

DB31

上海市地方标准化指导性技术文件

DB31 SW/Z 047-2025

原水引水管渠监测技术规程

Technical specifications for monitoring raw water intake pipe
channels

2025-4-15 发布

2025-6-1 实施

上海市水务局 发布

前 言

为加强本市原水引水管渠运营管理，提高原水引水管渠监测技术水平，规范监测程序和方法，确保城市原水引水安全稳定运行，规程编制组经广泛调查研究，总结了 30 多年来上海市原水引水管渠监测实践经验及相关研究成果，参考了国家、行业有关技术标准，并在广泛征求相关单位和专家意见的基础上编制了本规程。

本规程主要内容包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 监测项目；5 监测点布置；6 监测方法与技术要求；7 自动化监测；8 监测频率与警情报送；9 监测成果及信息反馈。

主编单位：上海市供水管理事务中心

上海城投原水有限公司

上海新地海洋工程技术有限公司

参编单位：（排名不分先后）

上海勘察设计院研究院（集团）股份有限公司

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

上海勘测设计研究院有限公司

上海山南勘测设计有限公司

上海京海工程技术有限公司

主要起草人：王如琦 施 亮 于大海 卞 煜 沈 荣 杨正勇 陈一飞

陈 刚 程晓龙 林立祥 刘 磊 戴加东 陆石基 刘 勇

王 林 陈 波 张勇勇 丁传松 李 勇 丁言成 严 磊

主要审查人：潘国荣 杨建刚 卢 宁 余祖锋 吴丰收

本规程由上海市供水管理事务中心负责管理，由上海新地海洋工程技术有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至上海新地海洋工程技术有限公司（地址：上海市东体育会路 816 号 A 座 1 楼，邮编：200083；E-mail: xindihiy1701@163.com）。

目 次

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	基本规定.....	4
3.1	一般规定.....	4
3.2	监测等级.....	5
4	监测项目.....	7
4.1	一般规定.....	7
4.2	仪器监测.....	7
4.3	现场巡检.....	7
5	监测点布置.....	8
5.1	一般规定.....	8
5.2	管渠监测点布置.....	8
5.3	岩土体监测点布置.....	8
6	监测方法与技术要求.....	10
6.1	一般规定.....	10
6.2	水平位移监测.....	10
6.3	竖向位移监测.....	12
6.4	倾斜监测.....	12
6.5	土体深层水平位移监测.....	13
6.6	土体分层竖向位移监测.....	14
6.7	孔隙水压力监测.....	14
6.8	土压力监测.....	15
6.9	地下水水位监测.....	16
7	自动化监测.....	17
7.1	一般规定.....	17
7.2	系统设计.....	17
7.3	监测方法及要求.....	17
7.4	采集与传输.....	18

7.5	安装与维护.....	19
7.6	管理与发布.....	19
8	监测频率与警情报送.....	21
8.1	一般规定.....	21
8.2	监测频率.....	21
8.3	警情报送.....	22
9	监测成果及信息反馈.....	24
9.1	一般规定.....	24
9.2	数据处理.....	24
9.3	成果文件.....	24
9.4	信息反馈.....	25
附录 A	监测成果评价表样表.....	26
附录 B	竖向位移和水平位移监测日报表样表.....	27
附录 C	倾斜监测日报表样表.....	28
附录 D	深层水平位移监测日报表样表.....	29
附录 E	分层竖向位移监测日报表样表.....	30
附录 F	土压力、孔隙水压力监测日报表样表.....	31
附录 G	地下水水位监测日报表样表.....	32
附录 H	现场巡检日报表样表.....	33
附录 I	警情报告单样表.....	34
	本规程用词说明.....	35
	引用标准名录.....	36
	条文说明.....	37

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms.....	2
3	Basic requirement.....	4
3.1	General requirements.....	4
3.2	Monitoring grade.....	5
4	Monitoring items.....	7
4.1	General requirements.....	7
4.2	Instrument monitoring.....	7
4.3	Inspection and examination in situ.....	7
5	Monitoring point arrangement.....	8
5.1	General requirements.....	8
5.2	Layout of monitoring points for pipelines and canals.....	8
5.3	Layout of rock and soil monitoring points.....	8
6	Monitoring methods and technical requirements.....	10
6.1	General requirements.....	10
6.2	Monitoring of horizontal displacement.....	10
6.3	Monitoring of vertical displacement.....	12
6.5	Monitoring of horizontal displacement in deep stratum.....	13
6.6	Monitoring of vertical displacement in stratum.....	14
6.7	Monitoring of pore water pressure.....	14
6.8	Monitoring of soil pressure.....	15
6.9	Monitoring of water pressure.....	16
7	Automatic monitoring system.....	17
7.1	General requirements.....	17
7.2	Systematic design.....	17
7.3	Monitoring methods and technical requirements.....	17
7.4	Collection and transmission.....	18
7.5	Installation and maintenance.....	19

7.6	Management and release.....	19
8	Monitoring frequency and submission of alarm.....	21
8.1	General requirements.....	21
8.2	Monitoring frequency.....	21
8.3	Submission of alarm.....	22
9	Monitoring results and information feedback.....	24
9.1	General requirements.....	24
9.2	Data processing.....	24
9.3	Outcome documents.....	24
9.4	Information feedback.....	25
Appendix A	Daily report on evaluation of monitoring results.....	26
Appendix B	Daily report on horizontal displacement and vertical displacement.....	27
Appendix C	Daily report on inclination.....	28
Appendix D	Daily report on horizontal displacement in deep stratum	29
Appendix E	Daily report on vertical displacement in different stratum	30
Appendix F	Daily report on soil pressure, and pore water pressure.	31
Appendix G	Daily report on water table.....	32
Appendix H	Daily Report on inspection and examination.....	33
Appendix I	Police incident report form.....	34
	Explanation of wording in this code.....	35
	List of quoted standards.....	36
	Explanation of provisions.....	37

1 总则

1.0.1 为规范本市原水引水管渠（以下简称管渠）监测工作，保证监测成果准确可靠、监测技术先进、监测成本经济合理，保障管渠安全，指导信息化施工，为优化设计提供依据，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于管渠保护范围及控制范围内进行基坑工程、隧道工程、顶管工程、桩基工程、道路工程等生产建设活动的管渠监测。

1.0.3 管渠监测除应符合本规程外，尚应符合国家、行业和本市现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 原水引水管渠 raw water intake pipe

黄浦江、长江原水引水系统中敷设在原水水厂、泵站以外的输水管渠（包括钢筋混凝土渠道、钢管及其他新型材质管道）、透气管渠及其附属设施。

2.0.2 原水引水管渠保护范围 protection range of raw water intake pipe

钢筋混凝土渠道的保护范围为渠道及其外缘两侧各 10 米内的区域。钢管及其他新型材质管道的保护范围为管道及其外缘两侧各 5 米内的区域；其中，以顶管法施工且采取双管敷设的，其保护范围为管道及其外缘两侧各 3 米内的区域。

2.0.3 原水引水管渠控制范围 control range of raw water intake pipe

原水引水管渠控制范围为保护范围两侧各 40 米内的区域。

2.0.4 附加变形 additional deformation

在管渠保护范围和控制范围内进行生产建设及其他有关活动引起的管渠地基变形。

2.0.5 附属设施 auxiliary facilities

除输水管渠及透气管渠外其他功能性设施的统称，包括分支井、溢流井、顶管井、阀门井、排水井、透气阀井、流量仪井、检查井等。

2.0.6 周围岩土体 surrounding rock and soil

原水引水管渠周边的岩体、土体、水体的统称。

2.0.7 监测等级 monitoring grade

根据工程自身安全等级及原水引水管渠保护等级对原水引水管渠监测进行的等级划分。

2.0.8 变形监测网 deformation monitoring network

为监测原水引水管渠竖向位移及水平位移建立的测量控制网，包括基准点、工作基点及变形监测点。

2.0.9 监测频率 monitoring frequency

在某时间段内对监测点实施的监测次数。

2.0.10 监测报警值 alarming value for monitoring

针对管渠及周围岩土体的保护要求，对监测项目所设定的警戒值。

2.0.11 自动化监测系统 system of monitoring automation

自动化监测系统由监测仪器设备、采集与传输系统、管理等系统组成，可实现监测数据的自动采集、传输、处理、浏览和报警等功能。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 在管渠保护和控制范围内实施的基坑工程、隧道工程、顶管工程、桩基工程、道路工程等，应实施管渠专项监测。

3.1.2 管渠监测应综合考虑保护范围及控制范围内的工程设计和施工方案、建设场地的地质条件、管渠特征等因素，制定监测方案，监测方案应经评审通过后实施。当工程设计或施工有重大变更时，监测单位应重新调整方案并经评审后实施后续监测工作。

3.1.3 监测方案编制前，应收集下列资料，并确保资料准确可靠。

- 1 设计文件；
- 2 岩土工程勘察成果文件；
- 3 管渠相关资料；
- 4 工程施工组织设计和方案；
- 5 其他相关资料。

3.1.4 工程施工前，监测单位应对管渠附属设施的结构整体现状、裂缝情况进行前期巡查，采用拍照、摄像等方式详细记录，作为施工前档案资料。前期调查范围不宜小于管渠保护及控制范围。

3.1.5 管渠监测范围应不小于管渠保护范围及控制范围。

3.1.6 监测方案包括下列内容：

- 1 工程概况（包括工程性质、工程设计、施工简况等）及管渠基本情况；
- 2 场地工程地质条件、水文地质条件；
- 3 监测目的和依据；
- 4 监测等级；
- 5 工程施工对管渠潜在的风险分析与对应的监测措施；
- 6 监测项目；
- 7 基准点、监测点的布设与保护，监测点布置图；
- 8 监测方法及精度；
- 9 监测周期和监测频率；
- 10 监测报警值及异常情况下的监测措施；

- 11 监测信息处理、分析及反馈;
 - 12 监测人员组成和主要仪器设备;
 - 13 质量管理、安全管理及其他相关管理制度。
- 3.1.7 监测点应能直接反映管渠结构的变化特性,且稳定可靠,标识清晰。
- 3.1.8 监测过程中应由建设单位及施工单位协助监测单位保护监测设施。
- 3.1.9 传感器应确认合格后埋设,测量仪器精度应满足要求,且应定期进行检定或校准。
- 3.1.10 监测单位应对现场监测的结果整理、分析、复核,及时提交监测日报表。
- 3.1.11 监测工作实施过程中,应密切关注周边其他工程活动,并分析其对监测成果的影响。
- 3.1.12 当出现下列情形时,管渠宜实施自动化监测:
- 1 需要进行高频次监测而人工观测难以实施的监测项目;
 - 2 监测点所在部位的环境条件不允许或不可能用人工方式进行观测的监测项目;
 - 3 基坑开挖深度 $\geq 12\text{m}$,且管渠与基坑距离 $\leq 10\text{m}$ 的基坑工程;
 - 4 位于管渠下方的顶管或隧道工程。
- 3.1.13 监测单位应及时将监测数据上传至管渠监测管理系统。

3.2 监测等级

- 3.2.1 管渠监测等级应根据工程安全等级及管渠保护等级进行划分。
- 3.2.2 基坑工程安全等级按照现行上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》DG/TJ08-2001执行。
- 3.2.3 隧道工程安全等级按照现行上海市工程建设规范《城市轨道交通工程施工监测技术规范》DG/TJ08-2224执行。
- 3.2.4 顶管工程安全等级参照隧道工程划分。
- 3.2.5 桩基工程、道路工程安全等级按三级考虑。
- 3.2.6 管渠保护等级应根据其所处区域按表 3.2.6 划分为三个等级。

