



T/CECS G:

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

公路深路堑、高路堤及特殊路基监测技术规程

Technical Specifications for Monitoring of Deep Cutting, High
Embankment and Special Subgrade of Highway

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设标准化协会标准

公路深路堑、高路堤及特殊路基监测技术规程

Technical Specifications for Monitoring of Deep Cutting, High
Embankment and Special Subgrade of Highway

T/CECS G:

(征求意见稿)

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：XXXX 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2017 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知（建标协字[2017]031 号）的要求，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司等单位承担《公路深路堑、高路堤及特殊路基监测技术规程》（以下简称“本规程”）的制定工作。

本规程编制过程中，编写组进行了大量的工程调研，分析总结了近年来国内外公路深路堑、高路堤及特殊路基监测的工程实践经验和科研成果，并广泛征求了业内有关单位和专家的意见和建议。

本规程分为 6 章、7 个附录，主要内容包括：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 监测设计；5 施工期和运营期监测；6 监测资料分析；附录 A 水平位移监测日报表；附录 B 竖向位移监测日报表；附录 C 支挡结构应力、应变监测日报表；附录 D 孔隙水压力、土压力监测日报表；附录 E 地温和热状况监测日报表；附录 F 裂缝监测日报表；附录 G 巡视检查日报表。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或中交第一公路勘察设计研究院有限公司（地址：西安市高新技术开发区西区科技四路 205 号；邮编：710065；联系人：尹利华；电话：029-81772786，电子邮箱：BZXD@ccroad.com.cn），以便修订时研用。

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参编单位：西南交通大学

南京水利科学研究院

招商局重庆交通科研设计院有限公司

山西省交通规划勘察设计院

汇通路桥建设集团有限公司

济南金衢公路勘察设计研究有限公司

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

广东冠粤路桥有限公司

北京市道路工程质量监督站

武汉港湾工程质量检测有限公司

遵义道桥建设(集团)有限公司

主编：尹利华

主要参编人员：

主审：冷曦晨

参与审查人员：

参与人员：

征求意见稿

目 录

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定.....	4
3.1	监测工作要求	4
3.2	监测仪器、设备和元件要求	5
3.3	监测点和监测设施保护要求	7
4	监测设计.....	9
4.1	一般规定	9
4.2	深路堑监测设计	10
4.3	高路堤监测设计	13
4.4	软土路基监测设计.....	15
4.5	多年冻土路基监测设计	17
4.6	采空区路基监测设计	18
5	施工期和运营期监测.....	21
5.1	一般规定	21
5.2	变形控制网监测	21
5.3	水平位移监测	23
5.4	竖向位移监测	25
5.5	防护支挡结构应力、应变监测	27
5.6	渗流监测	27
5.7	孔隙水压力监测	28
5.8	土压力监测	29

5.9	地下水位和水面监测	30
5.10	膜下真空度监测	31
5.11	地温和热状况监测	31
5.12	构造物倾斜监测	32
5.13	裂缝监测	32
5.14	巡视检查	33
6	监测资料分析.....	34
6.1	一般规定	34
6.2	监测资料分析	34
6.3	边坡稳定性评估	42
6.4	路基稳定性评估	42
6.5	工后沉降预测	44
6.6	监测报告	49
附录 A	水平位移监测日报表.....	51
附录 B	竖向位移监测日报表.....	52
附录 C	支挡结构应力、应变监测日报表.....	53
附录 D	孔隙水压力、土压力监测日报表.....	54
附录 E	地温和热状况监测日报表.....	55
附录 F	裂缝监测日报表.....	56
附录 G	巡视检查日报表.....	57

1 总则

1.0.1 为规范公路深路堑、高路堤及特殊路基监测行为、提高监测水平和质量，保证路基安全与质量，指导运营养护工作，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级新建和改扩建公路深路堑、高路堤及特殊路基施工期和运营期的监测。

1.0.3 公路深路堑、高路堤及特殊路基监测应围绕监测目的，综合考虑监测工程设计和施工方案、场地工程地质条件、周边环境条件等因素，制定合理的监测方案，精心组织和实施监测。

1.0.4 公路深路堑、高路堤及特殊路基监测，应符合国家和行业在安全生产、劳动保护方面的有关规定，采取有效的安全生产措施，保证人员和设施的安全。

1.0.5 公路深路堑、高路堤及特殊路基监测除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 深路堑 deep cutting

土质挖方边坡高度大于20m或岩质挖方边坡高度大于30m的挖方路基。

2.1.2 高路堤 high embankment

路基填土边坡高度大于20m的填方路基。

2.1.3 特殊路基 special subgrade

位于特殊土(岩)地段、不良地质地段，或受水、气候等自然因素影响强烈的路基。

2.1.4 软土 soft soil

天然含水率高、天然孔隙比大、抗剪强度低、压缩性高的细粒土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。

2.1.5 多年冻土 permafrost

冻结状态持续两年或两年以上的土(岩)。

2.1.6 采空区 mined-out area

地下固体矿床开采后的空间，及其围岩失稳而产生位移、开裂、破碎垮落，直到上覆岩层整体下沉、弯曲所引起地表变形和破坏的地区或范围。狭义的采空区指开采空间。

2.1.7 施工期监测 monitoring during construction

地基处理阶段、路基填筑阶段、预压阶段、路面或轨道施工阶段等施工期的路基监测。

2.1.8 运营期监测 monitoring after construction

通车后运营期间的路基监测。

2.1.9 监测点 monitoring point

直接或间接设置在路基及其周围建(构)筑物等监测对象上，并能反映监测对象力学或变形特征的标志物。

2.1.10 监测频率 frequency of monitoring

单位时间内的监测次数。

2.1.11 监测预警值 alarming value on monitoring

为保证路基稳定性，对监测项目变化所设定的监控值。

2.1.12 容许工后沉降 permissible post-construction settlement

在上部设计荷载作用下，地基从路面竣工之日至路面设计使用年限末容许产生的沉降。

2.1.13 报警值法 alarming value method

通过对比实测值与报警值评估路基稳定性的方法。

2.1.14 表观法 apparent method

根据路基裂缝、隆起等现象评估路基稳定性的方法。

2.1.15 拐点法 inflection method

利用沉降、水平位移等与荷载的关系曲线或其他关系曲线的拐点评估路基稳定性的方法。

2.1.16 趋势法 trend method

路基内外部条件不变化时利用沉降速率、水平位移速率、超静孔隙水压力等指标的发展趋势评估路基稳定性的方法。

2.2 符号

d ——竖向排水体的间距；

d_e ——竖向排水体的有效排水直径；

d_s ——竖向排水体的涂抹区直径；

d_w ——竖向排水体的(当量)直径；

D_s ——水位管内水面高程；

h_s ——水位管内水面与管口的距离；

H ——孔隙水的最大渗径；

H_s ——水位管管口高程；

K_v ——竖向渗透系数；

K_h ——水平向渗透系数。

3 基本规定

3.1 监测工作要求

3.1.1 深路堑、高路堤及特殊路基监测应进行监测方案设计，监测设计方案应经审批后实施，并加强对监测工作的检查和验收。

3.1.2 设计单位应对深路堑、高路堤及特殊路基提出监测技术要求，包括监测项目、监测频率和监测报警值等。深路堑、高路堤及特殊路基监测宜由第三方监测单位实施或由第三方进行抽查性检查。

3.1.3 边坡、路基设计或施工方案发生重大变更时，监测单位应与建设方及相关单位研究并及时调整监测方案。

3.1.4 应采用成熟、稳定、先进的监测手段，真实、可靠、及时全面地反映深路堑、高路堤及特殊路基应力、应变等变化过程。有条件时应优先采用自动化实时监测技术，并做好现场监测设备的维护、终端接收数据的校验，确保数据有效并做好电子数据的备份。

3.1.5 应采用科学的方法对深路堑、高路堤及特殊路基监测数据进行综合分析和评估，及时掌握深路堑、高路堤及特殊路基的变形动态和安全性。对监测预警响应要及时、有效，当监测数据达到预警值时，监测单位必须立即通报建设方及相关单位。

3.1.6 监测工作宜按下列步骤进行：

- 1 接受委托。
- 2 现场踏勘，收集资料，必要时进行补充勘探。
- 3 监测方案设计、审批。
- 4 设备、仪器校验和元器件标定。
- 5 现场监测。
- 6 监测数据的处理、分析及信息反馈。
- 7 提交阶段性监测结果和报告。

8 现场监测工作结束后，提交完整的监测资料，并按档案管理规定，组卷归档。监测资料应包括下列内容：

- 1) 监测设计方案；
- 2) 测点布设、验收记录；

- 3) 阶段性监测报告;
- 4) 监测总结报告等。

3.1.7 应综合利用仪器量测、现场巡视检查等手段开展监测工作，监测时尽量减少对工程施工或运营的不利影响。

3.1.8 对同一监测项目，现场监测作业宜符合下列规定：

- 1 采用相同的监测方法。
- 2 使用同精度的监测仪器和设备。
- 3 监测人员相对固定。
- 4 在基本相同的时段和环境下监测。

3.1.9 对各种监测项目，应采取措施减小系统误差、控制偶然误差、避免粗大误差、对监测误差进行检验分析，保证监测精度满足要求。

3.1.10 当选用自动化监测设备时，系统应预留人工监测接口以及离线输入接口，以便在系统发生故障时可以人工补测，在系统正常运行时可以人工校验。

3.2 监测仪器、设备和元件要求

3.2.1 监测仪器、设备和元件应符合下列规定：

- 1 监测仪器应根据监测目的和允许变形值的大小进行选择，应满足精度和量程的要求，且应具有足够的稳定性和可靠性。
- 2 所用的监测仪器和设备应在按照相应的现行国家或行业规程检定合格后方能使用。
- 3 所用的监测仪器和设备应经过校准或标定，校核记录和标定资料应齐全，并应在规定的校准有效期内使用。在使用前应进行全性能检查和校验。
- 4 监测仪器应严格按照操作规程或说明书使用，并经常检查和维护保养。监测初期主仪器和备用仪器应对比测量。

3.2.2 监测仪器、设备和元件的选择应遵循下列原则：

- 1 仪器的可靠性和长期稳定性好。
- 2 仪器具有与监测对象变形相适应的量测精度。
- 3 仪器灵敏度高。
- 4 仪器具有防风、防雨、防潮、防震、防雷、防腐等与环境相适应的性能。

3.2.3 水准仪应符合下列规定：

1 水准仪宜选用精密水准仪，根据监测目的和变形范围，一般不宜低于二等水准测量的要求。

2 光学水准仪的 i 角误差不应超过 $12''$ ；电子水准仪的 i 角误差不应超过 $20''$ 。

3 每公里往返水准测量中误差不超过 3mm 。

4 补偿式自动安平水准仪的安平误差不应超过 $0.5''$ ，补偿误差不应超过 $0.3''$ 。

5 仪器在 $-20^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ 温度范围内正常工作。

3.2.4 全站仪水准仪应符合下列规定：

1 仪器望远镜的放大倍率一般不小于 30 倍。

2 全站仪测距精度不低于 $1\text{mm}+2\text{ppm}$ 。

3 全站仪测角精度不应低于 $2''$ 。

4 仪器在 $-20^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ 温度范围内正常工作。

3.2.5 测斜仪应符合下列规定：

1 测斜仪的角度分辨力不宜低于 $8''$ ，位移分辨力不宜低于 0.04mm/m ，系统精度不宜低于 0.25mm/m 。

2 测斜仪的零位偏差不应大于 0.8mm/m ，最大允许误差不应超过 $\pm 0.1\%F\cdot S$ 。

3 测斜仪电缆组件的抗拉断力不小于 1000N ，在 100N 的拉力作用下长度变形不大于 0.5mm/m 。

4 测斜仪电缆应具有标识、固定等措施，以保证探头重复安置时位置偏差在 5mm 以内。

5 仪器在 $-20^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ 温度范围内正常工作。

3.2.6 分层沉降仪应符合下列规定：

1 沉降仪分辨力不应大于 2mm ，测尺的长度误差不应大于 $\pm 0.1\%F\cdot S$ 。

2 测头应采用密封式圆筒形外壳，应能承受测量范围的水压。

3 仪器在 $-10^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ 温度范围内正常工作。

3.2.7 孔隙水压力计量程应满足被测压力范围的要求，可取静水压力与超孔隙水压力之和的 2 倍；精度不宜低于 $0.5\%F\cdot S$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%F\cdot S$ 。制作后宜存放半年以上，在埋设前应率定并检验防水密封性能。

3.2.8 土压力计的量程应满足被测压力的要求，其上限可取设计压力的 2 倍，精度不宜低于 $0.5\%F\cdot S$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%F\cdot S$ 。

3.2.9 真空表精确度等级不应低于 1.6, 并应符合现行国家标准《一般压力表》(GB/T 1226) 的规定, 检定应按现行行业标准《弹性元件式一般压力表、压力真空表和真空表 检定规程》(JJG 52) 执行。

3.2.10 应力计或应变计的量程宜为设计值的 2 倍, 精度不低于 0.5%F·S, 分辨率不宜低于 0.2%F·S。

3.2.11 温度观测仪器的测量范围不宜小于 -20℃~+50℃, 精度不宜低于 0.5℃, 分辨力不应低于 0.2℃。

3.2.12 湿度观测仪器的测量范围 0~100%, 测量误差不应超过 2%, 分辨率不宜低于 1%。

3.2.13 剖面沉降仪的技术要求同测斜仪。

3.2.14 位移计的量程应满足被测位移的要求, 测量误差不应超过 2%F·S, 分辨率不宜低于 0.1% F·S。(GB/T 37367-2019《岩土工程仪器 位移计》)

