

# Analysis on the Problems and Countermeasures of the Electromechanical Contract Variation in Guangzhou Metro Construction

Liangliang Yuan<sup>1,2</sup>, Yousong Wang<sup>1</sup>, Junru He<sup>2</sup>, Yufan Zhang<sup>1</sup>, Zhaotu Zheng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Civil Engineering and Transportation, South China University of Technology, Guangzhou

<sup>2</sup>Guangzhou Metro Corporation, Guangzhou

Email: [zhangyufanchn@163.com](mailto:zhangyufanchn@163.com)

Received: Oct. 2<sup>nd</sup>, 2014; revised: Oct. 30<sup>th</sup>, 2014; accepted: Nov. 8<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Changes of electromechanical devices have an influential effect on subway construction costs. This paper finds some laws and problems after empirical studying 91 engineering change orders of the station equipment installation engineering in Guangzhou metro. On the quantity and charge, the changes show a large quantity and a low charge. The charge of the biggest single change is less than 1 million Yuan among them. On the reasons, the design factor occupies the dominant position; its proportion is up to 50% in the total. Second is the coordinate factor between the owner and the external. On the distribution of the charge, the variation of the installation engineering is the most intense. The variations of the construction and decoration engineering are relatively mild. The coefficient of variation is 1.18; it has a large discreteness. On the approval process, approval time shows a low linear correlation with the changed charge. In order to strengthen the control of the changed charge and increase the efficiency of the contract change management, we suggest that the metro construction department should enhance the management in the design phase, focus on the change of the installation project, simplify the approval process of the changes which have a small charge, and control the approval process of the changes whose charge is above 100000 Yuan. After these, the impact of the changes on the project construction will be reduced. And the metro project construction will likely go on smoothly.

## Keywords

Electromechanical Devices, Contract Change, Approval Process

---

# 广州市地铁建设机电设备合同变更存在问题与对策分析

袁亮亮<sup>1,2</sup>, 王幼松<sup>1</sup>, 何君茹<sup>2</sup>, 张煜帆<sup>1</sup>, 郑招土<sup>1</sup>

<sup>1</sup>华南理工大学土木与交通学院, 广州

<sup>2</sup>广州市地下铁道总公司, 广州

Email: [zhangyufanchn@163.com](mailto:zhangyufanchn@163.com)

收稿日期: 2014年10月2日; 修回日期: 2014年10月30日; 录用日期: 2014年11月8日

## 摘要

机电设备变更对地铁建设成本影响较大。通过对广州市轨道交通某线路车站设备安装工程91份工程变更单的实证分析, 本文发现了轨道交通机电设备安装工程变更的一些规律与问题。变更数量和金额方面, 整体呈现出变更数量多但是各项变更金额小的状态。其中, 最大的单项变更涉及金额也不足100万元。引起变更原因方面, 设计因素占据主导, 比例达到总量的五成。其次是业主和外部协调因素。变更金额分布方面, 安装专业的变异最为剧烈, 建筑和装饰专业的变异相对温和。整体变异系数为1.18, 离散性较大。审批流程方面, 审批时间与变更金额表现出低度的线性相关性。为了加强机电设备变更金额的控制, 同时提升合同变更管理的效率。建议地铁建设部门强化设计阶段的管理, 重点关注安装专业的变更, 简化小金额变更审批流程, 适度控制10万元以上变更单的审批。进而减少变更对项目建设的影响, 保证地铁项目建设的顺利进行。

## 关键词

机电设备, 合同变更, 审批流程

## 1. 引言

地铁是有效解决城市公共交通问题的重要途径之一。目前, 我国地铁建设处于高速发展阶段, 已经有超过50个城市规划或拓展地铁建设, 总里程达13,000 km以上, 总投资近6万亿人民币, 地铁运营城市也有近20个。其中广州地铁紧紧把握全国轨道交通大发展的难得时机, 合理规划线网结构, 精心策划施工组织, 着力破解施工难题, 在工程建设中加强“规范化、标准化、信息化、精细化”管理, 逐步形成富有广州特色的地铁建设管理模式, 建设和运营在国内均处于领先水平。根据最新批复的广州市新一轮轨道交通建设规划, 广州地铁建设工作也将迎来新的高潮, 至2016年还将力争新建成开通284公里地铁线路, 工程量和投资额巨大。机电设备安装工程不仅涉及到很多的学科和专业门类, 而且也是新技术、新工艺、新材料、新设备运用相当多的领域。工业规模的日趋扩大促使机电设备安装规模也越来越大, 加之机电运行和控制系统的不断更新, 致使原本就已经非常复杂的机电设备安装施工任务更加难以控制。大量的工程变更出现在机电设备安装项目的实施过程中。地铁机电设备安装项目也不例外, 同样具有工序多、周期长、复杂、不确定等特征。另外, 机电设备采购与安装涉及部门单位较多, 会出现数量更多的合同变更与索赔, 成本管理有相当的难度。每项机电设备工程变更发生后, 都会引起“投资、进度、