表 3.2.6 管渠保护等级划分

保护等级	管渠所处区域
一级	管渠位于基坑边线外侧 1 倍挖深范围内；隧道或顶管位于管渠保护范围内；管渠位于道路工程正投影范围内。
二级	管渠位于基坑边线外侧 1~2 倍挖深范围内；隧道或顶管位于管渠保护范围边线~1 倍中心埋深范围内；道路工程位于管渠保护范围内。
三级	管渠位于基坑边线外侧 2 倍挖深范围至管渠控制范围内；管渠位于隧道或顶管正投影区域边线外 1 倍中心埋深范围至水管渠控制范围内；桩基工程位于管渠控制范围内；道路工程位于管渠控制范围内。

3.2.7 管渠监测等级应按表 3.2.7 的规定分为一级、二级与三级，管渠不同区域可分为不同的监测等级。

表 3.2.7 监测等级

管渠保护等级 监测等级 工程安全等级	一级	二级	三级
	一级	一级	一级
一级	一级	一级	一级
二级	一级	二级	二级
三级	一级	二级	三级

4 监测项目

4.1 一般规定

4.1.1 监测项目应与工程设计、施工方案相协调；应针对管渠及岩土体的关键部位进行重点观测；各监测项目的选择应利于形成互为补充、验证的监测体系。

4.1.2 工程现场监测应采用仪器监测与现场巡检相结合的方法。

4.2 仪器监测

4.2.1 基坑工程、隧道工程、顶管工程、桩基工程、道路工程影响的仪器监测项目应根据表 4.2.1 进行选择。

表 4.2.1 基坑工程、隧道工程、顶管工程、桩基工程、道路工程仪器监测项目表

监测项目	监测等级		
	一级	二级	三级
管渠竖向位移	√	√	√
管渠水平位移	√	√	√
附属设施倾斜	√	√	√
土体深层水平位移	√	√	○
土体分层竖向位移	√	√	○
孔隙水压力	○	○	○
土压力	○	○	○
地下水水位	√	○	○

注：“√”为应测项目；“○”为选测项目。

4.2.2 仪器监测项目可根据建设工程具体情况和设计方要求进行调整，但不得低于表 4.2.1 的要求。

4.3 现场巡检

4.3.1 现场巡检应包括以下内容：

- 1 施工工况；
- 2 管渠及周边环境情况；
- 3 监测设施情况；
- 4 其他情况。

4.3.2 现场巡检宜以目视为主，发现裂缝可采用直尺、读数显微镜、裂缝宽度测试仪等工具进行量测，巡检过程中可采用拍照或摄像方式采集影像资料，做好相关记录。

5 监测点布置

5.1 一般规定

- 5.1.1 管渠及周围岩土体监测点的布置应充分考虑工程监测等级及施工工艺、管渠类型、材质、接口形式等情况。
- 5.1.2 监测点应布置在变形及受力关键点与特征点上，对抗变形能力相对弱的管渠结构部位应加密监测点，监测点应反映管渠、周围岩土体的实际状态及其变化趋势。
- 5.1.3 不同监测项目的监测点宜布置在同一监测断面上。
- 5.1.4 监测点布置不得影响管渠自身安全，且便于监测、易于保护。

5.2 管渠监测点布置

- 5.2.1 监测点布置应能充分反映管渠变形情况，可采用套管法布置直接监测点。当无法布置直接监测点时，可布置深层监测点进行监测。
- 5.2.2 钢筋混凝土渠道变形监测点应布设在结构伸缩缝两侧，伸缩缝两侧至少各布设 2 个监测点。
- 5.2.3 钢管及其他新型材质管道变形监测点宜布置在管道的节点、转折点、变坡点和曲率较大的部位，监测等级为一级时监测点布设间距宜为 5m~10m；监测等级为二级时监测点布设间距宜为 10m~15m；监测等级为三级时监测点布设间距宜为 15m~20m。
- 5.2.4 球墨铸铁管、预应力钢筒混凝土管及承插式钢管变形监测点宜布设于管节接口处。
- 5.2.5 附属井室每侧边均应布置竖向位移监测点，方井不应少于 4 点，圆井不应少于 3 点；对透气井及重要地下井室结构应设置倾斜监测点。

5.3 岩土体监测点布置

- 5.3.1 土体深层水平位移监测点应布置在需要重点监护的管渠周围岩土体中，与管渠水平间距不宜大于 2m，埋设深度应超过管渠底埋深 5m~10m，监测点水平向间距不宜大于 30m，关键部位应加密布设。
- 5.3.2 土体分层竖向位移监测点应与土体深层水平位移监测点成对布设，钻孔深度应超过管渠底埋深 5m~10m，沿竖向对应地表下 3m、管渠顶标高上方 3m、

管渠底标高、管渠底标高下方 5m 等深度布设沉降磁环。布设间距可根据管渠实际深度进行相应调整，其余深度可根据土层适当加密布设。

5.3.3 孔隙水压力、土压力监测点与管渠水平向距离不宜大于 2m，竖向布设参照 5.3.2 要求执行，监测孔水平向布设参照 5.3.1 要求执行。

5.3.4 工程施工时宜在管渠周围岩土体中设置地下水水位监测孔，测孔与管渠水平向距离不宜大于 2m，潜水水位观测管埋置深度宜为 6m~10m；承压水位观测管的埋深宜进入承压含水层 4m 以上，层厚不足 4m 时，取该含水层层底作为水位观测管的埋深。监测孔水平间距不宜大于 30m，关键部位应加密布设。

6 监测方法与技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 监测方法的选择应根据工程监测等级、现场条件、上海地区已有经验和量测方法的适用性等因素综合确定。

6.1.2 基准点、工作基点的设置应符合下列要求：

1 基准点应在工程影响范围外稳定区域设置，且竖向位移观测、水平位移观测的基准点应不少于 3 个；

2 当基准点距管渠较远或由于通视条件不良，致使监测作业不方便时，宜设置工作基点；

3 基准点和工作基点应在工程施工前埋设，并经观测确认其稳定后，方可投入使用；

4 监测周期内基准点和工作基点应定期联测，以检验基准点的稳定性，并根据检验成果修正变形成果。

6.1.3 对同一监测项目，监测时宜符合下列要求：

1 采用相同的观测方法和观测路线；

2 使用同一监测仪器和设备；

3 固定监测人员；

4 在基本相同的时段和环境条件下监测；

5 采用相同的数据处理方法。

6.1.4 监测项目初始值应在相关施工工序之前测定，应至少连续独立进行 3 次观测，并取其稳定值的平均值作为初始值。

6.1.5 应力类监测项目应考虑岩土体测点埋设对土体的扰动影响，埋设后应至少连续量测一周，并取其稳定值的平均值作为初始值。

6.1.6 监测周期内应做好变形监测网点和传感器的保护工作；对被破坏的测点或传感器应及时恢复。

6.2 水平位移监测

6.2.1 水平位移监测点坐标中误差不得大于 1.0mm。

6.2.2 水平位移监测宜采用独立坐标系，监测基准网可采用基准线、边角网、测边网、测角网等形式，布网应一次性实施。

6.2.3 基准点布设应考虑其长期稳定性及对中精度，宜采用具有强制对中装置的观测墩，布设基准线时应设置检核点。

6.2.4 每（1~2）个月应对水平位移监测网进行稳定性复测，发现不稳定的控制点应及时补设。基准网测量与复测应满足现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定，基准点坐标中误差应不大于 1.0mm，全站仪标称精度应符合表 6.2.4 的规定。

表 6.2.4 全站仪标称精度要求

一测回水平方向标准差（″）	测距中误差（mm）
≤0.5	≤（1mm+1ppm）

6.2.5 水平位移观测前应对邻近控制点进行稳定性检查。水平位移监测可采用视准线法、小角法、极坐标法、投点法、交会法、方向线偏移法、自由设站法等，且应符合下列要求：

1 采用小角法时，测站点与监测点之间的距离不宜超过 300m，监测点偏离基准线的角度不应超过 30′。

2 采用极坐标法时，全站仪测距前应输入加、乘常数及温度、气压等气象因子。

3 采用投点法时，应对测角仪器的垂直轴倾斜误差进行检验，当垂直角超出±3°范围时，应进行垂直轴倾斜改正。

4 采用交会法时，应选择合适的测站位置，使各监测点与其之间形成的交会角在 60°~120°之间；当采用边角交会时，应在 2 个测站上测定各监测点的水平角和水平距离；当仅采用测角或测边交会时，应至少在 3 个测站点上测定各监测点的水平角或水平距离。

5 采用方向线偏移法时，对主要监测点，可以该点为测站测出对应基准线端点的边长与角度，求得偏差值；对其他监测点，可选适宜的主要监测点为测站，测出对应其他监测点的距离。

6 采用自由设站法时，宜采用全站仪后方交会法，采用三个及以上基准点测角、测边求定测站坐标。

6.2.6 监测点的观测测回数应根据监测精度要求、仪器的精度、监测方法等因素综合确定。各观测项限差值应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8的有关规定。

6.3 竖向位移监测

6.3.1 竖向位移监测网观测精度要求及水准测量技术指标应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 竖向位移监测网水准测量技术指标

测站高差中误差 (mm)	往返较差、闭合差 (mm)	检测已测测段高差之差 (mm)
±0.3	$0.6\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$

注：表中 n 为测站数。

6.3.2 竖向位移监测网宜进行一次布网，并宜采用上海吴淞高程基准，监测网应布设成闭合线路。

6.3.3 竖向位移监测基准点、工作基点的布设应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

6.3.4 竖向位移监测网应在点位稳定后开始观测，复测周期不应超过 1 个月，观测及复测应符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 竖向位移监测网观测主要技术要求

水准仪 型号	视线长度 (m)	前后视距 差 (m)	前后视距 差累积 (m)	视线离地面 高度 (m)	基辅分划 (或二次) 读数差 (mm)	基辅分划 (或二次) 高差之差 (mm)
DS ₀₅	30	0.7	1.0	0.3	0.3	0.5

6.3.5 竖向位移监测宜采用几何水准测量方法进行。在特殊环境条件及有特殊技术要求时也可采用静力水准测量法。竖向位移监测精度应满足监测点测站高差中误差不应大于±0.3mm。

6.3.6 竖向位移监测期间宜每半个月检校一次水准仪 i 角，i 角不应大于 10"，i 角检校应符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的有关规定。

6.4 倾斜监测

6.4.1 倾斜监测应根据监测对象的现场条件，宜采用经纬仪投点法、全站仪坐标法、倾角仪法等方法。

6.4.2 投点法应采用经纬仪或全站仪瞄准上部观测点，在下部观测点位置安置水平读数尺直接读取偏移量，测站点设置在倾斜方向的垂直方向线上，与观测点的距离宜为上、下部观测点高差的（1.5~2.0）倍。倾斜观测量应正、倒镜各观测一次取平均值。当上、下点的连线与结构的竖向轴线平行时，倾斜观测量与高差的比例即为结构的倾斜率。

6.4.3 全站仪坐标法可测定上下观测点的坐标，获得相对坐标增量，进而计算倾斜观测量；观测时应先设置仪器的零方向定义坐标轴，仪器正、倒镜法各观测一次为一个测回。当上、下点的连线与结构的竖向轴线平行时，倾斜观测量与高差的比例即为结构的倾斜率。

