

# Integration Method of Information Platforms in the Integration Test and Commissioning during the Metro Construction—A Case Study of Metro Line 13 in Shanghai

Guowei Yang<sup>1</sup>, Qiqi Li<sup>2</sup>, Xiaoning Zhang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shanghai Rail Transit Line Thirteen Development Co., Ltd., Shanghai

<sup>2</sup>School of Economic and Management, Tongji University, Shanghai

Email: cexzhang@tongji.edu.cn

Received: Jan. 14<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jan. 30<sup>th</sup>, 2018; published: Feb. 6<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Various information platforms have been introduced into the construction activities of metro with the aim of improving the efficiency of construction. As the first company of developing the Building Information Modeling (BIM) platform in Shanghai Shentong Metro Group, metro line 13 has achieved lots of impressive progress in using information platforms, especially during the period of conducting integration test and commissioning works. In its practice, BIM, Greata, Project Information Portal (PIP) and Mega Eyes (ME) are all integrated and used widely, so abundant experiences are accumulated. In this paper, we recommend an integration method of utilizing various information platforms in conducting integration test and commissioning works, based on the valuable experiences of metro line 13. It is bound to be of great value in helping other managers in enhancing the efficiency of metro constructions.

## Keywords

Metro Construction, Integration Test and Commissioning, Information Platforms

---

# 地铁项目联调联试中的信息化平台整合方法——以申通地铁13号线为例

杨国伟<sup>1</sup>, 李琪琪<sup>2</sup>, 张小宁<sup>2</sup>

<sup>1</sup>上海轨道交通十三号线发展有限公司, 上海

<sup>2</sup>同济大学经济与管理学院, 上海

Email: cexzhang@tongji.edu.cn

收稿日期: 2018年1月14日; 录用日期: 2018年1月30日; 发布日期: 2018年2月6日

## 摘要

为提高地铁建设的质量和效率, 各类信息化平台不断地被引入到地铁建设的各个环节之中。申通地铁13号线作为第一家做建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)开发的申通地铁项目公司, 其在信息化平台的探索和应用过程中取得了许多革命性的进步。尤其是在联调联试的工作过程中, 申通地铁13号线综合应用了BIM、项目信息门户(Project Information Portal, PIP)、Greata和全球眼监控四大类平台, 由此在整合多类信息化平台资源方面积累了丰富的经验。本文将基于申通地铁13号线的建设管理实践, 提炼出了一套地铁项目联调联试中的信息化平台整合方法, 为今后的地铁项目建设中高效地整合信息化平台资源提供宝贵经验。

## 关键词

地铁建设, 联调联试, 信息平台

Copyright © 2018 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

## 1. 引言

近年来, 各类信息化平台被不断地应用于轨道交通项目建设工作中, 它们在缩短地铁项目建设工期、提高工程建设质量以及降低项目总成本中发挥了重要作用。以建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)在地铁项目建设中的应用为例, 该信息化平台把地铁线路、隧道以及车站建筑以三维模型的方式展示出来, 不仅可以将地铁建设项目建设过程透明化, 还能实现各个施工方之间的信息共享。办公自动化系统(Office Automation System, OA)、项目信息门户(Project Information Portal, PIP)、全球眼监控平台(Mega Eyes, ME)等其他信息化平台也逐渐被引入到地铁项目建设的过程中, 并分别在地铁项目建设的设计阶段、施工阶段和运营阶段为各类项目参与方提供了精确的项目信息、实时便捷的沟通手段等诸多便利。然而, 信息化平台当前主要被应用于项目建设的设计、施工和运营三个阶段, 并且在同一地铁项目建设的不同阶段中应用的信息化平台也大不相同, 从而造成了大量信息化平台之间的接口问题。这一现象给地铁项目建设的联调联试工作带来了前所未有的挑战。以提高联调联试的工作质量和工作效率为目标, 如何整合已应用的信息化平台成为了地铁项目建设中一个重要的管理问题。

