

**摘要** 本文主要针对性的研究了南京市地铁沿线建设项目深基坑开挖施工对正在建设中的地铁 2 号线车站主体结构、区间隧道等的影响,充分结合现场施工条件和地质情况实际,对监测点的设立、数据采集、数据平差处理及分析等方面进行了深入的研究,提出了一套科学、可行的地铁结构安全监测技术方案。

**关键词** 地铁监测 数据分析

## 1 引言

随着南京市经济建设的稳步发展,对城市土地资源节约与集约利用,充分开发地下空间,地铁沿线开发建设项目均设有 2~3 层地下室,基坑开挖深度 7~11 m 不等。根据《南京市轨道交通管理条例》和《南京市轨道交通保护实施细则》的规定,在地铁控制保护区范围内进行建设的建(构)筑物,施工期间均需对临近地铁进行结构安全监测。本文的主要研究目的就是结合地铁沿线建设项目深基坑开挖实施条件和地质情况实际,通过周期性的监测,分析各变形监测项目的相对变化量,从而进行对在建的南京地铁 2 号线进行车站主体结构、区间隧道等变形情况监测的技术方案。

## 2 监测范围、内容和目的

### 2.1 监测范围

在地铁控制保护区范围内进行建设的基坑开挖项目。

控制保护区范围如下:

2.1.1 地下车站和隧道结构外边线外侧 50 m 内;

2.1.2 地面车站和地面线路、高架车站和高架线路结构外边线外侧 30 m 内;

2.1.3 出入口、通风亭、冷却塔、主变电所、残疾人直升电梯等建筑物、构筑物外边线和车辆基地用地范围外侧 10 m 内;

2.1.4 轨道通过江、过河隧道结构外边线外侧 100 m 内。

监测点设置范围为项目建设的基坑边线对应的地铁线路里程区域及沿线路方向前后外放 60 m。

### 2.2 监测内容

根据地铁结构型式和项目建设的具体情况,主要实施以下内容监测:

2.2.1 车站及附属设施:水平和垂直位移、垂直度、收敛、断面、裂缝、渗漏等;

2.2.2 矿山法隧道:水平和垂直竖向位移、收敛、断面、裂缝、渗漏等;

2.2.3 盾构隧道:水平和垂直竖向位移、收敛、断面、裂缝、渗漏、管片接缝和管片挤压等;

2.2.4 高架桥:水平和垂直位移、垂直度、裂缝等;

2.2.5 地面线:水平和垂直位移、滑坡等;

2.2.6 地面荷载要求:地面堆载面积、地面堆载大小等;

2.2.7 地下水位监测:监测井、地下水水位高度及变化等;

2.2.8 施工工法要求:施工时间、施工机械、施工影响范围等。

### 2.3 监测目的

通过监测工作的实施,掌握在该项目施工过程中既有地铁工程结构的变化,为建设方及地铁相关方提供及时、可靠的数据和信息,评定施工对既有地铁工程结构的影响,及时判断既有地铁工程的结构安全,对可能发生的事提供及时、准确的预报,避免恶性事故的发生。

## 3 监测方法及测点布设

### 3.1 沉降(差异沉降)监测

沉降监测采用精密水准测量方法。根据《城市轨道交通工程测量规范》GB50308-2008 变形监测要求,沉降监测基准网按 II 等垂直位移监测控制网的技术要求,布设附和或闭合水准路线进行观测。变形沉降监测点按 II 等垂直位移监测网技术要求,布设附和或闭合水准路线进行观测。基准点应定期进行检核。



沉降基准点作为沉降监测的起始依据,其稳定性十分重要。基准点要求稳定可靠,远离变形区 100~120 m 外;对隧道内设有联络通道的距离可适当减短。一般在地铁左右线变形区外各布设 4 点,共计 8 个点。

表 1 垂直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)	测站高差中误差(mm)	往返较差, 附合或环线闭合差(mm)	检测已测高差之较差(mm)
II	±0.5	±0.15	±0.3√n	±0.4√n

表 2 垂直沉降监测的主要技术要求

等级	高程中误差(mm)	相邻点高差中误差(mm)	往返较差, 附合或环线闭合差(mm)
II	±0.5	±0.3	±0.3√n

注: n 为测站数。

表 3 水准观测主要技术要求

等级	仪器型号	水准尺	视线长度(m)	前后视距差(m)	前后视距差累计差(m)	视线离地面最低高度(m)	基、辅分划读数较差(mm)	基、辅分划读数所测高差较差(mm)
II	DS05	钢瓦	≤30	≤0.5	≤1.5	0.3	≤0.3	≤0.4

### 3.1.1 车站、区间隧道及附属结构(出入口、通风亭、冷却塔等)沉降点布设

在基坑边线对应的地铁线路里程区域范围内,每 10 m 布设 1 个点;在该范围沿线两侧每 20 m 布设 1 个点,各布设 3 个点(外放 60 m)。附属结构与车站连接处两侧 0.5 m 处各布设 1~2 个点,附属结构另一端头处布设 1~2 点。

### 3.1.2 车站与区间连接处差异沉降

因车站整体刚性强度大,且有抗拔桩基础,绝对沉降量变化不大。车站与区间连接缝处两侧 0.5m 处各布设 1 个点,分析两侧监测点沉降量的差值,从而计算出车站与区间的差异沉降量。监测点布设示意图见附图 1。

