

# 城市轨道交通工程第三方监测模式探讨

## ——以青岛地铁建设为例

谢远成

(上海市城市建设设计研究总院,上海 200125)

**摘要:**第三方监测作为一种先进的管理模式,在国内地铁建设中得到广泛应用。青岛地铁穿越地层为上软下硬的土岩组合地层结构,在地铁第三方监测实施过程中有别于其他城市。依托青岛地铁一期工程第三方监测工作实践,介绍了第三方监测的目的、任务、流程,对青岛地铁第三方监测实施过程中存在的若干问题进行了探讨,并提出了相应的想法和建议。

**关键词:**城市轨道交通建设;第三方监测;模式探讨;青岛地铁;

**中图分类号:**TU47

**文献标识码:**B

## 0 引言

第三方监测是指业主委托独立于设计、施工和监理,具有相应资质的监测单位,依据相关规程和条款,对施工沿线影响范围内的建筑物、构筑物、道路、管线和地面沉降等进行的独立监测、分析、评价工作,是业主为确保施工影响区域内环境安全采取的一种先进的管理模式<sup>[1]</sup>。

地铁建设中的第三方监测方兴未艾,也暴露了不少问题,国内众多专家、学者对此进行了很多研究,提出了独特的见解和有益的建议。杨松林(2004)、张成平(2004)等将地铁建设中第三方监测定义为:城市轨道交通工程施工中,业主根据中华人民共和国安全生产法委托独立于设计、施工和监理方,具有相应资质的第三方监测单位,对地铁施工沿线地表、道路沉降、周围重要建筑物、地下管线等进行变形监测,预防和避免基坑、隧道塌方,周围建筑物损坏,保证施工安全进行的一项监测工作<sup>[1,2]</sup>。花向红,向东(2009)等以厦门某项目为例,论述了第三方监测的目的、意义,介绍了具体实施方案,并进行了效果分析<sup>[3]</sup>。张成平,张顶立(2005)等结合国内地铁第三方监测的经验,阐述了第三方监测的目的、管理体系、内容程序,论述了第三方监测与各

相关单位的关系,并对相关问题进行了探讨,提出了制定第三方监测控制标准的思路<sup>[4]</sup>。杨壮志(2011)依托沈阳地铁第三方监测工程实践,结合国内其他地区第三方监测实施经验,运用对比分析法,简述地铁建设中第三方监测实施过程中有待完善的若干要点,并给出了改进意见<sup>[5]</sup>。郭希印,梁希福(2008)介绍了第三方监测的关键技术环节,并通过分析目前第三方监测中存在的缺陷及不足,提出了具体的解决措施<sup>[6]</sup>。郑强,吴迪军(2007)等结合工程实例探讨了土建施工第三方监测中的若干关键技术问题,并提出了相应解决方案<sup>[7]</sup>。

青岛地铁建设刚刚起步,一期工程于2009年开工建设,目前正在建的2号线、3号线均实行了地铁施工第三方监测。鉴于青岛地区的区域性特点及特有的“上软下硬”的地层结构,其设计、施工都有区别于其他城市地铁建设的一面,相应的第三方监测的侧重点也就不同。

目前,对于第三方监测实施的通病性问题已经研究了很多,在此就不再赘述。该文依托青岛地铁一期工程,总结了第三方监测在青岛地铁实施的优缺点,收集统计了存在的问题,并提出了相应的看法和建议。

## 1 第三方监测的目的任务及流程

收稿日期:2013-07-10;修订日期:2013-07-15;编辑:曹丽丽

作者简介:谢远成(1976—),男,上海人,高级工程师,主要从事城市工程测量方面研究;E-mail:Xieryancheng126@126.com。

### 1.1 监测目的

(1) 为了判定地铁工程在施工和运营期间的安全性及周边环境的影响,对可能发生的危险或事故提供及时、准确的预报,以便及时采取有效措施,避免事故的发生;

(2) 在基坑开挖过程中根据监测数据实现信息化施工,将监测结果用于优化设计,为设计提供更符合工程实际情况的设计参数,及时对开挖方案进行调整,使支护结构的设计既安全可靠,又经济合理;

