

北京市地方标准

DB

编号: DB11/490-2007

备案号: J10909-2006

地铁工程监控量测技术规程

Technical code for monitoring measurement
of subway engineering

2007-07-04 发布

2007-11-01 实施

北京市建设委员会
北京市质量技术监督局

联合发布

北京市地方标准

地铁工程监控量测技术规程

Technical code for monitoring measurement
of subway engineering

编号:DB11/490-2007

备案号:J10909-2006

主编部门:北京市轨道交通建设管理有限公司

批准部门:北京市建设委员会

北京市质量技术监督局

施行日期:2007年11月1日

关于发布北京市地方标准 《地铁工程监控量测技术规程》的通知

各区、县建委，各局、总公司，各有关单位：

根据北京市质量技术监督局《关于印发 2006 年北京市地方标准制修订项目计划的通知》（京质监标发〔2006〕229 号）的要求，由北京市轨道交通建设管理有限公司主编的《地铁工程监控量测技术规程》已经有关部门审查通过。现批准该规程为北京市地方标准，编号为 DB11/490—2007，建设部备案号为 J10909—2006，自 2007 年 11 月 1 日起实施。其中第 3.3.2（2）款为强制性条文，必须严格执行。

该规程由北京市建设委员会和北京市质量技术监督局共同负责管理，由北京市轨道交通建设管理有限公司负责解释工作。

二〇〇七年七月二十日

关于同意北京市《地铁工程监控量测 技术规程》地方标准备案的函

建标标备便〔2006〕136号

北京市建设委员会：

你单位《关于北京市地方标准〈地铁工程监控量测技术规程〉申请备案的函》收悉。经研究，同意该规程第3.3.2（2）款作为强制性条文，不同意该标准第4.0.2、5.0.3、6.0.2、8.3.1条作为强制性条文；同意该标准作为“中华人民共和国地方标准”备案，备案号为：J10909—2006。

该项标准的备案公告，将刊登在近期出版的《工程建设标准化》刊物上。

建设部标准定额司

二〇〇六年十二月二十八日

前 言

本规程根据北京市质量技术监督局《关于印发 2006 年北京市地方标准制修订项目计划的通知》（京质监标发〔2006〕229 号）文和北京市建设委员会（京建科教〔2006〕557 号）文的要求，由北京市轨道交通建设管理有限公司负责，组织有关单位编制而成。

在本规程的前期编制过程中，编制单位对北京地铁工程监控量测的实施方案和监测成果进行了广泛的调查研究，同时借鉴了国内其它城市地铁监控量测的有关经验和数据，经反复讨论、征求意见和专家审阅后于 2004 年 11 月编制成《北京地铁施工监控量测技术要求》（试行稿）。编制组根据试行反馈意见进行了进一步的补充和修改，于 2005 年 11 月编制成《地铁工程监控量测技术规程》（征求意见稿）并广泛征求意见。其后，由编制组进一步研究和修改后，于 2006 年 7 月编制成本规程（送审稿）并于 9 月通过专家审查。根据审查意见并经最后修改后于同年 10 月编制成本规程。

本规程共有 8 章和 4 个附录。第 1 章为总则，第 2 章为术语，第 3 章为基本技术要求，第 4 章至第 6 章为北京地铁各工法中监控量测的项目及要求，第 7 章为地铁工程监控量测值控制标准，第 8 章为地铁工程监控量测管理及信息反馈，附录 A 为明挖基坑分级标准，附录 B、C、D 分别为各工法洞内外状况观察记录表，最后为条文说明。

本规程第 3.3.2（2）条为强制性条文。

本规程由北京市建设委员会和北京市质量技术监督局共同负责管理，北京市轨道交通建设管理有限公司（北京市西城区百万庄大街甲 2 号，邮政编码：100037）负责具体解释工作。

DB11/490—2007

本规程的主编单位、参编单位和主要起草人名单：

主编单位：北京市轨道交通建设管理有限公司

参编单位：北京交通大学

北京市市政工程研究院

北京城建设计研究总院有限责任公司

主要起草人：

罗富荣	张顶立	乐贵平	刘 军	王占生	杨秀仁
徐祯祥	鲁 屹	萧 岩	潘秀明	苏 斌	孙长军
赵衍发	韩少光	雷 军	张成满	高亚彬	骆建军
张成平	吕培印	李东海	张晓丽	靳 璞	姚宣德
苏 洁	贺美德	黄宝龙	侯艳娟		

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本技术要求	5
3.1 一般规定	5
3.2 沉降监测基本要求	6
3.3 地铁穿越工程监测基本要求	9
4 浅埋暗挖法施工监控量测项目及要 求	12
5 盾构法施工监控量测项目及要 求	22
6 地铁明（盖）挖法及竖井施工监控量测项目及要 求	29
7 地铁工程监控量测值控制标准	42
7.1 一般规定	42
7.2 地铁工程监控量测值控制标准	42
8 地铁工程监控量测管理及信息反 馈	45
8.1 一般规定	45
8.2 监控量测管理的基本要求	45
8.3 监控量测的信息处理与反 馈	46
附录 A 地铁明挖基坑及其分 级	47
附录 B 地铁浅埋暗挖法施工围岩及支 护状态观察记录表 ...	48
附录 C 地铁盾构法施工隧道内外状 态观察记录表	49
附录 D 地铁明（盖）挖法施工围岩及支 护状态观察记录表 ...	50
.....	50
本规程用词说明	51
条文说明	53

1 总 则

1.0.1 本规程根据北京地区环境、工程地质、水文地质条件以及北京地铁建设所采用的不同工法而制定。

1.0.2 为使地铁工程监控量测符合确保安全、技术先进、经济合理的原则，为规范地铁设计和施工中的监控量测工作，特制定本规程。

1.0.3 本规程适用于北京地区地铁工程中进行的监控量测工作，也可作为类似地下工程进行监控量测时的参考。

1.0.4 监控量测工作除应遵守本规程外，尚应符合现行国家和行业标准的有关规定。

2 术 语

2.0.1 地铁 metro; subway

在城市中修建的快速、大运量、用电力牵引并位于隧道内或从地下转到地面和高架桥上的轨道交通。

2.0.2 监控量测 monitoring measurement

地铁工程施工中对围岩、地表、支护结构及周边环境的动态进行的经常性观察和量测工作。

2.0.3 应测项目 necessary monitoring items

保证地铁周边环境和围岩的稳定以及施工安全应进行的日常监测项目。

2.0.4 选测项目 selected monitoring items

相对于应测项目而言，为了设计和施工的特殊需要，由设计文件规定的在局部地段进行的监测项目。

2.0.5 浅埋暗挖法 a developed mining method in shallow tunnels

在浅埋软质地层的隧道中，基于喷锚技术而发展的一种矿山工法。

2.0.6 盾构法 shield method

使用盾构机械进行开挖并采用管片作为衬砌而修建隧道的施工方法。

2.0.7 明挖法 cut and cover method

由地面开挖的基坑中修筑地铁构筑物的方法。

2.0.8 隧道周边收敛位移 convergence of tunnel inner perimeter

隧道周边任意两点间距离的变化。

2.0.9 水平位移监测 horizontal displacement measurement

测定变形体沿水平方向的位移值，并提供变形趋势及稳定预

报而进行的量测工作。

2.0.10 垂直位移监测 vertical displacement measurement; settlement observation

测定变形体沿垂直方向的位移值，并提供变形趋势及稳定预报而进行的量测工作。

2.0.11 拱顶沉降 crown settlement

隧道拱顶内壁的绝对沉降（量）。

2.0.12 地表沉降 subsidence; settlement

地铁工程施工中地层的（应力）扰动区延伸至地表而引起的沉降。

2.0.13 隧道围岩 tunnel surrounding rock

隧道周围一定范围内对洞身产生影响的岩土体。

2.0.14 围岩压力 pressure of surrounding rock

开挖隧道时围岩变形或松散等原因而作用于支护、衬砌上的压力。

2.0.15 初期支护 primary support

隧道开挖后即行施作的支护结构。

2.0.16 二次衬砌 secondary lining

初期支护完成后施作的衬砌。

2.0.17 衬砌 lining

沿着隧道洞身周边修建的永久性支护结构。

2.0.18 管片 segment

是一种在工厂制作的圆弧形板肋状并由钢筋混凝土、钢、铸铁或其它材料制成的预制构件。

2.0.19 测点 observation points

设置在变形或位移体上，能反映其特征，作为变形或位移测量用的固定标志。

2.0.20 变形监测 deformation measurement

DB11/490—2007

对建筑物、构筑物及其地基或一定范围内岩体及土体的位移、沉降、倾斜、挠度、裂缝等所进行的量测工作。

2.0.21 开挖面（掌子面） excavated surface

隧道掘进方向最前端的开挖作业面。

2.0.22 基坑 excavation; foundation pit

基础或明挖地下建筑物施工时开挖的坑。

2.0.23 竖井 vertical shaft

是一种垂直开挖的坑道。分为供地下建筑物功能性用途的永久竖井和供隧道施工用的临时性竖井两类。

3 基本技术要求

3.1 一般规定

3.1.1 采用浅埋暗挖法、盾构法、明挖法或盖挖法等工法进行设计和施工的地铁工程，必须将现场监控量测纳入工程设计文件和施工组织设计文件中。

3.1.2 监控量测的设计文件应根据工程地质及水文地质条件、地铁周边环境条件、埋深及结构形式等进行编制，同时考虑监测工作的经济性。

3.1.3 监控量测的目的主要为：

1 掌握围岩、支护结构和周边环境的动态，利用监测结果为设计和施工提供参考依据。

2 监测数据经分析处理与必要的计算和判断后进行预测和反馈，以便为工程和环境安全提供可靠信息。

3 积累资料和经验，为今后的同类工程提供类比依据。

3.1.4 监测项目分为应测项目和选测项目两类。

3.1.5 地铁区间结构的监测范围一般为地铁结构外沿两侧各30m范围内，但在地铁车站施工地段，监测范围应视车站周围环境和建（构）筑物情况予以适当加大。

3.1.6 监测频率应与施工进度密切配合，并针对不同工法和不同施工工序分别制定相应的监测频率。

3.1.7 施工中应按施工进度及时进行监测，对监测数据进行分析处理后，及时反馈给建设、设计、监理和施工单位。

3.1.8 测点初始值应在测点稳定后进行测读，取三次观测数据的平均值作为初始观测值。

3.1.9 监测所采用的监测仪器及元件应满足各类监测工作的要求。

3.2 沉降监测基本要求

3.2.1 沉降监测测量点可分为控制点和观测点（或测点）。控制点包括基准点、工作基点等。各种测量点的选设及使用，应符合下列要求：

1 基准点的选设必须保证点位地基坚实稳定、通视条件好、利于标石长期保存与观测。基准点的数量应不少于3个，使用时应做稳定性检查或检验。下列地点不应设置基准点：

- (1) 易受水淹、潮湿或地下水位较高的地点；
- (2) 土堆、河堤土质松软与地下水变化较大的地点；
- (3) 距铁路50m、距公路30m（特殊情况可酌情处理）以内或其它受剧烈振动的地点；
- (4) 短期内将因新建项目施工而可能毁坏标石或阻碍观测的地点；
- (5) 地形隐蔽不便观测的地点。

2 工作基点应选设在靠近观测目标且便于联测观测点的稳定或相对稳定位置，并应满足下列要求：

(1) 设置在地表的工作基点：采用人工挖孔或大钻孔埋设法在地表设置的工作基点，其钢筋长度不应小于3m，直径为20mm，并应作保护；

(2) 设置在建筑物上的工作基点：应选择在地铁施工影响区以外、建成时间较长且有地下室的建筑物上设置。工作基点直径不得小于20mm，并应作保护；

(3) 设置在隧道中的工作基点：数量不应少于3个，应从地面的基准点引入到竖井壁距底板一定距离并不易被碰动处。当隧道长度较大时，宜将该基点向前延伸设置在隧道墙脚之上，在其稳定后作为工作基点。

3 观测点应选设在变形体上能够反映变形特征的位置，并便于工作基点或邻近的基准点和其它工作点对其进行观测。

4 应定期对基准点、工作基点进行检测。

3.2.2 地表沉降观测点的埋设可采用标准方法和浅层设点的方法。

对于下列各类地段应采用标准方法进行地表沉降观测点埋设，即所设测点应穿透道路表面结构层，将其埋设在较坚实的地层中（通常深度不小于1m），同时应设置保护套管及盖板。

- 1 由设计确定的重要施工地段。
- 2 由地表预先探测到地中存在空洞的施工地段。
- 3 施工中地表发生塌陷并经修补过的地段。
- 4 地面交通和环境条件允许采用标准方法设点的道路地段。

在城市交通特别繁忙并且不允许进行钻孔的地段，经设计同意后，其地表设置的一般沉降测点可采用道路浅层设点的方法。

3.2.3 沉降监测的等级划分、精度要求和适用范围见表 3.2.3。

表 3.2.3 沉降监测的等级划分、精度要求和适用范围

监测等级	观测点的高程中误差 (mm)	相邻观测点高差中误差 (mm)	适用范围
I	±0.3	±0.1	线路沿线变形特别敏感的超高层、高耸建筑、精密工程设施、重要古建筑物、重要桥梁、管线和运营中结构、轨道、道床等
II	±0.5	±0.3	线路沿线变形比较敏感的高层建筑物、桥梁、管线；地铁施工中的支护结构、隧道拱顶下沉等
III	±1.0	±0.5	线路沿线的一般多层建筑物、桥梁、地表、管线、基坑隆起等

注：观测点的高程中误差是指相对于最近的沉降控制点的误差而言。

3.2.4 沉降监测控制网的布设应符合下列要求：

- 1 垂直沉降监测控制网宜与城市轨道交通工程高程系统一致；
- 2 垂直沉降监测控制网可采用水准测量、光电测距三角高

程测量、静力水准测量等方法，并应布设成闭合、附和或结点网；

3 垂直沉降监测控制网高程控制点不应少于 3 个，在监测中应定期对高程控制点进行检测。

沉降监测控制网的主要技术要求见表 3.2.4。

表 3.2.4 沉降监测控制网的主要技术要求

等级	相邻基准点高差中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	往返较差，附和或环线闭合差 (mm)	检测已测高差之较差 (mm)	使用仪器、观测方法及主要技术要求
I	±0.3	±0.07	$0.15\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$	采用 DS05 水准仪，按国家一等水准测量技术要求作业，其观测限差宜按上述规定的 1/2 要求
II	±0.5	±0.15	$0.30\sqrt{n}$	$0.5\sqrt{n}$	采用 DS05 水准仪，按国家一等水准测量技术要求作业
III	±1.0	±0.30	$0.60\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$	采用 DS1 水准仪，按国家二等水准测量技术要求作业

注：n 为测站数。

3.2.5 沉降监测的技术要求和测量方法见表 3.2.5。

表 3.2.5 沉降监测的技术要求和测量方法

等级	高程中误差 (mm)	相邻点高差中误差 (mm)	往返较差，附和或环线闭合差 (mm)	使用仪器、监测方法及主要技术要求
I	±0.3	±0.1	0.15	采用 DS05 水准仪，按国家一等水准测量技术要求作业，其观测限差宜按上述规定的 1/2 要求
II	±0.5	±0.3	0.30	采用 DS05 水准仪，按国家一等水准测量技术要求作业
III	±1.0	±0.5	0.60	采用 DS1 水准仪，按国家二等水准测量技术要求作业

注：n 为测站数。

3.3 地铁穿越工程监测基本要求

3.3.1 地铁穿越工程系指地铁施工时须上穿、下穿或侧穿地铁既有线、铁路隧道、铁道线路、立交桥梁、人行天桥、房屋、地下管线、城市道路、河流或其它城市建（构）筑物等的穿越工程。

3.3.2 一般规定

1 地铁穿越工程应按所穿越工程的重要程度、穿越类型、周边环境条件等情况分成不同等级，并针对不同等级进行监测设计。

2 对于穿越重要建（构）筑物的地铁工程，除应对地铁本身进行施工监测外，还应对所穿越工程进行穿越施工期间 24 小时不间断监测；在穿越一般建（构）筑物时应按要求进行较高频率的监测。

3 在穿越地铁既有线时，应对既有线地铁结构、道床和轨道进行穿越施工全过程监测，其中对结构沉降及沉降缝的错台变形、轨道沉降、轨道横向差异沉降、轨距变化和道床纵向沉降等内容应进行 24 小时的远程实时监测。穿越铁路隧道和铁道线路时可参照穿越地铁既有线的要求进行监测。

4 在穿越城市桥梁时，应对桥梁墩台、盖梁、梁板结构进行穿越施工全过程监测，并应按要求加密监测频率，对变形敏感的重要桥梁应根据设计要求进行 24 小时的远程实时监测。监测内容应包括：桥梁墩台的沉降及倾斜、盖梁及梁板结构的沉降及差异沉降。

5 在穿越房屋及其它建（构）筑物时，应按照本规程第 3.3.3、3.3.4、3.3.5 条的基本要求执行。在穿越地下管线时应按本规程第 3.3.6 条的基本要求执行。该两项均应按要求进行较高频率的监测。

6 在穿越河流时，应对上覆土层的渗漏状况、河水与隧道

工作面之间的水力联系、河床变形等进行检查和监测。地铁施工穿越河流阶段应加高监测频率。

3.3.3 建（构）筑物沉降监测

1 测点布置

沉降观测点的位置和数量应根据工程地质和水文地质条件、建（构）筑物的体型特征、基础形式、结构种类、建（构）筑物的重要程度及其与地铁结构的距离等因素综合考虑。对于烟囱、水塔、油罐等高耸建（构）筑物，应沿周边在其基础轴线上的对称位置布点。对于城市桥梁，应按不同施工状况在桥墩、盖梁和梁、板结构上布点。

2 监测仪器及精度

沉降监测采用的水准仪及其监测精度符合表 3.2.5 中有关要求。

3.3.4 建（构）筑物倾斜监测

1 监测范围

建（构）筑物倾斜监测原则上只在重要的高层、高耸建筑物或桥墩上进行。

2 监测仪器及精度

全站仪，其精度为 $\pm 2''$ ， $\pm (2\text{mm}+2\text{ppm})$ 。

3.3.5 建（构）筑物裂缝监测

对于建（构）筑物的一般裂缝应采用裂缝宽度板或游标卡尺进行监测的直接观测法，其精度为 0.2mm。对于比较重要和细微的裂缝，应采用裂缝观测仪进行监测，其精度为 0.1mm。

