

控制狭小空间地铁工后沉降监测技术的研究

杨洋 王瑞

岩土科技股份有限公司

DOI:10.12238/btr.v5i1.3891

[摘要] 软弱地质不良土地层中进行围护搅拌桩和轨下灌浆施工时,由于机械对周围土体的扰动以及施工工艺引起的土体物理力学性质的变化,导致周围土体的变形,如地下灌浆轨道、围护搅拌桩等的实施,引起周围环境的沉降或上浮、水平错位。为确保地下工程施工期间邻近地下管线及建筑物等的安全,确保其正常运营,同时,必须对周围环境和周围结构本身进行动态观察。通过监测周围环境和周围自身结构的动态变化信息,可以验证施工的合理性,及时发现问题,以便采取有效措施,预防事故发生,确保施工安全,实现信息化施工管理。本研究着重研究狭小空间控制地铁工后沉降的监测及应急预案。

[关键词] 交通工程; 狭小空间; 地铁; 工后沉降; 监测技术

中图分类号: U49 **文献标识码:** A

Study on Monitoring Technology of Controlling Post Construction Settlement of Subway in a Narrow Space

Yang Yang Rui Wang

Geotechnical Co., Ltd

[Abstract] During the construction of retaining mixing pile and under rail grouting in the soil layer with weak geology, due to the disturbance of machinery to the surrounding soil and the change of physical and mechanical properties of soil caused by construction technology, the surrounding soil will be deformed, such as the implementation of underground grouting track and retaining mixing pile, resulting in the settlement or floating and horizontal dislocation of the surrounding environment. In order to ensure the safety of adjacent underground pipelines and buildings during underground engineering construction and ensure their normal operation, at the same time, the surrounding environment and surrounding structures must be dynamically observed. By monitoring the dynamic change information of the surrounding environment and its own structure, we can verify the rationality of construction and find problems in time, so as to take effective measures to prevent accidents, ensure construction safety and realize information construction management. This study focuses on the monitoring and emergency plan for controlling the post construction settlement of subway in a narrow space.

[Key words] traffic engineering; narrow space; subway; post construction settlement; monitoring technology

城市高速发展过程中,城市空间容量与土地短缺之间的矛盾日益突出。地铁是解决城市地面交通堵塞问题的好办法,其运输能力更强、速度更快,运行有规律,线路不会与汽车、电车或火车相交叉,目前已成为世界许多城市内通勤的主要动力,因此开始了以城市地下公共交通特别是轨道交通为推动力的城市建设。到目前,中国将有大约40个城市发展轨道交通,总里程超过7000公里。地铁的兴起一方面解决了城市空间容量与土地资源短缺之间的尖锐矛盾,

另一方面也带来了一系列新问题,如地铁施工后沉降、周边地表敏感重要建筑物病害等。地铁在长期运行中沉降变形不可避免,从地铁开建到运行,有关专家学者一直在研究如何在复杂的地质条件下控制地铁沉降以及保护地表周边重要敏感建筑物。而适合于在狭小空间控制地铁工后沉降的监测技术的研究是控制地铁沉降技术实施的前提因素和重要的环节。

1 狭小空间控制地铁工后沉降的监测方案研究

1.1 监测设计基本原则。(1)体系原则:①设计与监测项目有机结合,形成一个整体,并相互核对试验数据。②利用系统功能对隧道进行全方位、三维监测,保证数据正确、实时。③建造期间进行持续监测,以确保数据的连续性。(2)可靠性原则:①使用的监测方法是一种基本成熟的手段。②监测所使用的监测仪器和部件应在有效期内通过计量校准。(3)结合结构设计原则:①根据设计计算,确定围护结构的报警值。②依据设计、施工、监理单位提出的具体要求有目的性

设置监测点；(4) 优先考虑关键部分同时兼顾各方面的原则：在围护结构敏感区域加密点数和项目，着重集中监控。(5) 结合施工原则：①结合施工实际确定试验方法、监测要素类型、监测点保护措施。②为减少对施工质量的影响，根据施工实际调整监测点位置。(6) 成本最佳的原则：①监测方法的选择，在安全可靠的前提下，结合工程经验，尽可能采用直观、简单、有效的方法。②选择监测元件，在确保可靠性的基础上尽可能使用国内仪器和设备。③监测点的数量，合理利用监测点之间的连接，减少测点数量，在保证全面、安全的前提下，提高工作效率，降低成本。