3.2.15 分布式光纤传感器的应能与被测物体协同变形, 光缆的抗拉强度不小于 1000N, 最小弯曲半径不大于 10cm, 空间定位精度不应超过 1m, 工作温度 -40℃~+75℃, 且应满足相应温度测量或变形测量的精度要求。

3.2.16 雷达监测系统的探测距离和空间分辨率应满足变形测量的精度要求, 反射器应有唯一编号。

3.2.17 GPS 定位测量仪器应经法定计量检定合格, 并在其检验有效期内使用, 接收机天线或基座的圆水准器光学对中器、天线高量尺, 在作业期间至少 1 个月检校一次。(GB/T 18314-2009《全球定位系统(GPS)测量规范》)

3.2.18 无线监测系统应能实现数据的实时采集、远程传输、存储备份等功能, 视频监控宜具有夜视功能。

3.3 监测点和监测设施保护要求

3.3.1 深路堑、高路堤及特殊路基监测期间, 建设方及施工方应协助监测单位保护好监测点和监测设施。

3.3.2 监测设计时, 应制定好监测点和监测设施的保护与恢复措施及奖罚制度。

3.3.3 表面沉降板测杆、分层沉降管、深层沉降标测杆、测斜管外露部分应设置保护管, 管外宜设醒目标志, 夜间施工时宜设反光标志。各种管口应加盖密封, 避免异物

进入堵塞。

3.3.4 边坡或路基施工时，测点附近土石方宜采用小型机械或人工施工，尽量减少施工对监测点和监测设施的影响。

3.3.5 监测元器件电缆线需牵引到坡脚时，应挖沟埋设并按照波浪形布线，预留充足的余量以适应边坡或路基的变形，填石路基还应加穿钢管保护。外露的电缆线应采取防水防老化措施。

3.3.6 监测点若遭到破坏应及时修复或补埋，并及时进行补测，根据首次补测结果与破坏前观测结果进行对比分析后，对异常值进行修正，保证监测数据连续性。

3.3.7 平面基点、水准基点受自然或人为因素影响发生破坏或扰动时，应及时恢复并进行肖准。恢复测量等级不应低于初测的等级，恢复点位精度不应低于初测的点位精度。

征求意见稿

4 监测设计

4.1 一般规定

4.1.1 监测设计前，监测单位应进行现场踏勘和相关资料收集，工作内容包括：

1 了解工程各参建单位的具体要求。

2 收集和熟悉监测对象地质勘察资料、设计资料以及施工组织设计(或项目管理规划)等，分析已有资料是否满足监测设计需求，不满足时应采取补充勘察、现场测试等方法补充齐全。

3 收集监测对象的原始资料和使用现状等资料，分析掌握监测对象已发生的应力、应变、变形等变化过程。

4 了解相邻工程的设计和施工情况。

5 通过现场踏勘，复核相关资料与现场状况的关系，确定拟监测项目现场实施的可行性。

4.1.2 监测方案设计应包括下列内容：

- 1 工程概况。
- 2 地质概况。
- 3 监测内容及项目。
- 4 监测目的和依据。
- 5 监测方法及精度。
- 6 基准点、监测点的布设和保护。
- 7 监测周期和监测频率。
- 8 监测数据处理与信息反馈。
- 9 监测预警值确定及异常情况下的监测措施。
- 10 监测人员的配置。
- 11 监测仪器设备及检定要求。
- 12 作业安全及其他管理制度。

4.1.3 试验工程应根据试验目的选择监测项目，宜对多种指标进行监测分析，从不同角度综合反映监测所关注的问题。

条文说明

试验工程以验证设计和指导施工为主要目的。目前,国内对于软土地基上的高速公路、一级公路一般提前修筑试验工程,因试验工程属前期工程,具有指导作用,故要求在工程全面开工前取得试验成果。

试验工程研究内容应针对解决工程设计与施工中的疑难问题以及新技术、新材料、新工艺在引进、推广中尚需研究的问题。

试验工程选址应尽可能地考虑减少其他因素对试验的影响,宜选在施工便利、纵坡较小、直线路段上,但在地质条件选择上应重点放在较差的地质路段。试验路段长度的确定应考虑到路堤宽度,路段长度至少应大于两倍的路堤底宽。

4.2 深路堑监测设计

4.2.1 路堑监测项目主要包括坡体表面变形、边坡内部变形、裂缝、防护结构变形以及地下水等。公路深路堑施工期和运营期的各监测项目及相应的监测仪器应满足表4.2.1的相关规定。

表 4.2.1 公路深路堑监测项目

监测项目	监测仪器	施工期	运营期
变形控制网	全站仪、水准仪、GPS	应测	应测
坡体水平位移和垂直位移	全站仪、GPS、雷达	应测	应测
地表裂缝	标桩、钢尺或裂缝计	应测	应测
深层水平位移	测斜仪	应测	应测
支护结构变形	测斜仪、位移计等	应测	应测
支护结构应力	应力计	应测	应测
锚杆(索)拉力	锚杆(索)测力计	应测	应测
坡顶建(构)筑物变形	全站仪、水准仪、GPS 等	应测	应测
边坡渗流	地下水位计	选测	选测

条文说明

监测仪器的选择,应以稳定可靠为首要选择条件,对于技术成熟,工作效率高的自动化监测设备,在经济、技术条件允许的情况下也可以选用,如测量机器人、三维激光扫描仪等先进的自动化监测设备和得到的基于面覆盖的监测数据可以更加全面高效地掌握边坡整体变形情况和发展趋势。

4.2.2 监测点宜采用断面形式布置，应根据公路深路堑的地质特征及其范围、形状、地形地貌特征、潜在滑动面特征，视通条件和施测要求布设监测断面；监测断面的布设应能达到系统监测深路堑变形量、变形方向，掌握其时空动态和发展趋势，满足预测预报精度等要求；边坡位移监控断面应设置在稳定性差的位置和方向。

4.2.3 边坡位移监测断面水平设置间距不宜超过 100m，每个断面不少于 3 个监测点。支护结构变形和内力监测的水平间距视具体情况而定。

4.2.4 公路深路堑施工期和运营期的各监测项目监测点布置原则、布置数量、布置位置、布置要求等应满足下列要求：

1 监测点的布置应不妨碍监测对象的正常工作，并应减少对施工作业的不利影响，监测点的设置宜考虑施工期和运营期监测工作的双重需要。

2 边坡水平位移和垂直位移监测，应在路堑坡口线以外 10m 范围内埋设 2~3 个位移检测桩，并随边坡的逐级开挖在各级平台上埋设位移监测桩，以判断高边坡的稳定状况。

3 深层水平位移监测，可通过钻孔在边坡内部安装测斜仪，监测深度应依据潜在滑动面的位置确定，测点数量应能判断边坡的稳定状况。

4 支护结构的变形、应力监测，应设置在变形、应力较大且具有代表性的位置处，并不少于 3 个测点。

5 裂缝监测点应选择有代表性的裂缝进行布置，每条裂缝的监测点至少应设 2 个，且宜设置在裂缝的最宽处及裂缝末端。

6 监测标志应稳固、明显，布置位置应避开障碍物，便于观测。

4.2.5 公路深路堑施工期和运营期的各监测指标精度应满足下列要求：

1 边坡位移监测可采用二等或三等精度。

2 深层水平位移监测的精度应不大于 2mm。

3 对于岩质边坡，地表裂缝的观测中误差不大于 0.5mm；对于土质边坡，地表裂缝的观测中误差不大于 5mm。

4 应力计或应变计的量程宜为设计值的 2 倍，精度不宜低于 0.5%F·S，分辨率不宜低于 0.2%F·S。

5 地下水位监测的允许误差不大于 1cm/10m。

4.2.6 公路深路堑施工期和运营期监测周期及监测频率宜满足下列规定。

1 监测项目的监测频率应综合考虑边坡等级、施工阶段、周边环境、自然条件变化

和当地经验确定。当监测值相对稳定时，可适当降低监测频率。

2 公路运营期宜继续监测，运营期监控期限宜不少于 1 年。

3 对于应测项目，在无数据异常和事故征兆的情况下，公路深路堑边坡施工期和运营期的监测频率可按表 4.2.6 选用。

表 4.2.6 公路深路堑不同监测阶段监测频率

监测阶段		监测频率
施工期	开挖(爆破)期间	1 次/d
	施工完成后	1 次/7d
运营期	前 6 个月	1 次/15d
	一年内	1 次/30d

4 裂缝开始出现时应逐日观测，稳定后每周观测一次，直到裂缝不再发展为止。

5 当出现下列情况之一时，应提高监测频率：

- 1) 监测数据达到预警值；
- 2) 监测数据变化较大或者速率加快；
- 3) 支护结构出现开裂；
- 4) 边坡出现裂缝、滑移、隆起；
- 5) 雨季、边坡开挖(爆破)期间；
- 6) 连续 3 日降雨量大于 50mm/d。

4.2.7 当公路深路堑施工期和运营期出现下列情况之一，应进行稳定性预警：

1 设计人员对于边坡支护结构、土层位移进行过详尽的设计计算或分析，其计算结果可作为确定监测报警值的依据。

2 有软弱外倾结构面的岩土边坡支护结构坡顶有水平位移迹象或支护结构受力裂缝有发展；无外倾结构面的岩质边坡或支护结构的最大裂缝宽度已达到国家现行相关标准的允许值；土质边坡支护结构坡顶的最大水平位移已大于边坡开挖深度的 1/500 或 60mm，以及其水平位移速度已连续 3d 大于 3mm/d。

3 锚杆拉力达到设计控制值的 80%，或支护结构中有重要构件出现应力骤增、松弛或破坏迹象。

4 边坡底部或周围岩土体已出现可能导致边坡剪切破坏的迹象或其他可能影响安全的征兆。

5 根据当地工程经验判断已经出现其他必须报警的情况。

条文说明

边坡工程及支护结构变形值的大小与边坡高度、地质条件、水文条件、支护类型、坡顶荷载等多种因素有关，变形计算复杂且不成熟，国家现行有关标准均未提出较成熟的计算理论。因此，目前较准确地提出边坡工程变形预警值也是困难的，特别是对岩土体边坡工程变形控制标准更难提出统一的判定标准，工程实践中只能根据地区经验，采取工程类比的方法确定。

4.3 高路堤监测设计

4.3.1 高路堤施工期和运营期监测方案设计应包括监测项目、监测断面、测点、监测时间、监测频率、预警标准等。

4.3.2 高路堤施工期和运营期监测项目选择应符合表 4.3.2 规定：

表 4.3.2 公路高路堤监测项目

监测项目	监测仪器	施工期	运营期
表层水平位移	全站仪、GPS、雷达	应测	应测
深层水平位移	测斜仪	选测	选测
表面沉降	水准仪、光纤、剖面沉降仪	应测	应测
分层沉降	分层沉降仪	选测	选测

条文说明

深层水平位移监测可以推定土体剪切破坏位置，对于地面坡度陡于 1:2.5 的高路堤需要进行深层水平位移监测，非陡坡地段的高路堤在必要时进行深层水平位移监测。分层沉降监测可以得到不同地层的变形情况，对于存在软弱夹层、多层软土的地基，需要进行分层沉降监测。

4.3.3 应根据高路堤的地质特征及其范围大小、形状、地形地貌特征、视通条件和施测要求布设监测断面，并符合下列规定：

1 监测断面的布设应能达到系统监测高路堤变形量、变形方向，掌握其时空动态和发展趋势，满足预测预报精度等要求；高路堤位移监控断面应设置在稳定性差的位置和方向。

2 高路堤位移监测断面水平设置间距不宜超过 100m，场地地形变化较大、地基均匀

性差、分布有软弱土的区域宜适当加密。

4.3.4 测点设置应符合下列规定：

1 施工期表面沉降、分层沉降测点应设置在路中、路肩等处，运营期表面沉降、分层沉降测点应设置在路肩处，分层沉降测点竖向间距宜为 3m~5m。采用剖面沉降仪、分布式光纤等剖面沉降测量技术的应在路基上开槽设置。

2 表层水平位移测点应设置在各边坡平台和坡脚处，并保证路堤一侧不少于 3 个点。

3 深层水平位移监测，测点设置在路肩和边坡平台上，测点数量应能判断高路堤的稳定状况，应通过钻孔在边坡内部安装测斜仪，监测深度应依据潜在滑动面的位置确定。

4 沉降与水平位移观测点宜布置在同一横断面上。

4.3.5 各监测项目监测精度应符合表 4.3.5 规定：

表 4.3.5 公路高路堤各监测项目监测精度

监测项目	监测精度	
	施工期	运营期
表层水平位移	变形比较敏感的高路堤，监测点坐标中误差 $\leq 3\text{mm}$ 一般性的高路堤，监测点坐标中误差 $\leq 6\text{mm}$	
深层水平位移	不宜低于 2mm	
表面沉降	不宜低于四等测量精度	不宜低于三等测量精度
分层沉降	不宜低于 2mm	