3.3.6 地下管线沉降监测

在地下管线沉降测点设计和设置前，应对地铁施工影响范围内的重要地下管线进行实地调查，其中特别应了解有压管线的结构、材料情况和雨污水管的接头和渗漏状况，在调查的基础上作出本施工标段管线平、断面图和管线状况报告。

地下管线测点重点布置在有压管线（如煤气管线、给水管线等）上，对抗变形能力差、易于渗漏和年久失修的雨污水管也应重点监测。测点布置在管线的接头处，或者对位移变化敏感的部位。

沉降监测采用的水准仪及其监测精度符合表 3.2.5 中有关要求。

4 浅埋暗挖法施工监控量测项目及要求

4.0.1 地铁采用浅埋暗挖法施工时，其监控量测项目见表4.0.1所示。

4.0.2 洞内及洞外观察

1 观察内容

(1) 地层的工程地质特性及其描述，包含开挖面地质描述和掌子面预测探孔的地质描述。

(2) 地下水类型、渗漏水状况、涌水量大小、位置、水质气味和颜色等。

(3) 开挖工作面的稳定状态，有无剥落现象。

(4) 初期支护完成后对喷层表面的观察、裂缝状况及渗漏水状况的描述，同时记录喷射混凝土是否产生剥离。

(5) 与施工段相应的地表和建（构）筑物状况。

2 观察频率

对开挖后尚未支护的围岩土层及掌子面探孔应随时进行观察并作记录，对开挖后已支护段的支护状态以及施工段相应地表和建（构）筑物，每施工循环观察和记录1次。

表 4.0.1

浅埋暗挖法施工监控量测项目总汇

类别	监测项目	监测仪器及元件	监测精度	测点布置	监测频率
应 测 项 目	洞内及洞外观 察	地质预探、描 述, 拱架支护 状态、建(构) 筑物等观察和 记录		每一开挖环一个断 面	开挖后立即进行
	地表沉降	水准仪	符合表 3.2.5 中有 关要求	详见第 4.0.3 条; 在工法变化的部位、 车站与区间、车站 与风道以及马头门 处等部位均应设置 监测断面	开挖面距监测断面 $\leq 2B$ 时 1~2 次 /天; 开挖面距监测断面 $\leq 5B$ 时 1 次/2 天; 开挖面距监测断面 $> 5B$ 时 1 次/周; 基本稳定后 1 次/月
	邻近建(构) 筑物	水准仪; 经纬仪或全站 仪; 裂缝观测仪	符合表 3.2.5 中有 关要求; $\pm 2''$, $\pm (2\text{mm} +$ $2\text{ppm})$; 0.1mm	根据建(构)筑物 的沉降、倾斜、裂 缝的不同内容分别 布置	按设计要求
	地下管线沉降	水准仪	符合表 3.2.5 中有 关要求	地下管线每 5~15 m 一个测点, 管线 接头处, 位移变化 敏感部位	按设计要求

(续)

应 测 项 目	初期支护结构拱顶(部)沉降	水准仪	符合表 3.2.5 中有关要求	每 10~30 m 一个断面, 每断面 1~3 个测点, 对于浅埋暗挖车站, 每个导洞均应布置断面	由开挖面距监测断面的距离和沉降速率综合决定, 详见条文
	初期支护结构净空收敛	收敛计	0.06 mm	每 10~30 m 一个断面, 每断面 1~3 根基线, 对于浅埋暗挖车站, 每个导洞均应布置断面	由开挖面距监测断面的距离和收敛速率共同决定, 详见条文
	地下水位	电测水位计、PVC 塑料管、可利用降水井	5.0 mm	取代表性地段设置	1 次/2 天
选 测 项 目	围岩压力及支护间接触应力	土压力盒、频率接收仪	0.15 %F _s	取代表性地段设 1~2 个主测断面, 每断面 5~11 个测点	开挖面距监测断面 $\leq 2B$ 时 1~2 次/天; 开挖面距监测断面前 $\leq 5B$ 时 1 次/2 天; 开挖面距监测断面 $> 5B$ 时 1 次/周; 基本稳定后 1 次/月
	土体分层沉降及水平位移	分层沉降仪; 测斜仪; 多点位移计(洞内观测)	1.0 mm; 0.02m/0.5 m; 0.1mm	与上述主测断面相对应设 1~2 个断面, 每断面 2~3 孔	开挖面距监测断面前后 $\leq 2B$ 时 1~2 次/天; 开挖面距监测断面前后 $\leq 5B$ 时 1 次/2 天; 开挖面距监测断面前后 $\geq 5B$ 时 1 次/周; 基本稳定后 1 次/月

(续)

选 测 项 目	钢筋格栅应力	钢筋计、测力计、频率接收仪	0.15 %F _s	与上述主测断面相对应设 1~2 个断面，每断面测点数量按工程情况确定	与围岩压力及支护间应力相同
	初期支护（喷射混凝土）、次衬砌内应力	应变计	0.15 %F _s	与上述主测断面相对应设 1~2 个断面，每断面 5~11 个测点	与围岩压力及支护间应力相同
	钢管柱受力	应力计、表面应变计、频率接收仪	0.15 %F _s	选择有代表性钢管柱进行监测，每个车站应不少于 1 个钢管柱，每柱 1 个测点	主体开挖时，1 次/天；结构施做时，1~2 次/周；结构完成后停测

注：1、B 为隧道开挖跨度

2、地质描述包括工程地质和水文地质描述

4.0.3 地表沉降监测

1 地表沉降测点的埋设

地表沉降测点的埋设按本规程第 3.2.2 条执行。

2 测点布置

(1) 地表沉降测点沿线路方向的布置，通常应沿左右线区间隧道的中线和沿车站中线各布设一行监测点；对于多导洞施工的车站，应在每一导洞中线和整体结构中线的正上方地表各布设一行监测点。监测点的纵向间距可按地表和地中的实际状况在 5~30m 之间选择。

横向监测断面可按照地表和地中的实际状况确定，车站在 2~3 个断面、区间在 3~5 个断面之间选择。每个横向监测断面布置 7~11 个测点，但其最外点应位于结构外沿不小于 1 倍埋深处；在特殊地质地段和周围存在重要建（构）筑物时，监测断面间距应加密。横断面上各测点应依据近密远疏的原则布设。

(2) 在工法变化的部位、车站与区间结合部位、车站与风道结合部位以及马头门处等部位均应设置沉降测点，测点数按工程结构、地层状况和周边环境确定。

3 监测仪器及监测中误差

沉降监测采用 DS1 水准仪，其监测精度符合表 3.2.5 中 III 等要求。

4 监测频率

当开挖面到监测断面前后的距离 $L \leq 2B$ 时，1~2 次/天；

当开挖面到监测断面前后的距离 $2B < L \leq 5B$ 时，1 次/2 天；

当开挖面到监测断面前后的距离 $L > 5B$ 时，1 次/周，基本稳定后 1 次/月（B：隧道直径或跨度；L：开挖面与监测点的水平距离）。

出现情况异常时，应增大监测频率。

4.0.4 初期支护结构拱顶（部）沉降及净空收敛监测

1 测点（线）布置

(1) 初期支护结构拱顶（部）沉降

每 10~30m 一个断面，每断面 1~3 个测点，对于浅埋暗挖车站，每个导洞均应布置断面。对于标准断面的单线区间隧道，每个断面可布置一个拱顶沉降测点，对于浅埋暗挖车站或非标准断面隧道等，则应布置不少于 3 个拱部沉降测点。拱顶（部）沉降监测的纵向间距，车站为 10~20m，区间为 15~30m。初期支护结构拱顶（部）沉降测点与地表沉降测点应互相对应，以便进行比对分析。

(2) 初期支护结构净空收敛

每 10~30m 一个断面，每断面 1~3 根基线，对于浅埋暗挖车站，每个导洞均应布置断面；对于标准断面的单线区间隧道，可在隧道拱脚处（全断面开挖时）或拱腰处（半断面开挖时）布置水平收敛测线。初期支护结构收敛的监测断面间距，车站为 10~20m，区间为 15~30m，并与地表和初期支护结构拱顶沉降监测断面互相对应。

监测断面应尽量靠近开挖工作面，测点一般设置在距离开挖面 2m 的范围内，如遇核心土长度较大时，可在其端部设置，并在开挖后 12 小时内获取初读数。

2 监测仪器及精度

拱顶（部）沉降采用水准仪 DS05，其监测精度符合表 3.2.5 中 II 等要求；净空收敛采用收敛计，监测精度为 0.06mm。

3 监测频率

初期支护结构拱顶（部）沉降监测和初期支护结构收敛监测的监测频率主要根据沉降和收敛速率及离开工作面的距离而定，见表 4.0.4。表中的两项选频条件中，应选用其中频率较高者。当拆除临时支撑时以及出现情况异常时，均应增大监测频率。

表 4.0.4 拱顶（部）沉降和净空收敛监测频率

沉降或收敛速率	距开挖面距离	监测频率
>2mm/天	0~1B	1~2次/天
0.5~2mm/天	1~2B	1次/天
0.1~0.5mm/天	2~5B	1次/2天
<0.1mm/天	5B以上	1次/周
基本稳定后		1次/月

注：B为隧道直径或跨度（m）。

同一监测断面内，由于测线和测点的不同，沉降和收敛速率也不同，因此应以产生的最大速率来决定监测频率。整个监测断面内的各基线或各测点应采用相同的监测频率。

4.0.5 地下水位监测

1 测点布置

取代表性地段设置。每个浅埋暗挖车站布置数量不少于4个水位观测孔，可利用降水井作部分观测孔。

2 监测仪器及精度

电测水位计及PVC塑料管。监测精度为5.0mm。

3 监测频率

监测频率一般为1次/2天。出现情况异常时，应增大监测频率。

4.0.6 围岩压力及支护间接触应力监测

1 测点布置

围岩压力及支护间接触应力一般采用土压力盒进行监测。应在车站和区间具有代表性的地段选择应力变化大或地质条件较差的部位各布置1~2个主测断面，每一断面5~11个测点。

2 监测仪器及精度

土压力盒、频率接收仪，监测精度为0.15%F.s。

3 监测频率

围岩压力及支护间应力的监测工作，应与拱顶沉降和初期支护结构净空收敛监测工作同步进行。

监测频率为：

当开挖面距监测断面 $\leq 2B$ 时，1次/天；

当开挖面距监测断面 $\leq 5B$ 时，1次/2天；

当开挖面距监测断面 $> 5B$ 时，1次/周；

根据数据分析确定压力或应力基本稳定后，1次/月。

在情况出现异常时，应增大监测频率。

若设计有特殊要求，则应按设计要求进行。

4.0.7 土体分层沉降及水平位移监测

1 测点布置

(1) 土体分层沉降监测

土体分层沉降应采用钻孔埋设分层沉降标或杆式多点位移计进行监测。埋设测点时，在隧道两侧的钻孔深度应超过隧道底板2~3m，而位于隧道顶部的钻孔深度应在隧道拱顶之上1~2m。测点的埋设稳定期应视不同地层情况在10天~30天之间。

(2) 土体水平位移监测

土体水平位移应采用钻孔埋设测斜管并配合测斜仪进行监测。测斜管的埋设必须与周围土体紧密相连，埋设稳定期应视不同地层情况在10天~30天之间。

(1)、(2)两项应同断面布置，监测断面与本规程第4.0.6条所设主测断面相对应。

2 监测方法

土体分层沉降监测时应同时对管口沉降进行测量，并将测得的变化值用来对分层沉降值进行修正。土体水平位移监测应以测斜管口为基准点，在监测的同时必须对管口进行水平位移监测，并将测得的变化值用来对土体水平位移值进行修正。当测斜管管底位于结构底板以下大于5m时，也可以管底作为基准点。土体

DB11/490—2007

分层沉降，如采用磁性沉降标的分层沉降仪，则磁性沉降标的设置间距 1~2m；测斜时每 0.5m 或 1.0m 读数一次。

深层土体垂直位移和水平位移的初始值应在测点埋设稳定后进行。

3 监测仪器及精度

分层沉降仪、测斜仪、多点位移计等，监测精度分别为 1.0mm、0.02mm/0.5m 和 1.0mm。

4 监测频率

监测频率一般为：

当开挖面距监测断面前后 $\leq 2B$ 时，1~2次/天；

当开挖面距监测断面前后 $\leq 5B$ 时，1次/2天；

当开挖面距监测断面前后 $> 5B$ 时，1次/周；

根据数据分析确定沉降或位移基本稳定后，1次/月。

在情况出现异常时，应增大监测频率。

4.0.8 钢筋格栅应力监测

1 测点布置

监测断面应与本规程第 4.0.6 条所设主测断面相对应。测点数量由设计根据工程具体情况确定。

2 监测仪器及精度

钢筋计或其它测力计及频率接收仪，监测精度为 0.15% F. s。

3 监测频率

钢筋格栅受力的监测工作，应与初期支护结构净空收敛监测工作同步进行。

监测频率为：

当开挖面距监测断面 $\leq 2B$ 时，1次/天；

当开挖面距监测断面 $\leq 5B$ 时，1次/2天；

当开挖面距监测断面 $> 5B$ 时，1次/周；

根据数据分析确定内力或外力基本稳定后，1次/月。

在情况出现异常时，应增大监测频率。

4.0.9 初期支护、二次衬砌内应力监测

1 测点布置

监测断面与本规程第4.0.6条所设主测断面相对应。每个断面5~11个测点。用混凝土应变计进行监测。

2 监测仪器及精度

钢弦式应变计、频率接收仪，监测精度为0.15%F.s。

3 监测频率

监测频率为：

当开挖面距监测断面 $\leq 2B$ 时，1次/天；

当开挖面距监测断面 $\leq 5B$ 时，1次/2天；

当开挖面距监测断面 $> 5B$ 时，1次/周；

根据数据分析确定内应力或表面应力基本稳定后，1次/月。

在出现情况异常时，应增大监测频率。

4.0.10 钢管柱受力监测

1 测点布置

对于浅埋暗挖车站，可对部分钢管柱进行受力监测。每个车站受测钢管柱数量不得少于4根，每柱4个测点，在同一水平断面内，按间隔 90° 布置。

2 监测仪器及精度

表面应变计、频率接收仪，监测精度为0.15%F.s。

3 监测频率

按设计要求或表4.0.1的规定进行监测。出现情况异常时，应增大监测频率。

5 盾构法施工监控量测项目及要求

5.0.1 地铁采用盾构法施工时，应对土体介质、隧道结构（主要为管片衬砌）和周边环境进行监控量测，其具体监控量测项目见表 5.0.1 所示。

5.0.2 监控量测应在盾构掘进前测得初始读数。在对土体、隧道结构和周边环境进行监测的同时，应对盾构开挖面土压力、推力、推进速度、盾构姿态、注浆量、注浆压力、出土量等施工参数同步采集，及时进行监测数据的分析和反馈。

5.0.3 洞内及洞外观察

隧道施工过程中应进行洞内和洞外的观察。洞内观察主要是对已安装的管片衬砌的工作状态（包括：管片变形、开裂、错台、拼装缝、掉块以及漏水状况等）、盾构机和出土情况进行观察和记录；洞外观察主要是地表开裂、地表隆沉、建（构）筑物开裂、倾斜、隆沉等状况的观察和记录。

洞内观察和洞外观察应根据隧道内和周边建（构）筑物环境情况确定其观测频率，但每天观测应不少于一次。

5.0.4 地表沉降（或隆起）监测

1 地表沉降测点的埋设

地表沉降测点的埋设应按本规程第 3.2.2 条执行。

2 测点的布置

(1) 纵向地表测点沿盾构推进轴线设置，测点间距为 10～30m。在地层或周边环境较复杂地段布置横向监测断面。横向地表测点的布置范围应根据预测的沉降槽确定，一般可在地铁结构外沿两侧各 30m 范围内布设。一排横向地表测点不宜少于 7 个，且应依据近密远疏的原则布置。

(2) 在盾构始发的 100m 初始掘进段内，监测布点宜适当加密，并宜布置一定数量的横向监测断面。

(3) 在工法和结构断面变化的部位如车站与区间结合部位、车站与风道结合部位等应设置监测点。

3 监测仪器及精度

地表沉降（或隆起）采用水准测量方法进行。监测仪器采用DS1水准仪，其监测精度符合表3.2.5中Ⅲ等要求。

4 监测频率

监测频率应根据盾构施工情况、监测断面距开挖面的距离和沉降速率来确定。出现异常情况时，应增大监测频率。

一般情况下可选用如下监测频率：

掘进面距监测断面前后 $\leq 20\text{m}$ 时 1~2次/天；

掘进面距监测断面前后 $\leq 50\text{m}$ 时 1次/2天；

掘进面距监测断面前后 $> 50\text{m}$ 时 1次/周；

根据数据分析确定沉降基本稳定后，1次/月。

表 5.0.1

盾构法施工监控量测项目总汇

类别	监测项目	监测仪器及元件	监测精度	测点布置	监测频率
应 测 项 目	洞内及洞外观 察	洞内的管片衬 砌变形、开裂 等，洞外的地 表沉降开裂、 建筑物开裂等 的肉眼观察			每天不少于1次
	地表沉降（或 隆起）	水准仪	符合表 3.2.5 中有 关要求	详见第 5.0.4 条	详见第 5.0.4 条
	邻近建（构） 筑物	水准仪； 全站仪或经纬 仪； 裂缝观测仪	符合表 3.2.5 中有 关要求； $\pm 2''$ ， $\pm (2\text{mm} +$ $2\text{ppm})$ ； 0.1mm	根据建（构）筑物 的沉降、倾斜、裂 缝的不同内容分别 布置，详见相应的 条文	周围建（构）筑物的沉降和倾斜监 测频率与地表沉降的观测频率相 同。 建（构）筑物裂缝监测频率按照控 制两次观测期间裂缝发展不大于 0.1mm 及裂缝所处位置而定
	地下管线沉降	水准仪	符合表 3.2.5 中有 关要求	地下管线每 5~15m 一个测点，管线接 头处或位移变化敏 感部位	与地表沉降相同
	管片衬砌变形	全站仪； 收敛仪； 断面扫描仪	$\pm 2''$ ， $\pm (2\text{mm} +$ $2\text{ppm})$ ； 0.06mm 1mm	每一盾构施工的区 间隧道设 1~2 个主 测断面	分别在衬砌拼装成环，但尚未脱出 盾尾即无外荷载作用时和衬砌环脱 出盾尾承受外荷作用且能通视时两 个阶段进行监测