1.2 监测依据。(1) “基坑工程施工监测”地方标准；(2) “地基基础设计”地方标准；(3) “基坑工程设计”地方标准；(4) “工程测量”国家标准；(5) “建筑变形测量”行业标准；(6) 总平面图、围护设计方案。

1.3 监测内容。从地铁的周围环境和保证地铁正常运营、安全的角度，结合实际实施条件，主要监测内容如下：(1) 与地铁紧邻周围环境监测：①邻近构筑物沉降监测；②邻近构筑物倾斜观测；③监测邻近地下管线的沉降和水平位移。(2) 围护结构监测：①监测围护墙顶部沉降和水平位移；②围护墙测斜仪监测；③监测隧道以外的地下水位动态。

1.4 监测点的埋设。(1) 周边环境监测点的埋设：监测点埋设按“浙江省地基基础设计规范”，按要求，距隧道最近管道应埋设一排直接点或模拟点，间隔10~15米一点。监测点的埋设做到全面掌握信息，经济效益良好；(2) 测斜孔埋设：根据围护实际情况，考虑地铁轨道下注浆地层变形情况，在轨道的外围重点保护区域埋设内径60mmPVC测斜管，共布设11孔，埋设深度为旋喷桩底下2米；(3) 地铁隧道外埋设水位测量孔。

表1-1 监测点汇总一览表

监测点类别	编号	数量
沉降及水平位移测点	L	11点
地下水位观测点	S	8点
测斜监测点	W	11点

表1-2 测量使用的主要仪器

序号	监测内容	所用仪器设备	读数精度	报表精度
1	沉降观测	DSZ2 型精密水准仪	±0.01mm	±1.0mm
2	位移测量	GCT-332 全站仪	2"	±3.0mm
3	水位观测	SWJ9050 电测水位仪	±10mm	±10mm
4	墙体测斜	GN-1 型测斜仪	0.001mm/m	±0.2mm
5	数据处理系统	电子计算机及相应隧道监测数据处理软件		

1.5 监测技术要求及监测方法。(1) 监测按二级监测考虑，按浙江省标准《基坑工程设计规程》要求，水平位移测量精度不低于±3.0毫米，垂直位移测量精度不低于±1.0毫米；(2) 垂直位移测量：垂直位移测量采用DZS3精密水准仪配2米钢钢水准尺，按国家二级水准精度要求施测，采用符合水准路线进行施测。具体施测前在施工区约4倍开挖深度以外50m左右选定地基稳固地点埋设3只水准基点，沉降监测以上述水准点为起算点，组成附合或闭合水准网并联测。测量过程中“固定观测者、固定测站、固定转点”，严格按国家二级水准测量的技术要求施测；(3) 水平位移测量：根据现场的具体情况，水平位移采用DSZ2精密经纬仪按基准线法测定绝对位移或视准线法(小角法)二测回测定，测量时在稳定的地点设置测站及设置固定的方向线，并在方向线上设置检核点。(4) 地下水位观测：在测量过程中，采用三等水准与工程±0.000相结合的方法测量水位孔的高度，管道顶部与管道内水位的高度差用钢制量具测量，并计算水位。

1.6 监测质量管理。为确保真实、及时的做好数据的采集和预报工作，必须从几个方面做好质量管理工作：(1) 精心组织：队伍定人定岗，责任到人，严格按照各种测量规范以及操作规程进行监测；(2) 做好监测点保护工作：各种监测点及测试元件应做好醒目标志，携同甲方、总包、监理等各方共同督促施工人员加强保护意识，如有破坏立即补设，以便保持监测数据的连续性；(3) 测量仪器须经专业单位鉴定后才能使用，使用过程中定期对测量仪器进行自检，发现误差超限立即送检。