6.4.4 倾角仪法主要采用埋设倾角计的方法测量指定方向的倾斜变化量。

6.4.5 倾斜测量成果应描述测量位置、倾斜率变化量、倾斜方向，并计算倾斜变化速率。

6.5 土体深层水平位移监测

6.5.1 深层水平位移宜采用测斜仪监测，采用在土体中预埋测斜管，通过测斜仪观测各深度处水平位移的方法进行。

6.5.2 测斜仪的系统精度不宜低于 0.25mm/m，分辨率不宜低于 0.02mm/500mm。

6.5.3 测斜管宜采用 PVC、ABS 工程塑料制成，直径宜为 45mm~90mm，管内应有两组互相垂直的纵向导槽。

6.5.4 测斜管应在工程施工前埋设，埋设完成后做好测斜管的标识、标记及埋设记录。安装埋设时应符合下列要求：

- 1 测斜管应保持竖直，其中一组导槽的方向应与需量测的方向保持一致。
- 2 土体中测斜管与钻孔之间的孔隙应用粗砂充填密实或用一定比例的水泥土浆固定测斜管。
- 3 连接时，每节测斜管应紧密对接，管内槽口对齐、导槽应顺直不扭曲、接缝和管底应密封，下放时管内宜注水。
- 4 测斜管埋设完成后宜用模拟探头检查导槽是否通畅。应采取措施以保证其通畅，管口应有保护措施。

6.5.5 监测前宜用清水将测斜管内冲刷干净。监测时应将测斜仪探头放入测斜管底，静置一段时间待探头接近管内温度后，自下而上以 0.5m 间隔逐段量测。每段均应进行正、反两次量测。

6.5.6 测斜管埋设后应进行稳定性测试，测试周期不宜少于 1 周。取 3 次稳定值的平均值作为初始值。

6.5.7 深层水平位移计算时，宜以测斜管管口为起算点，且每次监测均应测量管口位移，并对深层水平位移值进行修正。

6.6 土体分层竖向位移监测

6.6.1 土体分层竖向位移宜通过埋设磁性沉降环，采用分层沉降仪进行量测。

6.6.2 分层沉降仪读数分辨率应不低于 1.0mm，监测值精度不宜低于 2.0mm。

6.6.3 分层沉降管宜采用 PVC 管，直径宜为 45mm~90mm。

6.6.4 磁性沉降环可通过钻孔在预定位置埋设。安装磁环时，应先在沉降管上套上磁环与定位环，再沿钻孔逐节放入分层沉降管。沉降管安置到位后，应使磁环与土层粘结固定。

6.6.5 土体分层竖向位移的初始值应在磁环埋设后测量，应连续观测不少于 1 周且获得稳定的测值。每次监测均应采用几何水准测量的方式测定沉降管管口高程，精度应满足 6.3 要求。

6.6.6 采用分层沉降仪量测时应进行进程与回程测量，取其平均值作为测量结果。

6.7 孔隙水压力监测

6.7.1 孔隙水压力宜通过埋设振弦式孔隙水压力计测试。

6.7.2 孔隙水压力计选型应符合下列要求：

1 孔隙水压力计量程应满足预估被测压力的范围要求，其上限可取静水压力和超静孔隙水压力之和的 1.5 倍。

2 分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ ，精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$ 。

3 长期稳定性好、耐水压性能强、响应快、灵敏度高。

6.7.3 孔隙水压力计埋设前应检查其外观的完好性及读数是否正常。

6.7.4 孔隙水压力计的埋设可采用钻孔埋设法、压入埋设法。

6.7.5 孔隙水压力计应在施工前埋设，并应符合下列规定：

1 埋设前，孔隙水压力计应在清水中浸泡饱和，排除透水石中的气泡，浸泡时间不得少于 4h。

2 钻孔埋设法适用于各类土层，同一测孔中设置多个孔隙水压力计时，孔隙水压力计上下应有不少于 0.5m 高度的中粗砂，相邻两个孔隙水压力计之间应有不少于 2.0m 高度的隔水填料。

3 压入埋设法可用于软土、淤泥中孔隙水压力计的安装，压入埋设法可采用半压入埋设法或全压入埋设法。

4 传感器的导线长度应大于设计深度，且导线中间不宜有接头。

5 孔口应有保护装置，并编制完整的安装埋设记录。

6.7.6 孔隙水压力计埋设后应逐日进行稳定性测试，测试周期不宜少于 1 周，取 3 次稳定值的平均值计算初始孔隙水压力。

6.7.7 孔隙水压力监测的同时，宜测量孔隙水压力计埋设位置附近的地下水水位。

6.8 土压力监测

6.8.1 土压力宜通过埋设振弦式土压力计测试。

6.8.2 土压力计选型应符合下列要求：

1 土压计的量程应满足待测压力范围要求，其上限宜取最大设计压力的 1.5 倍。

2 分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ ，精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$ 。

3 长期稳定性好、耐水压性能强、响应快、灵敏度高。

4 土压计直径与其工作面中心挠度之比应大于 2000；土压计应具有足够的刚度，其等效模量应大于土的模量 5~10 倍。

5 采用埋入式传感器观测土压力时，应选择匹配误差较小的土压力计，其直径与厚度之比应大于 10。

6.8.3 土压力计埋设前应检查其外观的完好性及读数是否正常。

6.8.4 土体内土压力应采用埋入式土压计，埋设应符合下列要求：

1 受力面应与所监测的压力方向垂直。

2 钻孔回填料应均匀密实，且回填材料宜与孔周土体保持一致。

3 孔口应有保护装置，并编制完整的安装埋设记录。

6.8.5 土压力计埋设后应逐日进行稳定性测试，测试周期不宜少于 1 周，取 3 次稳定值的平均值计算初始土压力。

6.9 地下水水位监测

6.9.1 地下水水位监测可采用钻孔内设置水位管的方法或钻孔埋设孔隙水压力计的方法，具体方法应符合下列规定：

1 渗透系数不小于 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 且渗流稳定的土体宜采用水位管或孔隙水压力计。

2 渗透系数小于 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 、渗流不稳定的土体及埋设水位管困难的区域宜采用孔隙水压力计。

6.9.2 孔隙水压力计应符合下列要求：

1 量程不宜大于 0.2MPa。

2 分辨率不宜低于 0.2%F·S，精度不宜低于 0.5%F·S。

3 长期稳定性好、耐水压性能强、响应快、灵敏度高。

6.9.3 地下水水位量测精度不宜低于 $\pm 10 \text{mm}$ 。

6.9.4 潜水水位管钻孔孔径不应小于 110mm，水位管直径不宜大于 50mm。水位管滤管段以上应用膨润土球封至孔口，水位管管口应加盖保护。承压水位管直径宜为 50mm~70mm，滤管段长度应满足监测要求，与钻孔孔壁间应灌砂填实，被测含水层与其他含水层间应采取有效隔水措施，含水层以上部位应用膨润土球或注浆封孔，水位管管口应加盖保护。

6.9.5 水位观测孔宜在工程开始降水前 1 周埋设，连续观测稳定后的观测值作为初始值。

6.9.6 水位观测时应测定管内水位面至管口的深度，并根据管口绝对高程计算地下水水位高程，管口高程应定期检核。

7 自动化监测

7.1 一般规定

7.1.1 自动化监测仪器精度和量程应满足工程需要，其类型、规格宜统一。

7.1.2 自动化监测系统应每月采用人工测量方法对自动化系统进行检核。

7.2 系统设计

7.2.1 自动化监测系统设计宜包含以下内容：

1 实施自动化监测的项目、监测点数量、监测仪器的布设方案以及监测仪器现场保护方案；

2 监测仪器的技术指标、要求及设备选型；

3 数据采集装置的布设、通信方式及网络结构设计；

4 自动化数据采集频率及数据发布方式；

5 独立于自动化系统之外的人工比测方案；

6 自动化监测系统供电电源及其防护方案；

7 防雷设计。

7.2.2 自动化监测系统性能应满足下列规定：

1 具有长期稳定性和可扩展性。

2 数据精度应满足工程要求。

3 监测频次及信息反馈应满足工程安全需求。

7.3 监测方法及要求

7.3.1 水平位移自动化监测应符合下列规定：

1 水平位移自动化监测可采用智能全站仪实施，相关技术指标应满足现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 相关规定。

2 监测基准点应设置在工程影响范围以外，同时基准点不应埋设在低洼积水、湿陷等区域。

3 监测工作基点选择应满足与基准点、监测点通视的要求，工作基点宜设置成强制对中观测台或观测墩，并配备保护设施。

7.3.2 竖向位移自动化监测应符合下列规定：

1 竖向位移自动化监测可采用智能型全站仪、静力水准等实施，相关技术指标应满足现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 相关规定。

2 静力水准自动化设备宜安装在相同的环境，或采取措施减小环境影响。

7.3.3 倾斜自动化监测应符合下列规定：

1 倾斜自动化监测可采用智能全站仪、倾角计、静力水准仪等实施。

2 智能全站仪监测应设置稳固可靠的测站点，测站点宜为强制对中的观测台或观测墩。

3 倾角计监测可采用单轴或双轴倾角计。

4 静力水准仪监测的技术要求应按本规程第7.3.2节相关规定执行。

7.3.4 土体深层水平位移自动化监测应符合下列规定：

1 深层水平位移自动化监测可采用阵列式位移计、固定式测斜仪、自动提升式等测斜设备实施。

2 阵列式位移计、固定式测斜传感器的竖向间距不宜大于2m。自动提升式测斜设备测试步距不宜大于0.5m。

7.3.5 土体分层竖向位移自动化监测应符合下列规定：

1 土体分层竖向位移自动化监测可采用多点位移计实施。

2 应保证多点位移计底部测点锚固稳定，监测时应对多点位移计顶部高程进行测量。

7.3.6 其他自动化监测应符合下列规定：

1 水、土压力等自动化监测，将相应类别传感器通过数据自动采集传输设备接入自动化监测系统后，可实施自动化监测工作。

2 传感器的安装埋设应结合现场环境、施工方案及监测对象特征确定安装工艺。

7.4 采集与传输

7.4.1 采集设备应符合下列规定：

1 应支持巡测、选测、触发加密等多种测试方式。

2 应具备存储功能，存储空间应满足工程需要。

3 可远程操控，支持检测设备状态、调整参数设置。

7.4.2 传输设备应符合下列规定：

1 宜具备多种通讯接口，应建立数据采集设备至采集监控主机、监测中心的通信联络。

2 通信网络拓扑可采用星型、环形和总线结构，通信介质可采用光纤、双绞线和无线等，通信应采用RS485/422A、以太网（TCP/IP）及其他国际标准通信协议，系统应能在10min内完成单次所有监测数据的传输。

7.5 安装与维护

7.5.1 系统安装应满足以下规定：

1 在安装前，应对接入的传感器等仪器设备应进行检查。

2 安装过程中，应对仪器编号等参数作好详细记录，逐项检查仪器设备的技术指标，确保与安装要求一致。

3 应采用校核手段，检查自动化仪器设备的响应变化是否可靠，可对每个自动化监测点进行快速连续测试，以检查测值的稳定性。

4 宜设置独立的自动化监测供电电源，供电电源可采用电池或太阳能。

5 系统运行前，应逐项检查系统功能，以满足监测要求。

7.5.2 系统维护应满足以下规定：

1 监测系统运行维护工作的内容应包括仪器设备检查、维护及故障处理。

2 应编制自动化监测系统使用维护手册，并制定管理要求及应急方案。

3 应定期对自动化监测系统运行状况进行分析评估，及时对自动化监测系统进行完善、升级，以满足自动化监测的要求。

4 应建立自动化监测系统日常运行维护日志。

7.6 管理与发布

7.6.1 应对自动化监测系统每月进行系统检查，做好正式记录存档备查。监测数据应每月进行备份。

7.6.2 自动化监测系统应具有数据离线分析、图表制作、数据管理、系统管理等功能。

7.6.3 系统应具备数据实时发布和定时发布的功能，并能进行数据异常情况下自动报警或故障显示。

7.6.4 系统应能实现数据实时处理和共享，具有数据丢失恢复、数据防窃取和篡改、防病毒、数据溯源等功能，并应具备用户管理、加密认证机制，网络保护等级应满足相关单位要求。