质量”三大控制目标的变化。为了降低机电设备安装工程变更对地铁项目总体实施的影响,在风险可控条件下,抓住变更重点、提高变更审批流程、优化变更管理模式是当前地铁机电设备安装项目亟待解决的问题。本文就地铁建设项目机电设备安装工程变更的控制与管理进行分析,希望对机电安装工程的变更管理有参考作用。

## 2. 国内外研究现状

国内外合同变更(工程变更)管理国内外的文献很多,学者们主要从四个方面进行了相关的研究。在合同变更发生原因方面, Ismail 等人针对公路建设项目,对包括业主、承包商、咨询工程师等在内的利益相关者进行了问卷调查,甄别出了十项造成工程合同变更的关键因素[1]。方俊等人将合同变更分为设计变更、计划变更、施工措施变更、条件变更和新增工程这五类,提出了合同变更生成的九大影响因素;并基于实际工程数据,对这九大影响因素进行了定量研究[2]。在合同变更对工程影响方面, Serag 等人探讨了工程合同变更对业主和承包商的生产效率带来的损失,发现工程变更发生的时间和无法预知的工程变更发生的原因是影响工程合同变更价值的最关键的因素[3]。舒立新等人将变更分为设计变更、施工措施变更和其他变更,通过样本统计分析发现三者的权重分别为 62%、28%、10%,得出设计变更是变更的主因[2]。在运用信息化技术方面, Arai 认为,由于工程建设过程中可变因素过多,因此需要建立起工程变更管理系统来参与、识别、评估、解决、控制、归档和反思曾经发生的工程变更,从而更好地支持新建项目的可行性[4]。陈燕清等人基于界面管理理论,通过构建协作信息化平台,建立合同数据库,提出了通过加强数据共享来降低合同变更发生的建议[5]。在变更流程方面, Uskonen 和 Tenhiala 通过实证研究探索了增加开支的实际价值以及这种开支增加的机制,发现可以通过对变更分类、改善信息流程等方法尽可能减少开支的增加[6]。赵璐、丁烈云运用仿真技术 Petri 网,构建基于政府代建模式下的合同变更管理优化模型,并针对多阶段、多任务和角色的重叠等问题提出优化意见并仿真分析出整套流程体系中的性能瓶颈问题,并在流程优化后的基础上进行风险评估来弱化优化后的风险问题[7] [8]。对于专业性较强的轨道交通建设合同变更(工程变更),国内学者仅仅对一些影响较大的变更进行了研究,而对数量多、内容复杂的机电设备安装类变更则基本没有涉及。马锋就地铁工程项目计划与控制的实践进行讨论和研究,阐述了地铁工程项目的计划与控制要点,从实践中去丰富项目管理的思想和方面[9]。王军民等针对铁路施工项目的特点,深入探讨了进展管理的方法和基础,介绍了在铁路施工项目进展管理中灵活运用挣值法的实例,提出了由底层进展情况到项目整体进展情况的汇总方法[10]。黄宏伟等开展了在地铁建设和运营阶段的风险管理研究,给出了地铁不同阶段中的风险因素及分析和控制的整体思路[11]。姜敬波等阐述城市轨道交通 BT 项目工程变更的定义、分类,论证基于控制权的 BT 模式下城市轨道交通项目工程变更的处理程序,为我国城市轨道交通 BT 项目的工程变更管理提供一定的理论依据和实证经验[12]。

对文献内容的梳理发现变更管理研究在不断深化发展,即从合同变更产生的原因逐渐过渡到对合同变更造成的影响分析,在此基础上随着实际工程经验和数据的累积,提出了一系列合同管理的策略和技术解决方案。研究的着力点基本上都是基于整个项目,从整体来考虑合同管理。对于整体下相对独立的分包工程的合同管理定性研究都较少,更不用谈定量化研究。为此,本文从地铁建设项目机电设备安装类合同角度,对合同变更进行深入研究。

