坡结构	结构类型（坡角和岩层倾角）
		软弱岩层
		软弱面控制程度
外在因素	气候环境	气温
	地表水、渠道水、地下水及冰	地下水位
		地表水、渠道水
		冰推、冰拔
	降雨	一次最大降雨强度
		日降雨强度
		月降雨强度
	地震	地震烈度
		地震的破坏程度
	人类工程活动	活动强度
		人口密度
		开挖堆填
	其他	设计不当
		运行管理不当
		施工质量差
		防洪能力不足

根据破坏主要影响因素,以及渠道主要破坏形式,可概括出高寒区渠道的主要破坏模式:

- 1 冻胀破坏。因低温导致渠基出现冻胀,以及升温导致渠基融化下沉,引起的渠道冻胀破坏。
- 2 冻融破坏。混凝土衬砌材料内部孔隙水因反复冻融作用导致衬砌结构的破坏。
- 3 失稳破坏。失稳破坏失事是渠道局部滑坡或整体滑坡引发渠道溃决或决口。按边坡滑动发生的位置分有:临水面滑坡、背水面滑坡和崩岸。
- 4 渗透破坏。由渠身或渠基由于渗流而引起的渠道变形或破坏。渗透破坏的类型有:管涌、流土、接触冲刷和接触流土四种。
- 5 冰冻破坏。严寒气候下渠道水体结冰对混凝土衬砌结构的破坏。
- 6 漫顶破坏。渠道洪标准过低或遇到超标准特大洪水或因河道受阻,在河水位猛涨超过渠顶高程且来不及抢护时而产生的破坏。

7 地震破坏。因地震引起的渠道破坏，包含着岸坡地震失稳和地震液化两种失事模式。

8 人为破坏。偷挖土方，违建或出于战争目的的人为等破坏。

上述破坏模式中，1~5 是渠道较为常见的破坏形式。

5.2.2 本条对拟开展常规监测的高、中风险渠段，从监测设计所需，规定了重点收集的资料。

5.2.3 监测断面的选择是监测设计的一个重点和难点，包括拟监测堤段的监测断面位置、断面间距和断面数量。监测断面要集中布置在工程结构及地形地质条件有显著特征和特殊变化的渠段和建筑物处，并结合渠段材料、结构型式以及改扩建、除险加固、抢修等情况，所处区域水文地质特征、历史险情等综合确定，使其对工程全局有较好的控制性和代表性。

5.2.4 SL 725 对渠道、渠系建（构）筑物的安全监测项目做了基本要求。GB/T 50600、SL 599 等标准中对冻胀观测及测试方法提出了原则性要求。本条充分考虑了寒冷地区渠道破坏的影响因素，对环境量、变形监测做了必设要求。另一方面，实践表明，水分过程对于渠坡稳定至关重要，因此本规程在寒冷地区的高填方、深挖方、不良地质、高地下水位等重点渠段，将渗流监测规定为必设内容。对于冬季供水渠道，渠基水分变化程度相对较小，故在此未对渗流监测做必设要求。此外，本规程中的应力应变监测的项目设置与 SL725 的相关要求一致。对于强震动、抗滑稳定性、锚固结构应力等专项监测，应结合工程实际和科研工作需要，酌情设置。

5.2.5 本条对监测设施的布置提出了原则性要求。监测设施的安装埋设至关重要，如安装埋设不当易引起仪器无法正常工作且难以修复。设计时需考虑施工条件，提出保护措施，并尽量降低安装困难，保证精度达到要求，方便检测。施工时要保护监测设施的完好。

5.3 环境量监测

5.3.1 严寒气候是寒冷地区渠道工程发生冻胀破坏的主要外因，气温是寒冷地区渠道安全监测的重要指标。同时，强降水也是诱发渠道工程破坏的重要因素。在保证气温和降水量监测工作的前提下，因地制宜合理设置，有利于提升相关工作效率，本章 5.3.6 条也强调了这一点。

5.3.5 渠道运行管理工作中，对渠道水位的监测已较为成熟，自动水位计的应用也较为广泛，在满足监测要求下，可优先采用管理部门的水位数据。当渠道无水或低于水尺零点高程时，要在记录中予以标注，以便监测资料分析时考虑。