4.3.6 各监测项目监测时间、监测频率应符合下列规定：

1 监测项目的监测频率应综合考虑边坡等级、施工阶段、周边环境、自然条件变化和当地经验确定。当监测值相对稳定时，可适当降低监测频率。

2 公路高路堤运营期宜继续监测，运营期监控期限宜不少于 1 年。

3 对于应测项目，在无数据异常和事故征兆的情况下，公路高路堤施工期和运营期监测频率可按表 4.3.6 选用。

表 4.3.6 公路高路堤不同监测阶段监测频率

监测阶段			监测频率
施工期	路基填筑期		每填筑一层观测 1 次
	路基填筑	第一个月	每 3 天 1 次
	间歇期	一个月之后	每 15 天 1 次

运营期	一年内	每月 1 次
-----	-----	--------

4 当监测值相对稳定时，可适当降低监测频率。

5 当出现下列情况之一时，应提高监测频率：

- 1) 监测数据达到预警值；
- 2) 监测数据变化较大或者速率加快；
- 3) 边坡出现裂缝、滑移、坡脚隆起；
- 4) 连续 3 日降雨量大于 50mm/d。

4.3.7 公路高路堤监测预警值应由设计单位根据地基性质、场地地形、填料性质、路堤高度、公路等级、地区经验等综合确定。当设计未规定时，可参考下列指标：

- 1 地基沉降速率大于 10mm/d。
- 2 水平位移速率大于 5mm/d。

条文说明

目前，公路路堤沉降与稳定监控指标主要有日沉降(位移)量、月沉降(位移)量和沉降(位移)速率等，其具体值往往按经验确定。从国内高速公路施工经验看，采用监测路堤中心线地面沉降速率和坡角水平位移速率的方法对路堤稳定性进行控制是方便、有效的。沉降速率的标准(10~15mm/d)对于复合地基可取得严些，对于固结排水法处理的地基可取得松些。国内几条高速公路所采用的标准见表 4-1。

表4-1 路堤填筑过程中沉降控制标准

公路名称 标准	京津塘高速公路	杭甬高速公路	佛开高速公路	深汕高速公路 路试验工程	泉厦高速公路
垂直沉降速率(mm/d)	10	≤10	<10	13~15	10
水平位移速率(mm/d)	5	≤5	<5	5~6	2

《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)和《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》(JTG/T D31—02—2013)推荐采用双标准控制方法，即：路堤中心线地面沉降速率每昼夜不大于 10mm，坡脚水平位移速率每昼夜不大于 5mm。因此，对高路堤施工监测评判指标定为：垂直沉降速率≤10mm/d，水平位移速率≤5mm/d。观测结果应结合沉降和位移发展趋势进行综合分析，并以水平控制为主，如超过此限应立即停止加载。当停止加载后，每天仍需进行沉降与稳定观测，并且当连续 3 天的观测值在控制值之内时才可继续加载。

4.4 软土路基监测设计

4.4.1 软土路基监测设计应作为路基工程设计的内容之一，为掌握路堤在施工期中的变形动态，施工期间必须进行动态观测，软土路基填筑速率、卸载时机、计量预压土方等应根据监测结果经综合分析确定。

条文说明

在软土地基上修筑高等级公路路堤，最突出的问题是稳定和沉降。为掌握路堤在施工期中的变形动态，施工期间必须进行动态观测。动态观测项目除设计有明确的要求外，一般视工程的重要性和地基的特殊性，以及观测对施工的影响程度等来确定。高速公路、一级公路或二级公路设计车速高，路面平整性要求高，因此，规定施工过程中必须进行沉降和稳定观测，一方面保证路堤在施工中的安全和稳定，另一方面能正确预测工后沉降，使工后沉降控制在设计的允许范围之内，确定合适的卸载时机，同时也为计量预压土方提供依据。

4.4.2 软土地基路基监测方案设计内容应包括监测断面、监测项目、测点、监测时间、监测频率、预警标准等。试验段工程及异常路段应进行专项监测方案设计，必要时补充地质勘探工作。

4.4.3 软土路段一般每 100m 布设一监测断面，测量路基的水平位移与竖向位移，预压施工高度达到极限高度的路段，监测断面布设间距宜不大于 50m。此外在与跨度超过 30m 的结构物的两端相邻路堤应各设一监测断面，跨度小于 30m 时仅在一端设置。一般路段沉降板埋置于路中心，桥头引道可增设路肩及坡脚位置的沉降板。桥头纵向坡脚、填挖交界的填方端、沿河等易发生失稳的特殊路段均应酌情增设稳定监测点。

4.4.4 软土路段除监测路基的水平位移与竖向位移外，还应对下列指标进行监测：

- 1 高度超过路堤极限填土高度且采用排水固结的路段应监测孔隙水压力。
- 2 存在软土下卧层的路段宜监测地基分层沉降。
- 3 高度超过路堤极限填土高度且采用复合地基处理的路段应监测桩顶沉降、桩间土沉降，刚性桩宜监测桩顶土压力，管桩等刚性桩宜监测桩身水平位移。

4.4.5 监测频率应符合下列规定：

1 施工期：每填一层观测 1 次，路堤填高达到极限高度之后，每天需观测 1 次，因故停止施工，每 3 天观测 1 次。

2 预压期间：第一个月每 3 天观测 1 次，第二个月至第三个月每 7 天观测 1 次，从第四个月起每 15 天观测 1 次，直到铺筑路面前。

3 监测结果达到报警标准时应加密监测。

条文说明

在施工期间应严格按设计或合同文件要求同步进行沉降和稳定的跟踪观测。观测频率应与位移速率相适应，位移越小，观测频率也可减慢；反之位移越大，观测频率越要加快。一般路堤在极限高度以下，位移较小，观测次数可少些。极限高度以上填筑时，路堤极易失稳，因此，要求每填一层均要观测，间歇期要增加观测次数；当位移曲线骤然变大时，更要跟踪观测，分析原因，并考虑是否需要采取措施。

4.4.6 软土地基路基监测预警值应由设计单位根据软土厚度与性质、地基处理方法、路堤高度、公路等级、地区经验等因素综合确定，当设计未规定时，可参考下列指标。

1 对天然地基路堤、排水固结法路堤，当加载速率约为 5kPa/d 时，可按表 4.4.6-1 确定沉降速率报警值，可按表 4.4.6-2 确定水平位移速率报警值；

表 4.4.6-1 沉降速率报警值 (mm/d)

C_u z_s	10~20	20~35
≤ 10	10	6
10~20	15	10

注: C_u 为软土不排水抗剪强度(kPa); z_s 为软土厚度(m)。

表 4.4.6-2 水平位移速率报警值 (mm/d)

C_u B_e	10~20	20~35
≤ 15	6	4
15~30	8	6

注: B_e 为路堤底宽与顶宽的平均值的一半(m)。

2 对天然地基、排水固结法路堤，孔隙水压力系数报警值可取 0.7~1.0；

3 对散体材料桩复合地基路堤，报警值宜取桩间土承担荷载的比例与天然地基、排水固结法路堤报警值之积；

4 对柔性桩复合地基、刚性桩复合地基路堤，桩间沉降报警值宜取路堤极限填土高度对应的天然地基沉降，可取软土厚度的 1.0%。

4.5 多年冻土路基监测设计

4.5.1 多年冻土地区二级及二级以上公路路基应根据工程需要进行地温与路基变形监测。

4.5.2 监测断面应根据公路沿线地形地貌、冻土条件、地质岩性及路基结构等布设，各地貌单元不同路基结构的路段，监测断面不宜少于 2 个。必要时，可布设气象监测站，监测公路沿线的气象要素。

4.5.3 冻土地基主要监测项目和要求应符合下列规定：

1 地温场监测：包括年平均地温及持力层范围内的地温变化状态，年平均地温观测孔应布设在路基的中心部位，深度应大于 15m，地温变化每个断面监测点不宜少于 3 个，深度应大于预计最大融化深度 2m~3m，或不小于 2 倍的土极限深度，并不小于 8m；地温监测点沿深度布设时，从地面起算，在 10m 范围内，应按 0.5m 间隔布设，10m 以下应按 1.0m 间隔布设，地温监测的精度不应超过 0.5℃。

2 变形监测：路基的冻胀与融沉变形，包括施工和运营期间冻土路基的变形监测，包括沉降和水平位移，监测方法和精度要求参照高路堤、软土地基监测设计内容。

4.6 采空区路基监测设计

4.6.1 采空区公路监测应根据采空区特征和工程的需要布设。当以路基方式通过新采区时，宜进行采空区变形跟踪监测。

条文说明

(1) 采空区公路监测是指采空区公路在勘察、处治设计、施工及运营全过程中的监控，也可是其中某一个阶段的监控。检测是采空区处治后的质量检查，检测的内容和数据是采空区处治效果评价的重要依据。

(2) 采空区处治监测和检测是控制采空区注浆处治工程质量的两个方面，是采空区处治的重要组成部分，同时也是做好预警工作的前提。采空区公路监测和处治效果检测是确保工程质量及运营安全的重要环节，它与采空区的勘察、设计及施工一起构成了采空区处治工程的一个完整系统。

(3) 采空区变形监测是一个长期的过程，监测宜从勘察阶段开始，贯穿于设计、施工和运营阶段。在监测过程中，监测周期并非一成不变。当观测数据出现变形量达到预警值或接近允许值，或观测点突然发生大幅垂直(沉降)或水平变形，或构造物出现裂缝或地表裂缝快速加大情况之一时，应增加监测频次，进行长时间观测，同时做出预警，

通知业主及相关单位采取相应措施。

4.6.2 监测项目应包括水平位移、垂直位移、构造物倾斜和裂缝监测，监测项目及方法应符合表 4.6.2 的规定。

表 4.6.2 监测项目及方法

项目	监测方法
水平位移监测	三角网、极坐标法、交会法、GPS 测量、激光准直法等
垂直位移监测	水准测量、三角高程测量等
构造物倾斜监测	经纬仪投点法、差异沉降法、激光准直法等
裂缝监测	精密测距、伸缩仪、测缝计、位移计等

条文说明

布设监测网，是为了建立变形监测的基准体系，直接获取监测体的变形量。由于自然条件的变化、人为破坏等原因，不可避免地有个别基准点位会发生变化，为了验证基点的稳定性，应对其进行定期复测。

4.6.3 应根据矿层开采深度、开采方式，按照现行《工程测量规范》(GB50026)精度要求，确定监测点，建立监测网，进行定位监测。

4.6.4 变形观测应符合下列规定：

- 1 观测线宜平行和垂直路线布设，长度应大于采空区的地表移动变形范围。
- 2 观测点宜等间距布置，其间距可按表 4.6.4 确定。

表 4.6.4 观测点间距

开采深度 H(m)	≤50	50~100	100~200	200~300	300~400	≥400
观测点间距 L(m)	10	10~20	20~30	30~40	40~50	50

4.6.5 当采空区面积较大，回采率较高，地表形成平底移动盆地时，应重点在采空区边缘区布设监测点。当采空区面积较小，回采率较低，采空区地表变形有突发性、潜伏性和长期性时，宜布设长期监控点。

4.6.6 基准点的设置应参照现行《工程测量规范》(GB 50026)，选择在非采空区且不受采空区影响的稳定区域内，基点距采空区的距离应大于 0.7 倍的开采深度。监测点应兼顾采空区边缘区和构造物的特殊部位均匀布设。监测精度应根据构造物类型及重要

程度按现行《工程测量规范》(GB 50026)有关规定确定。

条文说明

在采煤工作面开始回采后,上覆岩层从采空区顶板开始,由下而上依次以冒落、断裂、离层、弯曲的形式移动变形。当工作面离开切眼的距离为平均采深的 $1/5 \sim 1/3$ 时,这种移动开始波及到地表,不受采动影响的地表稳定点距切眼最小水平距离约为平均采深的0.7倍。开采深度越小,采动越充分,监测周期越短。开采深度越大,采动越不充分,监测周期越长。依据《工程测量规范》(GB 50026—2007)表10.1.3,一般的路基及附属工程变形监测精度,可采用四等。

4.6.7 监测点标志应采用预制钢筋混凝土或现场浇筑混凝土,桩顶中央应有十字标志,标桩规格应参照现行《工程测量规范》(GB 50026)四等水准点要求制作,标石埋设深度应大于当地冻土深度0.25m。

4.6.8 当路基填、挖小于等于10m时,沿路线方向宜布设3条观测线,分别在路线中心及两侧坡脚或堑顶;当填、挖大于10m时,沿路线方向布5条观测线,分别在路线中心及两侧路肩、坡脚或堑顶。每条测线的第一个点及最后一个点应布设在采空区两端,其余测点均匀布设,点距不宜小于100m。

4.6.9 采空区监测宜从勘察阶段开始至公路运营1~2年后停止或根据观测曲线的稳定趋势,结合开采方式和开采深度,确定监测周期。

4.6.10 采空区处治施工期间监测,半年内宜每周监测一次,半年后至通车期间内宜每月监测一次;通车两年内,每两个月宜监测一次;变形显著时,应增加监测频次。经变形监测资料分析和评价,确认采空区已完全稳定,对公路工程无影响时,方可停止监测。

4.6.11 监测数据应进行平差,并计算监测点及相邻两次监测的沉降量、累计沉降量、沉降速率、累计沉降速率、水平位移量、累计水平位移量,以及相邻点间的垂直变形和水平变形。

4.6.12 应编制垂直下沉曲线图、水平位移曲线图、累计水平位移曲线图和垂直、水平变形等值线图以及相应统计分析表格等。

4.6.13 应结合公路工程地基允许变形值进行变形分区,并对处治效果及地基稳定性做出评价。应编制监测报告,内容包括观测方法、过程、检测成果分析、残余变形量确定及采空区处治效果评价。