8 监测频率与警情报送

8.1 一般规定

8.1.1 管渠监测应包括工程施工全过程及工后稳定性监测，应在施工开始前完成监测点的安装、埋设及初始值的采集工作，直至监测范围内的施工结束且管渠稳定后完成监测工作。

8.1.2 监测频率的确定应能及时、系统地反映管渠和其周围岩土体的动态变化，宜采用定时监测，必要时应进行跟踪监测。

8.2 监测频率

8.2.1 基坑工程监测频率

表 8.2.1 基坑工程施工监测频率

监测频率 \ 监测等级	一级	二级	三级
施工工况			
桩基施工	1 次/3d	1 次/7d	1 次/7d
围护结构施工	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d
地基加固和降水	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d
土方开挖施工	1 次/1d	1 次/1d	1 次/1d
浇筑垫层~底板浇好 7d 内	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d
浇好底板后 7d~30d 内	1 次/2d	1 次/7d	1 次/7d
浇好底板 30d~回填完成	1 次/7d	1 次/7d	1 次/7d
工后稳定性监测	1 次/7d	1 次/7d	1 次/7d

注：1 本表适用于管渠的应测项目，选测项目的监测频率可视具体情况进行调整；

2 各道撑拆除时及其后 3d 范围内监测频率为 1 次/1d。

8.2.2 隧道工程、顶管工程监测频率

表 8.2.2 隧道工程、顶管工程施工监测频率

监测等级	掘进面位于管渠保护范围内	掘进面位于管渠控制范围内	掘进面脱出控制范围			工后稳定性监测
			$\delta > 2$	$0.5 < \delta \leq 2$	$\delta \leq 0.5$	
一级	(4~6) 次/1d	(2~4) 次/1d	2 次/1d	1 次/1d	2 次/7d	1 次/7d
二级	/	2 次/1d	2 次/1d	1 次/1d	2 次/7d	
三级	/	1 次/1d	2 次/1d	1 次/1d	2 次/7d	

注：1 δ —变形速率 (mm/d)；

2 本表适用于管渠的应测项目，选测项目的监测频率可视具体情况进行调整。

8.2.3 桩基工程监测频率

表 8.2.3 桩基工程施工监测频率

监测频率	监测等级	
施工工况		三级
桩基施工		1 次/（1~2）d
其他施工		1 次/（2~3）d
工后稳定性监测		1 次/7d

注：本表适用于管渠的应测项目，选测项目的监测频率可视具体情况进行调整。

8.2.4 道路工程监测频率

表 8.2.4 道路工程施工监测频率

监测频率	监测等级	一级	二级	三级
施工工况				
道路施工		（1~2）次/1d	1 次/1d	1 次/2d
其他施工		1 次/3d	1 次/3d	1 次/3d
工后稳定性监测		1 次/7d	1 次/7d	1 次/7d

注：本表适用于管渠的应测项目，选测项目的监测频率可视具体情况进行调整。

8.2.5 工后稳定性监测阶段管渠变形速率连续 2 次小于 0.5mm/15d 时，可停止管渠变形监测工作。

8.2.6 管渠采用自动化监测系统进行数据采集时，系统应至少具备 10min 内完成单次所有监测数据采集与传输能力，具体监测频率根据工程需求确定。

8.2.7 现场巡检频次应结合工程现场工况及监测数据综合确定，巡检频率应与应测监测项目监测频率保持一致。当监测数据或周边巡视存在异常时，应提高监测频率。

8.3 警情报送

8.3.1 监测报警值可参照表 8.3.1 执行。

表 8.3.1 监测报警值

监测项目	变化速率绝对值 (mm/d)	累计量绝对值 (mm)
钢筋混凝土渠道竖向位移	≥ 2	≥ 5
钢筋混凝土渠道水平位移	≥ 2	≥ 5
管道竖向位移	≥ 2	$\geq 0.01D$
管道水平位移	≥ 2	$\geq 0.01D$
焊接钢管变形曲线的曲率半径	$\leq 3000D$	
球墨铸铁管、预应力钢筒混凝土管及承插式钢管的接口附加转角	$\geq 0.1^\circ$	
附属设施附加变形	≥ 2	≥ 20
附属设施倾斜	任一方向的倾斜增加不大于 1‰	
土体深层水平位移	≥ 3	$\geq 10 \sim 40$
土体分层竖向位移	≥ 3	$\geq 10 \sim 40$
地下水水位	≥ 300	≥ 500
孔隙水压力	根据设计要求确定	
土压力		

注：“D”指管道公称直径。

8.3.2 在日常巡视过程中，发现下列情况之一时，应立即发出警情报告单：

- 1 建设工程施工过程中自身存在异常情况。
- 2 管渠周边地表出现较严重的突发裂缝或塌陷。
- 3 管渠附属设施出现结构裂缝。

8.3.3 在仪器量测或现场巡检发现异常时，应及时形成警情报告单，可采用网络、电话、短信、信息化监测平台等方式将主要信息上报管渠管理及权属单位、工程参建单位。

9 监测成果及信息反馈

9.1 一般规定

- 9.1.1 监测成果文件宜包括监测日报、阶段性报告和监测总结报告。
- 9.1.2 监测成果文件中提供的数据、图表应客观、真实、准确，并均应有责任人员签字。监测成果文件应加盖印章。
- 9.1.3 监测单位应对监测成果文件建立档案。

9.2 数据处理

- 9.2.1 应及时进行监测数据的综合分析处理，包括变形速率及累计量的计算、变形历时过程曲线的绘制等。当监测数据出现异常时，应综合施工工况、施工工艺、区域地质条件、管渠历史变形等资料进行分析与复核。
- 9.2.2 监测数据的处理宜采用专门的数据处理与管理软件，实现监测数据采集、处理、分析、查询和管理的一体化以及监测成果的可视化。

9.3 成果文件

- 9.3.1 监测日报应包括监测成果评价表、监测日报表、监测点布置图三部分。

1 监测成果评价表应包括各监测项的本次最大变化量、累计最大变化量、报警值；施工工况宜针对关键工序进行描述，监测情况主要包括管渠各区域的监测频率、各测项总体报警情况统计等信息，应结合监测数据及现场巡检结果综合分析后提出调整施工工艺的建议。

2 监测日报表应包括监测数据报表及现场巡检报表两部分。监测数据报表包括各测点（孔）本次测试值、本次变化值、累计变化值、报警值、特征点历时过程曲线等，对达到或超过监测报警值的监测点应有明显的报警标识；现场巡检报表包括自然条件、施工工况、管渠及周边环境情况、监测设施情况及其他情况。

3 监测点布置图应体现监测点位、点号、图例、管渠与工程的相对关系等信息。

- 9.3.2 阶段性报告应包括文字报告和图表两部分。

1 文字报告应包括该阶段的工程概况、监测项目、监测点布置、监测成果分析等内容。

2 图表部分应包括监测点平面布置图、施工工况、各监测项目特征点历时过程曲线、各监测项目成果汇总表等内容。

9.3.3 总结报告应包括文字报告和图表两部分。

1 文字报告应包括工程概况、监测依据、监测项目、监测历程及工作量、监测点布置、监测设备和监测方法、监测频率与报警值、监测成果分析、监测工作结论与建议等内容。

2 图表部分应包括监测点平面布置图、施工工况、各监测项目特征点历时过程曲线、监测仪器及设备一览表、各监测项目成果汇总表等内容。

9.4 信息反馈

监测成果文件应按规定要求及时向相关单位报送。

附录 A 监测成果评价表样表

(监测项目名称) 监测成果评价表

第 次

监测日期:

天气:

监测项目	本次最大变化量			累计最大变化量		报警值		备注
	点位	数值	变形速率	点位	数值	日变量	累计量	
施工工况								
监测情况								
监测建议								

技术负责人:

项目负责人:

监测单位:

附录 B 竖向位移和水平位移监测日报表样表

(监测项目名称) 监测日报表

第 次

观测者： 计算者： 校核者：

本次监测时间： 上次监测时间： 天 气：

仪器名称： 仪器编号： 校准日期：								
点号	竖向位移				点号	水平位移		备注
	初始高程 (m)	本次高程 (m)	本次变化 量 (mm)	累计变化 量 (mm)		本次变化量 (mm)	累计变化量 (mm)	
典型测点变化历时过程线								
说明	1 说明中应注明数据的正负号分别代表的物理意义； 2 竖向位移速率报警值： mm/d，竖向位移累计报警值： mm； 3 水平位移速率报警值： mm/d，水平位移累计报警值： mm。							

监测单位：

附录 C 倾斜监测日报表样表

(监测项目名称) 监测日报表

第 次

观测者：

计算者：

校核者：

本次监测时间：

上次监测时间：

天 气：

仪器名称：		仪器编号：		校准日期：		
点号	初始倾斜率 (%)	上次倾斜率 (%)	本次倾斜率 (%)	本次倾斜增量 (%)	初始倾斜方向	备注
说明	1 说明中应注明数据的正负号分别代表的物理意义； 2 倾斜增量报警值： %，本次倾斜率报警值： %。					

监测单位：

附录 D 深层水平位移监测日报表样表

（监测项目名称）监测日报表

第 次

观测者： 计算者： 校核者： 孔号：

本次监测时间：		上次监测时间：		评价：
仪器名称：		仪器编号：		校准日期：
深度 (m)	上次累计 (mm)	本次累计 (mm)	位移增量 (mm)	土体深层水平位移曲线
本次累计最大值： mm，深度为 m；				
位移增量最大值： mm，深度为 m；				
说明	1 说明中应注明数据的正负号分别代表的物理意义； 2 深层水平位移速率报警值： mm/d，深层水平位移累计报警值： mm。			

监测单位：

附录 E 分层竖向位移监测日报表样表

(监测项目名称) 监测日报表

第 次

观测者： 计算者： 校核者：

本次监测时间： 上次监测时间： 天 气：

仪器名称： 仪器编号： 校准日期：							
孔号	编号	初始高程 (m)	本次高程 (m)	上次高程 (m)	本次变化量 (mm)	累计变化量 (mm)	备注
典型测点变化历时过程线							
说明	1 说明中应注明数据的正负号分别代表的物理意义； 2 分层竖向位移速率报警值： mm/d ， 分层竖向位移累计报警值： mm。						

监测单位：

附录 F 土压力、孔隙水压力监测日报表样表

(监测项目名称) 监测日报表

第 次

观测者： 计算者： 校核者：

本次监测时间： 上次监测时间： 天 气：

仪器名称： 仪器编号： 校准日期：								
孔号	点号	标高(m)	初始测值(kPa)	上次测值(kPa)	本次测值(kPa)	本次变化(kPa)	累计变化(kPa)	备注
典型测点变化历时过程线								
说明	1 说明中应注明数据的正负号分别代表的物理意义； 2 孔隙水压力、土压力报警值： kPa。							

监测单位：

附录 G 地下水水位监测日报表样表

(监测项目名称) 监测日报表

第 次

观测者：

计算者：

校核者：

本次监测时间：

上次监测时间：

天 气：

仪器名称：		仪器编号：		校准日期：		
点号	初始高程 (m)	本次高程 (m)	上次高程 (m)	本次变化量 (cm)	累计变化量 (cm)	备注
典型测点变化历时过程线						
说明						
1 说明中应注明数据的正负号分别代表的物理意义； 2 水位变化速率报警值： cm/d ， 水位变化累计报警值： cm。						

监测单位：

附录 H 现场巡检日报表表样表

(监测项目名称) 现场巡检表

第 次

巡检人：

巡检日期：

分类	现场巡检内容	现场巡检结果	备注
自然条件	气温		
	天气		
	风级		
施工工况	施工内容		
	施工进度		
	施工区与管渠相对位置关系		
	其他		
管渠及周边环境情况	管渠破损、泄漏情况		
	管渠周边地面裂缝、沉陷		
	其他		
监测设施情况	基准点、监测点完好状况		
	监测元件完好状况		
	观测工作条件		
	其他		
其他情况	邻近其他工程施工情况		
	其他		