## 3. 基础数据收集及分析

本次研究收集广州市轨道交通已通车营运线路某车站设备安装工程 A 标段、B 标段的有效变更资料共 91 份,均为工程类变更,涉及建筑、安装、装饰等专业;有的变更单涉及两个以上专业,因此其中涉

及建筑专业的变更单 19 份, 安装专业变更单 60 份, 装饰专业变更单 23 份。

在 91 份变更资料中, 变更金额最大的是 837,129 元, 变更金额最小的为 412 元, 平均值为 147,062 元。正向变更单(表示业主向承包商支付增加费用)共 79 份, 变更金额最大的是 837,129 元, 变更金额最小的为 412 元, 平均值为 155,106 元; 负向变更单(表示业主减少对承包商的支付费用或承包商返还相应费用)共 12 份, 变更金额最大的是 650,449 元, 变更金额最小的为 5682 元, 平均值为 94,102 元;

正向变更中最大的变更金额为某隧道风机房变更项目, 变更金额 837,129 元, 未达到广州地铁重大变更项目 300 万元变更的标准。负向变更金额中最大的变更金额为某房屋建筑及装修变更, 变更金额为 650,449 元。

变更金额数据离散性方面, 从总体来看, 变异系数大于 1, 属于强变异。安装专业的变更金额的变异系数大于 1, 属于强变异, 离散程度最大; 建筑专业和装饰专业的变异系数小于 100%, 属于中等变异。分析数据详见表 1。

专业特点上看, 建筑、安装和装饰三个专业的最小值、最大值与平均值的差距不明显, 但安装专业的数量更多, 金额变异更显著, 相应牵扯精力更多, 应该作为管理重点。

将 91 份变更单按变更金额从小到大排列, 依次计算变更金额占总变更金额的百分比。可以发现前面 80% 的变更单的变更金额占总金额的 40% 左右, 而后面 20% 变更单的变更金额占总金额的 60% 左右(见图 1)。变更金额的分布基本符合二八原则, 因此作为管理者, 应加强变更金额最大的 20% 部分变更单的管理; 从 91 份样本来看, 应注意加强 20 万金额以上的变更单的管理。

按区间统计的变更金额数量及比例详见图 2, 0~10 万元区间占变更总分数的 52.75%, 超过一半, 而处理的变更金额仅占 12.02%; 0~1 万区间更甚, 变更单份数占样本比例的 15.38%, 而处理变更的金额却只占样本变更总额的 0.57%。这些琐碎小额的变更单处理占用了管理人员大量的工作精力和时间; 为了增加员工的工作效率, 建议减少 0~10 万元金额的变更单的处理流程, 加强对 10 万元以上金额的变更监管。

统计 91 份变更单的发起审批和最终审批的时间, 计算出变更单的审批时间。计算变更单的审批时间和变更金额的相关系数, 计算结果为 0.3, 小于 0.4, 两组数据为低度线性相关。这表明广州地铁公司在处理变更单时没有根据变更单金额的大小决定变更单的审批速度, 原因可能有两个: 其一, 变更单审批流程不完善, 没有按照变更金额来调整审批速度; 其二, 工作人员在处理变更单时没有这种意识。

若某一变更项目仅为纯数量变更表明该变更项目仅仅是工程数量发生了变化, 而不涉及新增项目或工程内容的改变。91 份变更中纯数量变更共计 61 份, 非纯数量变更共计 30 份。纯数量变更所占比例为 67.03%, 非纯数量变更所占比例为 32.97%。这意味着三分之二的变更是仅仅发生工程量的变化, 新增项目的较少。

Table 1. Summary statistics analysis of engineering change

表 1. 工程类变更统计分析汇总

统计数据	Max	Min	Average	$\sigma^2$	CV
建筑专业	650,449	8602	171,033	165,500	96.77%
安装专业	837,129	412	136,818	186,119	136.03%
装饰专业	650,449	2237	169,234	153,436	90.66%
总体	837,129	412	147,062	174,249	118.49%