(3) 作为第三方公正性监测,为业主处理工程合同纠纷提供数据和资料依据,为业主提供确凿的索赔证据,防止承包商提供虚假的资料和数据,隐瞒工程安全和质量真相。

### 1.2 监测任务

(1) 监测中侧重于环境安全,监测项目以保障安全为基础进行统筹安排,兼顾施工安全。

(2) 具有监督校验施工方监测数据是否真实可靠的职能,并对施工监测的方案、仪器、人员和数据处理分析进行审查并进行指导。

(3) 在数据采集基础上,要对监测数据进行综合分析和预测,进行预警、报警,并将监测报告与分析报告及时上报业主、监理,为安全风险管理决策提供支持。

(4) 在施工影响区发生环境破坏事件时,第三方监测单位提供客观、公正的监测数据,作为有关机构评定和界定相关责任的依据<sup>[8]</sup>。

### 1.3 监测流程

依据第三方监测的目的和任务,结合地铁建设特点,制定作业流程,详见图 1<sup>[6]</sup>。

## 2 青岛地铁若干监测问题探讨

### 2.1 监测项目布置原则

#### (1) 布置原则

监测项目是第三方监测工作实施的具体载体,项目选择是否得当决定着监测工作的成败。第三方监测的对象往往是整个地铁线路,工作量大,战线长,风险源多而分散,因此,在选择监测项目时必须抓住重点,有针对性,做到具体情况具体分析。

#### (2) 实例分析

以青岛地铁 2 号线啤酒城为例,车站位于香港

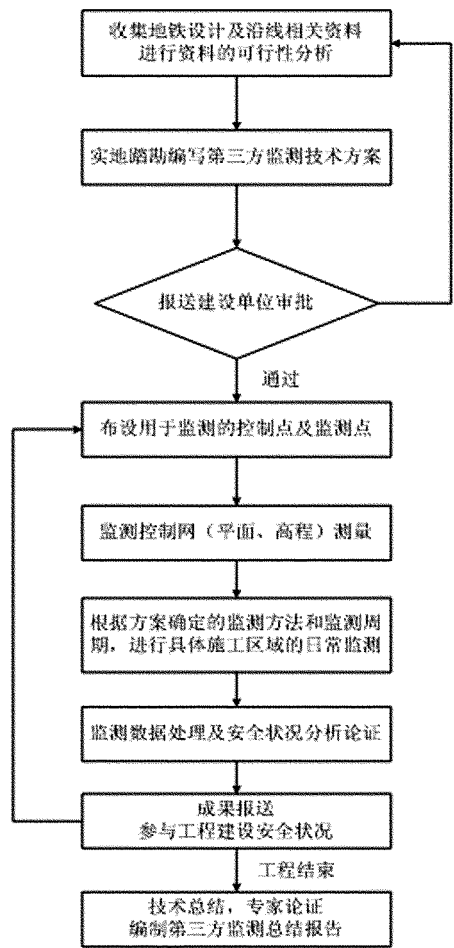


图 1 城市地铁建设第三方监测流程  
(郭希印,梁希福,2008)

东路与海尔路交口交通繁忙地段,车站影响范围内的主要建筑物为 4 层框架结构的银河不夜城,距基坑约 7 m,另有 2 条雨水暗渠,1 条钢热力管线,强风化花岗岩需要爆破,基坑与建筑物相对位置见图 2。

该工程需要重点监测项目为围护桩顶水平位移、钢支撑轴力、建筑物沉降、倾斜、管线沉降变形、地表沉降及爆破振动,其他项目可少测或不测。基坑开挖范围内存在中等风化花岗岩,需要进行爆破开挖,由于建筑场地位于闹市区,周围为居民楼及商业网点,爆破时振动对周边影响较大,必须严格遵守“每炮必测”的原则,并及时反馈监测结果,避免振动过大引起地面及建筑物的变形开裂。