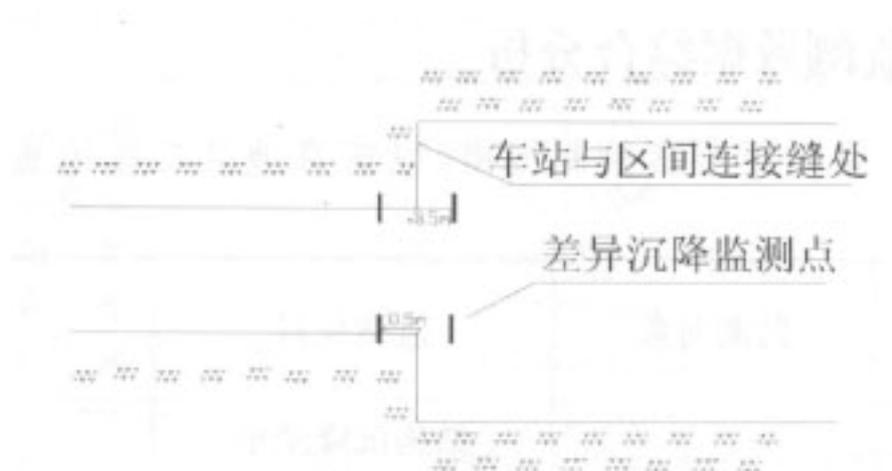


图 1 差异沉降监测点布设平面示意图

### 3.2 水平位移监测



一般水平位移基准点与沉降监测基准点共用。水平位移监测控制网采用 II 等导线测量方法,水平位移监测点采用视准线法。根据《城市轨道交通工程测量规范》GB50308-2008 变形监测要求,水平位移观测点坐标中误差为 $\pm 3.0$  mm。基准点应定期进行检核。

左右线布设的水平位移监测点应与对应沉降监测点重合。

### 3.3 隧道断面变形监测

采用具有无棱镜测距功能的全站仪(一般使用 LeicaTCRA1201)收集断面测量的相关数据,并计算(TMS 隧道测量软件)相关参数的变化值,判断断面的变形情况,绘制断面主要特征点变化图。左右线布设的断面应与对应沉降监测点所在断面重合。

表 4 水平位移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)	平均边长(mm)	测角中误差( $^{\circ}$ )	最弱边相对中误差	全站仪标称精度	水平角观测回数	距离观测回数	
							往测	返测
II	$\pm 3.0$	150	$\pm 1.8$	$\leq 1/70000$	$\pm 1^{\prime}$ $\pm 1+2$ ppm	4	2	2

### 3.4 隧道收敛监测

在隧道两侧腰线上布设一条水平基线,利用收敛计进行隧道断面收敛测量。

左右线各布设的收敛断面应与对应沉降监测点所在断面重合。

### 3.5 盾构管片接缝、挤压监测

使用读数显微镜在管片的  $45^{\circ}$ 、 $135^{\circ}$ 、 $225^{\circ}$ 、 $315^{\circ}$  处竖向接缝上,测量出环缝值,求出两次的变化量。

根据盾构管片尺寸和地铁保护所允许的变形曲率,计算管片张开允许值。左右布设的管片接缝监测断面应在对应沉降监测点所在断面附近,便于合理科学进行变形数据分析。

### 3.6 侧墙垂直度监测

对在影响区域内的侧墙(间隔  $10\sim 15$  m 及拐角处)进行垂直度监测,一般在侧墙上下及与基坑等高处各设 1 个监测点,然后在底板上固定基准站用全站仪测量各点至侧墙水平距离,根据水平距离变化量和侧墙高度,计算侧墙倾斜度或挠度,其变化倾斜度不大于  $2\%$ 。

### 3.7 裂缝、渗漏监测

隧道以及车站的裂缝、渗漏监测的具体步骤如下:

## 4 监测数据综合分析

### 4.1 监测变形值控制标准(以南京地区工程地质与水文地质情况综合考虑)

(1)现场踏勘、记录并观测已有裂缝的分布位置,裂缝的走向、长度和深度。

(2)对于新发生的裂缝及时观测,分析裂缝形成的原因,判断裂缝的发展趋势。

(3)观测时使用读数显微镜(可精确到  $0.02$  mm)量出每条裂缝的距离及裂缝长度,求得裂缝的变化值。

定期对监测范围内的所有裂缝进行巡视,对于新发现的裂缝,做好记录,及时埋设观测标志进行量测。

(4)对于发现有渗漏的地方进行观测,测量出渗漏面积和渗漏程度,并对渗漏原因作出分析。



序号	监测对象	监测项目	报警值	警戒值	允许值
1	隧道、车站 及其附属结构	结构沉降变形	±3.3 mm	±6.7 mm	±10.0 mm
2		结构水平变形	±5.0 mm	±10.0 mm	±15.0 mm
3		隧道断面变形	±5.0 mm	±10.0 mm	±15.0 mm
4	附属结构侧墙	侧墙垂直度	倾斜度不大于 0.7%	倾斜度不大于 1.4%	倾斜度不大于 2%
5	盾构管片	盾构管片接缝	±1 mm	±2 mm	±3 mm

#### 4.2 信息反馈制度

为确保监测成果的质量,加快信息反馈速度,每次监测必须有监测成果,并及时进行监测成果的分析,当天内向有关单位提交监测成果及分析报告,对当前的施工及既有监测对象状态进行评价和提出建议。发现超出警戒值的情况,即时书面或电话通知有关单位,以便及时采取措施,确保地铁结构安全。