监测单位：

附录 I 警情报告单样表

(监测项目名称) 警情报告单

日期:

报告单编号:

主 题			
主送单位	管渠管理单位：		
	管渠权属单位：		
警情程度	☐ 非常紧急 ☐ 紧急 ☐ 一般紧急		
抄送单位	建设单位：		
	设计单位：		
	监理单位：		
	总包单位：		
警情情况描述			
监测单位： 监测项目负责人： 日期：			

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要去严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑基坑工程监测技术标准》 GB 50497
- 2 《国家一、二等水准测量规范》 GB/T 12897
- 3 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 4 《土石坝安全监测技术规范》 SL 551
- 5 《大坝安全监测仪器检验测试规程》 SL 530
- 6 《大坝安全监测自动化技术规范》 DL/T 5211
- 7 《地下水原位测试规程》 T/CECS 55
- 8 《基坑工程施工监测规程》 DG/TJ 08-2001
- 9 《城市轨道交通工程施工监测技术规范》 DG/TJ 08-2224
- 10 《地基基础设计标准》 DGJ 08-11
- 11 《基坑工程微变形控制技术标准》 DG/TJ 08-2364

上海市地方标准化指导性技术文件

原水引水管渠监测技术规程

DB31 SW/Z 047-2025

条文说明

2025 上海

目 次

1	总则.....	42
2	术语.....	43
3	基本规定.....	44
3.1	一般规定.....	44
3.2	监测等级.....	46
4	监测项目.....	48
4.1	一般规定.....	48
4.2	仪器监测.....	48
4.3	现场巡检.....	49
5	监测点布置.....	50
5.1	一般规定.....	50
5.2	管渠监测点布置.....	50
5.3	岩土体监测点布置.....	51
6	监测方法与技术要求.....	53
6.1	一般规定.....	53
6.2	水平位移监测.....	53
6.3	竖向位移监测.....	54
6.4	倾斜监测.....	55
6.5	土体深层水平位移监测.....	55
6.6	土体分层竖向位移监测.....	56
6.7	孔隙水压力监测.....	57
6.8	土压力监测.....	58
6.9	地下水水位监测.....	58
7	自动化监测.....	60
7.1	一般规定.....	60
7.2	系统设计.....	60
7.3	监测方法及要求.....	60

7.4	采集与传输.....	61
7.5	安装与维护.....	61
7.6	管理与发布.....	61
8	监测频率与警情报送.....	62
8.1	一般规定.....	62
8.2	监测频率.....	62
8.3	警情报送.....	63
9	监测成果及信息反馈.....	64
9.1	一般规定.....	64
9.2	数据处理.....	64
9.3	成果文件.....	64
9.4	信息反馈.....	65

Contents

1	General provisions.....	42
2	Terms.....	43
3	Basic requirement.....	44
3.1	General requirements.....	44
3.2	Monitoring grade.....	46
4	Monitoring items.....	48
4.1	General requirements.....	48
4.2	Instrument monitoring.....	48
4.3	Inspection and examination in situ.....	49
5	Monitoring point arrangement.....	50
5.1	General requirements.....	50
5.2	Layout of monitoring points for pipelines and canals.....	50
5.3	Layout of rock and soil monitoring points.....	51
6	Monitoring methods and technical requirements.....	53
6.1	General requirements.....	53
6.2	Monitoring of horizontal displacement.....	53
6.3	Monitoring of vertical displacement.....	54
6.4	Monitoring of inclination.....	55
6.5	Monitoring of horizontal displacement in deep stratu.....	55
6.6	Monitoring of Vertical displacement in stratum.....	56
6.7	Monitoring of pore water pressure.....	57
6.8	Monitoring of soil pressure.....	58
6.9	Monitoring of water pressure.....	58
7	Automatic monitoring system.....	60
7.1	General requirements.....	60
7.2	Systematic design.....	60
7.3	Monitoring methods and technical requirements.....	60

7.4	Collection and transmission.....	61
7.5	Installation and maintenance.....	61
7.6	Management and release.....	61
8	Monitoring frequency and submission of alarm.....	62
8.1	General requirements.....	62
8.2	Monitoring frequency.....	62
8.3	Submission of alarm.....	63
9	Monitoring results and information feedback.....	64
9.1	General requirements.....	64
9.2	Data processing.....	64
9.3	Outcome documents.....	64
9.4	Information feedback.....	65

1 总则

1.0.1 本条规定明确了制定本规程的目的。上海的城市建设日新月异，大量的建设工程临近原水引水管渠，势必对其运营安全形成影响，在工程建设过程中对原水引水管渠实施安全监测工作是十分必要的，可为其运营安全管理提供决策依据。目前原水引水管渠管理部门已制定保护技术标准，尚无专门性的监测技术标准，为获取原水引水管渠准确、可靠的变形成果，提高维护管理水平，特制定本规程。

1.0.2 本条是对本规程适用范围的界定。本规程适用于原水引水管渠保护范围及控制范围内进行基坑工程、隧道工程、顶管工程、桩基工程、道路工程等生产建设活动的管渠监测，其他生产建设活动可参照执行。

1.0.3 原水引水管渠监测需要遵循的标准较多，本规程只是其中之一，另外有关现行标准中对管线的变形监测亦有部分规定。因此，强调除应符合本规程外，尚应符合国家、行业与本市现行标准的有关规定。

2 术语

本规程中所采用的术语及其定义，根据下列原则确定：

- 1 凡国家现行有关标准已规定的，一律加以引用，不再另行给出定义和说明；
- 2 凡国家现行有关标准尚未规定的，由本规程自行给出定义和说明；
- 3 当国家现行有关标准已有该术语及其说明，但未按准确的表达方式定义或定义所概括的内容不全时，由本规程完善其定义和说明。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 本条明确了实施管渠监测的工程情形。在管渠保护和控制范围内实施的基坑工程、隧道工程、顶管工程、道路工程和桩基工程等均需实施保护性监测，《上海市管渠保护办法》（沪府令〔2023〕6号）明确规定：钢筋混凝土渠道的保护范围为渠道及其外缘两侧各10米内的区域；钢管及其他新型材质管道的保护范围为管道及其外缘两侧各5米内的区域；其中，以顶管法施工且采取双管敷设的，其保护范围为管道及其外缘两侧各3米内的区域；引水管渠控制范围为保护范围两侧各40米内的区域。在保护范围和控制范围内施工应编制专项监测方案。

3.1.2 管渠监测是对自身结构安全与稳定性、对周围岩土体的变化进行系统的现场观测工作，旨在为工程建设过程中管渠的运营安全提供保障措施。管渠及周围岩土体的变形变位成因是多方面的，因此编制的监测方案应充分考虑工程设计方案、建设场地的地质条件、施工方案等因素。

3.1.3 监测工作实施前应通过工程建设方取得工程设计施工图、详勘成果文件、管渠几何及属性信息、施工方案及组织设计等资料，上述资料是编制管渠监测方案的主要依据。其他相关资料包括管渠周边物探资料、周边工程建设情况、天气等。混凝土矩形箱涵伸缩缝是结构的薄弱环节，应收集其平面位置资料，若无相关资料，可采用局部开挖方式探查伸缩缝的平面位置，但不得破坏既有箱涵。

3.1.4 工程施工前，监测单位应对管渠附属设施现状进行详细调查，如部分设施在施工前即存在裂缝，需进行记录并采用拍照、摄像等方式留存影像资料，有利于工程施工期间的数据分析，同时可作为施工对管渠影响的判别依据。

3.1.5 管渠监测范围主要是依据管渠与建设工程边线距离确定，当该距离小于管渠保护范围及控制范围时，应对管渠实施监测工作，并适当延伸管渠监测范围。

3.1.6 监测方案是监测工作实施的重要依据，是对监测工作实施科学管理的重要手段，具有战略部署与战术安排的双重作用。

监测方案的章节编排应合理，内容应全面。工程的设计概况、施工组织、

地质及水文条件、管渠与工程的空间相对关系、监测等级是监测方案编制的重要依据；方案应对工程施工可能引起的管渠运营安全风险进行分析，并明确对应的监测措施；监测项目、变形监测基准点及监测点的布设与保护、监测方法及精度、监测进度安排与监测频率、监测报警值及异常情况下的监测措施、监测成果信息的反馈是监测方案的重要内容，应在监测方案中予以明确；监测点布置图是现场监测点布设的重要依据，应详细绘制；为保证监测工作质量并满足管理要求，监测方案中应明确监测人员组成、主要仪器设备、相关管理制度，特别是监测应急预案，应急预案宜考虑恶劣天气、监测结果异常、监测点破坏等情况下的应急组织及设备，确保管渠运营安全。

3.1.7、3.1.8 监测点应根据监测布置图进行埋设，应满足监测方案的技术要求，埋设完成后及时标识。监测点及相关设施的保护关系到监测成果的连续性、完整性、及时性及准确性，在整个工程建设过程中，应由建设方及总包方等协助监测单位做好保护工作。

3.1.9 传感器到达工程现场后宜进行外观检查、防水密封性检验、绝缘性与绝缘电阻检验、静态特性检验，自检合格后方可实施埋设工作，检验工作要求见《大坝安全监测仪器检验测试规程》SL 530。投入管渠监测项目使用的各类仪器设备的精度需满足方案规定的技术要求，同时需定期将设备送至国家法定或认可的计量机构进行检校，确保监测成果的准确性与可靠性。

3.1.10 监测单位应建立有效的质量保证体系，准确可靠地反馈管渠变形信息。成果数据异常后应结合施工工况、施工工艺、地质条件等进行综合分析，立即采取相关技术手段进行复核确认。监测数据达到监测报警值或出现危险事故征兆时，应立即通过电话、警情快报等快速信息反馈方式通报管理单位、权属单位及各参建单位。

3.1.11 管渠及周围岩土体的变形除受对应在建工程施工影响外，还可能受邻近工程活动的影响，如沉桩、挖土、降水等，监测单位及其他参建单位应予以重视，有效分析本工程与邻近工程各自的施工变形影响，并及时向管渠管理单位报告邻近工程活动的相关信息。

3.1.12 本条对实施管渠实施监测自动化的情形作了规定。监测自动化系统具有精度高、全天候连续观测、数据处理便捷、信息反馈快速等特点，因此相对人

工监测有不可比拟的优势，尤其对人工观测困难或需实时反馈管渠变形信息的工程项目较为适用，如距离管渠较近的深基坑项目、位于管渠下方的顶管或隧道工程等均应实施监测自动化。

3.1.13 监测成果的信息化对管渠的安全管控建设十分重要，监测单位宜使用监测信息化平台，及时将管渠监测全过程信息与管理单位管理系统实现数据共享，一方面参建单位均可根据监测单位提供的各类成果信息进行分析、预判，提出控制变形的施工措施；另一方面管理单位可结合参建单位的专业意见快速进行管理决策，起到降本增效的作用，更为重要的是大大缩短了决策周期，充分保障了管渠的安全运营。

3.2 监测等级

3.2.1 本条明确了管渠监测等级划分的依据。监测等级的划分有利于监测方案的编制具有针对性，有利于现场监测工作实施时具有重点性，有利于监测成果分析时具有层次性。根据现行相关规范、本市管渠的监测工作经验及大量项目监测统计成果，监测等级的确定需考虑工程自身特点、管渠与工程的空间关系、地质条件等因素。

3.2.2~3.2.5 工程安全等级依据工程所处的地质条件、自身构造、施工难易程度等引起的风险进行划分。综合考虑现行上海市标准《基坑工程施工监测规程》DG/TJ08-2001、《城市轨道交通工程施工监测技术规范》DG/TJ08-2224、《地基基础设计标准》DGJ 08-11 等规范内容，并结合上海地区基坑工程、隧道工程、顶管工程、桩基工程、道路工程的具体情况 & 监测成果统计情况，本规程以各类工程面临的具体风险为工程安全等级划分的依据，确定了基坑工程、隧道工程、顶管工程、桩基工程、道路工程的安全等级。