#### (3) 想法建议

监测项目要有针对性,做到“有的放矢”。地铁沿线各车站、区间地质条件、周边环境及工程设计、施工工法均不一样,各工点存在的安全风险也不同,

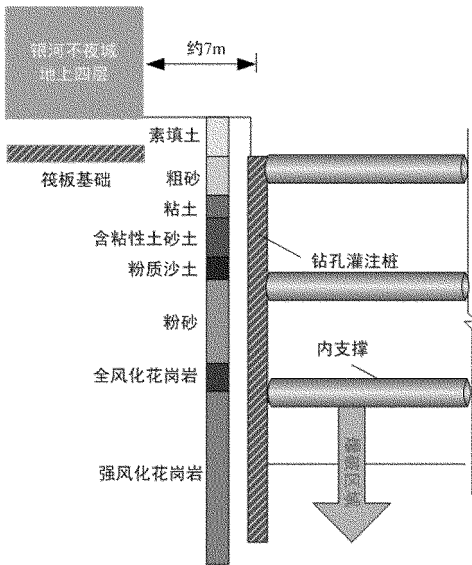


图2 基坑与建筑物相对位置图

一定程度上降低了支撑体系的稳定性。

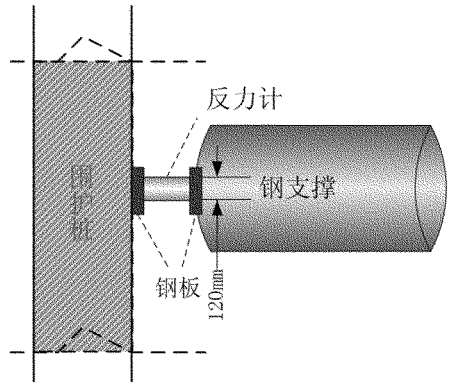


图3 反力计安装示意图

因此监测项目的侧重也就不同。第三方监测单位应该根据监测项目的不同特点,分门别类,辨析重点风险源,确定重点监测项目和辅助性监测项目,对于重点监测项目应高度重视,加强监测,关键部位加密布置监测点,对于辅助性的监测项目则可以适当的降低监测布设密度和频率。

## 2.2 监测仪器选择和监测点的合理布设

### (1) 监测原则

地铁工程监测项目应与工程设计、施工方案相匹配,结合相应的地质条件及周边环境,针对监测对象的关键部位,做到重点监测、项目配套,形成有效、完整的监测系统。

监测点并不是布设的越多就越好,过多的监测点或者监测点布置的不合理有时并不利于围护结构及周边环境的安全,同时也对施工的开展产生很大的影响。

监测项目的成功与否与监测仪器的选用有着很大的关系,监测仪器的选择应遵循适用性、经济性、先进性的原则。

### (2) 实例分析

以青岛地铁2号线啤酒城站明挖基坑钢支撑轴力监测为例进行分析。该项目监测采用FLJ-40型振弦式反力计,又称轴力计。反力计安装示意图见图3,反力计与钢支撑通过钢板连接,反力计直径为120mm,钢支撑直径为609mm,反力计直径不及钢支撑直径的1/5,这种构造体系并不利于受力安全,

如果多断面大量布设会大大的降低整个支撑体系的稳定性,有可能导致支护结构失稳,此时不但起不到应有的监测作用,还可能成为引起基坑失稳的引导因素。

地表沉降的监测也存在上述问题,如果过多设置地表沉降监测点,不但占用场地,影响施工的开展,而且增大了数据处理的工作量,且不利于测点的保护。

### (3) 建议

一般说来,每个监测项目的仪器都有其固定性,可供选择的余地较小,此时就应该根据现场情况和既有仪器,合理布设测点和断面,做到“数量适当,位置合理”,既满足监测要求又经济适用。

## 2.3 围护桩顶沉降监测的必要性

### (1) 问题提出

青岛市区属沿海山地丘陵地区,一般上层为一定深度(5~8m)的冲洪积土层,下层以强风化至中风化花岗岩为主,即典型的土岩组合地层。在此类地层条件下,深基坑的支护桩在设计时,桩端一般嵌入到强风化或中风化岩石中。但由于考虑经济性的原因,一般嵌入岩层较浅,桩底距基坑底面标高多达数米,当基坑开挖后,支护桩桩脚就似吊在空中,即称为“吊脚桩”(图4)。

《建筑基坑监测技术规范》(GB50497-2009)中4.2.1节将围护桩顶沉降列为应测项目,但鉴于青岛地区特殊的土层情况,桩顶沉降监测的实际价值还大不大,是否需要监测,有待进一步研究。