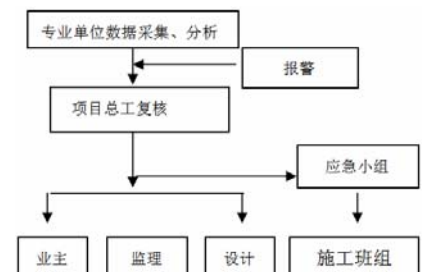
1.7 监测报警值的确定。根据围护设计要求，提出围护结构报警值具体如下：

(1) 地下管线沉降和位移：连续3天，总计20mm，2mm/d；(2) 地铁隧道以外地表沉降值：连续3天，总计20mm，2mm/d；(3) 房屋沉降：2mm/d(连续3天)，累计20mm；(4) 围护墙顶沉降与位移：2mm/d(连续3天)，累计20mm；(5) 围护结构(土体)测斜：2mm/d(连续3天)，累计为20mm；(6) 地下水位变化：每天不超过0.50m。

2 适合于在狭小空间控制地铁工后沉降的监测应急预案研究

2.1 轨道下注浆应急预案。

2.1.1 信息化施工预警系统。在地铁轨道下注浆施工期间，对周围的建筑物(构筑物)、道路和管道进行定期监测，及时发现隐患，根据监测结果及时调整施工方案，确保安全运行和正常使用。

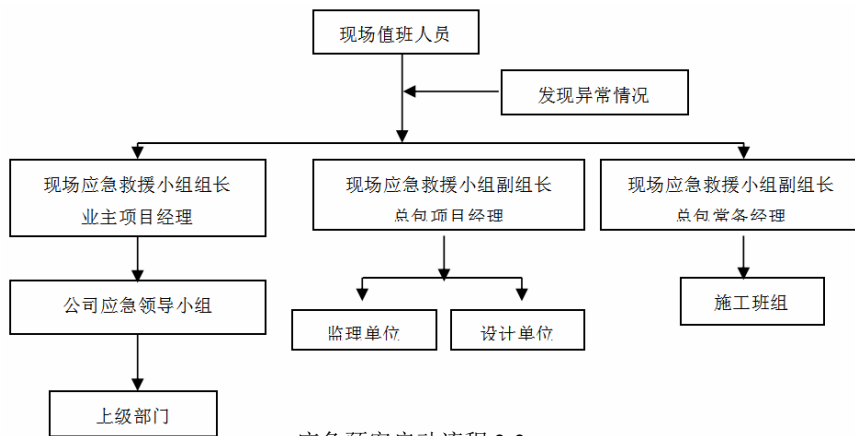


信息化施工预警系统2-1

2.1.2 应急预案启动流程。对于本研究的内容，当超过报警值时，应立即启动应急预案，一旦有现场人员发现(看到、听到)现场发生事故、险情征兆，应急预案随即启动。并严格遵循以下流程：

2.1.3 应急抢险、救援措施。对于本研究的内容，严格按照监测数据指导施工，当变形值超过设计规定的报警值时，应立即启动应急预案。

(1) 围护桩体发生大幅度变性：①立即检查结构梁和楼板是否有损坏，包括裂缝和其他异常情况，检查坑内的地下水位，并向围护结构设计单位报告有关



应急预案启动流程 2-2

的现时监测结果和现场情况,与其协商,制定控制措施。②如果报警处围护桩边地面有堆载,应立即全部搬出,在问题解决前,禁止该侧车辆通过,减少施工动荷载。③如发现围护墙背土体沉降,应设法控制嵌入土体部分的位移,现场可进行以下紧急措施:进行坑底加固,采用注浆,提高被动土压力;监测频率加密,一天至少三次,并注意观察围护桩接缝处的变化,发现渗水现象及时进行堵漏;根据围护设计单位的要求对施工方的措施进行适当调整。(2)周边道路:一旦注浆施工引起的周边道路开裂,应及时回灌水泥砂浆或回填黄砂、粘土,并在上面铺设钢板。施工阶段加强道路监测频率。出现异常及时与各单位联系,并启动应急预案,采取相应措施,确保道路正常运行。(3)建筑物发生过大沉降变形:首先,要对现场情况和数据进行全面检查,重点查明是否存在支护桩位移过大、支护桩渗漏、流沙、轨道下基础反弹、基坑外水位过低等现象,采取相应的应急措施。①通过增加劳动力,选用先进的机械设备,优化施工工艺等措施,使施工质量得到提高。使用轻型膨胀砂浆。②如果发生突然或持续的变化,应立即安排额外的支撑。③根据各方的讨论,如分区、工艺、技术等,调整开挖方案。并增加监测频率。(4)管线沉降变形过大:在施工过程中,发现管道现状与披露内容不符、取样孔数据不符或者异常情况直接危及管道安全的,应当立即通知项目管理单位和有关管道单位现场研讨补救措施,未