(续)

选 测 项 目	土体分层沉降及水平位移	分层沉降仪； 测斜仪	1.0mm； 0.02mm/0.5m	与上述主测断面相对应设1~2个主测断面	与地表沉降相同
	管片衬砌和地层间接触应力	土压力盒、频率接收仪	0.15%F.s	与上述主测断面相对应设1~2个主测断面，每一断面不少于5个测点	与地表沉降相同
	管片内力	钢筋应力计、混凝土应变计、螺栓应力计	0.15%F.s	与上述主测断面相对应设1~2个主测断面，每一断面不少于5个测点	与地表沉降相同

5.0.5 管片衬砌变形监测

管片衬砌变形监测主要包括隆沉、水平位移监测及断面收敛变形监测。

1 测点布置

盾构施工的每一区间隧道设 1~2 个主测断面。

如采用收敛仪进行管片衬砌收敛监测，主测断面的拱顶（0°）、拱底（180°）、拱腰（90°和 270°）处共埋设 4 个测点，量测横径和竖径的变化，并以椭圆度表示管片圆环的变形，实测椭圆度=横径-竖径。

2 监测仪器及精度

管片衬砌隆沉及水平位移监测：全站仪及反射棱镜，监测精度：测角和测距分别为 2.0"和 2mm+2ppm。隆沉也可采用水准仪，精度符合表 3.2.5 中有关要求。

管片衬砌断面收敛变形监测：全站仪，监测精度：测角和测距分别为 2.0"和 2mm+2ppm；收敛计精度为 0.06mm。

3 监测频率

分别在衬砌拼装成环尚未脱出盾尾即无外荷载作用时和衬砌环脱出盾尾承受外荷作用且能通视时两个阶段进行监测。衬砌环脱出盾尾后 1 次/天，距盾尾 50m 后 1 次/2 天，100m 后 1 次/周，基本稳定后 1 次/月。

5.0.6 土体分层沉降及水平位移监测

监测断面应与本规程第 5.0.5 条所设主测断面相对应，以监测盾构施工对地层的影响。

土体分层沉降应采用钻孔埋设分层沉降标，用分层沉降仪进行监测；也可采用多点位移计等进行监测。土体水平位移应采用钻孔埋设测斜管，用测斜仪进行监测。

1 测点布置

对于土体分层沉降，磁性沉降标的设置间距 1~2m。埋设沉

降标测点时，在隧道两侧的钻孔深度应超过隧道底板 2~3m，而位于隧道顶部的钻孔深度应在隧道拱顶之上 1~2m。测点的埋设稳定期应视不同地层情况在 10 天~30 天之间。

测斜时，每 0.5m 或 1.0m 读数一次。测斜管的埋设必须与周围土体紧密相连，埋设稳定期应视不同地层情况在 10 天~30 天之间。

2 监测仪器及精度

分层沉降：分层沉降仪、多点位移计等；监测精度为 1.0mm。

水平位移：测斜仪，监测精度为 0.02mm/0.5m。

3 监测频率

监测频率应根据盾构施工情况、监测断面距开挖面的距离和沉降速率来确定。出现异常情况时，应增大监测频率。

一般情况下可选用如下监测频率：

掘进面距监测断面前后 $\leq 20\text{m}$ 时 1~2 次/天；

掘进面距监测断面前后 $\leq 50\text{m}$ 时 1 次/2 天；

掘进面距监测断面前后 $> 50\text{m}$ 时 1 次/周；

根据数据分析确定沉降基本稳定后，1 次/月。

5.0.7 管片衬砌和地层的接触应力监测

1 监测元件及其安设

管片衬砌和地层间的接触应力采用压力盒进行监测。压力盒应在管片预制时安设在管片背面，压力盒外膜应与管片背面在一个平面上。

2 测点布置

监测断面应与本规程第 5.0.5 条所设主测断面相对应，每一断面不少于 5 个测点。

3 监测仪器及精度

土压力盒，频率接收仪，监测精度为 0.15%F.s。

4 监测频率

监测频率应根据盾构施工情况、监测断面距开挖面的距离和沉降速率来确定。出现异常情况时，应增大监测频率。

一般情况下可选用如下监测频率：

掘进面距监测断面前后 $\leq 20\text{m}$ 时 1~2 次/天；

掘进面距监测断面前后 $\leq 50\text{m}$ 时 1 次/2 天；

掘进面距监测断面前后 $> 50\text{m}$ 时 1 次/周；

根据数据分析确定沉降基本稳定后，1 次/月。

5.0.8 管片内力监测

1 测点布置

监测断面应与本规程第 5.0.5 条所设主测断面相对应，每一断面不少于 5 个测点。钢筋应力计和混凝土应变计应在管片预制时安装。

2 监测仪器及精度

钢筋应力：钢筋应力计，监测精度为 $0.15\%F_s$ 。

混凝土应变：混凝土应变计，监测精度为 $0.15\%F_s$ 。

螺栓应力：螺栓应力计，监测精度为 0.5MPa 。

3 监测频率

监测频率应根据盾构施工情况、监测断面距开挖面的距离和沉降速率来确定。出现异常情况时，应增大监测频率。

一般情况下可选用如下监测频率：

掘进面距监测断面前后 $\leq 20\text{m}$ 时 1~2 次/天；

掘进面距监测断面前后 $\leq 50\text{m}$ 时 1 次/2 天；

掘进面距监测断面前后 $> 50\text{m}$ 时 1 次/周；

根据数据分析确定沉降基本稳定后，1 次/月。

6 地铁明（盖）挖法及竖井施工 监控量测项目及要 求

6.0.1 地铁采用明（盖）挖法施工时，其监控量测项目见表 6.0.1 所示。

6.0.2 基坑及其周围环境描述

1 观察内容

基坑开挖后地层的工程地质特性、地表及地表裂缝情况。

地下水类型、渗水量大小、位置、水质气味、颜色等。

围护结构（含桩）及支撑结构状况。

盖挖法施工时，桩、柱与盖板的连接及混凝土状况。

基坑周边建筑物及其基础状况。

2 观察频率

基坑开挖后 1 次/1 天；情况异常时，加密观察频率。主体结构完成后结束。

6.0.3 地表沉降监测

1 地表沉降测点的埋设

地表沉降测点的埋设应按 3.2.2 条执行。

2 测点布置

(1) 在基坑四周距坑边 10m 的范围内沿坑边设 2 排沉降测点，排距 3~8m，点距 5~10m。当基坑邻近处有建（构）物或地下管线时，应按本规程第 3.3.3 条、3.3.6 条及表 6.0.1 有关规定增加沉降测点。

(2) 在工法变化的部位、车站与区间结合部位、车站与风道结合部位以及风道、马头门处等部位均应增设测点。

表 6.0.1

明（盖）挖法施工监控量测项目总汇

类别	监测项目	监测元件与仪器	监测精度	监测范围及测点布置	监测频率
应 测 项 目	基坑及其周围环境描述			对开挖后工程地质与水文地质的观察记录（地层、节理裂隙形态及充填性、含水情况等）；支护裂隙和拱架支护状态的观察描述；邻近建（构）筑物及地面的变形、裂缝等的观察描述	全过程，1次/天，情况异常时，加密监测频率
	地表沉降	水准仪	符合表 3.2.5 中有关要求	详见第 6.0.3 条。	基坑开挖期间：基坑开挖深度 $h \leq 5\text{m}$ ，1次/3天； $5\text{m} < h \leq 10\text{m}$ ，1次/2天； $10\text{m} < h \leq 15\text{m}$ ，1次/天； $h > 15\text{m}$ ，2次/天。
	周边建（构）筑物变形	水准仪； 经纬仪或全站仪； 裂缝观测仪	符合表 3.2.5 中有关要求； $\pm 2''$ ，土（ $2\text{mm} + 2\text{ppm}$ ）； 0.1mm	基坑开挖深度约 1~2 倍的距离范围，在建筑物的四角（拐角）上，高低悬殊或新旧建筑物连接处、伸缩缝、沉降缝和不同埋深基础的两侧，每幢建筑物上不宜少于 1 个沉降点，两组倾斜测点（每组 2 个）。 见第 3.3.3、3.3.4、3.3.5 条。	按设计要求

(续)

应 测 项 目	地下管线沉降	水准仪	符合表 3.2.5 中有关要求	基坑开挖深度约 1~2 倍的距离范围, 重要管线、管线接头处均应布置监测测点, 沿管线延伸方向每 5m~15m 布设 1 个沉降测点。见第 3.3.6 条。	按设计要求
	围护桩(墙)顶水平位移和垂直位移	全站仪或经纬仪; 水准仪	$\pm 2''$, $\pm (2\text{mm} + 2\text{ppm})$; 符合表 3.2.5 中有关要求	沿基坑长边设置 3~4 个主测断面, 断面在基坑两侧的桩(墙)顶设测点	见第 6.0.4 条文字说明
应 测 项 目	支撑轴力	应变计、轴力计、频率接收仪	$0.15\%F_s$	与第 6.0.4 条中相应位置设 3~4 个主测断面, 该断面位置的全部支撑均设测点。 测点一般布置在支撑的端部或中部。对监测轴力的重要支撑, 宜同时监测其两端和中部的沉降和位移	分见各项文字说明
	地下水位	电测水位计、PVC 塑料管、可利用降水井	5.0mm	基坑的四角点以及基坑的长短边中点布置测点, 或沿基坑长边每 20~40m 布置一个测点, 测点距基坑围护结构距离为 1.5~2m 左右	
	盖挖法顶板内力	应变计、钢筋计、频率接收仪	$0.15\%F_s$	在立柱与顶板的纵横断面上, 立柱与顶板的刚性连接部位以及两根立柱的跨中部位各布置 2 个测点	

(续)

应 测 项 目	盖挖法立柱内力及沉降	水准仪； 表面应变计、 频率接收仪	符合表 3.2.5 中有关要求； 0.15%F.s	柱身全高，在标准段选择 4~5 根具有代表性的立柱进行内力和沉降监测，测点布置在立柱的端部或中部	分见各项文字说明
	竖井井壁净空收敛	收敛计	0.06mm	竖井结构的长、短边中点，沿竖向 3~5m 置一个监测断面；每个监测断面不少于 2 条测线	
	围护桩（墙）变形	测斜仪	0.02mm/0.5m	与第 6.0.4 条中相应位置设 3~4 个主测断面，该断面在基坑两侧对应的桩（墙）均设测点。监测深度应不小于围护结构深度。同时，在基坑的深度变化处宜增加测点	
选 测 项 目	围护桩（墙）内力	应力计、频率接收仪	0.15%F.s	与第 6.0.4 条中相应位置设 3~4 个主测断面，该断面在基坑两侧对应的桩（墙）均设测点。基坑深度变化处以及基坑的拐角处桩体宜增加测点	分见各项文字说明
	孔隙水压力	孔隙水压力计	0.15%F.s	与地下水位相同	
	土体分层沉降及水平位移	分层沉降仪， 测斜仪， 测斜管	1.0mm 0.02mm/0.5m	在水文地质、工程地质变化较大的区段等特殊地段选取监测断面，或沿基坑长边每 30~40m 一个断面。对于土体分层沉降：沉降标的设置间距 1~2m；测斜时每 0.5m 或 1.0m 读数一次	

(续)

选测项目	基坑底部隆起	水准仪	符合表 3.2.5 中有关要求	基坑中线处设 2—3 点	分见各项文字说明
	锚杆 (锚索、土钉) 受力	锚杆轴力计、钢筋计、频率接收仪	0.1kN	每 100 根锚杆选取 1—3 根, 应与桩和支撑监测位置相应	

* 基坑放坡设计时, 其坡顶水平位移监测参照本表桩 (墙) 顶水平位移监测内容。

(3) 盖挖法施工时，测点布置可参照本规程第 4.0.3 条执行。

3 监测仪器及精度

沉降监测采用 DS1 水准仪，其监测精度符合表 3.2.5 中 III 等要求。

4 监测频率

基坑开挖期间：

基坑开挖深度 $H \leq 5\text{m}$ ，1 次/3 天； $5\text{m} < H \leq 10\text{m}$ ，1 次/2 天； $10\text{m} < H \leq 15\text{m}$ ，1 次/天； $H > 15\text{m}$ ，2 次/天。

基坑开挖完成以后：

1~7 天，1 次/天；7~15 天，1 次/2 天；15~30 天，1 次/3 天；30 天以后，1 次/周；经数据分析确认达到基本稳定后，1 次/月。

拆撑时频率适当加密，同时如出现位移值明显增大时，也应加密监测次数。

盖挖法施工时，其监测频率可按盖挖深度比照上述基坑开挖深度执行。

6.0.4 桩（墙）顶的水平位移和垂直位移监测

1 测点布置

(1) 沿基坑长边设置 3~4 个主测断面，断面在基坑两侧的围护桩（墙）顶设测点。

(2) 对于水平位移变化剧烈的区域，宜适当加密测点，有水平横支撑时，测点宜布置在两道水平支撑的跨中部位。

(3) 同一测点可以兼作水平位移和垂直沉降观测使用。

2 监测仪器及精度

围护桩（墙）顶沉降测量可采用水准仪，其监测精度符合表 3.2.5 中有关要求。

围护桩（墙）顶水平位移可采用经纬仪或全站仪测量，监测

精度为 $\pm 2''$ ， $\pm (2\text{mm}+2\text{ppm})$ 。

围护桩（墙）顶水平位移可也采用测斜仪，监测精度为 $0.02\text{mm}/0.5\text{m}$ 。

3 监测频率

基坑开挖期间：

基坑开挖深度 $H \leq 5\text{m}$ ，1次/3天； $5\text{m} < H \leq 10\text{m}$ ，1次/2天； $10\text{m} < H \leq 15\text{m}$ ，1次/天； $H > 15\text{m}$ ，2次/天。

基坑开挖完成以后：

1~7天，1次/天；7~15天，1次/2天；15~30天，1次/3天；30天以后，1次/周；经数据分析确认达到基本稳定后，1次/月。

出现情况异常时，增大监测频率。

6.0.5 支撑轴力监测

1 测点布置

与本规程第6.0.4条中相应位置设3~4个主测断面，该断面位置的全部支撑均设测点。受力较大的斜撑和基坑深度变化处宜增设测点。测点一般布置在支撑的端部或中部，当支撑长度较大时也可安设在 $1/4$ 点处。对监测轴力的重要支撑，宜同时监测其两端和中部的沉降和位移。

2 监测仪器及精度

采用轴力计在端部直接量测支撑轴力，或采用表面应变计间接量测和计算支撑轴力，监测精度为 $0.15\%F_s$ 。

3 监测频率

基坑开挖期间：

基坑开挖深度 $H \leq 5\text{m}$ ，1次/3天； $5\text{m} < H \leq 10\text{m}$ ，1次/2天； $10\text{m} < H \leq 15\text{m}$ ，1次/天； $H > 15\text{m}$ ，2次/天。

基坑开挖完成以后：

1~7天，1次/天；7~15天，1次/2天；15~30天，1次/

DB11/490—2007

3天；30天以后，1次/周；经数据分析确认达到基本稳定后，1次/月。

出现情况异常时，增大监测频率。

6.0.6 地下水位监测

1 测点布置

测点宜布置在基坑的四角点以及基坑的长短边中点；对于长大的基坑，沿长边每30~40m布置一个测点，测点距基坑围护结构距离1.5~2m左右。可利用部分降水井作监测。

2 监测仪器及精度

电测水位计以及PVC塑料管。监测精度为5.0mm。

3 监测频率

基坑开挖期间：

基坑开挖深度 $H \leq 5\text{m}$ ，1次/3天； $5\text{m} < H \leq 10\text{m}$ ，1次/2天； $10\text{m} < H \leq 15\text{m}$ ，1次/天； $H > 15\text{m}$ ，2次/天。

基坑开挖完成以后：

1~7天，1次/天；7~15天，1次/2天；15~30天，1次/3天；30天以后，1次/周；经数据分析确认达到基本稳定后，1次/月。

出现异常情况时，增大监测频率。

6.0.7 盖挖法顶板内力监测

1 测点布置

选择具有代表性的断面进行顶板内力监测。在立柱（或边桩）与顶板的连接部位以及两根立柱（或边桩与立柱）的跨中部位各布置2个测点。

2 监测仪器及精度

应变计、钢筋计及频率接收仪。监测精度为0.15%F.s。

3 监测频率

在开挖及结构施工期间，1次/2天；结构完成后，1次/周；

经数据分析确认达到基本稳定后，1次/月。

出现异常情况时，增大监测频率。

6.0.8 盖挖法立柱内力及沉降监测

1 立柱的内力监测

(1) 测点布置

标准段选择4~5根具有代表性的立柱进行内力监测，测点布置在立柱中部。一般可沿立柱外周边均匀布置4个测点。

(2) 监测仪器及精度

表面应变计、频率接收仪。监测精度为0.15%F.s。

(3) 监测频率

在开挖及结构施工期间，1次/2天；结构完成后，1次/周；经数据分析确认达到基本稳定后，1次/月。

出现异常情况时，增大监测频率。

2 立柱的沉降监测

(1) 测点布置

测点一般布置在与立柱刚性连接的顶板表面上，采用铆钉枪打入或钻孔埋设膨胀螺丝。

(2) 监测仪器及精度

采用水准仪，其监测精度符合表3.2.5中有关要求。

(3) 监测频率

在开挖及结构施工期间1次/2天；结构完成后1次/周；经数据分析确认达到基本稳定后，1次/月。

出现异常情况时，增大监测频率。

6.0.9 竖井井壁净空收敛监测

1 测点布置

竖井结构的长、短边中点，沿竖向原则上按3~5m布置一个监测断面。每个监测断面最少布置2条测线。

2 测量仪器及精度

收敛计。监测精度为 0.06mm。

3 监测频率

在开挖及井壁结构施工期间 1 次/天；结构完成后 1 次/2 天；经数据分析确认达到基本稳定后 1 次/月。出现情况异常时，增大监测频率。

6.0.10 围护桩（墙）变形监测

1 测点布置

本项内容为监测围护桩（墙）的水平方向变形。与 6.0.4 条中相应位置设 3~4 个主测断面，该断面在基坑两侧对应的桩（墙）均设测点。沿桩（墙）竖直方向上监测间距为 0.5m 或 1.0m。监测总深度应与围护桩（墙）深度一致。基坑的深度变化处宜增加测点。