### (2) 实例分析

以青岛地铁3号线试验段及火车北站桩顶沉降

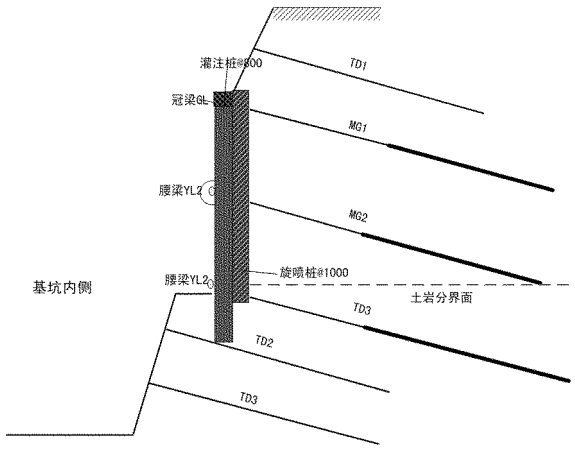


图4 “吊脚桩”支护结构剖面图

监测为例,进行分析。图5,6为2个区段的桩顶沉降监测变化曲线,可以看出,在桩顶沉降初始有个很小的负向(沉降)变化,随后整体呈正向(隆起)缓慢增长并趋于稳定,且稳定值很小,小于10 mm。

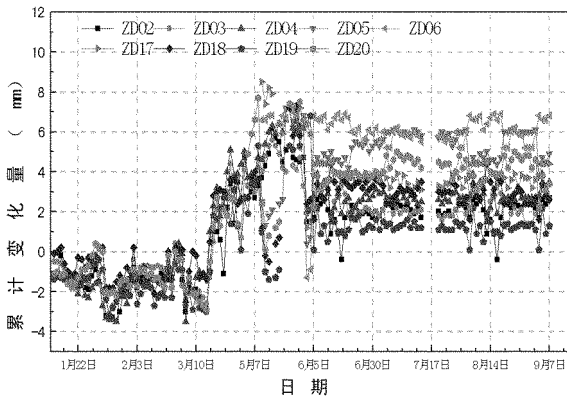


图5 试验段河西站桩顶沉降监测变化曲线图

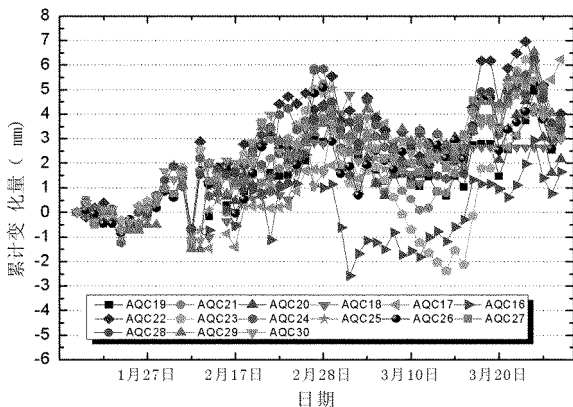


图6 火车北站A区桩顶沉降监测变化曲线

风化花岗岩岩层,岩层抗压强度大,桩体发生沉降的可能性很小;②由于基坑土体开挖卸荷,岩土层应力发生变化,围护桩会在此作用下缓慢抬升,但该作用对桩体产生的影响有限,上升幅度不足以影响围护结构的安全。

(3)建议

通过上述分析,建议适当降低维护桩顶沉降的监测等级,减少监测点布设,降低监测频率,地质条件特别好的区域可不进行监测。由于“吊脚桩”现象的存在,应注重桩顶水平位移的观测,并对“吊脚桩”进行立项研究,进而形成地方性的监测规范、章程。

2.4 第三方监测与参建各方的关系

(1)各方关系综述

第三方监测接受业主委托,为业主提供技术服务,与业主之间是一种法律、经济关系,受第三方监测合同约定,各自负有一定的权利和义务。第三方监测应依据合同,独立、客观、公正的提供服务,既要维护业主方的利益,也要顾及施工单位的合法权益。

第三方监测单位与监理单位是相互平行的工作关系,前者实施施工影响区域环境安全的监测与监督,后者则为全过程监理,各有侧重,相互协调,互为补充,共同为业主服务,对承包商进行监督。