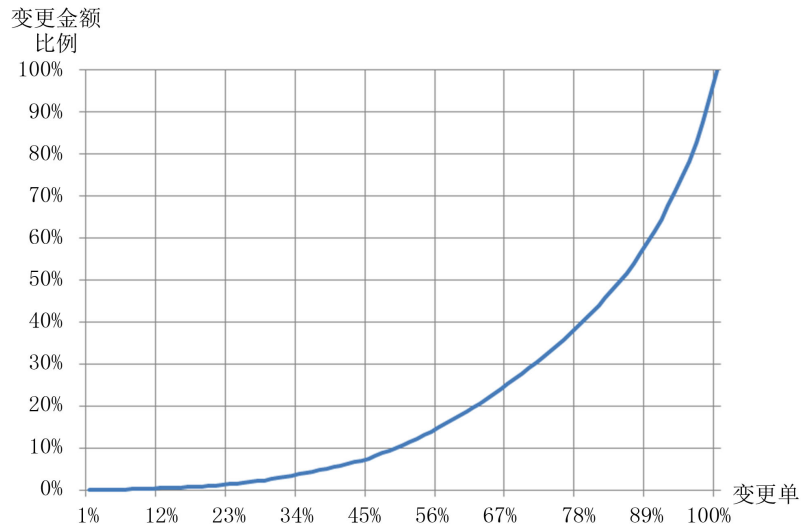


Figure 1. Amount distribution of engineering change  
图 1. 工程变更金额分布

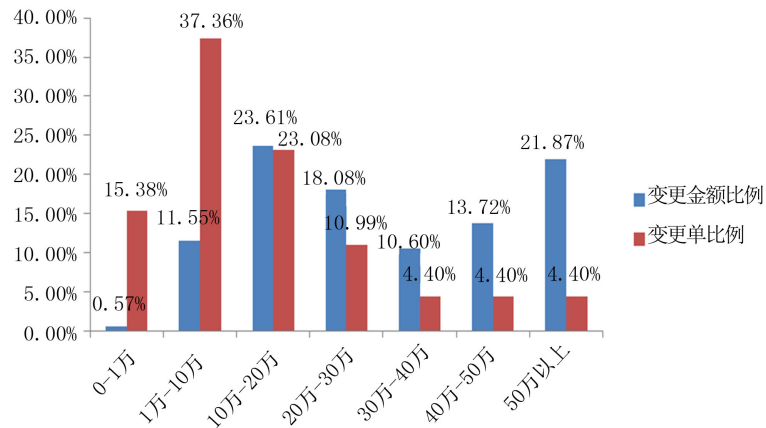


Figure 2. Change quantity amount and proportion on the interval statistics  
图 2. 按区间统计的变更金额数量及比例

广州地铁的变更申请单中，变更原因共有十项：外部规划协调、地质、正拆迁及管线迁改、创文创卫、材料调差、甩项、设计遗漏、设计深化、承包商原因、其他。通过对 91 份变更单变更原因的统计，可以得出如下结论。一、所有的变更都是业主或设计方提出，没有因承包商原因而提出的设计变更。二、所有变更原因中，“其他”所引起的变更最多，共 41 份，占统计样本的 45.05%；设计深化共有 35 份，设计遗漏 9 份，分别占统计样本的 38.46%、9.89%，可以看出由于设计方面导致的设计变更比例较大，应该加强设计变更的管理；另外由于外部规划协调 27 份，导致的比例也不小，占样本比例为 29.67%。

变更单中的变更项目按计价模式分为单价包干，合价包干和新增项目包干。需要指出的是，单价包干项目或合价包干项目与是否为新增项目并不矛盾，也就是说存在某些项目同时既是单价包干(或合价包干)又是新增项目。有关计价模式的统计，按单价包干与合价包干计价比例相当，分别为 35.16%、41.76%，比新增项目的比例(26.37%)高出不少。

#### 4. 结论

通过本次调研统计分析，发现广州地铁建设机电设备工程合同变更管理主要存在以下特点和问题。机

电设备工程数量多而零散,虽然涉及金额不大,但对管理人员的精力牵制十分明显,管理重点应有所侧重,程序方法上需要适当改进。变更金额方面,均在100万以内,没有特别重大的变更;但变更金额的离散型相当大,表明变更单金额分布不集中,分布基本符合二八原则。变更单的审批时间方面,审批时间与变更金额的低度线性相关,广州地铁公司在处理变更单时暂未根据变更单金额的大小决定变更单的审批速度,可考虑在此环节上进一步提升管理效率。专业方面,机电安装及装饰专业的涉及面广、变异较大且隐蔽性不强,相对于建筑专业,更加值得关注。变更原因方面,所有的变更都是业主或设计方提出,没有因承包商原因而提出的设计变更;设计方面引起的变更较多,由于外部规划协调导致的比例也不小。