2 监测仪器及精度

测斜仪和测斜管。监测精度为 0.02mm/0.5m。

3 测斜管的埋设

测斜管应埋设在围护桩体或墙体内，并应采用绑扎方法固定在钢筋笼上与其一起沉入孔（槽）中。

测斜管应在基坑开挖前 2~4 个星期埋设完毕，在开挖前的 3~5 天内重复测量 2~3 次，待判明测斜管已经处于稳定状态后，将其作为初始值，开始正式监测工作。

4 监测频率

基坑开挖期间：

基坑开挖深度 $H \leq 5\text{m}$ ，1 次/3 天； $5\text{m} < H \leq 10\text{m}$ ，1 次/2 天； $10\text{m} < H \leq 15\text{m}$ ，1 次/天； $H > 15\text{m}$ ，2 次/天。

基坑开挖完成以后：

1~7 天，1 次/天；7~15 天，1 次/2 天；15~30 天，1 次/3 天；30 天以后，1 次/周；经数据分析确认达到基本稳定后，1 次/月。

情况异常时，增大监测频率。

6.0.11 围护桩（墙）内力监测

1 测点布置

与 6.0.4 条中相应位置设 3~4 个主测断面，该断面在基坑两侧对应的围护桩（墙）均设测点。测点数量和位置按设计要求执行。

2 监测仪器及精度

应力计、频率接收仪。监测精度为 0.15%F.s。

3 监测频率

基坑开挖期间：

基坑开挖深度 $H \leq 5\text{m}$ ，1 次/3 天； $5\text{m} < H \leq 10\text{m}$ ，1 次/2 天； $10\text{m} < H \leq 15\text{m}$ ，1 次/天； $H > 15\text{m}$ ，2 次/天。

基坑开挖完成以后：

1~7 天，1 次/天；7~15 天，1 次/2 天；15~30 天，1 次/3 天；30 天以后，1 次/周；经数据分析确认达到基本稳定后，1 次/月。

出现情况异常时，增大监测频率。

6.0.12 孔隙水压力监测

1 测点布置

基坑的四角点以及基坑的长短边中点布置，对于长边较大的基坑，每 30~40m 布置一个测点，测点距基坑围护结构距离 1.5~2m 左右。

2 监测仪器及精度

孔隙水压计及其相应的接收仪。监测精度为 0.15%F.s。

在埋设前必须对水压计进行标定检测，测定其率定曲线、精度、误差，并检验其密封可靠性。

3 仪器埋设方法

(1) 钻孔埋设法；

(2) 压入法。

4 监测频率

基坑开挖期间：

基坑开挖深度 $H \leq 5\text{m}$ ，1次/3天； $5\text{m} < H \leq 10\text{m}$ ，1次/2天； $10\text{m} < H \leq 15\text{m}$ ，1次/天； $H > 15\text{m}$ ，2次/天。

基坑开挖完成以后：

1~7天，1次/天；7~15天，1次/2天；15~30天，1次/3天；30天以后，1次/周；经数据分析确认达到基本稳定后，1次/月。

6.0.13 土体分层沉降及水平位移监测

1 测点布置

在特殊地质地段和周围存在重要建（构）筑物时，应按设计要求进行土体分层沉降和土体水平位移监测。土体分层沉降监测和土体水平位移监测一般需同时布置。

土体分层沉降的监测宜采用钻孔埋设分层沉降标。沉降标的设置间距为1~2m；测斜时每0.5m或1.0m读数一次。在竖向位置上主要布置在各土层的分界面，当土层厚度较大时，在地层中部增加测点。埋设沉降标时，钻孔的深度应大于基坑底的标高。沉降标的埋设稳定期不应少于30天。

深层土体垂直位移和水平位移的初始值应在分层标和测斜管埋设稳定后进行，一般不少于7天。每次监测应重复进行两次，两次误差值不大于 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

2 监测仪器及精度

分层沉降仪、测斜仪，多点位移计等。监测精度分别为1.0mm、0.02mm/0.5m、1.0mm。

3 监测频率

基坑开挖期间：

基坑开挖深度 $H \leq 5\text{m}$ ，1次/3天； $5\text{m} < H \leq 10\text{m}$ ，1次/2

天； $10\text{m} < H \leq 15\text{m}$ ，1次/天； $H > 15\text{m}$ ，2次/天。

基坑开挖完成以后：

1~7天，1次/天；7~15天，1次/2天；15~30天，1次/3天；30天以后，1次/周；经数据分析确认达到基本稳定后，1次/月。

出现情况异常时，增大监测频率。

6.0.14 基坑底部隆起监测

1 测点布置

在特殊地质地段和周边存在高大建（构）筑物时，应按设计要求进行基坑底部隆起监测。测点布置可根据基坑长度在其中线处设2~3点。监测应视土层和环境的不同情况，在开挖距坑底5m~8m时开始初读数。

2 监测仪器及精度

采用水准仪，其监测精度符合表3.2.5中有关要求。

3 监测频率

1次/天，直至结构底板铺设时停止监测。

6.0.15 锚杆（锚索、土钉）受力监测

1 测点布置

在特殊地质地段、周边存在高大建（构）筑物和基坑深度较大时，应按设计要求进行锚杆（锚索、土钉）受力监测。监测数量为每100根锚杆选取1~3根，监测锚杆应与监测桩和支撑位于相应的位置。

2 监测仪器及精度

锚杆轴力计，钢筋计及频率接收仪。0.1kN。

3 监测频率

基坑施工全过程，1次/天。

7 地铁工程监控量测值控制标准

7.1 一般规定

7.1.1 为使北京地铁工程符合确保结构自身安全及周围建（构）筑物安全的原则，特制定监控量测值控制标准。

7.1.2 根据北京地铁施工经验并参考相关规程，对浅埋暗挖法施工、盾构法施工、地铁明（盖）挖法施工以及竖井施工而引起的地表沉降等监控量测项目建立相应的控制值标准。

7.1.3 地铁穿越工程、地铁周边建（构）筑物及地下管线的监控量测控制值标准应根据地铁工程及周边环境的实际状况和现场监控量测值的综合分析结果，并经评估后予以确定。对于特别重要或者周边环境十分复杂的地铁工程应进行专项设计，以确定其安全控制标准。

7.1.4 地铁工程监控量测控制标准要根据地铁结构跨度、埋置深度、工程地质及水文地质特点、施工工法等因素综合考虑确定。对于一般情况，北京地铁工程监控量测控制标准可分别采用表 7.2.1、表 7.2.2、表 7.2.3 中所列数值。

7.2 地铁工程监控量测值控制标准

7.2.1 地铁浅埋暗挖法施工监控量测值控制标准

地铁浅埋暗挖法施工监控量测控制标准见表 7.2.1。

表 7.2.1 地铁浅埋暗挖法施工监控量测值控制标准

序号	监测项目及范围		允许位移控制值 U_0 (mm)	位移平均速率控制值 (mm/d)	位移最大速率控制值 (mm/d)
1	地表沉降	区间	30	2	5
		车站	60		
2	拱顶沉降	区间	30	2	5
		车站	40		
3	水平收敛		20	1	3

注：1、位移平均速率为任意 7 天的位移平均值；位移最大速率为任意 1 天的最大位移值（下同）。

2、本表中区间隧道跨度为 $<8\text{m}$ ；车站跨度为 $>16\text{m}$ 和 $\leq 25\text{m}$ 。

3、本表中拱顶沉降系指拱部开挖以后设置在拱顶的沉降测点所测值（下同）。

7.2.2 地铁盾构法施工监控量测值控制标准

地铁盾构法施工监控量测值控制标准见表 7.2.2。

表 7.2.2 地铁盾构法施工监控量测值控制标准

序号	监测项目及范围	允许位移控制值 U_0 (mm)	位移平均速率控制值 (mm/d)	位移最大速率控制值 (mm/d)
1	地表沉降	30	1	3
2	拱顶沉降	20	1	3
3	地表隆起	10	1	3

7.2.3 地铁明（盖）挖法施工监控量测值控制标准

明（盖）挖法施工监控量测值控制标准见表 7.2.3，其中，基坑安全等级（一级、二级及三级）的划分见附录 A。

表 7.2.3 地铁明（盖）挖法施工监控量测值控制标准

序号	监测项目及范围	允许位移控制值 U_0 (mm)			位移平均速率控制值 (mm/d)	位移最大速率控制值 (mm/d)
		一级基坑	二级基坑	三级基坑		
1	围护桩（墙）顶部沉降	≤ 10			1	1
2	地表沉降	$\leq 0.15\% H$ 或 ≤ 30 ，两者取小值	$\leq 0.2\% H$ 或 ≤ 40 ，两者取小值	$\leq 0.3\% H$ 或 ≤ 50 ，两者取小值	2	2
3	围护桩（墙）水平位移	$\leq 0.15\% H$ 或 ≤ 30 ，两者取小值	$\leq 0.2\% H$ 或 ≤ 40 ，两者取小值	$\leq 0.3\% H$ 或 ≤ 50 ，两者取小值	2	3
4	竖井水平收敛	50			2	5
5	基坑底部土体隆起	20	25	30	2	3

注：H 为基坑开挖深度

DB11/490—2007

7.2.4 在地铁设计与施工的初期，应按表 7.2.1、表 7.2.2 和表 7.2.3 的控制值标准执行。在施工过程中，设计和施工单位可根据地铁工程监测数据的实际情况，并按照本规程第 7.1.3 条和第 7.1.4 条的规定提出对表中的控制值进行适当调整的方案。该调整值应经论证后确定。

8 地铁工程监控量测管理及信息反馈

8.1 一般规定

8.1.1 总则

1 监控量测工作实行项目经理负责制，在其领导下成立监测组，责任落实到人。监测组应保证下列各项工作的正常实施。

2 根据设计文件要求编制监控量测实施方案。

3 监控量测工作必须建立完备的管理制度和信息反馈制度，建立及时和畅通的信息沟通渠道。

4 监控量测过程中应做好测点的保护工作。

5 监控量测过程中使用的仪器设备必须保证其精度和可靠性。

6 监测数据及资料必须有完整清晰的记录，包括图表、曲线、文字报告等，以保证监控量测资料的完整性和连续性。

7 及时对各种数据进行整理分析，判断工程的稳定性，并及时将有关信息反馈到施工中。

8.1.2 监控量测项目设置的原则

1 监控量测项目的设置应以满足地铁工程施工及周边环境安全为基本要求，同时兼顾经济性。

2 应测项目和选测项目及其相应的监测范围、数量等应由设计单位根据地铁工程的具体条件和本规程的要求进行选择确定。

8.2 监控量测管理的基本要求

8.2.1 监控量测管理工作是监控量测工作成败的关键，必须予以充分的重视。在监测工作中，监测组应与相关单位和人员密切配合，并应保证监测方案的合理性、监测数据的真实性、测点和仪器的稳定可靠性、数据处理、反馈的及时性以及监测周期的完

整性。

8.2.2 监控量测工作必须采取有力的质量保证措施，以确保该项工作高质量的完成。

8.3 监控量测的信息处理与反馈

8.3.1 取得监测数据后，应及时进行整理和校对。施工监控量测的各类数据均应及时绘制成时态曲线，同时应注明开挖方法和施工工序及开挖面距监测断面的距离等信息。

8.3.2 监控量测数据的计算分析工作中除应对每个项目进行单项分析外，还应进行多项目的综合分析。

8.3.3 当监测时态曲线呈现收敛趋势时，应根据曲线形态选择合适的函数，对监测结果进行回归分析，以预测该测点可能出现的最终位移值和预测结构和建（构）筑物的安全性，据此确定施工方法及判定施工方法的适应性。

8.3.4 监测项目应按“分区、分级、分阶段”的原则制定监控量测控制标准，并按黄色、橙色和红色三级预警进行反馈和控制。

8.3.5 当实测数据出现任何一种预警状态时，监测组应立即向施工主管、监理、建设和其他相关单位报告，获得确认后应立即提交预警报告。

附录 A 地铁明挖基坑及其分级

地铁结构多修建在繁华的街区，根据基坑的开挖深度、周围环境保护要求将基坑的安全等级划分为三级，如表 A 所示。

表 A 基坑安全等级划分

安全等级	周边环境保护要求
一级	1. 基坑周边以外 $0.7H$ 范围内有地铁结构、桥梁、高层建筑、共同沟、煤气管、雨污水管、大型压力总水管等重要建（构）筑物或市政基础设施； 2. $H \geq 15\text{m}$ 。
二级	1. 基坑周边以外 $0.7H$ 范围内无重要管线和建（构）筑物；而离基坑 $0.7H \sim 2H$ 范围内有重要管线或大型的在用管线、建（构）筑物； 2. $10 \leq H < 15\text{m}$ 。
三级	1. 基坑周边 $2H$ 范围内没有重要或较重要的管线、建（构）筑物； 2. $H < 10\text{m}$ 。

注：H 为基坑开挖深度。

附录 B 地铁浅埋暗挖法施工围岩 及支护状态观察记录表

表 B 地铁浅埋暗挖法施工围岩及支护状态观察记录表

工程名称：

观察段位置：

开挖面里程：

序号	观察项目	状 况 描 述
1	开挖面地质描述	
2	掌子面预测探孔的地质描述	
3	地下水类型、渗漏水状况、涌水量大小、涌水位置、气味、颜色	
4	开挖工作面的稳定状态、土层有无剥离现象	
5	喷层表面的观察、裂缝状况的描述、喷混凝土有无裂纹或剥离现象	
6	与施工段相应的地表和建（构）筑物状况	

施工单位：

监测单位：

监测人：

负责人：

观察日期：

时间：

附录 C 地铁盾构法施工隧道内外状态观察记录表

表 C 地铁盾构法施工隧道洞内外状态观察记录表

工程名称：

观察段位置：

开挖面里程：

序号	观察项目	状况描述
1	管片状况（管片变形、开裂等）	
2	管片拼装后状况（错台、拼装缝、掉块以及漏水状况等）	
3	地表开裂、地表隆沉状况	
4	建（构）筑物开裂、倾斜、隆沉等状况	
5	盾构开挖面土压力、推力、推进速度、盾构姿态、注浆量、注浆压力、出土量等施工参数同步采集	

施工单位：

监测单位：

监测人：

负责人：

观察日期：

时间：

附录 D 地铁明（盖）挖法施工围岩 及支护状态观察记录表

表 D 地铁明（盖）挖法施工围岩及支护状态观察记录表

工程名称：

观察段位置：

开挖面里程：

序 号	观 察 项 目	状 况 描 述
1	基坑开挖后地层的工程地质特性、地表及地层裂缝情况	
2	地下水类型、渗水量大小、气味、颜色及位置等	
3	围护结构（含桩）及支撑结构状况	
4	盖挖法施工时，桩、柱与盖板的连接及混凝土状况	
5	基坑周边建筑物及其基础状况	

施工单位：

监测单位：

监测人：

负责人：

观察日期：

时间：

本规程用词说明

1 为方便在执行本规程时区别对待，对于技术要求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) 表示允许稍有选择，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”；表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

2 本规程中指定应按其他有关标准、规程执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

DB11/490—2007

北京市地方标准

地铁工程监控量测技术规程

Technical code for monitoring measurement
of subway engineering

条文说明

2007 北 京

目 次

1	总 则	57
3	基本技术要求	59
3.1	一般规定	59
3.2	沉降监测基本要求	61
3.3	地铁穿越工程监测基本要求	64
4	浅埋暗挖法施工监控量测项目及要 求	70
5	盾构法施工监控量测项目及要 求	76
6	地铁明（盖）挖法及竖井施工 监控量测项目及要 求	82
7	地铁工程监控量测值控制标准	86
7.1	一般规定	86
7.2	地铁工程监控量测值控制标准	88
8	地铁工程监控量测管理及信息反 馈	90
8.1	一般规定	90
8.2	监控量测管理的基本要求	90
8.3	监控量测的信息处理与反馈	92

1 总 则

1.0.1 《地铁工程监控量测技术规程》(以下简称本规程)编制的依据条件及其针对性。按照北京地铁建设规划,其近期建设的地铁线路以地下线路为主,并主要通过交通繁忙和建(构)筑物较集中的城区或近郊区;同时,以上地铁线路通过的地层除近地表均有一层厚度约1~6m的杂填土外,大致包含厚度不等的:粉土、粉质粘土、粘土、粉细砂、中粗砂、砂夹卵石等;地层中通常有地下水,其水位标高因地区而异,较典型的分布为:第一层为上层滞水,第二层为潜水、最下层为承压水。本规程主要依据上述环境和地质条件编制。

目前,北京地铁工程主要采用以下工法:浅埋暗挖法、盾构法、明挖法及盖挖法。本规程针对这四种工法中的主要监控量测内容和要求做出相应的规定。

1.0.2 本规程的宗旨。北京地铁所处地层和四周环境条件极为复杂,工程设计和施工措施不仅必须保证地铁工程本身的安全,还必须确保邻近建(构)筑物安全,其中包括邻近或穿越的建筑物、地铁既有线结构、桥梁及地下管线等等。而能保证安全施工和安全运营的一个重要措施乃是现场监控量测及其相应的信息反馈和管理工作。鉴于地层、地表环境的复杂性,以及地铁运营线的重要性,在地铁监控量测中,应在确保运营安全的前提下在必要的部位设置先进的监测仪器设备,以保证其实时监控和自动反馈。同时,在设计中还应在保证安全的原则下,尽可能地达到优化监测项目和经济合理的目的。