第三方监测与施工单位的关系为监督和被监督的关系,这种关系通过业主与承包商签订的工程承包合同来确定,业主协调双方关系,共同为地铁建设服务。

施工监测由施工单位自行组织,主要依据设计图纸及相关规范,对施工过程中围护结构应力应变及沉降变形和周边环境进行监测,通过分析监测数据,确保支护体系的稳定性及周边环境的安全性,确保工程安全顺利的进行,是施工组织的重要组成部分,在一定程度上可以称之为第一方监测。施工监测的目的主要是确保施工安全,它向施工单位负责,是监测的主体。地铁建设的各参建单位关系见图7。

第三方监测是受业主委托进行平行于施工监测的监测工作,对施工监测进行监督,检验施工监测数据的真实性,维护业主利益,同时为业主提供工程监测数据及分析。

(2)青岛第三方监测的特点

青岛地铁第三方监测与国内其他城市第三方监测相比,有其独特之处:①平行监测为主;②自行布

究其原因,主要是:①围护桩均嵌入强风化至中

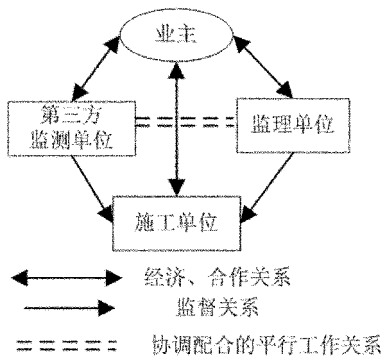


图7 第三方监测与参建各方关系图

设监测点,且测点数量众多;③监测频率高。而其他城市的所有监测点均由施工监测埋设,第三方监测以抽检为主,重在复核施工监测数据的正确性,综合分析施工监测数据,为业主提供安全监测咨询服务。

青岛地区施工监测和第三方监测是平行工作关系,各自布设监测点,分别进行监测和分析。往往出现监测点布设重复,监测体系互相干扰,区域监测点布设过于集中或过于疏松,经济成本高、监测点保护及施工干扰等问题。

鉴于上述情况,部分标段试行了第三方监测与施工监测“联合布点,共同监测”的方案。既重复一部分监测点,这样最终的监测点的数量肯定是大于任何一方的要求。但是这样也有弊端,比如总体监测点的布置不合理,有些部位监测点过于密集,有的关键部位被漏掉等问题,还有重复点的数量问题以及费用纠葛等。

### (3) 建议

因此,建议业主沿用其他城市的监测规划,指定施工方进行全部监测点布设,第三方和施工方独立监测,但应注意协调双方的关系,确保监测工作顺利开展。

## 2.5 爆破监测

青岛地铁建设中,爆破施工应用频繁。爆破振动对地铁结构本身及沿线周边环境都存在或大或小的影响,进行爆破监测是十分有必要的。

青岛地铁的爆破监测针对外部环境的监测较多,但对地铁结构本身的监测还不成熟。一是由于地质结构的复杂性,二是由于地铁结构设计和施工的各异性。地铁结构监测点的布设,监测时机和频率的选择都有待进一步的研究,并通过实际工程去

验证,进而形成成熟的监测理论和方法。

## 2.6 自动化监测的可行性

自动化监测技术是20世纪60年代发展起来的一种全新的监测技术,随着计算机技术和网络通讯技术的发展,逐步得到广泛的应用。自动化监测主要包括数据采集的自动化、数据传输的自动化、数据管理的自动化及数据分析的自动化等。

第三方监测系统的自动化是基于Web建立的系统,可以进行实时远程监控和数据传输。监测系统以数据管理为核心,通过信息化网络,快捷流畅的反馈监测信息;利用网络数据库和监测系统,可以形象、全面的反应施工现状,为建设管理和决策提供依据。

自动化监测有以下优点:

(1)自动观测可以连续地记录观测对象的完整变化过程,借助计算机网络系统,可以将数据传送到网络覆盖范围内的任何需要这些数据的部门或终端。在恶劣的地质、气象条件下,也能安全的工作,风险小,精度高。

(2)采用自动监测系统不但可以保证监测数据正确、及时,而且设有完善的报警系统,一旦发现超出预警值范围的量测数据,系统马上报警,通过网络、通信等反馈到相关人员,有利于辅助工程技术人员及时采取应对措施,保证施工安全。