3.2.6 管渠保护等级主要依据其与建设工程的距离及变形影响程度进行划分。根据上海地区基坑工程、隧道工程、顶管工程、桩基工程、道路工程对周边管线影响的工程监测经验，结合管渠与建设工程的距离关系，对处于工程周边的管渠保护等级进行了划分。

3.2.7 工程所处的地质条件、自身施工安全风险及管渠可能受到的变形影响是施工过程中关注的重点，因此，管渠监测等级主要根据工程安全等级与管渠保护等级综合确定，确定时取两类等级中的高者。定向钻作为常用管道施工工艺，

施工过程中会对周边一定范围的土体形成扰动，管渠保护范围及控制范围存在该类施工时，工程监测等级可按顶管工程要求实施。

4 监测项目

4.1 一般规定

4.1.1 管渠与周围岩土体的变形存在必然联系，周围岩土体的变化是管渠产生变形的必要条件。鉴于单一测项的监测成果难以综合反映管渠变形情况，需形成完整、有效的及与设计、施工工况相适应的监测系统，才能提供完整、系统的监测成果，通过各测项间的内在联系作出准确可靠的分析、预判，为优化设计和信息化施工提供可靠依据，以确保管渠运营安全。监测项目还应考虑经济性，在保证监测质量及管渠安全运营的前提条件下，经济合理地选择监测项目，对关键部位进行重点监测，将各监测项目之间形成互为补充、互为验证的监测体系。

4.1.2 管渠监测包括仪器监测和现场巡检。仪器监测可以选择人工监测方法，也可选择实时监测自动化方法，具体根据现场条件及管渠保护等级确定。现场巡检以目测为主，可起到定性、补充的作用，进而客观地分析和处理现场变形问题。

4.2 仪器监测

4.2.1~4.2.2 表 4.2.1~4.2.2 列出了管渠监测的 9 个项目，经过大量调研并征询管理单位、权属单位、本市业内多名专家的意见，结合现行有关标准，并考虑了目前岩土工程监测技术水平提出表中监测项目，是上海市管渠监测工作多年来的智慧结晶。监测项目的确定应在保证管渠运营安全的前提条件下，综合考虑经济性。盲目减少监测项目可能会造成严重的工程事故，随意增加监测项目可能会造成不必要的浪费。

应测项目是指工程建设过程中为保证管渠运营安全应进行日常监测的项目；选测项目是为了对设计、施工进行验证性开展的监测项目。

管渠竖向位移及水平位移是直接反映其运营安全的必要指标，各监测等级均为应测项目；对高耸透气井等附属设施，其竖向位移及倾斜为应测项目。

土体深层水平位移及土体分层竖向位移反映了管渠旁侧土体的扰动程度，可验证管渠自身变形成果的准确性与可靠性，同时可分析预判其后续变形，为工程施工工艺及时调整提供依据，是较为重要的两个测项，对于监测等级为一

级、二级的工程均规定为应测项目。

孔隙水压力是指土壤或岩石中地下水的压力，该压力作用于微粒或孔隙之间，其减小与增大均会影响土体稳定。基坑工程开挖施工过程中可能引起土体内孔隙水压力减小，使得管渠产生向下的竖向位移；隧道及顶管掘进施工过程中，周侧土体内孔隙水压力可能增大或减小，增大后会引起管渠的抬升，随着超静孔隙水的逐渐消散，土体固结沉降，该现象对管渠的安全运营是不利的；本规程将孔隙水压力列为选测项目，同时将成对观测的土压力列为选测项目，通过对管渠旁岩土体内水土压力观测可为管渠变形分析提供更多的参考依据。

地下水水位的变化会引起土层产生竖向位移，进而引起管渠的竖向变形，是较为重要的监测项目，因此规定监测等级为一级的各类工程均为应测项目，其余工程为选测项目。

4.3 现场巡检

4.3.1 本条主要从四个方面对管渠监测的现场巡检工作作了规定。在现场巡检工作实施过程中，可根据管理单位、权属单位及参建单位的要求补充新的巡检内容，将现场巡检与仪器监测组成完整的监控体系，预防工程事故的发生。

4.3.2 由于土体变形的滞后性，仪器监测的成果往往滞后于工程自身变形，故采用现场巡检的监测方法更为简单、直观、可行，将数据监测成果与巡检成果进行综合分析，有利于准确可靠地分析管渠的变形成因。在工程施工期间，应有专业监测人员进行现场巡检，以目测为主，必要时可辅以相关器具，管渠出现裂缝时应及时观测，裂缝观测应满足相关标准。当巡检发现异常情况时，应对所有巡检成果做好详细记录，并与仪器监测成果进行比较，当分析认为异常情况为工程事故预兆时，应立即通知相关单位，为工程应急处置预案编制提供依据，避免相关事故的发生。

5 监测点布置

5.1 一般规定

5.1.1、5.1.2 本条提出了监测点布设位置的一般要求。工程监测等级决定监测项目的选择，同时对监测点布设有明显影响；不同的施工工艺对管渠及周围岩土体变形影响差异较大，监测点位布设应予以考虑。

管渠按截面形式可分为矩形渠道及圆形管道，其中矩形渠道为钢筋混凝土结构，圆形管道包括焊接钢管、球墨铸铁管、预应力钢筒混凝土管及承插式钢管等。不同类型的管渠结构抗变形能力不同，应在伸缩缝、接口等关键及特征部分布设监测点，同时在对对应部位的岩土体中布设相应监测点，以保证对监测对象的安全状态作出准确的分析及预判。

5.1.3 管渠的变形与临近建设工程侧的岩土体变化紧密关联，岩土体变化量决定原水管渠的变形量，故本条规定不同监测项目的监测点宜布置在同一监测断面上，以便相互验证监测成果的准确性与可靠性。

5.1.4 管渠通常埋设于地表下土体内，一般采用直埋与非开挖方式进行敷设，监测点布设时采用钻孔方式易破坏结构，对管渠运营安全形成较大隐患，故在监测点布设前应充分收集其埋深信息，钻孔底标高应与结构顶标高保持安全距离。当监测点须设置在管渠结构表面时，应采用水力冲孔法布设监测点。监测孔顶部应设置保护盖并采用醒目标识，确保在工程建设过程中测点的完整性及数据的连续性。

5.2 管渠监测点布置

5.2.1 管渠一般采用直埋和非开挖两种方式敷设。对于浅埋现浇钢筋混凝土矩形渠道，其抗变形能力弱，通常需要局部开挖后埋设直接监测点，为减小土体摩阻力影响，通常采用套管法布置直接监测点。对于部分采用非开挖方式敷设的深埋圆形钢管，采用局部开挖的埋设方式较为困难，故采用在其顶部钻孔埋设深层监测点，为确保管渠安全，深层监测点通常采用钻孔埋设至管顶上方约1m深度处。

5.2.2 钢筋混凝土矩形渠道不同节段衔接处设有伸缩缝，该部位为渠道的薄弱环节，在临近工程施工过程中伸缩缝两侧易产生竖向位移及垂直于管渠轴线的

水平位移，当变形引起的错台或错位达到一定量值后，伸缩缝处的止水带破坏可能引起渗漏现象，对钢筋混凝土矩形渠道运行形成安全隐患。因此须在伸缩缝两侧布设监测点，由于渠道具有一定的宽度，每条伸缩缝两侧应至少各布设 2 个监测点，全面监测伸缩缝两侧的变形情况。

5.2.3 钢管及其他新型材质管道变形监测点选择在管道的节点、转折点、变坡点和变形曲率较大的部位进行布设，主要考虑了上述部位抗变形能力相对弱，应主要关注。本规程针对不同监测等级规定了变形监测点的平面间距，以确保原水管渠的运营安全。

5.2.4 球墨铸铁管、预应力钢筒混凝土管及承插式钢管等自身具有较好的承压能力及防渗能力，但接口是管道的薄弱环节，接口转角达到一定量值后易产生渗漏风险，从而影响管道的安全运营，故管道变形监测点应设于接口位置。

5.2.5 管渠附属井室包括分支井、溢流井、顶管井、阀门井、排水井、透气阀井、流量仪井、检查井等应布设变形监测点。鉴于附属井室的平面尺寸一般不大，但其重要性与管渠相当，故要求每侧边均应布置监测点。对高耸的透气阀井及重要的大型顶管井，应实施倾斜监测点。

5.3 岩土体监测点布置

5.3.1 监测方案编制时应分析建设工程对周边岩土体的扰动程度，当建设工程采用的设计方案、施工方案及所处地质条件可能引起周边岩土体明显变形时，应在管渠临近施工侧土体内布设土体深层水平位移监测孔，根据土体变形分析并预判管渠的变形。土体深层水平位移监测孔与管渠的距离应既能预判结构变形，还需考虑钻孔施工安全，故规定测孔与管渠的距离不宜大于 2m。

土体深层水平位移监测孔一般需超过管渠底埋深 5m~10m，当建设工程影响深度较深时，测孔深度应加深。测斜管底部应尽量埋设至深度稳定土层，此时可以管底作为固定起算点，可将所测管渠顶部水平位移与土体水平位移相互验证校核。

5.3.2 土体分层竖向位移监测成果可以了解不同标高处土层的竖向位移量及不同土层间的压缩量，管渠底标高处的土体竖向位移理论上与结构竖向位移一致，两者成果可相互验证；管渠底标高下方 5m 处的土体竖向位移可了解深部土体的扰动程度，可计算结构底部下方土体压缩量；地表下方 3m 处土体为下方各

土层压缩量之和，可验证土体分层竖向位移总体监测成果的准确性与可靠性。对压缩量较大的土层，可加密监测点，以充分了解工程施工对管渠周边土层的扰动程度。

5.3.3 孔隙水压力、土压力一般采用成对布设方式，土压力为土体内孔隙水压力与有效应力之和，两者间存在必然关联。孔隙水压力的变化会引起土层产生竖向位移，两者间存在一定的关联，因此孔隙水压力监测点沿竖向的布设宜与土体分层竖向位移的布设一致，监测孔水平向布设间距宜与土体深层水平位移监测孔一致，以便断面的综合分析。

5.3.4 地下水水位的上升与下降会引起岩土体内孔隙水压力变化，进而引起管渠的竖向变形，是较为重要的测项。上海地区地下水埋深较浅，一般 0.5m～1.5m，潜水水位观测管埋置深度应综合考虑区域地下水埋深、渗透系数、观测精度等因素，故规定潜水水位观测管埋置深度宜为 6m～10m；承压水水位观测应综合层厚及水位管的构造进行设置，确保所观测的承压水水位变化量准确可靠。水位监测孔水平向布设间距宜与土体深层水平位移监测孔一致，以便断面的综合分析。

6 监测方法与技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 由于监测对象、监测项目、保护要求的不同，采用的监测方法和使用的仪器设备就会有所不同。另外，环境条件、设计要求、工程经验等因素也会影响监测方法的选择。因此，监测方法的选择应根据监测对象、设计要求、现场条件等综合确定，并且需要适应施工现场条件和施工进度的要求。

6.1.2 本条对变形监测网中的基准点和工作基点的设置要求进行了规定。监测期间基准点、工作基点不稳定或被破坏，导致数据不连续或无法解释，必须采取有效措施对基准点和工作基点予以保护，并定期检验其稳定性。