按照本条规定,北京地铁设计和施工中的监控量测工作应按本规程的相应条款执行,从而使该项工作开始有章可循。

1.0.3 本规程的适用范围。长期以来,铁路隧道、公路隧道、城市地铁、矿山巷道、军用洞室和水电洞室等各类地下工程,均

将监控量测作为监视和判断施工或运营安全的一项重要手段，而且其中有不少可互相借鉴甚至完全相同的监测内容。对于城市地下工程来说，由于它们所处的城市环境的共同性，因此具有更多的相近和相同的监测内容。本规程中的主要内容，例如各类工法所采用的监测项目、监控量测值控制标准等，除了适用于北京地铁工程以外，还可作为北京或其他城市类似地下工程采用现场监控量测时的参考。

1.0.4 本规程是针对北京地铁工程编制的监控量测的内容及相应的其他内容，但是它不可能也不必要包含地铁施工中与监测有关的所有内容，例如隧道开挖、支护施作、施工工序、隧道设计以及岩土性质等等。因此，还应符合与监测工作有关的现行国家或行业的下述规程、规范：

GB12897—91 《国家一、二等水准测量规范》

GB50007—2002 《建筑地基基础设计规范》

GB50026—93 《工程测量规范》

GB50086—2001 《锚杆喷射混凝土支护技术规范》

GB50157—2003 《地下铁道设计规范》

GB50299—1999 《地下铁道工程施工及验收规范》

GB50307—1999 《地下铁道、轻轨交通岩土工程勘察规范》

GB50308—1999 《地下铁道、轻轨交通工程测量规范》

TB10003—2001 《铁路隧道设计规范》

TB10108—2002、J159—2002 《铁路隧道喷锚构筑法技术规范》

TB10204—2002 《铁路隧道施工规范》

JGJ/T8—97 《建筑变形测量规程》

JGJ120—99 《建筑基坑支护技术规程》

YB9258—97 《建筑基坑工程技术规范》

3 基本技术要求

3.1 一般规定

3.1.1 现场监控量测是地铁工程设计文件和施工组织设计文件中的重要内容。地铁施工无论采用何种施工方法，都将不可避免地对地层产生扰动，引起的地层变形可能导致既有地表建筑和管线设施破坏。因此，城市地铁施工要考虑对城市环境的影响。施工过程中进行监控量测可及时发现这些不利影响，从而采取应对措施以减少对城市生活的影响，确保施工及周围环境的安全。因此监控量测工作是城市地铁建设中必不可少的重要环节。

3.1.2 监控量测计划的编制原则和考虑因素。地下工程的客观条件复杂多变，要综合考虑工程自身及周边环境条件及状况，对每一工程均应具体制定与其条件相适应的监控量测计划。

3.1.3 隧道施工特别是在地面建筑设施密集、交通繁忙、地下水丰富的城市中进行隧道施工，不同施工方法引起的地层力学响应在时间和空间上的规律可以通过施工监测实现，并可及时预测地层变形的发展，反馈施工，控制地铁施工对环境的影响。

1 地铁结构设计中采用的设计原理与现场实测的结构受力、变形情况往往有一定的差异，因此，施工中及时的监测信息反馈对设计方案的完善和修正有很大帮助，可以验证支护结构设计，指导施工，必要时调整设计和施工参数，减小结构及地层的变形。

2 不同的施工方法都不同程度地对周边环境产生一定的影响，因此，通过及时、准确的现场监测结果可以判断隧道结构及周边环境是否安全，并可预测施工引起的地表变形，根据其发展趋势决定是否采取保护措施，以及为确定经济合理的保护措施提供依据。

3 地铁施工中结构及周围地层的受力、变形数据和资料对

设计、施工总结经验有很大帮助，从而可以提高设计和施工技术水平。

3.1.4 应测项目和选测项目的概念和内容区分。保证隧道周边环境及围岩的稳定以及施工安全，同时反映设计、施工状态而应进行的日常监测项目，即为应测项目，包括浅埋暗挖法中的围岩及支护状态观察、地表沉降、邻近建（构）筑物及地下管线沉降、初期支护结构拱顶（部）沉降、初期支护结构净空收敛，盾构法中的洞内及洞外观察、地表沉降（或隆起）、建（构）筑物变形、地下管线沉降、管片衬砌变形，明（盖）挖法中的基坑描述、地表沉降、周边建（构）筑物变形、地下管线沉降、桩（墙）顶水平位移和垂直位移、支撑轴力、地下水位、盖挖法顶板内力、盖挖法立柱内力及变形、竖井井壁净空收敛、桩体水平变形等；相对于应测项目而言，为了设计和施工的特殊需要，由设计文件规定的在局部地段进行的监测项目，如浅埋暗挖法中的围岩内部位移（土体分层沉降及水平位移）、围岩压力及支护间接触应力、钢筋格栅钢架应力、初期支护（喷射混凝土）、二次衬砌内应力及表面应力、钢管柱受力，盾构法中土体变形（分层沉降，水平位移）、管片衬砌和地层间接触应力、管片内力，明（盖）挖法中的围护桩（墙）内力、孔隙水压力、土体变形等。

3.1.5 监测范围指结构外监测布点的范围，通过监测数据得到施工影响下地层的变形位移情况。根据 Peck 提出的隧道施工引起的地表沉降预测方法，地表沉降横向分布近似为一正态分布曲线。鉴于北京地铁埋深较浅，一般在 10m 左右，采用浅埋暗挖法施工的区间隧道断面宽度通常在 8m 以下，结合北京地层特点，可大致得到地铁区间隧道开挖影响的地表沉降槽横向范围，两侧均近似取为 30m。而对于地铁车站，暗挖车站宽度可达 20m 以上，且多采用分部开挖，由于开挖跨度增大及多次开挖的影响，通常车站开挖对地层的扰动较大，因此造成较大的地层变形

和地表沉降，这一点通过既有的大量监测结果已得到证明。由于车站结构工程的高度及埋置深度等的影响，单层和双层地铁车站引起的地表沉降也存在一定差异，通常双层车站的地表沉降影响范围更大。此外，城市地铁车站根据需要多设在城市中心区，工程周边环境相对复杂，邻近既有城市建筑设施繁多，因此施工中监测范围须适当加大，以得到更完整的监测资料，确保邻近建（构）筑物的安全。

3.1.6 各点的监测频率应根据工程需要确定，对某一具体工程（区间或车站），主要考虑施工进度的影响，随施工进行，不同位置监测点的监测频率灵活调整。对于处在施工主要影响范围内的监测点，其监测频率要适当加大，严密监测施工现状和影响；对于处在施工主要影响范围以外的监测点，监测频率可适当降低。车站和区间的监测频率应根据工程自身特点和实际需要分别制定。

3.1.7 监测工作要体现及时性，一方面要对各监测点及时监测，记录相关数据，另一方面及时对数据进行整理分析，将结果尽快反馈给相关人员和单位，从而及时判断施工和周边环境的安全状态，预测施工影响的发展趋势，并最终提出处理意见。

3.1.8 为确保监测工作安全顺利进行，并保证监测结果的有效性和可靠性，所有监测仪器和元件必须符合有关规定和工作需要。例如，沉降和变形监测应提出不同精度的要求；钻孔测斜仪应对其提出精度和防水的要求；收敛计应对其提出重复性误差的要求；接触应力和结构应变监测应提出稳定性要求等等。

3.2 沉降监测基本要求

3.2.1 参照 JGJ/T8—97《建筑变形测量规程》将垂直位移测量中测量点分为控制点和观测点（变形点）。控制点包括基准点、工作基点等工作点。基准点是沉降观测起始数据的基本点，对要

求精度较高的工程，应布设深埋混凝土结构基准点形成监控网，其为埋设的永久性标志。基准点设置在地铁施工影响范围外，尽可能选在路线附近的机关、学校或公园内。埋设深度应达到原状土层，具体深度以勘察报告或实际揭露为准。钻孔后灌注混凝土，中间埋设螺纹钢筋，混凝土浇注养护稳定后方可开始引测基准点标高，并进行首次联测。对于条文中所提出的五种不应设置地点，是经实践证明这些地点的土层极易受扰动和具有不稳定性特征。

工作基点为控制点之一。工作基点应设置在相对于施工区域来说比较稳定的地点。对北京地区而言，其埋置深度一般可控制到地面 3m 以下。当基准点和工作基点之间需要进行连接时应布置联系点，点位所在处应相对稳定。根据工作区岩土工程条件，设置在地表的工作基点应先在选择地点挖孔和设置钢筋，用高标号水泥砂浆现场浇筑，顶部一般高出地面一定高度，底部夯实。基点四周砌筑砖石护墙作为保护，用红油漆标注点号。对于设置在建筑物上的工作基点应采用直径 20mm 的 L 形钢筋，测头垂直向上，并应牢固地设置在所选择建筑物的无裂损混凝土结构上。竖井壁上设置的工作基点可位于底板以上 0.5~1.0m 范围内，并应作好保护措施；当隧道长度大于 100m 时，可将该点延伸至隧道内的墙脚或拱顶，但必须进行保护并定时与竖井基点进行校核。

3.2.2 地表沉降观测点为变形观测点（测点），埋设在变形体上能够反映变形特征的位置上，可采用标准方法和浅层设点的方法。道路浅层设点为采用较大直径的水泥钉（直径 $\geq 5\text{mm}$ ）或短钢筋（直径 $\geq 10\text{mm}$ ）在路面设置测点的简易方法。此方法只应在交通十分繁忙、无法进行钻孔设点的情况下应用。在可能的情况下，以及在条文中所规定的四种地段均应采用标准方法设点。标准设点方法如图 3-1 所示。

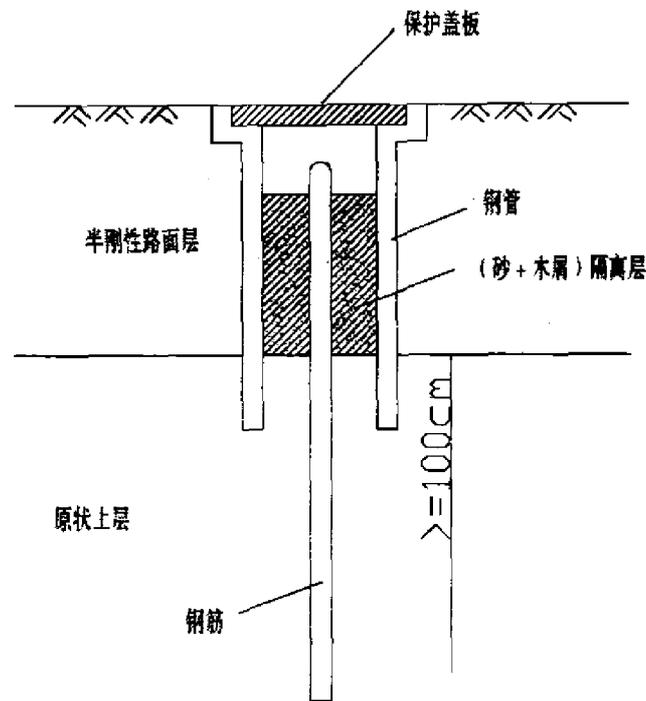


图 3—1 地表沉降测点设置的标准方法

3.2.3 参照 GB50308—1999《地下铁道、轻轨交通工程测量规范》及 GB50026—93《工程测量规范》的规定并根据北京地铁的具体情况将沉降监测的等级进行划分，并提出精度要求和适用范围。

3.2.4 沉降监测控制网是垂直位移测量的专用控制网，有条件可利用施工控制网。监测控制网是垂直位移测量的依据，布设时要考虑到整个观测时间内稳固可靠，而且便于利用。

3.2.5 沉降监测的技术要求和测量方法是参照 GB50308—1999《地下铁道、轻轨交通工程测量规范》及 GB50026—93《工程测量规范》的规定并根据北京地铁的具体情况而制定的。

3.3 地铁穿越工程监测基本要求

3.3.1 随着北京城市建设的发展，在其城区和郊区以及在其地面和地下出现了越来越多的各类建（构）筑物。其中较典型的有：地铁既有线、铁路隧道、立交桥梁、人行天桥、房屋、地下管线等等。今后的地铁新建线路难免会与之相近或相交，包括上穿、下穿和侧穿以上各类地铁、铁道线路和建（构）筑物。表3-1以地铁穿越既有隧道为例说明了上穿、下穿和侧穿三种基本情况。

表1 地铁工程穿越方式分类（以穿越既有隧道为例）

地铁与既有隧道相互位置关系	几何关系	预计的既有隧道动态	穿越方式
与既有隧道并列	与隧道平行新建地铁的情况	既有隧道向接近的新建地铁方向发生位移；因并列隧道的施工，既有隧道周边围岩松弛，而使作用在衬砌上的荷载增加	侧穿
与既有隧道交叉	从既有隧道上部穿过的情况	新建地铁在既有隧道上部通过，当深埋时，既有隧道向上方变形，围岩的拱作用受到破坏，而使衬砌上的荷载增加；当浅埋时，有明显卸载作用，衬砌荷载减小，有可能上浮。	上穿
	从既有隧道下部穿过的情况	新建隧道在既有隧道下部通过时，既有隧道会发生下沉。	下穿

北京地铁修建中比较有代表性的穿越工程如下：5号线崇文门站下穿1号线区间隧道；5号线下穿雍和宫车站；5号线东单车站上穿1号线区间隧道；10号线沿线侧穿或部分下穿劲松、京广、国贸、建德等大型立交桥；4号线宣武门站下穿2号线同名站；4号线西单站上穿2号线区间隧道；4号线西四站下穿和侧穿古建筑物；另外，几条地铁绝大部分的车站和区间隧道均穿越各类地下管线或侧穿高层建筑物。

3.3.2 按照北京地铁的具体情况，对于不同的既有建（构）筑物和不同的穿越条件，建议将穿越工程的环境安全风险分为以下四个等级，其中特级和一级两种情况应进行专项监测设计，二级和三级两种情况也应根据工程的具体条件和市政管线的运营状态适当调整对管线的监测内容，该条的第二款为强制性条文。

1 特级环境安全风险：下穿既有轨道线路（含铁路）的新建工程；

2 一级环境安全风险：下穿既有建（构）筑物、上穿既有轨道线路的新建工程；

3 二级环境安全风险：侧穿或邻近既有建（构）筑物、下穿重要市政管线及下穿河流的新建工程；

4 三级环境安全风险：下穿一般市政管线及其它市政基础设施的新建工程。

对于已列入专项设计的下穿既有轨道线路（含运营铁路和地铁线路），按规定应对道床、轨道、结构等重要部位的关键参数进行 24 小时的实时监控。目前常用的实时监测仪器举例如下：

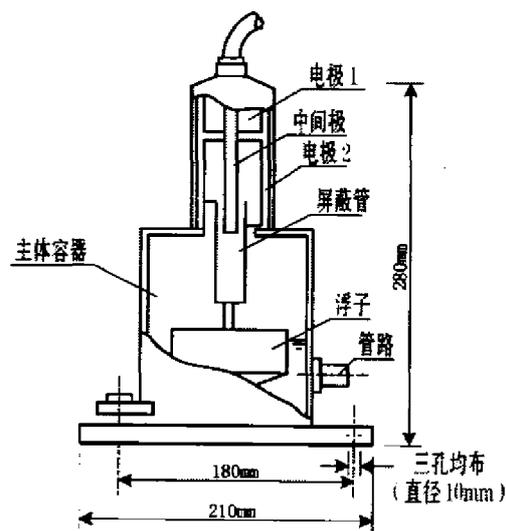


图 3-2 电容式静力水准仪

1 电容式静力水准仪：利用液体在连通器中与参照点中保持同一水平面的原理，并通过灵敏度高的电容式传感器感知测点的沉降变化值，并由电缆传输至采集器，最终传输至地面测试室进行处理和反馈。本仪器用于实时监测，精度高于 $0.001\text{mm}/100\text{m}$ 。见图 3-2。

2 梁式电子自动水平尺（电水平尺 EL Beam Sensor）：该仪器用于左右轨道间差异沉降及轨道纵向沉降的实时监测。利用高精度的电解液式电子传感器传输差异沉降值。精度为 $0.005\text{mm}/\text{m}$ 。见图 3-3。

3 自动沉降扫描仪：该仪器用于运营地铁隧道内或地面运营铁路进行实时沉降监测。其监测扫描距离可从 $0.2\text{m}\sim 200\text{m}$ ，扫描精度为 1.5mm 。见图 3-4。另外，还有一种采用全站仪和固定在隧道拱、墙壁上的反射式测标组成的非接触式沉降监测系统，也同样具有较高精度。