5 施工期和运营期监测

5.1 一般规定

5.1.1 监测应采取仪器监测与巡视检查相结合的方法。

5.1.2 监测设施埋设前，应根据监测目的和施工进度计划，结合现场条件、监测器材特点和要求等制定测点器材埋设计划，尽量减小监测设施埋设和工程施工的相互干扰。

5.1.3 测点器材埋设前应进行安全、技术交底，应严格按照监测设计方案和仪器埋设技术要求进行测点器材埋设，应填写测点器材埋设考证表并留存现场照片。

5.1.4 监测标志应稳固、明显、结构合理，监测点的位置应尽量避免障碍物，便于观测。

5.1.5 监测项目初始值宜在相关施工工序之前测定，测点器材埋设后应连续监测多次，将稳定值作为初始值并验收。若验收不合格时，应报废并另行埋设。

5.1.6 监测前应检查监测点是否正常，确认正常或恢复正常后方可监测。

5.1.7 监测期间，应定期检查工作基点和基准点的稳定性。

5.2 变形控制网监测

5.2.1 变形监测基准点和工作基点的设置原则、数量要求、精度要求应满足下列要求：

1 变形测量的基准点应设置在变形影响范围以外且位置稳定、易于长期保存、便于观测人员作业的地方，基准点应每期检测、定期复测。

2 沉降基准点的数量应不少于 3 个，基准点之间应形成闭合环，应尽量与观测点接近，其距离不宜超过 100m，以保证观测的精度。

3 位移基准点的数量应不少于 3 个，宜采用有强制归心装置的观测墩，否则观测时应采用精密对中装置，对中误差不小于 0.5mm。

4 沉降观测和位移观测可采用相同的基准点，此时基准点应同时满足沉降基准点和位移基准点的设置要求。

5 根据位移观测现场作业的需要，可设置若干位移工作基点，位移工作基点应与位移基准点进行组网和联测。

6 基准点测量及基准点与工作基点之间联测的精度等级，不应低于所选沉降或位移观测的精度等级，并不低于三等变形测量精度。

7 控制网应每 1~2 个月复测一次，当对变形监测成果发生怀疑时，应随时检核控制网。

5.2.2 平面控制测量应采用 GPS 测量、导线测量、三角形网测量等方法。高程控制测量应采用水准测量，当不便采用水准测量时，三等或四等沉降观测的基准点观测可采用三角高程测量方法。其他技术要求应按现行国家标准《工程测量规范》(GB50026) 执行。

5.2.3 水平位移监测基准网的主要技术要求应符合表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 水平位移监测基准网的主要技术要求

等级	相邻基准点的点位中误差 (mm)	平均边长 L (m)	测角中误差 (")	测边相对中误差	水平角观测测回数	
					1"级仪器	2"级仪器
一等	1.5	≤300	0.7	≤1/300000	12	—
		≤200	1.0	≤1/200000	9	—
二等	3.0	≤400	1.0	≤1/200000	9	—
		≤200	1.8	≤1/100000	6	9
三等	6.0	≤450	1.8	≤1/100000	6	9
		≤350	2.5	≤1/80000	4	6

注：1. GPS 水平位移监测基准网，不受测角中误差和水平角观测测回数指标的限制。

2. 对于四等变形测量，控制网的测量精度应采用三等精度。

5.2.4 垂直位移监测基准网的主要技术要求应符合表 5.2.4 的规定。

表 5.2.4 垂直位移监测基准网的主要技术要求

等级	相邻基准点的高差中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	往返较差或环线闭合差 (mm)	检测已测高差较差 (mm)
一等	0.3	0.07	$0.15\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$
二等	0.5	0.15	$1.0\sqrt{n}$	$0.4\sqrt{n}$

三等	1.0	0.30	$1.8\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$
----	-----	------	---------------	---------------

注：1. 表中 n 为测站数。

2. 对于四等沉降测量，控制网的测量精度应采用三等精度。

5.3 水平位移监测

5.3.1 水平位移监测内容应包括表面水平位移和深层水平位移。

5.3.2 表面水平位移监测方法应根据现场条件、监测精度要求等选择。测定特定方向上的水平位移时，可采用视准线法、小角度法、投点法等；测定监测点任意方向的水平位移时，可视监测点的分布情况，采用前方交会法、后方交会法、极坐标法等；当测点与基准点无法通视或距离较远时，可采用 GPS 测量法、雷达测量法或三角、三边、边角测量与基准线法相结合的综合测量方法。路基周围场地平坦空旷时也可采用钢卷尺或测距仪等测量边桩水平位移。

5.3.3 表面水平位移监测基桩和位移桩应满足下列要求：

1 基桩宜采用钢筋混凝土预制桩，桩长不宜小于 1.3m；临时性的位移观测也可采用硬质木桩，长度不宜小于 1.5m。岩体上的监测点可采用砂浆现场浇筑的钢筋标志。

2 位移桩顶部的标志可采用具有强制对中装置的活动标志或嵌入加工成半球状的钢筋标志。

5.3.4 表面水平位移监测点埋置深度不宜小于 1.0m，冻胀土地区应埋入冻结深度以下不宜小于 0.5m，桩周围 0.3~0.5m 的深度范围内可浇筑混凝土稳固桩体；岩体上的监测点采用砂浆现场浇筑的钢筋标志时，凿孔深度不宜小于 0.1m，顶部应露出岩体面 0.05m。

5.3.5 边桩水平位移监测应符合下列规定：

1 边桩水平位移监测应定期检验基准线或基准桩的稳定性。

2 测回数 and 测量精度应根据边桩水平位移精度要求确定。

3 采用钢卷尺测量水平位移应避开大风时间，每次拉力应相同，并应测量温度。

4 当采用活动站牌法时，每个测点应按确定的测回数进行往返测，并应根据距离进行加权平均；往返测均应不少于 2 个测回，每个测回应观测 4 次。

5 当采用小角法时，应在两个基准桩分别设站观测，每个测站宜测 4 个测回，并应

根据距离加权平均。

6 当采用测边角法时，宜以边桩为测站观测视准线端点的边长和角度。

7 采用雷达、GPS 监测技术时应能满足位移精度的要求，并满足相关规范。

8 其他技术要求应按现行国家标准《工程测量规范》(GB50026)执行。

5.3.6 深层水平位移应采用测斜仪监测。路基可能沿浅层滑动面发生水平滑动或折线滑动时，宜采用固定式测斜仪等监测深层水平位移。

5.3.7 测斜管的选测应按照测斜管与周边被测介质弹性模量、变形模量尽量相等的原则确定，测斜管的材质及截面尺寸（管径、壁厚）同时还应考虑工作环境温度、耐蚀性以及其它使用相关的要求。测斜管内外壁应光滑平直，不允许有气泡、裂口及明显的凹陷波纹。两端管口应平整无损，平面与管的轴线垂直。

条文说明

测斜管材质一般可分为 ABS 塑料、铝合金、PVC 塑料管等。不同材质的测斜管，其弹性模量不同，使用场合也不同，塑料测斜管多用于建筑物内部的水平位移观测，铝合金通常用于表面的位移观测。在较大温度范围内，ABS 塑料比 PVC 塑料管更能保持其形状和弹性。相较铝合金测管，ABS 塑料能适应更大的变形，适合与各类土壤、灌浆和地下水长期接触，而且接头处处理较为方便。

5.3.8 测斜管的埋设应满足下列要求：

1 测斜管底端应穿过潜在滑动面进入稳定土层的深度不应小于 3m，进入稳定岩层的深度不应小于 1m。

2 测斜管的一对导槽连线方向应与边坡或路堤最大水平位移方向一致。

3 测斜管接头处、底端不应进入泥浆。

4 测斜管下放到位后，应利用模拟测头检查确认导槽畅通后方可回填。

5 当采用钻孔法埋设时，测斜管与钻孔之间的孔隙应填充密实。

5.3.9 利用测斜仪进行深层水平位移读数时，测斜仪操作应符合下列规定：

1 测斜仪探头置入测斜仪管底后，应待探头接近管内温度、读数稳定后再开始量测，每个监测点均应进行正、反两次量测。

2 两对导槽方向的位移均宜监测并合成得到总位移。

3 当以上部管口作为深层水平位移的起算点时，每次监测均应测定管口坐标的变化并修正。

5.4 竖向位移监测

5.4.1 竖向位移监测内容包括表面竖向位移和分层竖向位移。

5.4.2 地基和路基表面竖向可利用表面沉降板、边桩、剖面沉降仪、光纤等监测，路基工后表面沉降监测点可利用路钉作为监测点。沉降板、沉降观测桩、剖面沉降管、光纤应满足下列要求：

- 1 沉降板应采用钢制沉降板，底板边长不宜小于 0.5m，厚度不宜小于 5mm。
- 2 沉降观测桩长度不宜小于 0.3m；钢筋直径不宜小于 20mm，顶部应磨圆。
- 3 剖面沉降管直径变形量与直径的比值应小于 5%，环向稳定性抗力系数不应小于 2.0，失圆度应小于 1.0mm。

4 分布式光纤传感器光缆的抗拉强度不小于 1000N，最小弯曲半径不大于 10cm。

5.4.3 沉降板、剖面沉降管的埋设与安装应满足下列要求：

1 沉降板宜采用反挖法埋设，坑深不宜小于 0.5m，测杆垂直度偏差不应大于 1%。沉降观测桩周围应浇筑混凝土固定。

2 测杆接长前后应分别测量杆顶面标高；路基填筑过程中应校正测杆，测杆垂直度偏差不应大于 1%。

3 剖面沉降管应开槽埋设，槽深不宜小于 0.5m，槽底宜铺设厚度约为 0.1m 的中细砂找平；剖面沉降管上方回填中细砂的厚度不应小于 0.2m。

4 当采用加速度计式剖面沉降仪时，剖面沉降管的一对导槽连线应垂直于地面；当仅一端能观测时，应埋设两根平行的剖面沉降管，并在另一端设置 U 形管。

5 剖面沉降管安装完成后，应将剖面沉降仪测头在剖面沉降管内往返拉动 2 次，剖面沉降管畅通后方可回填。

6 剖面沉降管测试端应设置保护墩和沉降观测桩，宜设置平整干净的工作平台

7 光纤传感器应开槽埋设，应设置温度补偿装置，测试端应设置保护墩和沉降观测桩。

5.4.4 表面竖向位移的测量应满足下列要求：

1 测点高程测量宜采用水准测量方法，困难点位可采用三角高程测量方法。观测路线均应组成闭合或符合网线。

2 剖面沉降仪每次监测均应量沉降观测桩的高程，管内往返测试不应少于 2 次。

3 分布式光纤每次监测均应量沉降观测桩的高程。

4 表面竖向位移的监测记录格式见附表 B。

5.4.5 分层竖向位移监测应测定内部各分层土的沉降量、沉降速率以及有效压缩层的厚度。

5.4.6 分层竖向位移监测可采用分层沉降计、沉降磁环或直接埋设分层沉降标志的方法，分层沉降管和分层沉降仪应满足下列要求：

1 分层沉降管环向抗压强度和环向刚度应根据分层沉降管内外最大压力差确定。

2 分层沉降管宜采用平接头；当采用凸接头时，接头与其上方沉降环的间距应大于其上方沉降环的沉降量。

3 当分层沉降管接头处不能伸缩时，分层沉降管纵向抗压能力应根据分层沉降管外侧摩擦力确定。

4 分层沉降仪应符合现行《大坝监测仪器沉降仪 第 2 部分：电磁式沉降仪》(GB/T 21440.2)的规定。

5.4.7 分层竖向位移的监测仪器的埋设应满足下列要求：

1 分层沉降计、沉降磁环以及分层沉降标志的埋设，在填土区可在填土时分层埋设，在原状土区可采用钻孔法埋设。

2 分层沉降管接管和底端不应进入泥浆，接头不应影响沉降环下沉。

3 沉降环埋设前应利用探头检查确认工作正常，沉降环埋设应使沉降环与地基土沉降相同。

4 真空和堆载联合预压路段宜预留分层沉降管与土体之间沉降差需要的密封膜，并将其放在分层沉降管的保护管内。

5.4.8 分层竖向位移的测量应满足下列要求：

1 应采用水准测量分别测出各标顶的高程，或采用分层沉降仪分别测量各土层的压缩量，计算各土层的沉降量。

2 分层沉降监测应先自下而上逐点测量，再自上而下逐点测量，取上下两次测量结果的算术平均值。

3 分层沉降管接长前后均应观测 1 次。

4 分层竖向位移的监测记录格式见附表 B。

5.4.9 地表隆起可采用与表面沉降相同的监测方法。

5.5 防护支挡结构应力、应变监测

5.5.1 防护支挡结构内力宜采用安装在结构内部或表面的应变计或应力计进行量测。

5.5.2 防护支挡混凝土构件可采用钢筋应力计、混凝土应变计、光纤传感器等量测，钢构件可采用轴力计或应变计等量测。

5.5.3 结构应力、应变监测传感器埋设前应进行性能检验、标定和编号，埋设后导线应引至适宜监测操作处，导线端部应做好防护措施。结构应力、应变监测值宜考虑温度变化等因素的影响。

5.5.4 结构应力应变监测记录表的格式见附表 C。

5.6 渗流监测

5.6.1 边坡渗流监测内容包括渗透压力、渗流量、地下水位。

1 对边坡内的地下水位或地下孔隙水压力，宜采用渗压计或测压管监测。应沿渗流方向或边坡滑动方向布置渗流监测断面。监测断面数量根据边坡规模确定。

2 对渗流量宜采用量水堰形式进行监测，当渗流量小于 1L/s 时，宜用容积法监测。

5.6.2 采用渗压计、测压管和量水堰形式进行监测时，各监测方法应满足下列要求：

1 测压管宜选用镀锌钢管或硬质塑料管，直径以 50mm 为宜。

2 采用渗压计监测开敞式测压管内水位时，宜选用能消除气压的渗压计。

3 量水堰堰板宜设计成可更换的，材质应为不锈钢等防锈材料。堰板顶部厚度为 1~2mm，堰背加工成斜面，斜角为 30°~45°，堰顶表面粗糙度不大于 3.2 μ m，堰板与侧墙的垂直度误差不大于 30"，堰板两侧高差不大于堰宽的 1/500。