(3)降低人力成本,提高经济效益。自动监测系统除了埋入土层或混凝土中的传感器不可回收外,其余装置均可回收再利用。自动监测系统不需要人员进行测量,只需要安排专人对监测装置进行维护,大大降低了人力成本的消耗。

青岛地铁穿越繁华的市中心地段,沿线受保护建筑或者重要建筑物众多。这些建筑物、构筑物对变形要求严格,为重点监测对象,常规的监测方法由于受监测精度、监测方法、区域限制(如军事禁区、铁路沿线等)等影响,监测效果不理想或无法监测。此时自动化监测系统的优越性就得以体现,它可以排除上述影响,取得理想效果。

建议在环境复杂、常规监测难以实现的区域实施自动化监测。

## 3 结语

该文通过分析青岛地铁一期工程的第三方监测

情况,对部分内容进行了探讨,主要得出如下想法和建议:

(1)第三方监测单位应该根据监测项目的不同特点,分门别类,辨析重点风险源,确定重点监测项目和辅助性监测项目,对于重点监测项目应高度重视,加强监测,关键部位加密布置监测点,对于辅助性的监测项目则可以适当的降低监测布置密度和频率。

(2)合理布设测点和断面,做到“数量适当,位置合理”。

(3)建议适当降低维护桩顶沉降的监测等级,应注重桩顶水平位移的观测,尽早形成地方性的监测规范、章程。

(4)建议业主沿用其他城市的监测规划,指定施工方进行全部监测点布设,第三方和施工方独立监测。

(5)地铁结构本身的监测还不成熟,地铁结构监测点的布设,监测时机和频率的选择都有待进一步的研究。

(6)建议在环境复杂、常规监测难以实现的区域实施自动化监测。

该文只是在青岛地铁第三方监测的开展方向上

进行了阐述,具体实施过程中要注意与监测细节的结合,比如考虑监测精度与频率问题。希望通过该文的讨论,对今后青岛地铁第三方监测的更好实施起到有利的促进作用。

## 参考文献:

- [1] 杨松林,王梦恕,张成平,等.城市地铁安全施工第三方监测的研究与实施[J].中国安全科学学报,2004,14(10):73-76.
- [2] 张成平,张顶立,王梦恕.深圳地铁施工影响区环境安全与第三方监测[J].中国安全科学学报,2004,14(4):51-54.
- [3] 花向红,向东,于中伟,等.城市隧道施工第三方监测方案的实施与效果分析[J].测绘工程,2009,18(1):64-68.
- [4] 张成平,张顶立,王占生.地铁工程建设第三方监测管理模式的实践与探讨[C]//2005全国地铁与地下工程技术风险管理研讨会论文集[A].北京:中国土木工程学会,2005:186-193.
- [5] 杨壮志.地铁建设第三方监测实施要点与改进建议[J].隧道建设,2011,31(4):470-473.
- [6] 郭希印,梁希福.城市地铁建设第三方监测的关键技术环节及质量控制[J].铁道勘察,2008,34(6):5-8.
- [7] 郑强,吴迪军,李剑坤,等.地下工程土建施工第三方监测中的若干关键技术问题[J].铁道勘察,2007,33(6):33-35.
- [8] 司维兵,付玉涛,王翰强.阿博高速公路软土地基沉降监测分析[J].山东国土资源,2012,28(12):41-43.

# Study on Third Party Monitoring in Urban Rail Traffic Engineering

## ——Setting Qingdao Metro Construction as an Example

XIE Yuancheng

(Shanghai Urban Construction Design and Research Institute, Shanghai 200120, China)

**Abstract:** Third party monitoring is an advanced management mode. It has been widely used in subway construction in China. Qingdao subway cross the strata with combination structure as soft in upper part and hard in lower part. It is different with other cities in third party monitoring in subway construction. Based on practices of third party monitoring in the construction of Qingdao Metro Line 1, purpose, task and process of third party monitoring have been introduced in this paper. Problems occurred in third party monitoring in the construction of Qingdao Metro works has been discussed, and some optimization thoughts and suggestions have been put forward as well.

**Key words:** Urban rail construction; third party monitoring; mode study; Qingdao Metro