联调联试是衔接地铁项目的施工阶段与运营阶段的关键环节。它是指: 在系统总目标的协调下, 对各个子系统进行有条件的变换和调整, 不断完善各个子系统的结构和功能, 逐步谋求整个系统的最佳匹配状态[1]。地铁项目建设的联调联试工作涉及的单位众多, 各个子系统之间的相关性也较强, 因此需要开展大量的沟通和协调工作。此外, 在整合各类信息化平台的过程中, 不仅需要确保各类数据流和信息流的高效、无损传输, 还应保证发挥出各类信息平台的优势。基于此, 在信息化平台广泛应用在地铁建

设各个阶段的背景下,地铁建设项目的管理者应重新审视联调联试工作的实施路径、进度控制方法和评估标准,整合各类信息化平台,从而形成一套合理、规范、高效和现代化的联调联试工作方法。

本文将各类信息化平台在地铁项目建设中的应用为背景,基于申通地铁 13 号线的建设管理实践和经验总结,提出一套现代化的联调联试工作方法,为我国今后的地铁项目建设提供有效的管理模式和实用经验。本文的主要内容如下:在第二节中,对地铁建设项目中的联调联试工作内容和目的、主要实施路径和评估指标进行界定;在第三节中,对申通地铁 13 号线的信息化平台应用概况进行简述,然后,阐述 13 号线整合各类信息化平台的具体方式和做法,并论述信息化平台在联调联试中应用的主要效益;最后,对本文提出的现代化联调联试工作方法进行总结和讨论,并提出相应的发展建议。

## 2. 地铁项目建设中的联调联试

### 2.1. 工作内容和目的

地铁项目建设联调联试的对象主要包括十八个系统(或专业):行车组织、线路、限界、轨道、车站、区间结构、供电系统、通信系统、信号系统、通风空调系统、给排水及消防系统、防灾报警系统(Fire Alarm System, FAS)、机电设备监控系统(Electrical and Mechanical Control System, EMCS)、门禁系统(Access Control System, ACS)、车站控制室集成操作系统(Station Integrated Operating System, SIOS)、自动售检票系统(Automatic Fare Collection, AFC)、车站设备专业,以及停车场各专业。联调联试工作内容和主要流程见图 1,由图可知:联调联试工作的前置条件是先进行十八个专业的单项系统调试,然后开展综合联调工作,最后进行运营演练、试运行以及可靠性测试。以上的联调联试工作全部完成后,地铁项目才能交付地铁运营公司,用以开展下一步的试运营及正式运营等工作。

开展联调联试工作的目的主要有四个:1) **实现系统的综合集成**。通过联调联试,不断在子系统内部以及子系统之间进行测试、调整、优化和验证,直到整个系统满足全部的功能或服务的设计要求。2) **实现各系统性能和功能的最佳匹配**。轨道交通各个系统之间存在着相互联系又相互制约的关系,联调联试可以在不同系统之间找到一个平衡点。比如列车的自动驾驶功能与车辆、信号、屏蔽门这三个相关的子系统,通过多次实验调整系统的参数设置,即可实现三者之间的最佳匹配。3) **进行安全分析,提高系统安全性**。联调联试工作可以判断可能出现的各种故障并分析故障的影响程度,通过进行相关的技术改进,减少因设备故障而引发的安全问题,保障系统运行的安全性、稳定性。4) **确定突发事件的处理能力**。联调联试可以检验各项规章制度、应急预案能否满足实际运营的服务要求,提高地铁系统应对突发事件的能力。

### 2.2. 基本实施路径

联调联试工作的基本实施路径可总结如图 2。首先,由各系统施工总承包单位负责牵头,在完成设

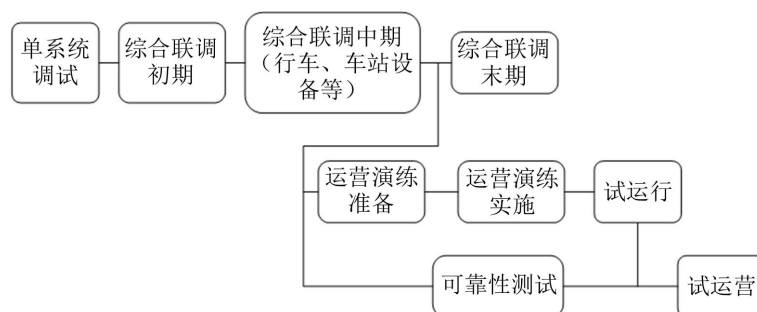


Figure 1. The basic process of the integration test and commissioning works  
图 1. 联调联试工作的基本流程