经同意不得处理或者继续施工。(5)隧道底板隆起:检查隧道地面是否有积水,排水。加快垫层的施工速度,尽量在坑周围地面卸载。根据设计要求,向设计单位报告现场情况,并对隧道地基进行加固。(6)降排水无效果:①对降排水设备进行检查,排障处理。②测量井底污泥厚度,进行清洗排渣;③井深应满足排水要求;④必要时增设轻型井点,确保降水效果。(7)围护支撑桩体结构渗漏水:如果渗水量很小,只是轻微的水滴,而且监测结果未能反映周围环境的危险性预兆,只在坑底设置排水沟,不进行进一步的修复;如果渗水量逐渐增加,但没有泥沙流出,周围环境不危险,可以采用排水修复方法;如大量渗水、流水或接缝渗漏,应立即进行堵漏。当渗漏量较大时,渗漏部位约为0.10m深,中间设置导流管,加快双速水泥的灌注。在双快速凝水泥变硬后(通常半小时左右),将多胺树脂注入导流管中,封堵渗漏部分;如渗水中夹泥砂,需在坑内采取原土对渗漏部位进行回填,在坑外采用压密注浆进行封堵,最后再采用高压旋喷桩进行土体加固,高压旋喷桩加固区呈“馒头”状。(8)管涌:若由于围护桩渗水造成管涌:立即采取重物进行地层加载,稳定管涌情况,再在坑外地墙渗漏处采用压密注浆进行土体加固,并进行围护桩裂缝修补。

2.2塌方应急预案。当塌方事故发生后,立即向有关部门汇报,然后采取应急措施,防止危险进一步扩大。措施如下:①在报告坍塌报告的同时,紧急救援设

备、应急物资及人员已即时调派至事故现场,以便及时进行紧急救援工作;危险情况危及人身安全时,须撤离危险地区。项目部接到报告后,立即组织救助队进行救助工作,并组织医务人员赶赴现场随时听候调遣,尽可能将损失降低到最小程度。②针对坍塌地段的渗漏水,采用排水管路对渗漏水进行引排。③塌方段支撑及加固。喷射混凝土后在塌方段打入小导管并及时注浆。在现场设立微机数据处理系统,进行及时处理。每次观测数据经检查无误后输入微机,经过专用软件处理,自动生成报表。根据现场监测工程师分析当天监测数据及累计数据的变化规律,交给项目负责人审核无误后当天提交正式报表。如果监测结果超过设计的警戒值立即提出告警,提请有关部门关注。同时一起参与补救方案的制定和研究。

3 结束语

监测好比施工管理的眼睛,监测工作是为信息化施工提供正确的形变数据。适合于在狭小空间控制地铁工后沉降的监测技术的研究,本文主要针对地铁施工后沉降控制和地表敏感重要建筑物保护的关键技术体系,针对地表敏感建筑物的工后沉降保护关键技术,包括:轨道下地基灌浆创新关键技术、隔震关键技术、地下连续墙加固关键技术、建筑物桩基托换、建筑物纠偏、裂缝注胶、黏贴钢板、湿式包钢、黏贴碳布、增大梁截面等治理关键技术,提供监测数据和治理依据,对地铁隧道的安全运行具有重要意义。

[参考文献]

[1]丰发街,孟泱.电缆隧道施工监测可视化系统的构建[J].工程勘察,2014,(3):79-83.
 [2]赵全朝,王栋,赵锦国.论水利水电工程建设与自然环境的关系大型沉井下阻力监测技术[J].公路工程,2012,8(4):10-19.
 [3]牛永超,叶纪福,王智群.用于地下超深井筒结构的泥水平衡沉井技术研究[J].建筑工程技术与设计,2021,(10):19-20.