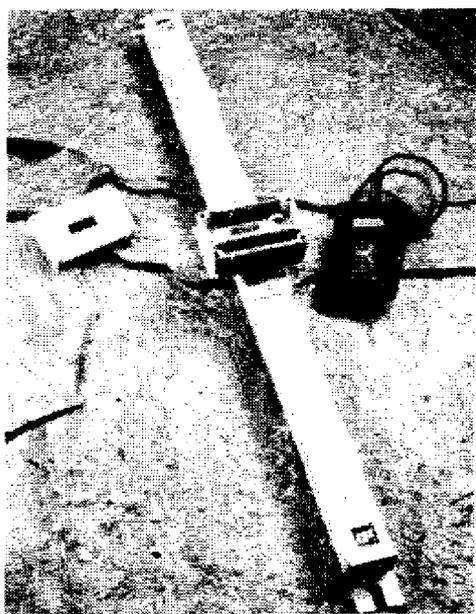


图 3-3 梁式自动水平尺

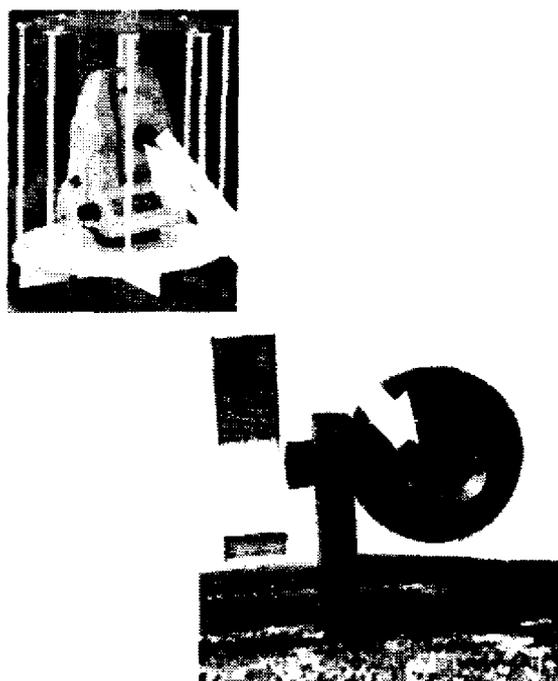


图 3-4 自动沉降扫描仪

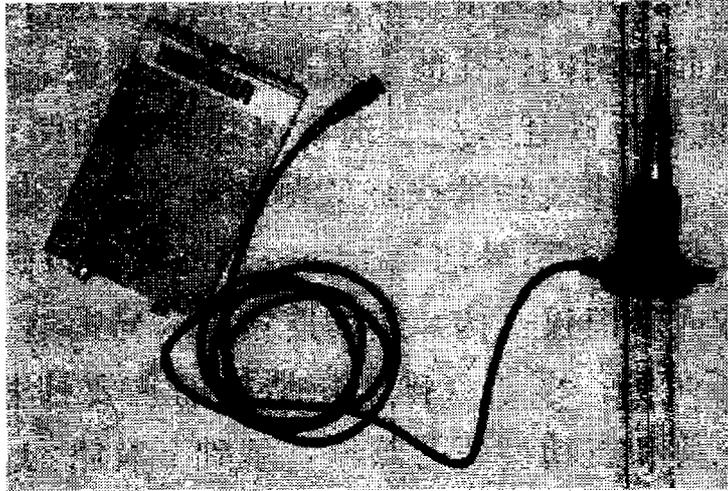


图 3—5 振动测试仪及其配套传感器

4 振动测试仪及其配套传感器 该类仪器用于既有地铁列车振动对新建隧道或地面精密仪器实验室等影响的实时监测。见图 3—5。

对于地下管线状态的监测包含管线沉降和管线周边状况两部分。在交通极其繁忙，地面环境复杂的地铁工程中，进行上述两项监测的难度非常大，有时甚至是不可能的。但是本项监测无论对于地铁工程本身的安全，还是对于城市环境安全来说都是十分重要的工作。本规程强调了对有压管线和地铁结构顶部的污水管线进行事先调研和施工中监测的重要性。在上述困难条件下，通常可采用下列手段进行监控：

- 1 在有条件进行钻孔设点的局部地段（例如城市辅路、中央隔离带等），直接在管道上埋设测点。
- 2 在交通繁忙地段，结合地表沉降点的设置，在主要管线正上方地表设点并在相应的地铁隧道顶部设点。用间接测试和分析的方法进行监控。
- 3 尽量利用测区范围内的管线检查井设点进行监测。
- 4 对于有渗漏可能的雨、污水管周围地层，以及可能存在

空洞的地层，可采用地质雷达或其他物探仪器进行重点探测，必要时可采用地面和洞内探孔的手段进行直接探测。

3.3.3 为了能够反映建（构）筑物沉降特征和便于分析，除高耸建筑物外，一般建筑物的沉降监测测点通常可埋设在建（构）筑物的四角（拐角）；沿外墙每10m~15m处或每隔2~3根柱基上；高低悬殊或新旧建（构）筑物连接处、伸缩缝、沉降缝和不同埋深基础的两侧；框架（排架）结构的主要柱基或纵横轴线上。对于受堆荷和震动显著的部位，基础下有暗沟、防空洞处部位也应布置测点。以上测点的布设数量应根据建（构）筑物的重要程度及其与地铁结构的距离等因素确定。

3.3.4 倾斜变形主要针对高层或高耸建筑物，其他一般建筑物可采用基础附近的差异沉降值推算倾斜值。对于进行倾斜监测的建（构）筑物，原则上每栋最少布置两组倾斜测点（每组2个），具体测点数目视现场情况而定。采用倾斜位移测量法或倾斜电测法，分别使用全站仪或倾角计。

3.3.5 建（构）筑物的一般裂缝采用直接观测法，根据裂缝的分布位置、走向、长度、宽度等参数和建筑物的重要程度决定观测数量，并将裂缝进行编号，划出测读位置。对于比较重要和细微的裂缝，裂缝观测的结果应绘制成建（构）筑物裂缝图。建（构）筑物裂缝应定人定时进行观测，监测频率按照控制两次观测期间裂缝发展不大于0.1mm及裂缝所处位置而定，出现异常情况时应适当增大。对于盾构法施工的地铁隧道，盾构机到达前1天至通过后3天为加强监测期，宜根据建筑物情况适当加密监测频率。盾尾通过前后易产生突沉，应进行重点监测。出现情况异常时，应增大监测频率。

3.3.6 对于有压管线，宜将测点直接埋设在管线上，如受条件所限，也可在管线上方埋设地表桩进行间接监测；对于重要管线，条件允许时测点应全部直接布设在管线上，如受条件所限无

法达到上述要求时，应将部分测点直接布设在管线上和检查井下的管线处，并在管线上方对应的地表处通过埋设地表桩布设测点进行间接监测，地表桩与直接布设在管线上的测点应位于同一测点位置，以进行对比分析，且地表桩的间距一般应不大于 5m。参见本规程第 3.3.2 条条文说明内容。

4 浅埋暗挖法施工监控量测项目及要求

4.0.1 表 4.0.1 中的量测项目，对于浅埋暗挖区间隧道，由于其结构断面较小，覆跨比较大，其测点数可适当减少。对于浅埋暗挖车站，由于其结构跨度大，分部开挖次数多，围岩应力多次重新分布，为保证安全，相应的测点可适当增加。

4.0.2 在浅埋暗挖地铁隧道工程中，由于围岩的不确定性，地铁开挖前的地质勘探工作很难提供非常准确的地质资料，所以应在地铁施工过程中对开挖工作面、围岩的岩性以及支护状态、相应地段的地表状况以及周围的建（构）筑物状态等进行动态观测。本项观察和状态描述是一件非常重要的工作，它能对整个工区及其周边环境的动态进行宏观监控，能对仪器监测点未布控处的危险迹象（例如地层及喷层裂纹、渗漏水等）提供及时和准确的信息。这一信息对于施工安全的防范和预警具有关键作用。

其主要目的和内容如下：

1 为了预测开挖面前方的地质条件，并为判断围岩、隧道结构的稳定性提供地质依据；

2 根据喷层的表面状态及锚杆的工作状态，分析支护结构的可靠性；

3 根据相应地段的地表损坏程度与该地段施工影响范围内建（构）筑物的损害程度，及时采取相应控制措施保证其安全使用。

本条文中的观测通常以目测为主，必要时辅以仪器设备进行判断。这种目测观察，对于判断围岩稳定性既省事又作用大，它可以获得与围岩稳定状态有关的直观信息。因此该条文必须作为浅埋暗挖法施工监控量测中的应测项目。记录表格见附录 B。

对于本条文第 1 款第 5 项中关于施工相应地段的地表及建（构）筑物状况，主要是观测裂缝的位置、长度、宽度和深度，

应作好标记和编号，对于建（构）筑物还应观测墙面的剥落情况、钢筋是否暴露等。且都要有照片作证。

在观察中，如果发现异常现象，则观测频率应当加密，直到监测数据稳定为止。

4.0.3 浅埋暗挖隧道工程，由于覆土层薄，施工对围岩的扰动直接波及至地表，形成地表施工沉降槽。施工沉降槽可能造成严重的地面沉降和塌陷，从而导致道路路面破损、地下管线破坏以及地表建（构）筑物的损坏，必须将地表沉降监测作为浅埋暗挖法施工监控量测的必测项目。通过地表沉降观测能直接反应施工状态的好坏。

地表沉降横向测点的布设，一般选择若干个有代表性的量测主断面并按一定间隔布设测点进行量测，布点范围为 2.5~3.0 倍洞径（一侧布点宽度）。测点间距为 2~5m，见图 4-1。测点的纵向布设长度见图 4-2，并结合工程埋深情况适当增减。

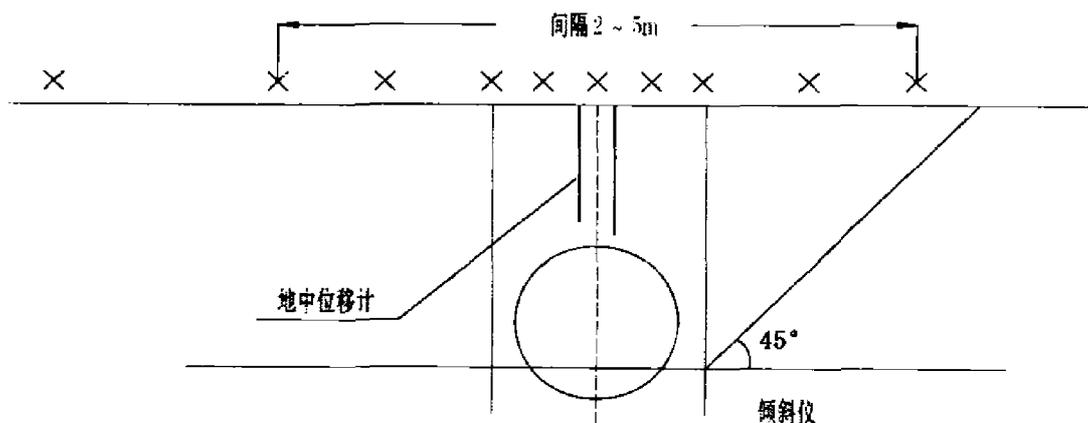


图 4-1 地表沉降测点在横断面上的布置

地表沉降值目前多采用 Dini12、NA2002 电子精密水准仪或 N3 水准仪并配合铟钢尺进行水准测量取得。在距开挖面前方 $H+h$ 处（ H 为埋深， h 为地下工程的开挖高度）就应对相应测点进行超前量测。

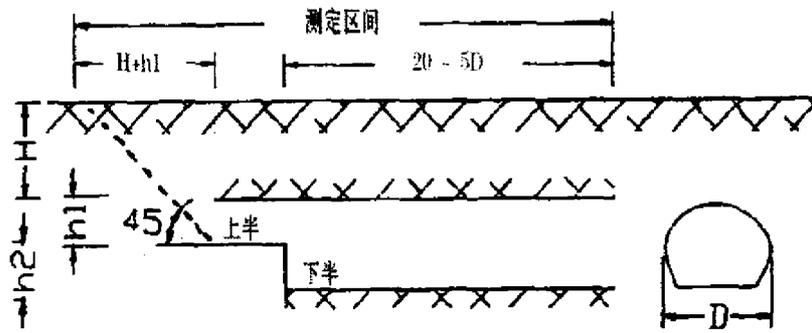


图 4-2 地表沉降纵向测点布置范围

4.0.4 浅埋暗挖隧道的拱顶部位也是受力的敏感点，一方面，其变化反应了初期支护结构顶部及地层受力后的变化情况，同时，其直接波及到地表引起的沉陷，是关系邻近建筑物安全的重要参数。另一方面，拱顶位移的大小，直接反映拱脚支护是否稳定，是防止拱脚坍方的重要检测方法。因此，拱顶下沉量测也是浅埋暗挖法施工的应测项目。

拱顶下沉量测是紧随开挖面（离开挖工作面 2m 以内）在结构拱顶部位布设一个或多个（分部开挖）测点，在施工期间量测其下沉情况。

拱顶下沉量测目前多采用精密水准仪进行水准测量，所用仪器设备主要有各类精密水准仪和铟钢挂尺等。

浅埋暗挖隧道的收敛量测是指在隧道拱脚及墙中两侧壁面之间的相对位移量测，其量测数据直接反映初期支护和围岩的受力特征，检验开挖步骤和支护强度是否稳定合理。侧墙中部位移的大小反映整体结构是否稳定，是防止大坍方的重要方法。因此，该项量测是浅埋暗挖法施工的应测项目。

水平净空周边收敛量测目前多采用各种类型的坑道收敛计，主要由带孔钢尺和读数装置构成，目前常用的是百分表读数收敛计和数显式收敛计两种。

4.0.5 地下水位的变化是影响土体沉降的重要因素，特别是对位于地下水位以下的隧道更加重要。根据地下水位的监测结果，可提出开挖面可能失稳的警报，还有益于改进挖土运土等施工方法；如采用降水施工可以检验降水效果。一般在隧道中心线和隧道两侧设置水位观测井进行现场实测。

4.0.6 浅埋暗挖法隧道施工时，从结构的安全角度出发设计时，一般考虑初期支护承受拱顶以上地层的全部荷载。该项监测对于了解作用在衬砌结构上荷载的大小、分布规律以及随开挖面前进过程中的荷载变化情况，对检验初期支护参数和外荷有较大意义。因此，有条件时可进行围岩压力及支护间接触应力监测。

围岩压力测点一般沿结构开挖轮廓线，在初期支护与围岩间按一定间距布设。根据浅埋地下工程的受力特点，通常在拱顶、拱脚、墙中、墙脚、仰拱中部等关键部位设置测点，如图 4—3 所示。接触应力测点可与上述测点相对应。

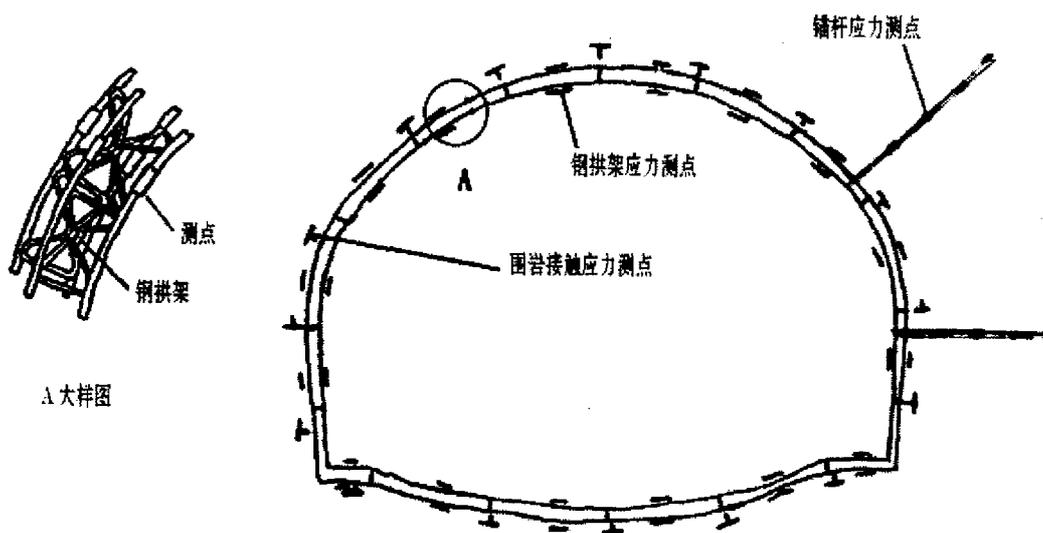


图 4—3 围岩压力、应力量测和测点布设

4.0.7 土体分层位移量测主要是量测浅埋地下工程施工过程中

上覆土层的扰动程度、波及范围及规律，以便确定围岩松动区的高度。对设计结构支护参数及优化施工方法有很大参考价值。所以，在浅埋暗挖施工中对重要工程（如大跨度地铁车站、渡线、地下停车场等）可进行此项量测，属于选测项目。

土体分层位移测点一般在地下结构中线（拱部）所对应的地面提前钻孔布设。以测试施工全过程的动态变化。根据工程的重要程度及结构跨度大小，可选择一个或多个测点并在纵向选择 3~5 个有代表性的断面布设测点。

地中水平位移量测：在邻近有建（构）筑物的浅埋暗挖施工中，为了掌握施工时邻近建（构）筑物基础的影响及开挖过程中结构两侧地层的松动范围及变化规律，可进行地中水平位移量测，为选测项目。地中水平位移通常采用测斜仪进行监测，在结构两侧地表提前钻孔布设。钻孔与结构的距离一般为 2~3m，见图 4-4。测点纵向平面位置应结合地面建筑物而定。

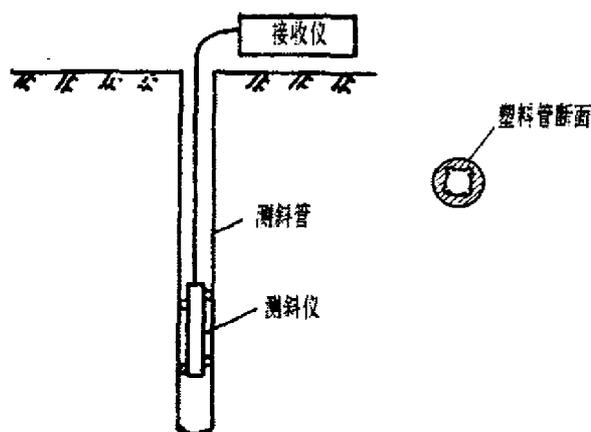


图 4-4 测斜仪安设

4.0.8 浅埋暗挖法隧道施工中，当地层较差，地表下沉要求严格，以喷混凝土+钢筋网+锚杆组成的初期支护不能满足强度要求时，常采用钢筋格栅支撑来加强支护。此时，钢筋格栅作为初期支护的主体，其受力状况直接影响结构的稳定性。因此，有条

件时应进行钢筋格栅应力量测，该量测比进行土压力的测量更直接、更精确。

钢筋格栅应力量测的测点一般沿钢筋格栅外缘或主筋弧长，每间隔一定距离布设。在拱顶、拱腰、拱脚、墙中、墙脚、仰拱中部等关键部位都应布点，测点布置如图 4—3 所示。

4.0.9 进行初期支护应力量测的目的是为了了解初期支护的变形特性以及应力状态，同时为掌握初期支护所受应力的的大小，判断喷射混凝土层的稳定状况。二次衬砌应力量测的目的是为了了解二次衬砌的受力条件、判断支护结构长期使用的可靠性以及安全程度、检验二次衬砌设计的合理性同时为积累资料为经验类比提供依据。作为选测项目。

4.0.10 对钢管柱的监测，其主要目的是监测钢管柱的受力是否超过钢管的设计强度，同时也考虑了钢管柱的偏心荷载情况。通常可在钢管柱的四周布设测点（每隔 90° 一个测点），可用应变计或应变片，见图 4—5 所示。