5.3.7 对渠堤温度进行监测，可准确掌握渠道温度变化信息，提升预警，还可反馈科研工作。温度观测方法可参考 GB 50324 中附录 J 的规定。本条目涉及的测点布置方法，与 GB 50324 的相关方法一致。

5.4 渗流监测

5.4.1 渗流监测的目的主要是掌握渠堤自由水的流动特征，判断渠堤渗水、管涌、及滑塌的性质及发展趋势，如出现浑水、渗流量逐步增大情况则是管涌的征兆，除加强观测外，还需抓紧采取抢护措施。另一方面，对于季节性输水渠道，渠基的赋存水将是停水期渠道产生冻融破坏的主要来源，因此也要做好停水期的渗流监测。

5.4.2 寒冷地区渠道渗流监测的测点数量要求，是在 SL 725 中的有关要求基础上，充分考虑渠基土渗流各项异性可能导致的较大浸润线变幅情况，增加了测点的数量要求。

5.4.5 测压管底部高程或渗压计埋设高程应停水期地下水位以下。

5.4.6 分布式光纤渗流监测技术，基于温度示踪原理，通过渗流水流参与到光纤和周围环境之间的热交换过程来判断渠堤渗流、渗漏通道是否存在，并能对其定位，在定性判断方面具有优势，同时具有抗高压能力强、抗电磁干扰能力强、耐腐蚀性强、耐高温、防雷击、成本低廉、施工过程简单等特点。分布式光纤技术应用于寒冷地区渠道监测时，所用传感器的光缆结构应兼顾抗压性、光缆接续性和温感性。埋设时应避免光缆相互缠绕；回填应使用原状土，有条件的可设置保护措施。

5.4.8 对穿渠建筑物（管线）与渠道接合部位渗流监测应根据接合部特点确定。接触面渗流监测宜采用渗压计，并在穿渠建筑物防渗刺墙临渠、背渠侧各布置 1~2 个测点，背河坡面及坡脚位置各布置 1 个测点。当穿渠建筑物宽度较大时，应沿建筑物轴线方向布置至少 1 个监测断面。

5.4.9 地基冻胀过程与水分迁移和补给密切相关，高寒区供水渠道应重视地下水位监测。

5.5 变形监测

5.5.1 变形监测应充分考虑工况对变形的影响。具体来说主要是施工荷载和运行水位变化产生的影响。例如常规渠道在施工期应开展控制不均匀沉降的变形监测；而在水位变化的影响下，一些填方渠道有水平位移的趋势，这一期间需要做好水平变形监测。

5.5.3 位移测量多采用视准线法和三角网法，也可根据渠道自身条件采用其它监测方法。如对表面位移观测，必要时可采用效率较高、精度也能满足安全管理要求的激光雷达(LiDAR)方法。

5.5.4 渡槽、倒虹吸、供水管道受冻胀作用影响相对较小，相应的变形监测内容与非寒冷地区渠道并无显著差别，不做专门要求。

5.6 应力应变监测

5.6.1 应力应变监测一般仅对新建、改扩建后特别重要堤段或土石接合部开展，且需充分论证必要性后实施。本规程对应力应变监测不做必设要求，本条只提出了基本要求。

5.6.2~5.6.3 冻胀力测试数据可直观反映冻胀程度，并用以反馈设计、指导施工。但相较温度、变形、应力应变等监测，目前冻胀力测试方法还欠成熟，主要原因是被测土体的约束难以保证，渠道斜面更是增加了工作难度。本规程提供了基本方法，具体方法可参考相关文献。

5.6.4 渡槽、倒虹吸、穿渠建筑物及供水管道受冻胀作用影响相对较小，不做专门要求，但因注意寒冷地区供水埋管的应力应变监测。

6 专项监测

6.1 一般规定

6.1.1~6.1.3 专项监测不同于常规监测,主要为工程维护和科研具体需要服务,其中的冻胀、冬季供水渠道中的流凌等过程是寒冷地区供水渠道所特有的。专项监测按需设置,除1级冬季供水渠道应开展冬季供水监测外,专项监测不做必设要求。