6.1.3 监测工作精度要求高，在相同的作业方式下观测，能将监测中的系统误差减到最小，有利于确保数据的可靠度。

6.1.4 初始值测读不及时会造成变形数据的损失，本条强调了监测初始值读取的时间要求。初始值采集的准确性和稳定性将直接关系到以后各次监测数据的质量，要求各监测项目初始值连续观测次数应不少于 3 次，同时要对初始值进行相对稳定性的判断。

6.1.6 监测设备和监测网点的完好程度是获取可靠监测数据的前提，如遭遇破坏则可能造成监控盲区。在监测周期内应采取有效措施，确保监测设备和监测网点处于正常工作状态。对于破坏的测点或传感器，有条件时应及时恢复。

6.2 水平位移监测

6.2.1 水平位移监测精度应综合管渠水平位移速率报警值、累计变形量报警值及其抗变形能力综合确定，一般应小于累计变形报警值的 $1/10 \sim 1/20$ ，同时考虑《上海市原水引水管渠保护技术标准》SSH/Z 10014 规定管渠结构安全等级为一级，变形监测等级均按监测等级一级实施，故规定水平位移监测点坐标中误差不得大于 1.0mm。

监测单位应采用测角精度不低于 $0.5''$ 、测角精度不低于 $1\text{mm}+1\text{ppm}$ 的全站仪实施水平位移观测工作，测站处宜设置强制对中装置，监测点处应采用棱镜作为反射标志，全站仪观测前应输入加、乘常数及温度、气压等，正确估算观测测回数。

6.2.2 水平位移监测目的是获取监测周期内管渠水平位移变化量，故监测网一般可采用独立坐标系。管渠一般呈带状分布，测区长度较短时，可采用视准线作为基准网；当测区长度较长时，可采用边角网、测边网、测角网等形式；为确保水平位移监测精度，应考虑一次性布网。

6.2.3 基准点是变形监测的基础，其稳定性直接影响到监测数据的可靠性，故需具有长期稳定性的特点，基准点区域选择及结构形式设置均以结构稳定为目标。对中误差是水平位移监测误差重要的组成部分，采用具有强制对中装置的观测墩可显著减弱这种误差的影响。

6.2.4 定期对基准网进行复测可了解基准网网点的稳定性，复测后应对两期观测成果进行整理、比对，分析网点的稳定性，发现不稳定的控制点应及时补设，确保水平位移监测成果的准确性与可靠性。基准网测量与复测技术要求、复测后的网点稳定性分析应满足应满足现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

6.2.5 本条说明了水平位移观测常用的几种方法，监测方法的采用应综合考虑测点分布情况、监测精度要求及现场条件等。

6.2.6 监测工作实施前应根据监测精度要求、仪器的精度及监测方法预估观测测回数，测回数应有一定的冗余量，以确保获取高精度管渠水平位移监测成果；观测过程中测距、测角等观测限差应满足《建筑变形测量规范》JGJ8 的有关规定。

6.3 竖向位移监测

6.3.1 本条综合管渠竖向位移速率及累计量的报警值、管渠自身抗变形能力规定了管渠竖向位移监测网水准测量技术指标。

6.3.2 采用水准测量方法布设竖向位移监测网是较为成熟的测量方法。竖向位移监测网不应布设附和路线，由于多余的强制符合条件影响观测精度，同时不利于自校，所以应独立布设成闭合环形的水准网。

6.3.5 几何水准测量是竖向位移监测的首选方法，在特殊环境条件及有特殊技术要求时也可采用静力水准测量法，无论是几何水准测量法还是静力水准测量法，均要满足竖向位移监测各项技术指标。

6.3.6 i 角是水准仪的视准轴与管水准器的水准轴在竖直面内投影所产生的夹角。在几何水准测量中 i 角会导致读数时产生误差，进而影响到高差测量结果，这种影响与前后视距差密切相关，前后视距差越大其影响越大。为了消除 i 角的影响，通常采用前后视距等距的方法，但实际测量过程中往往很难控制前后视距绝对相等，故将 i 角减小到一定范围内，可获取相对准确可靠的竖向位移监测成果。为确保管渠竖向位移观测成果精度，监测过程中宜定期检校 i 角，本规程规定 i 角自检周期为半个月。

6.4 倾斜监测

6.4.1~6.4.4 倾斜观测方法的选择主要根据管渠附属设施的现场条件。当被测对象具有明显的外部特征点和开阔的观测条件时，宜选择投点法，如透气孔结构；当被测对象位于地表下无开阔的观测条件时，可采用坐标法和倾角仪法。

投点法、全站仪极坐标法设置的上、下观测点的连线与结构的竖向轴线平行时，可观测结构的绝对倾斜率，否则仅能观测相对倾斜率。倾角仪法很难确定观测点与竖向轴线的几何关系，仅能观测相对倾斜率。

6.5 土体深层水平位移监测

6.5.1 测斜仪按类别可分为滑动电阻式、电阻应变片式及伺服加速度计式等几种，伺服加速度式测斜仪灵敏度和精度相对较高，稳定性也较好，目前应用较多，应根据工程情况选择合适的测斜仪。

6.5.3 测斜管作为供测斜仪测量的通道，须具有一定的柔性及刚度，直径不应小于测斜仪导轮的最小宽度，管节之间的导槽必须紧密对接，且连接顺畅。

6.5.4 测斜管的埋设质量是获得可靠数据和保证量测精度的前提，该条对测斜管的埋设安装提出了具体要求。测斜管其中一组导槽方向应与需量测的方向保持一致，如二者方向夹角较大时，宜将测斜管两组垂直导槽方向量测结果进行位移矢量合成，有条件时可用测扭仪进行测试。

6.5.5 本条对测斜监测方法提出了具体要求，特别对消除仪器误差，减少温度差异的影响等提出手段。在天气寒冷时，由于室外温度与测斜管内水温差异，测斜仪探头放到孔底后，宜静置一段时间，待读数稳定后方可测试。由于仪器存在零漂影响，每测点都应进行正、反两次量测，以消除误差。

6.5.7 深层水平位移计算时的起算点选择十分重要。当以管顶作为起算点时，采用测量仪器测量测斜管顶水平位移作为修正值，管口以下各测段的下部点对应深度的水平位移值可按下式计算：

$$\Delta X_n = X_0 - l \cdot \sum_{i=1}^n (\sin \alpha_i - \sin \alpha_{i0}) \quad (1)$$

式中： ΔX_n —管口以下第 n 个量测段的下部点对应深度的水平位移值（mm）；

X_0 —实测管口水平位移（mm）；

l —量测段长度（mm）；

α_i —管口以下第 i 个量测段处倾角的本次测值；

α_{i0} —管口以下第 i 个量测段处倾角的初始测值。

如果测斜管底部进入较深的稳定土层内（5m~10m），可以以底部作为起算点。此时，管底以上各测段的上部点对应深度的水平位移值可按下式计算：

$$\Delta X'_n = l \cdot \sum_{i=1}^n (\sin \alpha'_i - \sin \alpha'_{i0}) \quad (2)$$

式中： $\Delta X'_n$ —管底以上第 n 个量测段的上部点对应深度的水平位移值（mm）；

l —量测段长度（mm）；

α'_i —管底以上第 i 个量测段处倾角的本次测值；

α'_{i0} —管底以上第 i 个量测段处倾角的初始测值。

6.6 土体分层竖向位移监测

6.6.4 磁性沉降环采用钻孔埋设。安装磁环时，应先在沉降管预定的位置套上磁环及定位环，再将沉降管逐节放入钻好的孔中，使各个磁环达到设计深度。沉降管与孔壁之间应用干软粘土或泥球进行回填，使磁环与土层粘结固定，且可沿沉降管自由地随土层上下变动。回填速度不宜过快，以免堵塞后回填料无法下沉而形成空隙。在埋设后 2d~3d 内进行检查，必要时进行补充回填，使得磁环与周围土体紧密接触，变形协调一致。

6.6.5 分层沉降仪监测时应先用水准仪测出分层沉降管的管口高程，然后将分层沉降仪的探头缓缓放入分层沉降管中。当接收仪发生蜂鸣或指针偏转最大时，即是磁环的位置。读取第一声声响时测量电缆在管口处的深度尺寸，这样由上向下地测量到孔底，称为往测测量。当从该分层沉降管内回收测量电缆时，测头再次通过土层中的磁环，接收系统的蜂鸣器会再次发出蜂鸣声。此时读出测量电缆在管口处的深度尺寸，如此测量到孔口，称为返测测量。

按下式计算磁环的绝对高程：

$$D_i = H - h_i \quad (3)$$

式中： D_i —第 i 次磁环绝对高程（mm）；

H —分层沉降管管口绝对高程（mm）；

h_i —第 i 次磁环距管口的距离（mm）。

按下式计算磁环的累计竖向位移量：

$$\Delta h_i = D_i - D_0 \quad (4)$$

式中： Δh_i —第 i 次磁环累计竖向位移（mm）；

D_0 —磁环初始绝对高程（mm）。

6.7 孔隙水压力监测

6.7.1 振弦式孔隙水压力计具有读数方便、维护简易、响应快等优点，输出频率信号可长距离传输，电缆要求低，使用寿命长，适合上海地区软土地基的孔隙水压力监测。

6.7.2 孔隙水压力计选型需综合考虑传感器的量程、精度及使用性能。选型前应根据勘察资料了解地下水位埋深，根据孔隙水压力计的埋深计算静水压力，预估超静孔隙水压力。量程选择既要考虑静水压力和超静孔隙水压力之和后有冗余量，又要考虑传感器精度由量程决定，结合大量工程监测经验取量程上限为静水压力和超静孔隙水压力之和的 1.5 倍。

6.7.3 孔隙水压力计现场埋设工作实施前应做好相关自检工作。采用目测法检查传感器外观完好程度，利用频率读数仪采集孔隙水压力计空载状态下的频率，与率定表空载读数进行比较。

6.7.4 土体内孔隙水压力计的埋设主要采用钻孔埋设法及压入埋设法两种方法。当监测孔对应深度处土层强度高时，可采用钻孔后埋设孔隙水压力计的方法；当监测孔对应深度处土层强度低时，钻孔至目标深度上方后，采用直接压入的方式埋设孔隙水压力计。

6.7.5 孔隙水压力计埋设前应放入清水中浸泡，使其充分饱和，排除透水石中的气泡，浸泡时间一般不得少于 4h。钻孔法埋设传感器时，其上下填筑中粗砂的作用是形成透水体并具备反滤效果，相邻两个孔隙水压力计之间一般采用膨

润土回填，目的是隔断不同土层间的水力联系。

6.7.6 压入法埋设孔隙水压力计时会产生一定的超静孔隙水，此时采集的初始值偏大，由于上海地区浅部土层以软粘土为主，渗透系数小，超静孔隙水的消散速率慢，故要求埋入后逐日观测 1 周，待压力稳定后取 3 次稳定频率值的平均值计算初始孔隙水压力。

6.7.7 根据测点孔隙水压力值及埋设深度可反算地下水位，观测孔隙水压力计埋设位置附近的地下水位的目的是验证孔隙水压力观测成果的可靠性。

6.8 土压力监测

6.8.1 管渠临近建设工程侧岩土体内采用埋入式土压力计，上海地区一般采用振弦式土压力计。

6.8.2 土压力计选型对监测成果准确性与可靠性影响较大。土压力计表面需平整，一般要求其直径与其工作面中心挠度之比应大于 2000；土压力计工作面受力过程应表现为平移过程，故土压力计应具有较大的刚度，在土体作用下自身保持不变形，故要求等效模量应大于土的模量 5~10 倍；要求土压力计的直径大于其厚度的 10 倍，油腔内充满油，整体刚度大，此时土压力计与土体匹配误差小，测值精度高。

6.8.4 管渠临近建设工程侧岩土体内土压计采用钻孔埋设，土压力计的承压面应正对施工面，采用铲子辅助压入时应控制其垂直度。钻孔内的回填料宜与孔内回填料保持一致，以获取真实可靠的土压力成果。