5.6.3 在边坡坡体内埋设渗压计应符合下列规定：

1 在渗压计埋设的位置钻一个孔深 100cm、孔径 5cm 的集水孔。

2 将裹有渗压计的细砂包放在集水孔上，细砂包的体积应为 1000cm³。

3 砂包用砂浆糊住，待砂浆凝固后，即可浇筑混凝土。

4 渗压计埋设完后，按设计要求的走向敷设电缆，电缆尽可能向高处引，通过露天处或电缆跨缝时需进行保护，做好阻水措施。

5.6.4 深孔单管式测压管埋设应符合下列规定：

1 在设计定位处钻孔，孔径 100mm~110mm，孔深依据设计要求而定，孔壁应力求完整、光滑。

2 在钻孔底部灌注 15cm 厚的水泥砂浆或水泥膨润土浆。

3 把内径 50mm 的镀锌钢管或硬质塑料管(下部管端应钻小孔)放入孔内。

4 先填入直径 10mm~20mm 的砾石厚约 40cm，再填入 20cm 厚的细砂。

5 若需测定地下水位，上部全灌注水泥砂浆或水泥膨润浆。

6 管顶加盖保护。

5.6.5 测压管进水管的反滤保护装置应符合下列规定：

1 如覆盖层、泥质岩、风化岩、断层破碎带中的钻孔，可采用微孔塑料管(多孔聚氯乙烯管)外包土工布，置入钻孔内，作为保护装置。

2 对于可能产生管涌的断层破碎带，过滤体以聚氯乙烯硬质管为进水管段，其外包涤纶过滤布，过滤布外套上专用的泡沫软塑料做孔壁撑体，用土工布将泡沫软塑料缠紧，使其外径小于钻孔直径，并用胶粘紧，以便放入孔内，粘胶遇水自动脱开，过滤体则紧靠孔壁。

5.6.6 采用压力表测读测压管内水压时，压力值应读到最小分度值的 1/5；对于拆卸后重新安装的压力表或刚进行卸压操作的压力表，应待压力稳定后才能读数；每年应对压力表进行校验。

5.6.7 采用渗压计量监测孔的水位时，在渗压计安装之初，应有足够的时间使管内水位达到平衡，以消除仪器及电缆在测压管内造成的水位壅高。

5.6.8 采用容积法监测渗流量时，需将渗水引入容器内，测定渗水的容积和充水时间(宜为 1min，但不得小于 10s)，即可求得渗流量，两次测值之差不得大于平均值的 5%。

5.6.9 当测量量水堰堰上水头时，水头值应读到最小估读单位。采用水尺读数，两次读数差不应大于 1mm；若采用测针读数，两次读数差不应大于 0.3mm。

5.7 孔隙水压力监测

5.7.1 孔隙水压力宜通过埋设钢弦式或应变式等孔隙水压力计测试。

5.7.2 孔隙水压力计埋设可采用压入法、钻孔法等。

条文说明

孔隙水压力探头埋设有两个关键，一是保证探头周围填砂渗水通畅和透水石不堵

塞；二是防止上、下层水压力的贯通。采用压入法时宜在无硬壳的软土层中使用，或钻孔到软土层再采用压入的方法埋设；钻孔法若采用一钻孔多探头方法埋设则应保证封口质量，防止上、下层水压力形成贯通。

5.7.3 孔隙水压力计应事前埋设，埋设前应符合下列规定：

- 1 孔隙水压力计应浸泡饱和，排除透水石中的气泡。
- 2 核查标定数据，记录探头编号，测读初始读数。

条文说明

孔隙水压力计在埋设时有可能产生超孔隙水压力，要求孔隙水压力计在基坑施工前2~3周埋设，有利于超孔隙水压力的消散，得到的初始值更加合理。

5.7.4 采用钻孔法埋设孔隙水压力计时，钻孔直径宜为110mm~130mm，不宜使用泥浆护壁成孔，钻孔应圆直、干净；封口材料宜采用直径10mm~20mm的干燥膨润土球。

条文说明

泥浆护壁成孔后钻孔不容易清洗干净，会引起孔隙水压力计前端透水石的堵塞。

5.7.5 孔隙水压力计埋设后应测量初始值，且宜逐日量测1周以上并取得稳定初始值。

5.7.6 应在孔隙水压力监测的同时测量孔隙水压力计埋设位置附近的地下水位，以便在计算中消除水位变化的影响，获得真实的超孔隙水压力值。

5.8 土压力监测

5.8.1 土压力宜采用土压力计量测。

5.8.2 土压力计应符合下列规定：

- 1 宜具有温度测试功能。
- 2 制作后宜存放半年以上。
- 3 应满足监测期限等要求。
- 4 包含应力集中、施工荷载等因素影响的最大应力应小于土压力计量程。
- 5 埋设前应逐一率定并检验防水密封性能。
- 6 除应采用气体或液体率定外，还宜在砂中率定。
- 7 导线不宜有接头。

5.8.3 土压力计埋设可采用埋入式或边界式。埋设时应符合下列规定：

- 1 埋设前应测量初始频率并记录现场温度。
- 2 受力面与所监测的压力方向垂直并紧贴被监测对象。
- 3 宜在填筑 0.5m 后反开挖埋设，反开挖边长或直径不应小于反开挖深度的 3 倍。
- 4 当采用现浇桩帽时，土压力计顶面宜与桩帽顶面齐平。
- 5 采用钻孔法埋设时，回填应均匀密实，且回填材料宜与周围岩土体一致。
- 6 埋设过程中应有土压力膜保护措施。
- 7 土压力计的电缆应编号、标识。
- 8 做好完整的埋设记录。

5.8.4 土压力接收仪应与土压力计相匹配。

5.8.5 土压力计埋设以后应立即进行检查测试，路堤填筑及相应工程施工前应至少经过 1 周时间的监测并取得稳定初始值。

条文说明

由于土压力计的结构形式和埋设部位不同，埋设方法很多，例如挂布法、顶入法、弹入法、插入法、钻孔法等。土压力计埋设在构筑物施工期或完成后均可进行。若在构筑物完成后进行，由于土压力计无法紧贴构筑物埋设，因而所测数据与构筑物实际作用的土压力有一定差别。若土压力计埋设与构筑物同期进行，则需解决好土压力计在构筑物迎土面上的安装问题。另外，还要保持土压力计的承压面的应力与土的应力方向垂直。

5.9 地下水位和水面监测

5.9.1 地下水位观测孔应根据水文地质条件的复杂程度、施工时降水深度、影响范围等，在工程区域及其影响范围内布设地下水观测孔，观测孔数量应满足掌握降水区域和影响范围内的地下水位动态变化的要求。

5.9.2 地下水位监测宜通过钻孔设置水位观测管，采用测绳、水位计等进行量测。

5.9.3 地下水位应分层观测，水位观测管的滤管位置和长度应与被测含水层的位置和厚度一致，被测含水层与其他含水层之间应采取有效的隔水措施。

5.9.4 边坡、路堤、路基靠近地表水体时，应在地表水体附近增设地下水位观测孔。

5.9.5 人工观测地下水的测量精度不宜低于 20mm，仪器观测精度不宜低于 0.5%F·S。

5.9.6 水位观测管的安装应符合下列规定：

- 1 水位观测管的导管段应顺直，内壁应光滑无阻，接头应采用外箍接头。
- 2 观测孔孔底宜设置沉淀管。
- 3 观测孔完成后应进行清洗，观测孔内水位应与地层水位一致，且连通良好。

5.9.7 水位观测管宜至少在工程开始降水前 1 周埋设，稳定后应测定孔口高程并计算水位高程，且宜逐日连续观测水位并取得稳定初始值。

5.10 膜下真空度监测

5.10.1 连接真空表与真空度测头的软管不应有接头。

5.10.2 真空度测头和真空表安装应符合下列规定：

- 1 膜下真空度测头应埋设在设计位置。
- 2 软管应预留与差异沉降相适应的长度，穿过密封膜时不应漏气。

5.10.3 真空度监测应符合下列规定：

- 1 当真空度明显低于附近真空度时，应检查真空表与软管连接处的密封性，漏气时应进行密封。
- 2 真空度监测宜定期检查真空表的零位误差，并应更换不符合要求的真空表。

5.11 地温和热状况监测

5.11.1 地温观测包括地表温度、浅层地温(包含 5cm、10cm、15cm、20cm)、深层地温(包含 40cm、80cm、120cm、320cm 深度)。

5.11.2 地温记录均已摄氏度(℃)为单位，取 1 位小数。

5.11.3 人工观测应对地温进行定时观测，地表温度需进行日最高、最低值观测；自动观测应对地表温度、浅层地温、深层地温进行连续观测，从分钟数据中挑取日、时极值(最高、最低)及出现时间。

5.11.4 地温和热状况监测可采用下列仪器：

- 1 玻璃液体地温表，包括地表温度表、地表最高和最低温度表、浅层地温表、深层地温表。
- 2 地温传感器，包括地表温度传感器、浅层地温传感器、深层地温传感器及遥感式

地表温度传感器等。

5.12 构造物倾斜监测

5.12.1 构造物倾斜监测监测点的选择应满足下列要求：

- 1 斜监测点应沿主体结构顶部、底部上下对应按组布设，且中部可增加监测点。
- 2 个构筑物倾斜监测数量不宜少于 2 组，每组的监测点不应少于 2 个。
- 3 用差异沉降推算构筑物倾斜时，监测点的布设应符合本规程第 5.4.3 条的规定。

5.12.2 倾斜监测应根据现场观测条件和要求，选用投点法、激光铅直仪法、垂直法、倾斜仪法或差异沉降法等观测方法。各方法监测应满足下列要求：

- 1 投点法应采用全站仪或经纬仪瞄准上部观测点，在底部观测点安置水平读数尺直接读取偏移量，正、倒镜各观测一次取平均值，并根据上、下观测点高度计算倾斜度。
- 2 垂直法应在下部测点安装光学垂准仪、激光垂准仪或经纬仪、全站仪加弯管目镜法，在顶部测点安置接收靶，在靶上读取或量取水平位移量与位移方向。
- 3 倾斜仪法可 adopt 水管式、水平摆、气泡或电子倾斜仪等进行观测，倾斜仪应具备连续读数、自动记录和数字传输功能。
- 4 差异沉降法应采用水准方法测量沉降差，经换算求得倾斜度和倾斜方向。
- 5 当采用全站仪或经纬仪进行外部观测时，仪器设置位置与监测点的距离宜为上下点高差的 1.5 倍~2.0 倍。

5.12.3 倾斜观测精度应符合国家现行标准《工程测量规范》（GB 50026）及《建筑变形测量规范》（JGJ 8）的有关规定。

5.13 裂缝监测

5.13.1 深路堑、高路堤及特殊路基等的裂缝监测应监测裂缝的位置、走向、长度、宽度，必要时尚应监测裂缝深度。施工前，应记录监测对象已有裂缝的分布位置和数量，对裂缝进行统一标识，记录各裂缝的位置、走向、长度、宽度、深度，以及测量日期。

5.13.2 裂缝的宽度、长度和深度监测可采用下列方法：

- 1 裂缝宽度监测宜采用裂缝观测仪进行测读，也可在裂缝两侧贴、埋标志，采用千分尺或游标卡尺等直接量测，或采用裂缝计、粘贴安装千分表及摄影量测等方法监测裂

缝宽度变化。

2 裂缝长度监测宜采用直接测量法。

3 裂缝深度监测宜采用超声波法、凿出法等。

5.13.3 裂缝监测标志应便于量测，长期观测可采用镶嵌或埋入坡面、路面的金属标志、金属杆标志或楔形板标志；需要测出裂缝横纵向变化值时，可采用坐标方格网板标志。

5.13.4 裂缝宽度量测精度不宜低于 0.1mm，裂缝长度和深度量测精度不宜低于 1.0mm。

5.14 巡视检查

5.14.1 边坡、路基施工期内，每天均应由专人进行巡视检查。巡视检查宜包括下列内容：

- 1 支护结构有无较大变形、裂缝。
- 2 边坡土体有无裂缝、滑移、沉陷，坡面有无冲沟，坡脚有无隆起。
- 3 场地地表水、地下水排放状况是否正常。
- 4 路基有无裂缝、沉陷。
- 5 基准点、监测点完好状况。
- 6 监测元件的完好及保护情况。
- 7 有无影响观测工作的障碍物。
- 8 根据设计要求或当地经验确定的其他巡视检查内容。

5.14.2 巡视检查以目测为主，可辅以量尺、钎、锤等工具以及摄像、摄影等设备进行。

5.14.3 对自然条件、支护结构、施工工况、周边环境、监测设施等的巡视检查情况应做好记录。检查记录应及时整理，并与仪器监测数据进行综合分析。

6 监测资料分析

6.1 一般规定

6.1.1 监测资料应符合下列要求：

- 1 使用正式的监测记录表格，记录表格应有监测人、复核人签字。
- 2 监测记录应有相应的工况描述。
- 3 监测数据取得后应及时校对、整理、分析，发现异常现象应查找原因，必要时复测。
- 4 对监测数据的变化及发展情况的分析和评述应及时。