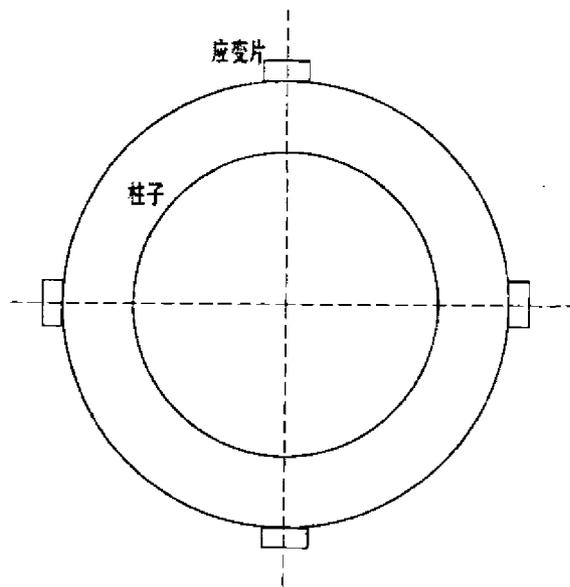


图 4—5 钢管柱横断面测点布置

5 盾构法施工监控量测项目及要求

5.0.1 盾构法施工过程中，不可避免会扰动地层，引起地层的变形及地表沉降，从而引起临近建构筑物 and 地下管网等结构物附加变形和附加内力的产生，当变形超过一定范围时，甚至影响其安全。隧道结构物（主要为管片衬砌）在周围水土体、自重以及施工中千斤顶、注浆等作用下产生变形，当其变形超过一定的数值时将影响结构的使用、稳定和安全。为此，盾构法施工过程主要针对地层、隧道结构、周围环境进行监控量测，并按量测反馈资料，针对三者在施工过程中可能出现的问题，及时进行分析，提出相应的处理办法（不断调整盾构施工参数或采取必要的保护措施），从而保证了施工过程中工程本身安全和减少了对周围环境的影响。

5.0.2 为准确地获得土层、衬砌结构和周围环境的动态数据，需在盾构掘进前测得各个监测点稳定的初始读数，将其与掘进后测得的数据比较后，方能反映出变化的情况。

盾构法施工监控量测主要有两个目的，一是掌握盾构施工对周围土体、临近建（构）筑物的影响及衬砌结构的内力、变形情况，以采取适当的处理措施，保证施工过程中工程本身安全并最大限度地减少对周围环境的影响；二是根据动态观测结果判断施工的优劣，并改进施工方法。其中关键环节是对盾构施工参数的监测和管理。在盾构推进过程中，应不断观察设定土压力值、盾构的推进速度、推进油压、盾构的姿态、注浆量、注浆压力、出土量等是否在优化施工参数范围内，发现异常情况及时调整，并做好详细记录。

盾构开挖面土压力是重要的施工参数，可直接反映盾构掘进时正面土体的挤压程度。正面土压的控制值在理论计算的静止土压 E_0 和被动土压值 E_p 之间。土压值应根据地表隆沉的情况进

行调整，以使地表沉降减少。

盾构推力、推进速度、出土量应通过不断地监测，调整使之相互匹配，以达到盾构正面土压保持稳定值及减少对周围土体的挤压影响的目的。如：盾构掘进时，如果出土速度过快而推进速度跟不上，开挖面土体可能出现松动和崩塌，破坏了原来地层应力平衡状态，导致周围环境的沉降和隆起，盾构机的后退也可能使开挖面塌落和松动引起地层的损失。

盾构同步注浆或管片壁后注浆的数量和压力对控制盾尾建筑空隙有重要意义，根据土层条件的不同，注浆量和注浆压力也必须进行监测和调整。注浆压力是指盾构工法中在向尾隙中充填足够的浆液时，必须以一定的压力压送浆液，才能使浆液很好地遍布于管片的外侧。该压力值是由地层阻力强度（浆液可以注入地层的压力的最小值）与注入条件（浆液的性质、喷出量及注入工法等）决定的附加项的和。当压力过大时，对于钢管片，先是出现管环变形，接着主梁和肋板也相继变形。对混凝土管片，可能会使K形管片螺栓剪断。注浆量是与注浆压力决定的压密系数、土质、施工损耗及超挖等相关的。

盾构姿态的控制（盾构推进方向、盾尾纠偏、仰头推进、曲线推进）对周围土体的影响很大。盾构蛇行量过大易引起对周围土体的挤压和增大盾尾空隙量。盾构姿态可采用测量方式记录数据，目前已发展到采用倾斜计和激光电测技术进行量测。

5.0.3 洞内外观察是基本的监控量测，通过它可以对盾构施工情况进行综合的直观判断（如管片变形、开裂、错台、拼装缝、掉块、漏水状况以及盾构机施工时有无异常响动、渣土的塑硫化状态等），并应根据工程的特点定期进行观察。另外，在盾构始发和到达时还要观察盾构基座、后备支撑、封门等的变形情况。

5.0.4 盾构施工过程中，开挖工作对周围地层的扰动，引起周围地层向开挖空间运动。开挖地层与竣工隧道体积之差即地层损

失。周围地层在弥补地层损失过程中，发生地层运动，引起地层地表移动和变形。地表沉降即盾构施工过程中产生的地层损失引起的地层移动，且该变位呈现以盾构机为中心的三维扩散分布。典型的地面沉降曲线如图 5-1 (a)、(b) 所示。



图 5-1 (a) 盾构法施工过程中地面典型横向沉降槽形状

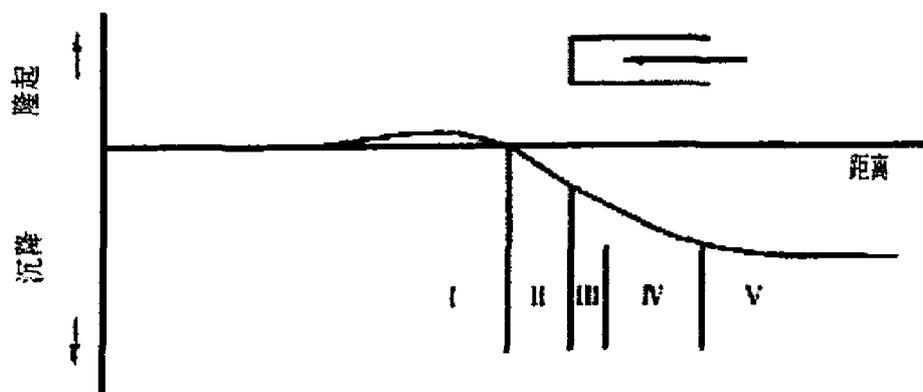


图 5-1 (b) 盾构法施工过程中沿隧道纵向地面沉降组成

因此，一方面，应沿盾构轴线方向布置沉降测点，另一方面，在隧道中心轴线两侧 $(H+D)$ 的沉降槽范围内（其中 H 为隧道覆土厚度， D 为盾构外径）设置横向监测点，一横排向测点不少于 7 点，以其测得完整的沉降槽。

在盾构始发段因一般要进行盾构施工参数的优化和调整，故宜适当加密布点，并布置一定数量的横向监测断面。

盾构施工时导致地表变形的因素很多，是一个综合性的技术问题。具体来说引起地层变位有以下 8 个方面的因素：开挖面土体的移动、降水、土体挤入盾尾空隙、盾构姿态的改变、外壳移动与地层间的摩擦和剪切作用、土体由于施工引起的固结、水土压力作用下隧道衬砌产生的变形以及随盾构推进而移动的正面障碍物，使地层在盾构通过后产生空隙又未能及时注浆。盾构施工引起地表沉降发展的过程及不同阶段见表 5—1 所示。

表 5—1 盾构施工引起地表沉降发展阶段

阶段		产生沉降原因
I	先期沉降	开挖面前方滑裂面以远土体因地下水位下降而导致土体固结沉降。正前方土体受压致密，孔压消散，土体压缩模量增大。
II	盾构到达时沉降	周围土体因开挖卸荷（应力释放）导致弹性或弹塑性变形的发生。开挖面设定压力过大时产生隆起。
III	盾构通过时沉降	推进时盾壳和土层间的摩擦剪切力导致土体向盾尾空隙后移、仰头或叩头时纠偏。此时周边土体超孔隙水压力达到最大，推进速度和管背注浆对其也有影响。
IV	盾尾空隙沉降	尾部空隙增加且沉陷、底土扰动。
V	长期延续沉降	底土蠕变而产生的塑性变形，包括超孔隙水压消散引起的主固结沉降和土体骨架蠕变引起的次固结沉降。

5.0.5 监测隧道结构断面各阶段的动态收敛变形非常重要，因为一旦出现隧道变形过大甚至超出建筑限界或出现渗漏水，处理起来将非常的困难，甚至将危及隧道结构的稳定和安全。结构变形可用衬砌环的椭圆度表示，实测椭圆度=横径—竖径。

根据盾构法特点和收敛监测的要求，衬砌变形收敛仪器应满足：尽快靠近开挖面设置，监测点应妥善保管好，不干扰正常施工，能很快的直接读数，灵敏度高要求。

盾构施工中衬砌变形监测频率主要分两个阶段，第一阶段的

收敛监测可得到管片仅在自重作用下的初始椭圆度，并对其加以适当调整。通常，管片衬砌的初始椭圆度应控制在隧道衬砌直径的 0.5% 范围内。第二阶段，衬砌环在外荷作用下进一步发生变形，衬砌的变形使外荷进行重分布，外荷的分布的改变又进一步限制了衬砌的变形。最终，衬砌变形在变化荷载的作用下趋于稳定。

另外，管片衬砌变形监测，应注意始发、到达以及地质条件急剧变化等地质水文条件恶劣处的断面布设。

5.0.6 土体垂直位移通过土体分层沉降量测进行。钻孔埋设塑料测管的深度应大于隧道拱底的标高，而位于隧道顶部的测管不应深于隧道拱顶标高。如采用分层沉降仪进行监测，可在钻孔后用专用送管器具将带弹簧爪的磁环沿测管外壁送到设计标高，并使弹簧钢爪嵌入周围土层内，钻孔空隙用粘土球填实，达到磁环与土体连成一体，磁环的位移反映同一土层的垂直位置。波纹管沉降标在地面上制作，即在测管外壁套上一段长度大于 30cm 的塑料波纹管，一管口两头与测管粘结，钻孔后与测管一起插入，钻孔空隙用粘土分层填实，使波纹管与土体紧密相连，波纹管上磁块产生同一的垂直位移。

测斜管的钻孔埋设深度大于隧道拱底的标高，而位于隧道顶部的测斜管不应深于隧道拱顶标高。测斜管可采用 $\Phi 73\text{mm}$ 的聚乙烯管，内壁应有十字槽，槽口可嵌入倾斜仪的两组滑轮，测斜管的材质应满足与土体共同变形的要求。土体水平位移量测时将倾斜仪沿测斜管十字槽口缓缓放入管底，然后缓缓拉上，每 0.5m 或 1.0m 读数一次，拉出管口后将倾斜仪旋转 180° ，再次放入、读数、取两次的平均值计算土体水平位移，这样就完成一个方向的测试。再把倾斜仪旋转 90° 测另一方向的位移。参见图 4-4 所示。

5.0.7 管片衬砌和地层接触应力的监测，主要是监测管片在各

施工环节及注浆成型后的土压力分布规律及形态。从而掌握整个施工过程中作用在管片上荷载的动态变化，了解作用在衬砌结构上的荷载大小、分布规律及随开挖面前进荷载的变化情况。

土压力盒可在衬砌管片制作时预埋设。埋设时，以细铁丝将其固定在钢筋骨架上，并使受力膜正向对准监测方向并与管片背面齐平。常用的土压力盒有钢弦式和应变片式，钢弦式土压力盒具有长期监测稳定性较好的优点，适用于现场长期监测，接收仪器为频率计。土压盒的标定方法宜采用油标。标定方法与水压计相同。

5.0.8 该监测项目主要是测试管片内力状态（包括测试隧道管片纵向应力和环向应力），配合土压力测试结果分析管片的受力状态及特征。仪器设置方法为在衬砌管片制作时在测试管片段的环向和纵向钢筋上预埋设钢筋应力计和混凝土应变计，管段制作就位后测取初读数，掘进过程中按时测取即时读数，据以计算环向和纵向钢筋应力值以及隧道所受的弯矩和轴力。

6 地铁明（盖）挖法及竖井施工 监控量测项目及要求

6.0.1 地铁采用明（盖）挖法施工时，为确保本身结构及周围环境安全，制定了本条文表 6.0.1。监测项目分为应测项目与选测项目，应测项目与选测项目应根据基坑安全等级（附录 A）及周围环境实际状况进行选择确定。对于基坑开挖深度大且周围环境复杂，则可根据实际情况增加一些监测项目，根据设计要求，有些选测项目可纳入设计文件中。

监测项目应尽量布置在同一个断面上。

工程实践表明，随着基坑开挖深度的增加，开挖的危险性逐渐增加，因此监测频率应随着开挖深度的增加而加密；另外变形速率大、拆除临时支撑时都表明存在不安全因素，应加密监测频率。

6.0.2 基坑周围环境描述主要是通过肉眼或简单的仪器进行辅助性的监测，工程经验表明周围环境描述可发现一些问题，如地表裂缝、渗水漏水等现象，这对于及时采取措施、避免工程事故的发生具有重要的意义。

6.0.3 本条考虑到在城区条件下，基坑四周地表布点面积有限，邻近建（构）筑物较多，因此主要在距坑边一定范围（10m 左右）内布置较密的沉降测点，用以控制坑边土体的稳定性。当坑边有管线和建（构）筑物时，应按有关条款规定增设沉降测点。如果基坑位于郊区空旷地段，地表测点可适当加大范围（可与基坑深度相当）。

6.0.4 桩（墙）顶的水平位移和垂直位移为围护结构稳定性的两个重要指标，水平位移过大表明桩墙背后土压力较大，垂直位移过大表明桩底土软弱或沉渣土较厚。过大的桩（墙）顶水平位

移和垂直位移可能使围护结构丧失稳定，因此必须对其进行监测。

6.0.5 地铁基坑围护结构中，水平支撑与桩墙构成了一个完整的围护结构体系，水平支撑作为围护结构中的重要组成部分，平衡着基坑外侧土压力。支撑轴力随着基坑的开挖而变化，其大小与围护结构体系的稳定具有极为密切的关系。地铁基坑一般布置3~4道水平支撑，在主测断面的每道支撑上均应进行轴力监测，特别是基坑距底部1/3深度处轴力最大，应加强监测。为确保支撑轴力监测的准确性，在支撑和轴力计安设并施加预应力后，便读取初值，初值一般来说最少读取3遍，取平均值作为初始值；另外，若使用应变计进行轴力监测，应在支撑同一断面上布置2~4个应变计，以真实反映支撑轴力的变化。

6.0.6 在地铁基坑工程中，如果基坑底部在地下水位以下，土质又具有高渗透性时，为保证工程质量以及安全需要把地下水降到边坡面和基坑底以下，以使施工中处于疏干和坚硬土条件下进行开挖。但实际降水过程中，地下水往往难以疏干，特别是上层滞水，因此通过地下水的监测可以了解地下水的变化及分布情况，用以指导施工。

6.0.7 盖挖法的顶板由于在后续工程施工中，结构顶板同时起到路面系统和支撑的作用；结构顶板与立柱、边桩的连接部位均为受力较为复杂的地方。因此在顶板内力的监测过程中，测点的布置必须充分考虑到这一点，具体的测点布置需要按照本规程第6.0.7条中的规定执行。

6.0.8

1 盖挖法结构的荷载通过立柱传递到桩及下部地基土中。在立柱内力监测中，选取有代表性部位的立柱，比如中部立柱，靠近基坑两端的立柱等。立柱内力的监测有助于反映立柱的整体受力情况。

2 立柱结构必须有足够的承载力来支撑上部结构的荷载，同时也可以避免产生不均匀沉降，如果立柱产生了过度的不均匀沉降，将会给上部结构乃至整个结构带来危害。因此，在施工期间以及结构完成后在监测数据稳定之前，必须密切关注立柱的沉降变化趋势。

3 由于立柱作为整体结构的重要组成部分和主要的受力构件，因此立柱的稳定和变形情况对于整体结构的稳定都是非常关键的。立柱的倾斜监测中，测点必须是按照本规程第 6.0.8 条中的规定成对布置。

6.0.9 竖井井壁的净空收敛监测数据直接反映了井壁围护结构和围岩的受力特征，同时也可以检验竖井的围护结构是否稳定合理。测线和测点的位置不同，位移变化速率也不同，因此要以产生最大位移变化速率的测线或测点位置来确定监控量测频率，在同一监控量测断面的各测线或测点，应采用相同的监控量测频率。

6.0.10 桩（墙）体的变形监测可以完整地反映围护桩（墙）的变形情况，也是支护结构稳定的重要指标。在有支撑作用的情况下，围护桩变形最大、最危险的部位不一定在桩顶。而围护桩体不同深度的水平位移监测可以反映围护桩的实际变形，且其测量受外界的影响小，数据结果稳定，是基坑开挖观测的重点项目。测斜管在埋设过程中，应埋设在构成围护结构的桩体或墙体内，并应采用绑扎方法固定在钢筋笼上与其一起沉入孔（槽）中。在监测中，应该注意等到测斜管处于稳定后的数据作为初始值。

6.0.11 监测围护结构的内力，如应力、应变、轴力、弯矩等，是地铁基坑工程中的一个较重要的内容。围护桩、墙的内力监测一般采用钢筋应力计进行，钢筋应力计可以是钢弦式的，也可以是电阻应变片式的。监测点竖向位置的布置应考虑以下因素：计算的最大弯矩所在的位置和反弯点位置、各土层的分界面、结构

变截面或配筋率改变处截面的位置，结构内支撑及拉锚所在的位置。在平面上，宜选择在围护结构位于上下两根支撑的跨中部位、水土压力或地面超载较大的地方。

6.0.12 在基坑施工过程中，往往需要进行降水，降水可能对周围邻近建筑或管线产生不均匀沉降或开裂等危害。为了解孔隙水压力的变化，需要用孔隙水压计来进行测定。同时测定孔隙水压力的大小及其变化情况，对研究土体沉陷和结构的稳定性都有较重要的作用。