6.8.5 压入法埋设土压力计时会产生部分超静孔隙水，此时采集的土压力值包含了超静孔隙水压力，由于上海地区浅部土层以软粘土为主，渗透系数小，超静孔隙水的消散速率慢，故要求埋入后逐日观测 1 周，待压力稳定后取 3 次稳定频率值的平均值计算初始土压力。

6.9 地下水水位监测

6.9.1 土体内的地下水水位常采用钻孔埋设水位管或孔隙水压力计进行观测。地下水渗流速率与土层渗透系数密切相关，渗透系数大时，地下水渗流速率快，此时水位管与孔隙水压力计均可有效观测地下水位。渗透系数小时，地下水渗流速率慢，通过花管段进入水位管内的地下水滞后，观测误差大，孔隙水压力计则不存在这种问题，故渗透系数不小于 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 的土体对两种观测方式均

适用，渗透系数小于 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 采用孔隙水压力计进行观测。

6.9.2 采用孔隙水压力进行地下水水位观测时应综合考虑量程及精度两个方面，量程过大观测精度弱，由于上海地区地下水位一般埋深为 $0.5\text{m} \sim 1.5\text{m}$ ，小量程的孔隙水压力计即满足要求，综合观测精度及经济性，本规程规定孔隙水压力计的量程不宜大于 0.2MPa 。

6.9.4 水位管的管径大小对水位观测成果有较为明显的影响。管径增大后，当管中水位上升或下降时，则补充或排出管中相应水量所需的时间即滞后时间与管径成正比，当土体的渗透系数较小时，增加管径引起的时间滞后明显，若水位管周边水位迅速变化时，观测误差就会更大，故本规程规定水位管直径不宜大于 50mm 。

6.9.5 水位管布设后，管内水位稳定时间与管周土体渗透系数有关，需要一定时间才能达到稳定状态，因此需连续观测数日后确定稳定的水位，此时可将观测值作为水位初始值。

6.9.6 水位高程为管口绝对高程与量测深度的差值，由于工程施工对土体扰动影响，管口高程是变化的，为获取准确可靠的水位高程，需定期采用几何水准测量法观测管口绝对高程。

7 自动化监测

7.1 一般规定

7.1.1 自动化监测有效实施，必须做好设备维护工作，才能保证自动化监测系统正常运行。若传感器、仪器设备类型多、结构复杂，不利于为系统故障判断和维修，提高了对维护人员的能力要求，不利于系统维护。

7.1.2 自动化监测系统不仅要做好维护工作，定期要采用其他方式对监测结果进行复核，从而可对自动化监测系统稳定性和可靠性进一步判断，保证数据的准确性。

7.2 系统设计

7.2.1 自动化监测和传统人工监测有一定的不同，本条对自动化监测系统提出了一些针对性设计内容要求。针对自动化监测系统的特点，明确了自动化监测系统设计不仅包括自动化监测系统设计方案的内容，同时要对仪器设备的选择和性能指标、数据采集装置的设置、数据通信方式和网络结构、供电及防护要求等进行明确。

7.2.2 自动化监测系统在项目实施过程中，充分发挥其监测频率高的特点，同时监测数据应准确，满足工程安全控制的要求。自动化监测系统元件、设备应至少能够保证在施工周期内正常工作，同时当需要增加其他测项时，自动化监测系统可以扩展，以节省造价，同时可以快速接入系统，并开展监测工作。

7.3 监测方法及要求

7.3.1 水平位移自动化监测目前主要采用智能型全站仪实施，现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8 有较为详细的规定，可按照该规范相关技术要求实施。

7.3.2 静力水准类型比较多，有连通管式、压差式等类型，本规程主要指连通管式静力水准。连通管式静力水准传导介质受温度影响较大，所以在使用时，静力水准宜放在相同的环境下或采取措施减少温度对测量结果的影响。

7.3.3 建（构）筑物的整体倾斜率宜采用全站仪进行测量，测量相对倾斜变化可选用倾角计、静力水准仪等实施。

7.3.4 阵列式位移计、固定式测斜设备成本较高，在传感器布设时，变形较大区域传感器间距不宜大于 1m，对于变形较小区域，间距可适当放大，但不宜大于 2 米。自动提升式测斜主要采用步进电机代替人工来进行测试，要求其步距按人工测斜一致。

7.3.6 本条将水土压力等项目归为一类，主要是由于测试此类项目的传感器一般为振弦式传感器，原理较为一致。与人工监测的区别在于：采用自动采集设备将相关传感器接入自动化监测系统，从而实现此类项目的自动化监测。

7.4 采集与传输

7.4.1 工程现场较为复杂，网络中断等情况时常发生，保证采集数据不丢失，采集设备要有一定的数据本地储存能力。同时，采集设备要支持远程操作，具有双向通讯能力，上述设备功能是有开展自动化监测是非常必要的。

7.4.2 数据传输是实现自动化监测的重要环节，为了保证数据正常传输，应根据现场网络情况选择合适的通讯方式，实现稳定可靠的数据传输。数据传输设备支撑不同的通讯模式是必要的。

7.5 安装与维护

7.5.1 自动化监测系统规范安装是后续自动化正常工作的基础，在安装时应确保仪器设备能正常工作，同时对安装的仪器设备编号做好记录工作，便于后续维护，自动化监测系统安装完成后，应对系统是否正常进行测试，保证安装工作有效。

7.5.2 自动化监测系统维护是保证系统正常工作重要工作，是系统性工作。自动化安装完成后，应制定维护要求，便于后续维护工作的开展，同时做好维护记录，以便追溯和溯源。

7.6 管理与发布

7.6.4 自动化监测系统数据安全较为重要，应采用用户管理和加密认证的方式，做到数据定向开放。同时平台服务器等做好硬件和软件防护，防止数据的被窃取、篡改和系统防病毒。

8 监测频率与警情报送

8.1 一般规定

8.1.1 本条明确了管渠监测的实施周期，应贯穿整个工程施工全过程，且包含工后稳定性监测。上海作为软土地区，地质条件具有高含水量、高压缩性等特点，工程施工完成后，周边土体主固结沉降已基本完成，次固结沉降的周期会比较长，施工后稳定性监测可研判工程周边管渠的变形是否收敛，从而确保管渠的运行安全。

8.1.2 管渠监测工作是研判管渠运行安全的重要依据之一，监测频率应根据施工工况、管渠的变形情况、受力情况等因素的变化而不断调整，其基本要求是确保监测数据能及时、准确地反映管渠变形和受力情况随时间的变化规律。

定时监测是指按照固定的时间间隔进行监测，定时监测的优点是监测数据具有较好的可比性和连续性，缺点是当监测对象在固定时间间隔内存在不均匀变化时，定时监测无法完整反映监测对象真实变化情况，即当监测对象在固定时间间隔内的变形速率能基本代表监测对象的真实变形速率时，宜实施定时监测；当监测对象在固定时间间隔内的变形速率不能反映监测对象的变化特征时，应缩短时间间隔，必要时实施跟踪监测。当人工监测无法满足跟踪监测的要求时，应实施自动化监测。

8.2 监测频率

8.2.5 工后稳定性监测是判断管渠是否稳定的监测阶段，综合仪器现有精度水平、地区地基土固结水平及相关标准，本规程提出管渠变形速率连续 2 次小于 0.5mm/15d 的稳定指标。

8.2.6 管渠自动化监测实施频率宜针对不同工程及管渠与工程的相对关系制定，如采用盾构或顶管工艺下穿管渠时，应采用高频实时监测方式；如采用自动化监测技术手段仅为替代人工观测时，可采用一般观测频率采集监测数据。

8.2.7 现场巡检时管渠监测工作的重要组成部分，是仪器监测的有效补充，一般情况可与应测监测项目的监测频率保持一致。当监测数据或周边巡视存在异常时，必须引起工程参建各方的重视，提高监测频率可更加准确地反映管渠运行的安全状态，有利于决策人员研究判断。

8.3 警情报送

8.3.1 监测报警值主要结合工程现场经验及《上海市原水引水管渠保护技术标准》（SSH/Z10014）要求确定；焊接钢管变形曲线的曲率半径与钢管的外径及变形后管道转角相关，计算方法可参考《油气长输管道工程施工及验收规范》GB50369。

8.3.2 现场巡视是管渠监测工作的重要组成部分，是仪器监测的有效补充，现场巡视频率应至少与仪器监测频率相一致。本条列出了建设工程施工过程中现场巡检需要报警的3种情况，一旦出现这些情况，可能严重威胁管渠的安全，需立即报警，以便相关单位及时决策并采取相应措施，确保管渠运营安全。

8.3.3 管渠及周边岩土体变形速率、累计变形量及现场巡检发现的异常均是监测报警的重要依据，应通过工程施工工况、变形速率及累计量的大小、近期监测数据变化趋势与规律等方面进行综合分析，同时结合现场巡检情况确定报警的严重程度。对于仪器量测数据报警或现场巡检发现的异常报警，监测人员应快速上报管渠管理及权属单位、工程参建单位，基于现行的信息传递水平，提出网络、电话、短信、信息化监测平台等技术手段。

9 监测成果及信息反馈

9.1 一般规定

9.1.1 监测日报表、阶段性报告和监测总结报告等监测成果文件中提供的数据、图表应客观、真实、准确，其中日报表的准确性与可靠性对施工工艺的调整具有重要的参考意义，阶段性报告的分析对后续施工工艺的调整具有重要的指导意义，总结报告对类似工程施工过程中管渠变形控制具有借鉴意义。

9.1.2 监测成果需相关责任人签字确认，同时加盖公章后形成有效的成果文件。

9.2 数据处理

9.2.1 数据处理是管渠监测工作的重要组成部分，累计变形量及变形速率计算后与报警值进行比较后可了解变形控制效果，变形历时过程曲线绘制的目的是直观了解管渠在前期的变形特性，同时根据前期的变形趋势预测工程后续施工过程中管渠变形量。施工工况、施工工艺、区域地质条件、管渠历史变形等是管渠变形的重要原因，当监测数据出现异常时应综合上述因素进行分析，以判断监测成果的准确性与可靠性，同时宜通过复核观测的方式进一步确认。

9.3 成果文件

9.3.1 监测日报表、阶段性报告、总结报告内容应齐全，日报表是主要反应当日变形及累计变形的成果文件，天气情况、施工工况、报表编号、仪器信息等应完整体现，监测单位应适当进行分析并给出部分建议，达到报警值的测点应有显著的报警标识，应在监测日报数据报表报警测点处加盖报警章，同时在监测总评表监测情况进行各测项的报警数量统计，引起各参建单位的关注。日报表是管渠监测工作的重要成果，各参建单位应对其成果予以重视，根据当日变形成果及时调整施工工艺，确保工程施工安全。

9.3.2 阶段性监测报告是对前一阶段工程施工影响的阶段总结，对施工过程中变形特性点应绘制变形历时过程曲线，分析其变形原因是十分必要的；各监测项目成果汇总表对管渠变形的综合统计，结合特征点变形历时过程曲线进行综合分析，可有效预判后续施工过程中的管渠变形，为施工工艺的调整提供更为充分的参考依据。

9.3.3 总结报告的内容应详尽，变形成因分析应有针对性，应结合场地地质条件、施工工况、管渠与工程的空间相对关系、投入的设备精度等综合分析管渠过程与最终变形原因，为类似工程的设计优化及施工合理性提供借鉴依据。

9.4 信息反馈

信息反馈是管渠监测工作最为重要的环节，是信息化施工的重要体现。监测单位应及时报送监测成果文件，特别是对达到或超过报警值的情况，监测人员应立即通报管渠管理单位、建设方、施工单位、设计单位和监理单位，促使工程参与方立即采取抢险措施，严禁拖延。