6.1.2 应结合勘察、设计和施工资料进行监测资料整理与分析，并对其发展趋势作出预测，根据监测成果提出相应的工程对策与建议等。

6.1.3 技术成果应包括当日监测报表、阶段性监测报告、监测总结报告。技术成果宜采用文字阐述、图片描述以及绘制变化曲线或图形相结合的形式表达，内容应真实、准确、完整。

6.1.4 监测数据的处理宜采用专业软件，专业软件的功能和参数应符合本规程的有关规定，并宜具备数据采集、处理、分析、查询及监测成果可视化的功能。

6.2 监测资料分析

6.2.1 在监测工作正式开始之前，应进行监测数据的采集、整理、分析以及监测报告编写的流程与方法设计，对整个监测工作进行系统规划，采取各种可能的措施避免过失误差的产生，对粗大误差进行筛选和剔除，最大程度消除系统误差与随机误差，并根据监测的具体项目确定系统误差和随机误差的修正方法，保证采用正确可靠的监测数据进行结果分析和预报。

6.2.2 监测时对每种原始监测数据应通过检查指标变化幅度、检查指标变化规律、不同监测项目对比、与加载和环境变化关联等手段判断监测仪器的性能是否稳定、正常，检查监测数据的合理性、可靠性。应根据原始检测数据样本容量及不同指标特性，利用相应的统计学方法对原始监测异常数据进行剔除，再进行进一步数据处理。

6.2.3 原始监测数据的可靠性检验宜采用逻辑分析方法进行下列检验：

- 1 作业方法是否符合规定。
- 2 观测仪器性能是否稳定、正常。
- 3 各项测量数据物理意义是否合理，是否超过实际物理限值和仪器限值，检验结果是否在限差以内。
- 4 是否符合一致性原则。
- 5 是否符合相关性原则。
- 6 是否符合连续性原则。

条文说明

一致性是指从时间概念出发，分析连续积累资料的变化趋势是否具有一致性：

- (1) 任一点本次观测值与前一次（或前几次）观测值的变化关系；
- (2) 本次观测值与某相应原因量之间关系和前几次情况是否一致；
- (3) 本次观测值与前一次观测值的差值是否与原因量变化相适应。

相关性是从空间概念出发来检查有内在物理意义联系的效应量之间的相关关系，即分析原始测值变化与建筑物及基础的特点是否相适应。主要包含下列 3 个方面内容：

(1) 将某测点某一效应量本测次的原始实测值，与同一部位（或条件基本一致的邻近部位）的前、后、左、右、上、下邻近部位各测点的本测次同类效应量或有关效应量的相应原始实测值进行比较；

(2) 将各种不同方法量测的同一效应量进行比较，看其是否符合物理力学关系。

连续性是指在荷载环境和其他外界条件未发生突变的情况下，各种观测资料应连续变化，不产生跳动。

6.2.4 监测数据的误差分析与处理宜采用下列方法：

1 粗差的判识和处理：粗差来源于过失误差或偶然误差，粗差可采用人工进行初步识别。

2 系统误差分析：系统误差产生的原因主要有仪器老化，标定值偏移，基准点蠕变等原因造成，可采用“U”检验法，均方联差检验法进行检验和分析。

条文说明

人工识别一般可采取以下两种措施：

(1) 通过与历史或相邻观测数据作比较, 或通过所测数据的物理意义判断其合理性。

(2) 绘制观测过程线或监控模型拟合曲线, 确定可能粗差点。

由读数错误、记录错误、仪器故障, 观测点破坏等因素引起的粗差一般都会远离正常测试结果, 可以直接判定后删除, 然后进行重新测量补救。若单纯采用人工方法无法确认, 可进一步采用包络线法、统计分析法或关联分析法进行确认。

6.2.5 依据测量误差理论和统计检验原理对水平位移、竖向位移等监测数据进行平差计算和处理, 并符合下列规定:

1 应使用严密的平差方法和可靠的软件系统。

2 应确保平差所用的监测数据、起算数据准确无误。

3 应提出含有粗差的数据。

4 对于高精度变形测量平差, 应对可能含有系统误差的监测数据进行系统误差改正; 当涉及边长、方向等不同类型的监测值时, 应使用验后方差估计方法确定这些观测值的权。

5 平差计算过程及成果应完整、清晰。

6 土压力、孔隙水压力宜进行温度修正, 未监测温度时宜采用 20℃ 对应的初始值。

6.2.6 水平位移监测基准网需计算三角形闭合差、四边形极条件闭合差、四边形组合角闭合差以及所有三角形高差闭合差, 均需满足线差要求。垂直位移监测基准网中相邻的沉降测量周期内沉降量异常时, 应再次分析控制点的稳定性。必要时联测基准点进行复测, 每次沉降观测作业结束后, 只有等中误差、闭合差都符合要求后, 才能进行平差计算。

6.2.7 水平位移监测基准网宜采用独立坐标系统, 必要时可与国家坐标系统联测。大型工程布网时, 应充分顾及网的精度、可靠性和灵敏度等指标。

6.2.8 水平位移观测的结果, 应及时整理和分析。一般要求绘制每一测点, 每一次测定的水平位移随深度的变化图(即 $W(t) \sim Z$ 曲线, $W(t)$ 表示每次测定时间 t 和对应荷载的水平位移; Z 表示深度); 每级荷载增量与侧向位移增量累积关系曲线图($\sum \Delta P \sim \sum \Delta W(t)$ 关系曲线)。同时要求识别每次测定的结果是属于“正常”情况; 或者是“异常”、“错误”情况, 当属于异常情况应及时处理; “错误”则重测。

6.2.9 深层水平位移应采用测斜仪测量, 将测斜管分成 n 个测段, 每测段长度为 L_i ,

在某一深度上测得两对导轮之的倾角 θ ，计算公式如下：

$$\Delta\theta = K_1 * F_i + K_2 * F_i^2 + K_3 * F_i^3 - (K_1 * F_0 + K_2 * F_0^2 + K_3 * F_0^3) \quad (6.2.9)$$

式中： $\Delta\theta$ ——被测结构物的倾角变化量($^{\circ}$)；

K ——测斜仪的三次方拟合参数($^{\circ}/F$) (K_1 为一次方项， K_2 为二次方项， K_3 为三次方项)；

F_i ——测斜仪实时测量读数(F)；

F_0 ——测斜仪安装完成后的基准读数(F)。

由测斜仪倾角通过计算可以得到这一区段位移 $\Delta_i = L_i \sin \theta_i$ ，某一深度位移 $\delta_i = \sum \Delta_i$ ，测斜计算原理如图 6.2.9 所示。

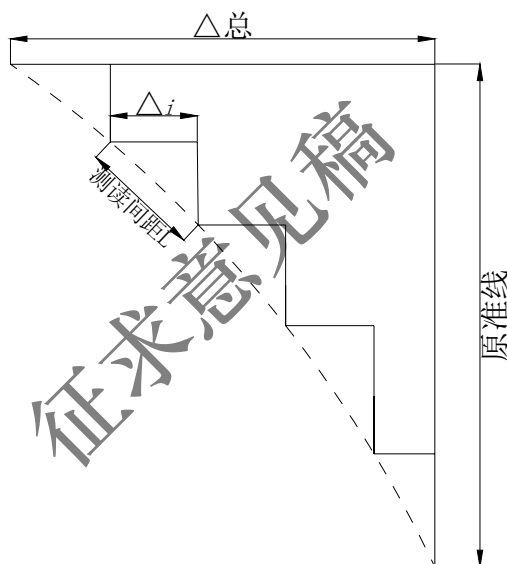


图 6.2.9 测斜计算原理图

6.2.10 竖向位移监测结果应当日整理记录，存入测定成果表，绘制有关图件，如：沉降、时间与荷载关系曲线(S-t-P 曲线)和沉降速率、时间与荷载增量曲线(S-t- ΔP 关系曲线)。判别是否出现异常情况(如沉降速率突然增大等)，及时分析，提出处理措施等。并分析沉降发展趋势，预估最终沉降值；反算固结系数、变形模量等有关参数。

条文说明

采用竖向位移监测数据定期的测量观测点相对于稳定水准点的高差来计算观测点的高程，并将不同时间所得同一观测点的高程加以比较，从而得出观测点在该时间段的沉降量：

$$\Delta H = H_1^{j+1} - H_1^j \quad (6-1)$$

确定最终沉降量观测中误差,再以最终沉降量观测中误差估算单位权中误差 μ ,估算公式为:

$$\mu = m_s / \sqrt{2Q_H} \quad (6-2)$$

$$\mu = m_{\Delta s} / \sqrt{2Q_h} \quad (6-3)$$

式中: m_s ——沉降量 s 的观测中误差 (mm);

$m_{\Delta s}$ ——沉降差 Δs 的观测中误差 (mm);

Q_H ——网中最弱观测点高程 (H) 的权倒数;

Q_h ——网中待求观测点间高差 (h) 的权倒数。

6.2.11 渗流监测数据宜分析过程线、特定过程线、渗流压力分布、渗流量受温度影响、相关线等。

条文说明

(1) 过程线: 各测点渗流压力过程线, 含上下游水位和降雨。确定并消除迟后时间, 剔除差错数据。

(2) 特定过程线: 特定库水位下渗流压力过程线, 测点位势过程线。
 $\Phi i = (P - H_2) / (H_1 - H_2) \times 100\%$ 。

(3) 渗流压力分布: 横断面渗流压力 (含浸润线位置) 分布, 渗流压力等势线分布, 对比设计浸润线位置。

(4) 渗流量受温度影响, 统一折算成 10°C 水温渗流量; 潜流占有较大比重且有观测的, 推求潜流量。

(5) 相关线: 渗流量与库水位 (或上下游水位差) 相关线。

6.2.12 孔隙水压力监测资料应及时整理分析, 宜包括下列内容:

1 监视地基变形和稳定性变化与发展, 控制路堤的施工加荷速率。一般情况, 要求整理孔隙水压力 (u)、荷载压力 (P) 随时间 (t) 的变化曲线 (u - P - t 曲线) 和荷载压力增量 ($\Sigma \Delta P$) 与对应孔隙水压力增量 ($\Sigma \Delta u$) 的关系曲线。

2 可利用荷载压力增量 ($\Sigma \Delta P$) 与对应孔隙水压力增量 ($\Sigma \Delta u$) 的关系曲线 ($(\Sigma \Delta P) \sim (\Sigma \Delta u)$ 关系曲线) (见图 6.2.12), 来判别测点部位地基土的剪切变形及剪切破坏的性质, 进一步判断路堤地基的稳定性。

当测点的荷载压力 $P_0 + \Sigma \Delta P > P_c$ 时, $\Sigma \Delta u \sim \Sigma \Delta P$ 曲线呈线性变化, 则该测点部位地基处于弹性平衡状态;

当 $\Sigma \Delta u \sim \Sigma \Delta P$ 曲线呈非线性向上转折, 则该测点地基土出现塑性剪切屈服, 并迅速出现剪切破坏。

当软土地基中二个以上(含 2 个)的测点出现塑性剪切屈服时, 则路堤地基将在短期内(3~5 天)剪切破坏的可能。应采取措施, 防止地基破坏滑动。

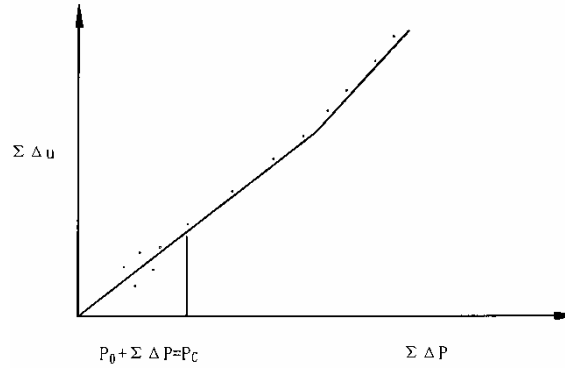


图 6.2.12 $\Sigma \Delta u \sim \Sigma \Delta P$ 关系曲线

3 利用某一级荷载作用下, 间歇加荷期间(>30d)的孔隙水压力消散曲线(即 $u-P-t$ 关系曲线), 按式(6.2.12-1)~式(6.2.12-8)估算地基的固结指数 β 、竖向固结系数 C_v 和水平向固结系数 C_h 。在曲线上任取三点, (u_{t1}, t_1) , (u_{t2}, t_2) , (u_{t3}, t_3) , 并令 $\Delta t = t_3 - t_2 = t_2 - t_1$, 则得:

$$\beta = \frac{1}{\Delta t} \ln \left(\frac{u_{t2} - u_{t1}}{u_{t3} - u_{t2}} \right) \quad (6.2.12-1)$$

$$\beta = \frac{\pi^2 C_v}{4H^2} \text{ (天然地基)} \quad (6.2.12-2)$$

$$\beta = \frac{\pi^2 C_v}{4H^2} + \frac{8C_h}{(F_n + J + \pi G)d_e^2} \text{ (竖向排水体)} \quad (6.2.12-3)$$

$$F_n = \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln(n) - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \quad (6.2.12-4)$$

$$J = \left(\frac{K_h}{K_v} - 1 \right) \ln S \quad (6.2.12-5)$$

$$G = \frac{K_h}{K_v} \left(\frac{H}{d_w} \right)^2 \quad (6.2.12-6)$$

$$n = \frac{d_e}{d_w} \quad (6.2.12-7)$$

$$S = \frac{d_s}{d_w} \quad (6.2.12-8)$$

式中： u_{t_1} 、 u_{t_2} 、 u_{t_3} ——时间 t_1 、 t_2 、 t_3 时的孔隙水压力值 (kPa)；

H ——孔隙水的最大渗径 (m)，单面排水时取压缩层的厚度，双面排水时取压缩层厚度的一半；

K_v 、 K_h ——竖向渗透系数和水平向渗透系数 (m/s)；

d_e ——竖向排水体的有效排水直径 (m)，当其在平面上为正方形布置时， $d_e=1.128d$ ；当为等边三角形布置时， $d_e=1.05d$ ； d 为竖向排水体的间距 (m)

d_s ——竖向排水体的涂抹区直径 (m)；

d_w ——竖向排水体的(当量)直径 (m)；

6.2.13 土压力监测资料应及时整理分析，一般情况，宜整理绘制每一测点荷载压力 (Q)、基底反力(P)与时间 (t) 的关系曲线(Q-P-t)曲线和路堤剖面下各测点上的荷载压力累加值 $\Sigma Q(t)$ 与对应地基反力累加值 $\Sigma P(t)$ 、不同时间(t)沿剖面坐标的分布图。必要时绘出地基反力 $\Sigma \Delta P$ 的松弛和排效应发展情况图。