6.2 冻胀过程监测

6.2.1 冻结作用将导致土体表面产生冻胀变形,并改变内部的水分分布。对冻深、含水率等指标监测,可更好的掌握渠基的冻结过程,为预警预报机制提供基础数据。

6.2.2~6.2.3 土壤湿度传感器是目前较为成熟适用的含水率监测设备。考虑到含水率变化与温度密切相关,因此建议含水率传感器布置与温度监测相结合,提高监测效率。

6.2.4 冻深观测时可考虑渠道走向,在阴、阳坡分设测点以便对比。

6.3 冬季供水监测

6.3.1 我国寒区大部分渠道在冬季停止供水,但少数兼有供水发电和向下游供水功能的渠道,在负温期间通水时,渠道里的水体常常会结冰,产生冰冻破坏。渠道水完全封闭后,冰冻层逐渐加厚,对渠道衬砌体产生冰压力,造成衬砌体的位移和破坏或在冰压力和渠基土冻胀力的作用下鼓胀,发生破坏变形。同时,漂浮的冰块或冰屑团会在局部积累,减少过水断面,严重时使断面完全封闭,形成冰坝,造成渠水漫溢,甚至溃渠的事故。因此本规程将冬季供水监测作为专项监测内容。

6.3.2 流凌、冰压力与温度和流量有关,调水工程中的渠水流量与调度模式有关。

6.5 抗滑稳定性监测

6.5.1~6.5.2 抗滑稳定性监测,通过测量桩身沿桩长位移大小、位移分布状况和桩身变形规律,判断渠堤边坡的稳定性。

6.5.4 采用钢筋计作为抗滑稳定性监测时,应在抗滑桩身预留相应位置,然后将钢筋计和电缆嵌入到抗滑桩上,并注意电缆保护。

7 监测自动化

7.1 一般规定

7.1.1~7.1.2 “物联感知、互联互通、科学决策、智能管理”是“智慧水利”建设要求的核心理念。寒冷地区供水渠道是作为水利工程的节点，应依托现代化技术手段推动监测工作信息化、智能化；同时，考虑到寒冷地区渠道工程战线长、地理位置偏僻、气候环境恶劣等特点，应积极提高监测的信息化水平。

7.1.4 监测自动化系统应积极采用成熟的技术，宜与办公自动化系统、日常巡查系统、视频监视系统等结合，提高系统利用率、便于管理。

7.2 系统设计

7.2.1~7.2.4 SL 725 对有关问题已做了比较详细的规定。在具体执行时，要充分考虑渠道战线长，监测数据分散、有限，室外设施保护及供电困难、电磁干扰源不确定等特点，合理统筹设计。系统建成后应对监测系统各项功能指标与性能参数进行测试验收。

8 监测资料整编与分析

8.1 一般规定

8.1.1 监测资料是得出科学结论，提出相关管理措施和处置方案的重要依据。寒冷地区渠道安全监测的监测资料包括巡视检查、专项探测和常规监测资料。为深刻揭示寒冷地区渠道运行规律，查找相关问题，应重视监测资料的整编与分析工作。整编时应根据各类监测的特点分类整理。巡视检查结果整编以年度大事记形式表现为宜，专项监测以报告形式为宜，常规监测以本规程 8.2、8.3 规定方法进行整编为宜。对出现的重大险情，要围绕险情发生的原因、发展过程、监测抢护及后续处置等形成专题报告。

8.2 监测基本资料整理

8.2.1 强调对监测设施有关资料的整理与存档，监测设施也包括视频监视系统。资料整理在每次观测结束后进行，以便及时对观测资料进行计算、校核、审查。

8.2.2 本条强调监测工作的规范性，并强调对监测设施变化的情况要及时进行记录和更新。

8.3 监测数据整编

8.3.2 对有关物理量计算公式、整编所用图表和方法，SL551、SL601、SL758 都有详细描述，可参照。

8.3.3 监测数据初步分析可根据物理量的性质及时间序列的长短采取不同的方法进行，包括监测资料的趋势性分析、特征值分析、相关性分析、突变值判断等内容。如有异常，要检查计算有无错误和监测系统有无故障，经综合比较判断，确认监测物理量异常时，要及时上报，必要时还需要及时进行安全复核或专题论证，适时启动预警机制。

8.3.4 相关监测资料可作为渠道冻害安全评价的参考数据。