## 5. 建议

工程合同变更管理的改善包含有三大方面,一是减少合同变更产生数量,二是有效控制合同变更金额,三是提高合同变更的处理效率。为了实现这三大管理目标,根据以上广州地铁建设中机电设备合同变更的数据分析结果,提出以下建议:

1) 加强项目前期的准备工作,尤其是设计管理。用于招标的设计图纸要保证一定的设计深度,减少设计漏项的发生,这对施工过程中合同变更管理相当重要。建议业主通过多种途径尽早稳定设计方案,并加强与设计方的沟通协调,确保在项目招标前设计方能够提交符合质量要求的招标设计图纸。此外,鉴于外部规划协调(含政府部门及运营要求)因素引起的合同变更数量亦较多,建议业主单位应正视此类变更的解决。

2) 为有效控制合同变更金额,应注重变更金额较大的变更单的控制。建议业主单位确定这一部分变更金额时,通过会商或会审加快审核效率提升,并进行变更金额风险控制。同时,合同变更金额较小的变更单也不能放松监控,因为变更单数量较多,所以总的变更金额也不小。

3) 为保证合同变更的处理效率,应特别注意变更金额较小的变更单的处理效率。这一部分变更单的数量较大,加快这部分变更单的处理速度,对于整体提高合同变更的处理效率有重大意义。业主应根据相应组织架构,对小于一定金额的合同变更进行简化流程处理,避免人力浪费及审核时间过长。同时,车站机电安装及装饰项目直接面向乘客,乘客通过车站感受地铁的舒适性、经济性,因此,业主投资管理部门应考虑土建项目与机电安装项目变更管理的差异性,重视此类变更的办理。

4) 为有效提高合同变更处理效率及审核质量,还应对各标段合同变更中存在的共性问题提出统一的解决方法。据了解,业主投资管理部门已建立了定期召开的疑难杂症会议制度,来协调解决共性问题。但从政府投资的角度看,应考虑将此制度确定的原则、方式上升一个更高的层次,形成政府管理部门或监督部门事先认可或知晓的处理机制,便于为今后项目的结算及线路竣工验收创造有利条件。

## 参考文献 (References)

- [1] Ismail, A., Pourrostan, T., Soleymanzadeh, A. and Ghouyouchizad, M. (2012) Factors causing variation orders and their effects in roadway construction projects. *Research Journal of Applied Sciences*, **4**, 4969-4972.
- [2] 方俊, 舒立新 (2004) 建设项目工程变更的分类与控制. *广东技术师范学院学报*, **4**, 022.
- [3] Serag, E., Oloufa, A. and Malone, L. (2008) Reconciliation of owner and contractor views in heavy construction projects. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, **134**, 128-137.
- [4] Arain, F.M. (2008) IT-based approach for effective management of project changes: A change management system (CMS). *Advanced Engineering Informatics*, **22**, 457-472.
- [5] 陈燕清 (2012) 基于协同工作平台的大型工程项目合同界面管理研究. 华南理工大学, 广州.
- [6] Uskonen, J. and Tenhiälä, A. (2012) The price of responsiveness: Cost analysis of change orders in make-to-order manufacturing. *International Journal of Production Economics*, **135**, 420-429.
- [7] 赵璐 (2010) 基于流程优化的政府集中代建项目管理. 华中科技大学, 武汉.

- [8] 丁烈云 (2007) 基于流程再造的高校管理改革探析. *中国高等教育*, **22**, 20-22.
- [9] 马锋 (2009) 地铁工程项目的计划与控制. *科技创新导报*, **05**, 91-92.
- [10] 王军民, 廖良才, 张昆仑 (2005) 铁路施工项目进展管理研究. *管理工程学报*, **119**, 169-172.
- [11] 黄宏伟, 陈桂香 (2003) 风险管理在降低地铁造价中的作用. *现代隧道技术*, **5**, 1-6.
- [12] 姜敬波, 尹贻林 (2011) BT 模式下城市轨道交通项目工程变更管理. *都市快轨交通*, **2**, 56-58.