6.0.13 在基坑工程中遇到特殊地质地段或周围存在重要建（构）筑物时，应进行土体变形的监测，即进行土体分层沉降和土体水平位移监测。土体的多点位移监控量测主要是监控量测施工过程中结构上覆土层的扰动程度以及影响规律，以便确定土体松动区的范围。土体的水平位移可以更好的反映施工对邻近的建筑物基础的影响程度，可以了解开挖过程中结构两侧地层的松动范围和变化规律。土体变形的监测应该在结构中线、结构两侧所对应的地面提前钻孔布设。

6.0.14 当基坑底部遇到有一定膨胀性的土层，以及坑边有较大荷载的高大建筑物时，基坑的开挖卸载容易造成基底隆起。隆起值过大不仅对基坑支撑围护有较大影响，而且会对建筑物的稳定带来威胁。此时应按设计要求进行监测。测点可在距基底 5m～8m 时通过钻孔安设，并设钢管保护，钢管外可在开挖时保留一圈土体以稳定钢管。

6.0.15 当基坑土层软弱并含有地下水、基坑较深，或坑边有高大建筑物时，此时，围护结构中的锚杆或锚索承受较大拉力，而且随着地层变化和地下水的影响，锚固力变化较复杂。因此有必要按设计要求对锚杆受力进行监测。监测仪器中，钢筋计用于钢筋锚杆，锚杆轴力计用于钢筋锚杆和预应力锚索。

7 地铁工程监控量测值控制标准

7.1 一般规定

7.1.1 在城市地铁工程中，由施工引起的地层变形将会对地表建筑物和各类地下管线、市政地下设施等产生一定的影响。因此在城市地铁工程施工过程中进行的监控量测是信息化施工的基础，对于及时获取围岩变动与地铁工程结构的动态信息具有重要的作用。用以修正施工措施与支护参数，以期达到施工安全与经济合理的目的。

任何地面及地下建筑物、构筑物均有一定的结构强度、一定的安全系数，即有一定的抵抗地面位移和变形能力。对于建（构）筑物的容许变形系指建筑物、构筑物在地表变形值的范围内并不影响正常使用，即为建筑物、构筑物所容许的变形数值。当建筑物、构筑物遭到的变形不超过其所能抵抗的最大变形时，建筑不表现出可以观察到的损害。各种不同型式的建筑物，因其基础型式和上部结构形式不同，他们抵抗变形的能力也各异。

因此在监控量测过程中，测值控制标准的制定同时考虑了结构自身的安全、周围建（构）筑物的安全以及工程实际的施工水平，给出了三项控制极限值，即：允许位移极限值 U_0 、位移平均速率极限值、位移最大速率极限值。在施工控制过程中片面的考虑位移的绝对值是不科学的，应该同时考虑位移速率来进行安全控制。

7.1.2 本规程的编制是在北京地铁大量的工程经验的基础上进行的。近年来北京大规模修建地铁的过程中，遇到了各种工法、各种水文地质条件以及多样复杂的施工周边环境，这对于本规程的编制是一个很好的基础。这些项目中包括地铁四号线、五号线、十号线、奥运支线等，浅埋暗挖法施工、盾构法施工、明（盖）挖法施工以及竖井施工都积累了大量的资料。在大量的监

控量测数据的基础上并对其进行认真总结，参照 GB50157—2003《地下铁道设计规范》、TB10003—2001《铁路隧道设计规范》、GB50299—1999《地下铁道工程施工及验收规范》、YB9258—97《建筑基坑工程技术规范》、JGJ120—99《建筑基坑支护技术规程》、JGJ/T8—97《建筑变形测量规程》等相关规程，建立了本规程中的各监控量测项目相应的控制值标准。

7.1.3 地铁施工引起的对于地表以及建筑设施的损害程度可以分为直接损害和间接损害两种情况。位于主要影响范围内的对象（建筑物、构筑物以及地下管线等）所受的损害为直接损害；但是在个别情况下，在主要影响范围以外比较远的地方，也可以发现施工影响的存在，这种影响也与地铁施工有关，称为间接损害。地铁施工引起的地表沉降和变形对建筑物的影响因素很多。除地层特征以外，建筑物遭受损害的程度与建筑物的基础型式、结构型式、建筑物所处的位置，以及地表的变形性质和大小有关。

在修建地铁工程中，当周边建筑物、构筑物以及地下管线等周边环境较为复杂时，应该对周边环境实际情况（包括建筑物、构筑物以及地下管线等）进行现状调查和评估。对于地铁周边特别重要的建筑物、构筑物、地下管线以及当地铁结构十分复杂时，其监控量测控制值标准的制定应该十分慎重，应该经论证后并由相关部门设立风险点专题进行研究和评估，以尽可能的掌握地铁施工过程中可能导致的对周边建筑物、构筑物、地下管线的损害程度。通过对影响因素的综合评价和研究，针对性地提出相应的监控量测控制值标准，同时应该提出减少地铁施工对地表和地下已有设施的不良影响的技术措施，或者在论证之后组织专项设计。

7.1.4 地铁施工的方法、结构跨度、埋置深度、工程地质及水文地质特点等因素对于地铁施工时引起的沉降、位移等的大小有

着重要的影响。例如，当修建的地铁隧道或车站埋深浅，其对地表的影响范围就小，但是影响的程度大；在其它因素相同的情况下，当修建的地铁隧道或车站埋深增大时，地表的影响范围增大，但是潜在的影响程度减弱。因此在本规程的制定过程中，综合考虑了影响沉降的各因素。北京地铁施工监控量测从总体上按照施工方法给出相应的控制标准。

7.2 地铁工程监控量测值控制标准

7.2.1 采用浅埋暗挖法施工的地铁区间隧道、车站中，由于上部覆土层一般都比较薄，施工对围岩的扰动直接影响至地面。通过地面沉降的监测可以对施工状态的好坏做出判断，在北京地区地铁暗挖法施工中，多处于地面结构、各种管道、各种电缆之下且附近有建筑物的环境。为了确保地铁工程以及周边环境的安全，必须在采用浅埋暗挖法施工中对施工引起的地表沉降进行监控量测。

此外，由于拱顶部位也是受力的敏感点，其变化反映了初期支护结构顶部和地层受力后的变化情况，在浅埋地铁工程中，拱顶沉降常常与地表沉降作为对施工状态好坏评判的重要指标，因而拱顶沉降的监测也是地铁浅埋暗挖法施工的应测项目。

在本规程在沉降控制标准方面分别从区间隧道和车站两个方面提出了允许位移控制值，对于渡线段、风道、联络通道等按照具体工程情况参照规程表 7.2.1 选取相关控制标准值。

在浅埋暗挖法施工的地铁工程中，水平净空收敛一般是指拱脚和拱腰两侧壁面之间的相对位移，由于该项目的量测数据之间反映了初期支护结构和围岩的受力特征，以及检验开挖步骤和支护结构强度是否稳定合理，因而在地铁浅埋暗挖法施工中是应测项目。

7.2.2 在采用盾构法修建的地铁工程中，控制地表沉降是盾构

法施工成功与否的一个关键因素。如果在地铁施工中出现地表沉降过大可能会引起隧道附近地下管线的断裂、渗漏和建筑物、构筑物的开裂，严重的会导致建筑物、构筑物倒塌等。盾构法施工时，沿隧道纵向轴线所产生的地表变形，一般在盾构前方约和盾构深度相等的距离内由地表开始产生隆起，在盾构推过以后地表逐渐下沉，其下沉量随着时间的推移由增加而最终趋于稳定。此外，不同的盾构施工方法，其变形规律及影响范围大致相同，但是变形量的差异很大。本规程中盾构法施工监控量测值控制标准的确定是在充分调研北京盾构法地铁施工的相关资料的基础上，并经分析后确定的，具体的量测值控制标准见规程中表 7.2.2。

7.2.3 在地铁明（盖）挖法工程施工中，监控量测值控制标准按照基坑的等级来控制，基坑等级的划分在参照了 YB9258—97《建筑基坑工程技术规范》、JGJ120—99《建筑基坑支护技术规程》等相关规范、规程的基础上形成了附录 A 的地铁明挖基坑及其分级。

7.2.4 在地铁设计与施工中，相关的控制标准值均应参照规程中表 7.2.1、表 7.2.2 和表 7.2.3 执行。遇到较为复杂的工程地质条件或其他复杂的周边环境时，应按照本规程的第 7.1.3、7.1.4 条的规定执行。本条给出了允许在施工过程中根据监测和工程的具体情况对局部控制值进行适当调整的规定。但是该调整应十分慎重，必须有充分的、结合工程实际状况的数据和提出综合分析报告，经反复论证后才可确定。

8 地铁工程监控量测管理及信息反馈

8.1 一般规定

8.1.1 地铁工程监控量测是一个系统工程，牵涉到很多方面，管理和协调存在一定难度，因此必须成立监测组，实行项目经理负责制，并将责任落实到人，以保证监测数据可靠、监测资料分析全面、信息反馈渠道畅通。也只有在此前提下才能作好监控量测工作。

8.1.2 监控量测项目的设置要综合考虑，明确每个监测项目设置的目的，以便于监测数据的综合分析。

应测项目是为保证地铁周边环境安全、地铁结构稳定和施工安全，并反映设计、施工状态而设置；对于一般的车站和区间工程，规程中表列的应测项目均应设置。相对于应测项目而言，选测项目则是为了设计、施工或科研的特殊需要，在局部地段进行的监测项目；对于特殊区段的专项设计工程，应根据工程需要在选测项目中进行合理选择。

8.2 监控量测管理的基本要求

8.2.1 监控量测管理工作主要包括以下几个方面：

1 监控量测工作必须作为工程施工组织设计中的一个重要环节，纳入施工管理；施工前必须制定详细、可操作性强的监控量测方案；施工中按监测方案认真实施。

2 负责监控量测工作的监测组，由施工单位或委托具有监测资质的单位承担相应的监测任务。

3 监测组负责测点埋设和维护、日常监测、数据分析处理和反馈工作，并按日报、周报和月报的制度及时将监测信息反馈给施工、设计、监理、建设等相关单位。

4 监测方案应综合考虑工程施工特点、设计要求、周围环

境及地层特点进行编制。监测方案应满足下列要求：

- (1) 确保工程施工安全；
- (2) 对工程周围环境进行有效的保护；
- (3) 在满足监测性能和精度的要求下，力求降低监测费用；
- (4) 在确保工程安全的前提下，监测点的布设和测量应尽量减少与工程施工的交叉影响；

减少与工程施工的交叉影响；

5 监测方案应报监理、建设单位，主要内容包括：

- (1) 工程概况；
- (2) 水文地质与工程地质条件；
- (3) 编制依据；
- (4) 监测目的要求；
- (5) 监测内容；
- (6) 监测点布设原则和布置图；
- (7) 监测周期和频率；
- (8) 信息反馈方式；
- (9) 监测控制值的初步确定；
- (10) 监测仪器一览表；
- (11) 监测实施的组织方式、质量保证措施及安全保证措施；
- (12) 其它必要的内容。

6 保证仪器设备性能满足各项要求；使用前必须进行必要的检查、校对和鉴定，必要时须经有关鉴定和计量部门进行检查、校对或鉴定，并出具相关的鉴定证明。

7 协调好施工和监测的关系，在布点和监测过程中要相互配合。

8 防止监测设备、测点和电缆等受到破坏，如有损坏，应按规定及时采取补救措施，并做出详细记录。

9 建立、健全监控量测管理的质量保证体系。所监测的数据必须保证真实、可靠，监测人员应对监测数据负责。

10 每个工程项目的监测资料必须有完整清晰的监测记录，包括图表、曲线、监测文字报告等，并及时报送有关部门。

11 监测周期：

- (1) 监测周期应涵盖整个施工期；
- (2) 监测组人员应在施工前进场，安设相关监测仪器及元件；
- (3) 监测应延续到土建工程竣工后的一段时间，并在得到被监测对象的各项指标进入稳定期的确切证据后，提出书面申请，由监理、委托方的同意后方能结束。

8.2.2 可从以下几个方面考虑制定监控量测质量保证措施。

1 制定切实可行的监测实施方案和相应的测点埋设、保护措施，并将其纳入工程的施工进度控制计划中。

2 监测组人员应相对固定，保证数据资料的连续性。

3 监测仪器定期到国家指定部门检校，并采用专人使用、专人保养、专人检校的管理制度。

4 各监测项目在监测过程中必须符合相应的技术要求。

5 监测数据均要经现场检查 and 室内复核后方可上报。

6 监测数据的存储、计算、管理均应采用计算机系统进行。

7 各监测项目从设备的管理、使用及资料的整理均设专人负责。

8 针对施工关键问题开展相应的 QC 小组活动，及时分析、反馈信息，指导施工。

8.3 监控量测的信息处理与反馈

8.3.1 绘制量测数据的时态曲线（如位移～时间曲线和速率～时间曲线）是数据处理的基本方法，也是竣工文件中必不可少的一部分。在监控量测的信息处理与反馈中，要及时对监测数据进行整理和校对，各类数据均应及时绘制成时态曲线。绘制量测数据的时态曲线（如位移～时间曲线和速率～时间曲线）是数据处

理的基本方法，也是竣工文件中必不可少的一部分。时间横坐标下的各类动态是综合分析的条件，尤其是发生各种事故时，是分析原因的依据。工程实践已证明，上述工作对于地铁施工项目部和现场监理人员获取第一手和第一时间的工程、环境安全动态是一项关键性和具有指导性的工作。目前已有越来越多的施工、设计和监理人员认识到它的重要性，已将其列为监控安全信息的重要工作程序之一。

8.3.2 进行综合分析的目的是充分利用监控量测数据，从不同的角度分析同一个工程现象，从而更加准确、有效地指导设计和施工，并确保周边环境的安全。同时各监测项目的监测值可以相互校验，确保监测数据的可靠性。

8.3.3 由于工程地质条件和施工工序的复杂性以及具体量测环境的不同，开挖导致隧道围岩的变形并不是单调的增加，因受地质因素和施工工艺的影响，在某一时刻某一地段围岩变形有可能出现增长的现象。围岩变形随时间的变化，在初始阶段呈波动的，然后逐渐趋于稳定。在量测数据整理中，可选用位移（或应力等）—时间曲线的散点图，图中纵坐标表示监测数据值，横坐标表示时间。在图中应注明量测时工作面施工工序和开挖工作面距量测断面的距离，以便分析施工工序、时间、空间效应与量测数据间的关系。监控量测数据处理可采用回归分析，通过对所得的数据进行回归，找出一条能代表时间—位移或距离—位移的散点分布拟合曲线，采用回归分析时，建议采用的回归函数有：

1 对数函数，如：

$$u = a \lg(t+1)$$

$$u = a + \frac{b}{\lg(t+1)}$$

2 指数函数，如：

$$u = ae^{-b/t}$$

$$u = a (1 - e^{-b/t})$$

3 双曲函数，如：

$$u = t / (at + b)$$

$$u = a \left[1 - \left(\frac{1}{1 + bt} \right)^2 \right]$$

式中， u ——变形值（或应力值）；

a, b ——回归系数；

t ——测点的观测时间（d）。

正常曲线和反常曲线见下图 8.3.3。

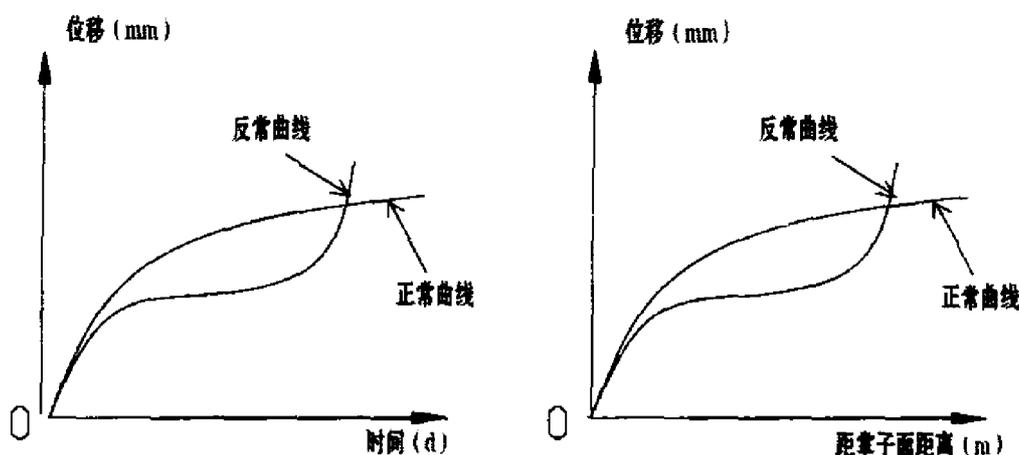


图 8.3.3 时间—位移曲线和距离—位移曲线正常与反常趋势图

8.3.4 三级预警可参考表 8.3.4 进行判定。

表 8.3.4 三级预警状态判定表

预警级别	预警状态描述
黄色预警	实测位移（或沉降）的绝对值和速率值双控指标均达到极限值的 70%~85% 之间时；或双控指标之一达到极限值的 85%~100% 之间而另一指标未达到该值时。
橙色预警	实测位移（或沉降）的绝对值和速率值双控指标均达到极限值的 85%~100% 之间时；或双控指标之一达到极限值而另一指标未达到时；或双控指标均达到极限值而整体工程尚未出现不稳定迹象时。

(续)

红色预警	实测位移（或沉降）的绝对值和速率值双控指标均达到极限值，与此同时，还出现下列情况之一时：实测的位移（或沉降）速率出现急剧增长；隧道或基坑支护混凝土表面已出现裂缝，同时裂缝处已开始渗流水。
------	---

注：对于桥梁监测，表中双控指标应为横向差异沉降值和纵向差异沉降值

8.3.5 发出黄色预警时，监测组和施工单位应加密监测频率，加强对地面和建筑物沉降动态的观察，尤其应加强对预警点附近的雨污水管和有压管线的检查和处理；发出橙色预警时，除应继续加强上述监测、观察、检查和处理外，应根据预警状态的特点进一步完善针对该状态的预警方案，同时应对施工方案、开挖进度、支护参数、工艺方法等作检查和完善，在获得设计和建设单位同意后执行；发出红色预警时，除应立即向上述单位报警外还应立即采取补强措施，并经设计、施工、监理和建设单位分析和认定后，改变施工程序或设计参数，必要时应立即停止开挖，进行施工处理。