条文说明

对土压力监测数据进行处理，土压力计算公式如下：

$$p = k(f_i^2 + f_0^2) \quad (6-4)$$

式中： P ——土压力 (kPa)；

k ——标定系数 (kPa/Hz²)；

f_i ——测试频率 (Hz)；

f_0 ——初始频率 (Hz)。

6.2.14 为了确定水位变化量，采用水准仪水准测量的方法测定水位管管口高程，水位管内水面高程计算：

$$D_s = H_s - h_s \quad (6.2.14-1)$$

式中： D_s ——水位管内水面高程(m)；

H_s ——水位管管口高程(m);

h_s ——水位管内水面与管口的距离(m)。

若初始观测水位高程为 D_s^0 ，当期(第 i 次)观测水位高程为 D_s^i ，上期(第 $i-1$ 次)观测水位高程为 D_s^{i-1} ，则当期水位变化量为：

$$\Delta h_s^i = D_s^i - D_s^{i-1} \quad (6.2.14-2)$$

累计水位变化量 Δh_s 为：

$$\Delta h_s = D_s^i - D_s^0 \quad (6.2.14-3)$$

6.2.15 为了解膜下真空压力随时间的变化情况，需绘制真空荷载-时间的变化过程线，在膜下安装真空度测头。并通过对膜下真空度的监测，判断荷载的分布情况以及地基土体的加固效果。

6.2.16 分析地温和热状况监测数据时，应根据监测数据绘制不同监测断面地温曲线图、等温线分布图、不同监测断面地温场分布及地温-深度曲线图。

6.2.17 构造物倾斜监测数据分析，按照《建筑物变形测量规程》二级变形测量等级要求，水平角观测 2 测回，竖直角 2 测回，测距 2 测回，每测回 4 个读数。

条文说明

基于全站仪反射片技术的高层建筑物倾斜测量是在被测建筑物所在工业场地上建立独立坐标系，使用全站仪反射片在建筑物待测面上布设监测点，通过高精度全站仪直接观测建筑物上倾斜监测点三维坐标，获取建筑物主体或各层间监测点的 x 方向和 y 方向的偏移量。继而计算建筑物整体倾斜和位移。

(1) 测出建筑的高度 h (如反射片安装在建筑物顶部和底部，即以反射片的垂直距离作为建筑物高度)；

(2) 测出顶底反射片水平夹角 a ；

(3) 测出基准点到建筑物的水平距离 s ；

(4) 则建筑物主体倾斜量 $d=s \times \tan(a)$ ；

(5) 主体倾斜率 $1=d/h$ ；

(6) 主体倾斜度 $v=\arctan (d/h)$ ；

(7) 下一次测量同样计算出倾斜率, 按照测量的时间和两次倾斜率的差别计算出倾斜速率。

6.2.18 对裂缝监测数据分析时, 应满足下列要求:

1 应绘制裂缝分布图, 标示与路基中线、坡肩、坡脚等的相对位置, 并标出裂缝起止点桩号、长度、监测位置和时间等, 裂缝长度发展时应绘制新的裂缝分布图。

2 裂缝宽度、错台等宜采用千分尺、游标卡尺等测量, 每次监测位置和方向应相同。

3 裂缝深度可采用开挖法等测量。

4 有条件时应观测裂缝表面粗糙度, 特别是明镜面、擦痕的发育状况。

6.2.19 对自然条件、支护结构、施工工况、周边环境、监测设施等的巡视检查情况应做好记录。检查记录应及时整理, 并与仪器监测数据进行综合分析。

6.3 边坡稳定性评估

6.3.1 应利用各种已监测信息, 结合边坡支护形式, 综合采用表观法、预警值法、拐点法等不同稳定评估方法进行稳定性评估。

6.3.2 边坡稳定性应符合下列规定:

1 预警值应根据本规程第 4.2~4.3 节的规定, 结合工程经验、前期监测结果确定。

2 应根据裂缝位置、数量和间距、走向、宽度、深度和长度、裂缝壁面特征等分析裂缝性质和开裂原因。

3 应根据监测断面上不同监测点的监测资料绘制边坡位移-时间曲线, 当曲线出现拐点时, 应根据拐点前后曲线情况并结合降雨、施工、堆载等评估边坡稳定性。

4 当荷载不变, 位移速率短期内不断增大时应预警边坡短期破坏。

5 当水平位移速率长期缓慢衰减, 水平位移不收敛时应预警边坡长期破坏。

6 当边坡开裂与边坡稳定性相关时应对边坡稳定性进行预警。

6.4 路基稳定性评估

6.4.1 应利用各种已监测信息, 综合采用表观法、预警值法、拐点法等不同稳定评估方法进行稳定性评估。

6.4.2 采用表观法评估路基稳定性应符合下列规定:

1 当根据裂缝、隆起等现象评估路基稳定性时，应先分析裂缝、隆起等现象的性质和原因。

2 裂缝的性质和原因可根据裂缝的位置、数量、间距、走向宽度和长度等确定。

3 当路基稳定性恶化导致路基开裂、隆起时，应对路基稳定性进行危险报警。

6.4.3 采用报警值法评估路基稳定性应符合下列规定：

1 对排水固结法路基、散体材料桩复合地基路基，报警值法宜采用沉降速率、水平位移速率、孔隙水压力系数等指标；对柔性桩复合地基路基、刚性桩复合地基路基，宜采用桩间沉降；当监测结果大于报警值时，应进行危险报警。

2 当连续两天的沉降速率或水平位移速率大于报警值的 60%，或连续三天的沉降速率或水平位移速率大于报警值的 40%时，应进行危险报警。

3 当沉降速率、水平位移速率接近报警值时，宜利用其他监测项目和方法综合分析，评估路基稳定性。

6.4.4 采用拐点法评估路基稳定性应符合下列规定：

1 拐点法宜利用路基荷载—瞬时沉降关系曲线、路基荷载—水平位移关系曲线；当拐点不明显时，可采用双对数曲线等。

2 路基荷载应包括路基沉降土方荷载。

3 瞬时沉降可由路基填筑当天的沉降速率累加得到。

4 深层水平位移宜采用最大位移。

5 对排水固结法路基，极限填土高度后的路基荷载—瞬时沉降曲线或路基荷载—位移曲线出现拐点，且拐点后斜率大于拐点前斜率的 2 倍时，应进行危险报警。

6.4.5 采用趋势法评估路基稳定性应符合下列规定：

1 当路基荷载、周边条件不变，沉降、水平位移、孔隙水压力等与时间的关系曲线出现拐点，且拐点后斜率大于拐点前斜率的 2 倍时，宜进行危险报警。

2 当路基荷载、周边条件不变，沉降速率、水平位移速率、孔隙水压力等增大的时间超过 60d 时，宜进行危险报警。

6.4.6 路基稳定性评估应利用监测断面上所用监测点的监测资料，并应根据各监测点的评估结果综合判断路基稳定性。

6.4.7 当路基内外部条件发生变化时，路基稳定性评估应分析路基条件变化的影响。

6.4.8 当可利用多种方法评估路基稳定性时，应根据各种方法评估结果综合判断路

基稳定性。

6.5 工后沉降预测

6.5.1 软土地基应进行工后沉降预测，高路堤以及其他对沉降敏感的特殊土路基可以根据工程实际需要进行工后沉降预测，工后沉降预测应符合下列规定：

1 工后沉降预测前应复测路基填土顶面高程并计算预压荷载下对应沉降完成后的路基填土顶面高程。

2 工后沉降预测的时间起点应选在路基填筑结束后的恒载期，持续观测时间不宜小于 6 个月，特殊情况下不应小于 3 个月。

3 软土厚度超过 15m 或下卧层软土厚度大于 3m 路段，宜结合分层沉降或深层沉降监测资料预测工后沉降。

6.5.2 预压荷载对应的最终沉降预测方法应符合下列规定：

1 沉降预测方法应根据工程特点和要求，容许工后沉降、地质条件、预压时间、监测时间等，结合监测经验选择。

2 沉降预测可靠性应经过验证，预压时间相差不少于 3 个月的两次最终沉降预测值相差不应大于 8mm。

3 采取曲线拟合方法预测时，应选取相关系数最大而剩余标准离差最小的曲线拟合起点数据。

6.5.3 沉降预测可根据地基的沉降规律，选用双曲线法、星野法、三点法、浅岗法、人工神经网络法等方法进行预测。

条文说明

各种沉降预测方法均有其适宜的使用条件，一般来讲双曲线法、人工神经网络法可适用于各种地基类型，但在不同地基类型的预测精度上有差异。星野法、三点法、浅岗法适用于采用地下排水体处理的地基，该类地基的沉降曲线较陡，且在恒载后收敛较快。

6.5.4 采用双曲线法进行沉降预测时，可采用式（6.5.4-1）进行任意时刻 t 的沉降 S_t 预测，采用式（6.5.4-2）进行最终沉降 S 预测。

$$S_t = S_a + \frac{t - t_a}{\alpha + \beta(t - t_a)} \quad (6.5.4-1)$$

$$S = S_a + \frac{1}{\beta} \quad (6.5.4-2)$$

式中： t_a 、 S_a ——分别为拟合计算起始点参考点的观测时间与沉降值；

t 、 S_t ——分别为拟合曲线上任意点的时间与对应的沉降值；

α 、 β ——根据实测值求出的参数，化为直线时分别表示直线的截距与斜率（图 6.5.4）。

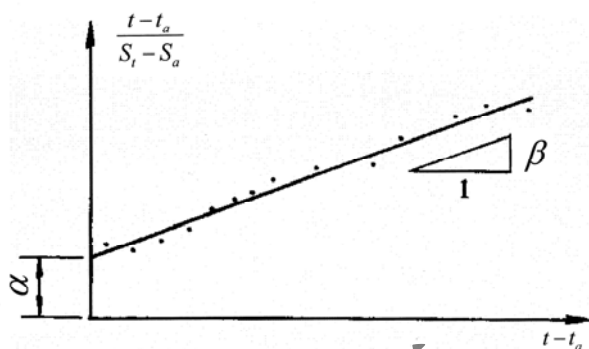


图 6.5.4 $(t-t_a)/(S_t-S_a)$ 与 $(t-t_a)$ 关系图

6.5.5 采用星野法进行沉降预测时，可采用式（6.5.5-1）进行任意时刻 t 的沉降 S_t 预测，采用式（6.5.5-2）进行最终沉降 S 预测。

$$S_t = S_i + \frac{AK\sqrt{(t-t_0)}}{\sqrt{[1+K^2(t-t_0)]}} \quad (6.5.5-1)$$

$$S = S_i + A \quad (6.5.5-2)$$

式中： t_0 、 S_i ——分别为拟合计算起始点参考点的观测时间与瞬时沉降值；

K ——影响沉降速度的系数，可根据式（6.5.5-3）用图解法（图 6.5.5）求得；

A ——求 $t \rightarrow \infty$ 时最终沉降值的系数，可根据式（6.5.5-3）用图解法（图 6.5.5）求得。

$$\frac{t-t_0}{(s_t-s_i)^2} = \frac{1}{A^2K^2} + \frac{1}{A^2}(t-t_0) \quad (6.5.5-3)$$

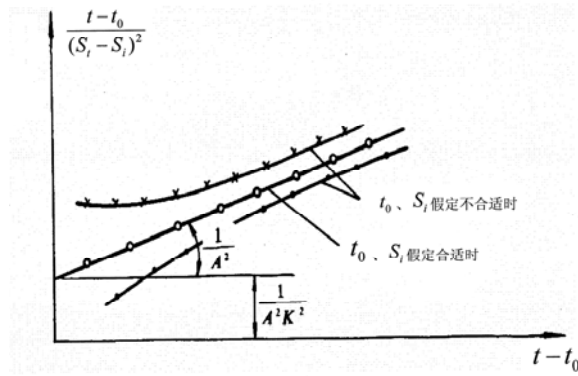


图 6.5.5 A、K 求解图

条文说明

星野法求解 A、K 的关键是调整式 (6.5.5-1) 中的 t_0 与 S_i ，使回归分析的数据点能较好地落在一条直线上。根据实践经验，当该方法与双曲线法结合使用时，采用双曲线法式 (6.5.4-1) 中的 t_a 、 S_a 作为 t_0 、 S_i 调整的起始点，能够较快地得到适宜的结果。

6.5.6 采用三点法进行沉降预测时，应从沉降与时间关系曲线 (图 6.5.6) 上取最大恒载时段内的三点 (S_1, t_1) 、 (S_2, t_2) 、 (S_3, t_3) ，并使时段 $\Delta t = t_3 - t_2 = t_2 - t_1$ ，按式 (6.5.6-1) 进行最终沉降 S 预测，按式 (6.5.6-4) 进行任意时刻 t 的沉降 S_t 预测。

$$S = \frac{S_3(S_2 - S_1) - S_2(S_3 - S_1)}{(S_2 - S_1) - (S_3 - S_1)} \quad (6.5.6-1)$$

$$\beta = \frac{1}{\Delta t} \ln \frac{S_2 - S_1}{S_3 - S_2} \quad (6.5.6-2)$$

$$\alpha = e^{\beta t_1} \left(1 - \frac{S_1}{S}\right) \quad (6.5.6-3)$$

$$S_t = S(1 - \alpha e^{-\beta t}) \quad (6.5.6-4)$$

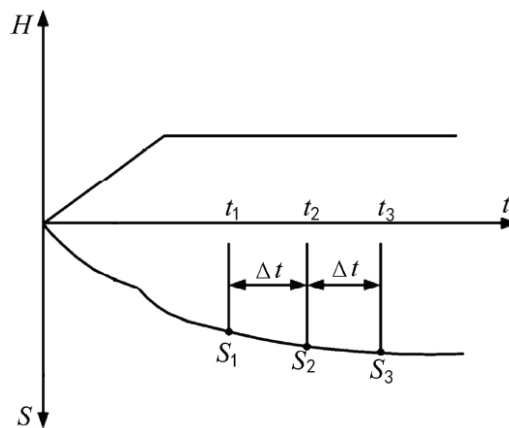


图 6.5.6 沉降与时间关系曲线

条文说明

采用三点法进行沉降预测，一般要求有较长时间的观测资料，当实测沉降曲线基本处于收敛阶段才可进行。实际计算过程中可以取若干不同的时间段 Δt 进行计算，最后取平均值作为最终沉降值。

6.5.7 采用浅岗法进行沉降预测时，可采用式(6.5.7)进行最终沉降 S 预测。

$$S = \frac{\beta_0}{1 - \beta_1} \quad (6.5.7)$$

式中： β_0 、 β_1 ——根据实测沉降曲线求出的参数，为图 6.5.7-2 中直线的截距与斜率，可按下列步骤求得：

- 1 将沉降观测时间划分成相等的时间段 Δt ，使时间 $t_j = \Delta t \times j (j=1, 2, 3, \dots)$ ，在实测沉降曲线上读出 t_j 所对应的沉降量 S_{t_j} (图 6.5.7-1)；
- 2 在以 $S_{t_{j-1}}$ 和 S_{t_j} 为坐标轴的平面上绘出点 $(S_{t_{j-1}}, S_{t_j})$ 连成的直线 L1，同时绘出 $S_{t_{j-1}} = S_{t_j}$ 的 45° 直线 L2 (图 6.5.7-2)；
- 3 从图 6.5.7-2 中读取直线 L1 的截距和斜率，分别得到 β_0 和 β_1 ；直线 L1 和 L2 的交点所对应的沉降量即为最终沉降 S 。

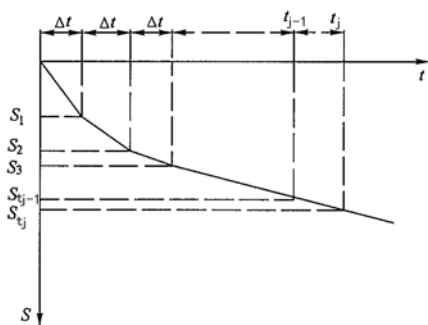


图 6.5.7-1 t_j 、 S_{t_j} 读取图

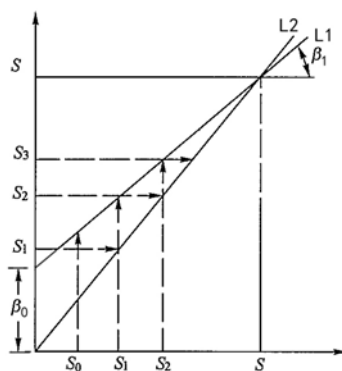


图 6.5.7-2 β_0 、 β_1 求解图

条文说明

浅岗法中时间段 Δt 的取值对最终沉降的预测结果有直接的影响， Δt 取值太小会造成拟合点的波动性较大，拟合直线的相关性较差； Δt 取值太大时又会使读取的沉降点减少，易产生较大的偏差。一般情况下 Δt 取值在30~100d之间比较合适。实际求解

过程中，可以采用不同的 Δt 得出相应的最终沉降值，取其中最大相关系数对应的最终沉降值。

6.5.8 采用人工神经网络法预测沉降时宜采用由输入层、隐含层和输出层组成的 3 层 BP 神经网络(图 6.5.8)。输入层应以时间作为主要参数，也可同时考虑地基条件、路堤高度、填筑速率等参数。应将预测沉降值作为输出层参数，隐含层应采用合适的传递函数连接输入层与输出层。

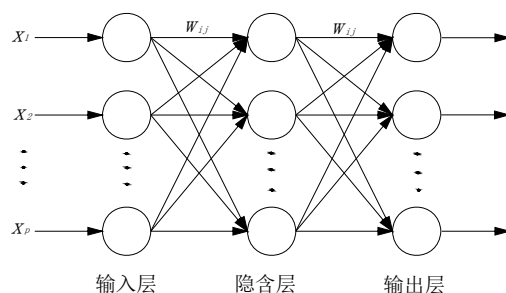


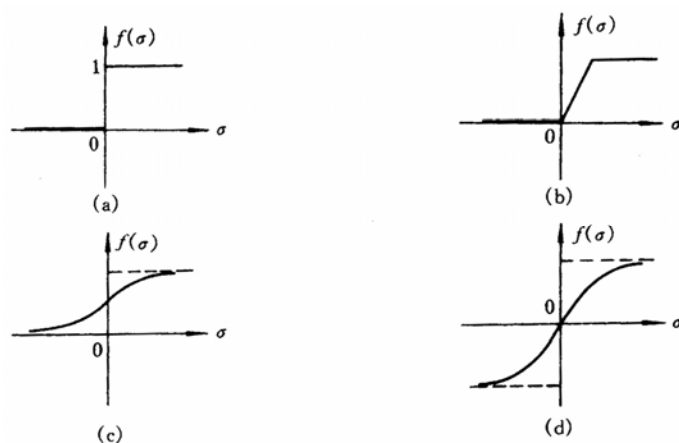
图 6.5.8 3 层 BP 神经网络模型

条文说明

人工神经网络中常用的传递函数有阈值型、分段线性型、S 型(Sigmoid 型)及双曲正切型，函数曲线如图 6-1 所示。其中，S 型传递函数表达式为：

$$f(\sigma) = \frac{1}{(1 + e^{-\beta\sigma})} \quad (\beta > 0) \quad (6-5)$$

该函数是连续光滑的有界单调增函数，是实际应用最多的传递函数。



(a) 阈值型；(b) 分段线性型；(c) S 型；(d) 双曲正切型

图 6-1 常用传递函数

6.5.9 不同的沉降预测方法均有其相对的优点和缺点，在具体应用时需要掌握一定的经验和技巧，实际应用时可以采用不同的拟合方法进行比较分析，采用最贴合实测观测曲线的拟合曲线进行沉降预测。

6.5.10 应根据沉降预测资料计算工后沉降和沉降速率，确定预压稳定后铺筑路面的时间。

条文说明

沉降预测结果的应用主要表现在确定沉降稳定时间方面。

路面铺筑必须待沉降稳定后进行。沉降达到稳定一般采用双标准控制：即要求推算的工后沉降量小于设计容许值，同时要求连续 2 个月观测的沉降量每月不超过 5mm，方可卸载开挖路槽并开始路面铺筑。工后沉降是一个重要的设计指标，而沉降速率不是设计指标，而且沉降速率和工后沉降之间也没有一定的对应关系。将沉降速率作为沉降稳定控制标准，是目前国内软土地区高速公路的普遍做法，实践证明是有效的：如京津塘高速公路在沉降速率达到 8mm/月时卸去预压土，开始路面结构层施工；连徐、福宁高速公路确定的沉降速率为 5mm/月；沪宁高速公路以路槽顶面作为预压计算高度，在沉降速率达到 5mm/月时卸预压土做底基层和基层，在基层铺上后继续预压，待沉降速率达到 3mm/月时铺面层。

6.6 监测报告

6.6.1 当日报表应包括下列内容：

- 1 当日的天气情况和施工现场的工况。
- 2 仪器监测项目各监测点的本次测试值、单次变化值、变化速率以及累计值等，必要时绘制有关曲线图。
- 3 巡视检查的记录。
- 4 对监测项目应有正常或异常、危险的判断性结论。
- 5 对达到或超过监测报警值的监测点应有报警标示，并有分析和建议。
- 6 对巡视检查发现的异常情况应有详细描述，危险情况应有报警标示，并有分析和建议。
- 7 其他相关说明。

当日报表宜采用本规程附录 A~附录 G 的样式。

6.6.2 阶段性报告应包括下列内容：

- 1 该监测阶段相应的工程、气象及周边环境概况。
- 2 该监测阶段的监测项目及测点的布置图。
- 3 各项监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线。
- 4 各监测项目监测值的变化分析、评价及发展预测。
- 5 后期监控工作的完善建议、相关的设计和施工建议。

6.6.3 总报告宜包括工程概况、监测依据、监测项目、监测点布置、监测设备、监测方法、监测频率、监测报警值、各监测项目全过程的发展变化分析及整体评述、监测工作结论与建议等内容；总结报告应附相应的图表并应说明监测期间出现异常或特殊情况。

征求意见稿

附录 A 水平位移监测日报表

表 A 水平位移监测日报表

第 页 共 页

第 次

工程名称：

报表编号：

天气：

观测者：

计算者：

校核者：

测试时间： 年 月 日 时

点号	水平位移				备注
	本次测试值 (mm)	单 次 变 化 (mm)	累计变化量 (mm)	变 化 速 率 (mm/d)	
工况	当日监测的简要分析及判断性结论：				

工程负责人：

监测单位：

附录 B 竖向位移监测日报表

表 B 竖向位移监测日报表

第 页 共 页

第 次

工程名称:

报表编号:

天气:

观测者:

计算者:

校核者:

测试时间: 年 月 日 时

点号	水平位移				备注
	本次测试值 (mm)	单 次 变 化 (mm)	累计变化量 (mm)	变 化 速 率 (mm/d)	
工况				当日监测的简要分析及判断性结论:	

工程负责人:

监测单位:

附录 C 支挡结构应力、应变监测日报表

表 C 支挡结构应力、应变监测日报表

第 页 共 页

第 次

工程名称:

报表编号:

天气:

观测者:

计算者:

校核者:

测试时间: 年 月 日 时

点号	本次 内力 (kN)	本次 变化 (kN)	累计 变化 (kN)	备注	点号	本次 内力 (kN)	本次 变化 (kN)	累计 变化 (kN)	备注
工况				当日监测的简要分析及判断性结论:					

工程负责人:

监测单位:

附录 D 孔隙水压力、土压力监测日报表

表 D 孔隙水压力、土压力监测日报表

第 页 共 页

第 次

工程名称:

报表编号:

天气:

观测者:

计算者:

校核者:

测试时间: 年 月 日 时

组号	点号	深度(m)	本次应力(kPa)	上次应力(kPa)	本次变化(kPa)	累计变化(kPa)	备注	组号	点号	深度(m)	本次应力(kPa)	上次应力(kPa)	本次变化(kPa)	累计变化(kPa)	备注
工 况			当日监测的简要分析及判断性结论:												

工程负责人:

监测单位:

附录 E 地温和热状况监测日报表

表 E 地温和热状况监测日报表

第 页 共 页

第 次

工程名称： 报表编号： 天气：
观测者： 计算者： 校核者： 测试时间： 年 月 日 时

时间	地表 温度	浅层地温				深层地温			
		5cm	10cm	15cm	20cm	40cm	80cm	120cm	320cm
工况				当日监测的简要分析及判断性结论：					

工程负责人： 监测单位：

附录 F 裂缝监测日报表

表 F 裂缝监测日报表

第 页 共 页

第 次

工程名称： 报表编号： 天气：
观测者： 计算者： 校核者： 测试时间： 年 月 日 时

点 号	长度				宽度				形 态
	本 次 测 试 值 (mm)	单 次 变 化 (mm)	累 计 变 化 量 (mm)	变 化 速 率 (mm/d)	本 次 测 试 值 (mm)	单 次 变 化 (mm)	累 计 变 化 量 (mm)	变 化 速 率 (mm/d)	
工况：									
当日监测的简要分析及判断性结论：									

工程负责人： 监测单位：

附录 G 巡视检查日报表

表 G 巡视检查日报表

第 页 共 页

第 次

工程名称：

报表编号：

观测者：

计算者：

测试时间： 年 月 日 时

分类	巡视检查内容	巡视检查结果	备注
自然条件	气温		
	雨量		
	风级		
	水位		
支护结构	支护结构有无较大变形、裂缝		
	其他		
施工情况	边坡土体有无裂缝、滑移、沉陷		
	坡面有无冲沟		
	坡脚有无隆起		
	场地地表水、地下水排放状况是否正常		
	路基有无裂缝、沉陷		
	其他		
监测设施	基准点、监测点完好状况		
	监测原件的完好及保护情况		
	有无影响观测工作的障碍物		

工程负责人：

监测单位：