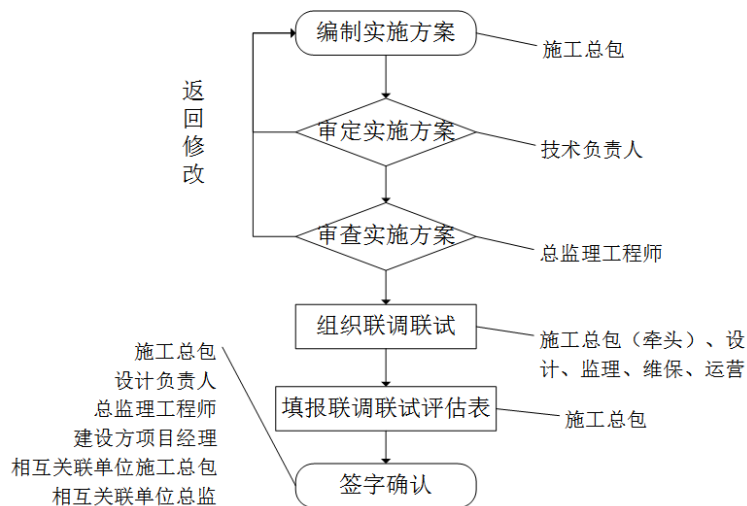


Figure 2. The implementation path of the integration test and commissioning works  
图 2. 联调联试工作的实施路径

备进场安装的基础上，编制详尽的《联调联试实施方案》；其次，实施方案交由本项目技术人员、负责人、监理单位工程师确认；然后，实施方案确认后，施工总承包单位应提前通知相关设计单位、监理单位、相互关联的机电系统施工单位、维保公司下属专业分公司或相关运营公司共同参与联调联试全过程，并在实施过程中应由施工总承包单位负责做好全程的记录，特别是历次调试过程中的问题和解决方案等内容；完成全部的联调联试内容后，施工总承包单位应负责填报《联调联试评估表》，并将评估结果会同本系统项目经理、总监理工程师、设计单位负责人和建设方的项目经理签字确认。

### 2.3. 联调联试工作的评估指标

一般而言，联调联试的效果评估指标主要包括四大类：各专业的单项子系统、联调联试工作管理制度、外部干扰因素和接口调试。其他评估指标的选取与联调联试负责方对相应调试项目的关注点有关。表 1 是本文中给出的联调联试评估指标与数据采集的样表，表中需要收集的两项数据分别为“试运营前必须实现的功能数”和“实际实现的功能数”。上述的两项数据主要来源于单系统调试过程中的记录数据、多系统间接口测试的记录数据和各设备系统联调的记录数据。数据的采集可采用问卷调查法、现场记录法、资料审阅法等多种方式。“功能实现率”则等于“实际实现的功能数/试运营前必须实现的功能数”，其表征了单项联调联试工作的完成比例。在联调联试的整体工作效果评估中，可采用加权值法、平均值法、综合分析法和粗糙集等方法对各单项指标值进行处理，得到整体的工作效果评估值。相关的方法和理论已被广泛应用于各类评价工作中，此处不再赘述[1]。

通过对地铁项目建设的各个子系统的功能实现、性能试验，过程监督、组织管理等进行了全过程跟踪和记录，制定记录表格并按时准确填写，既能尽可能准确地收集地铁项目建设中各个系统的功能实现情况、联调联试组织制度情况、外部干扰情况和接口实现情况等一手资料，为今后的地铁线路运营、维护和应急管理提供丰富的历史参考数据，又能够为新的地铁项目建设的联调联试工作提供标准化的工作流程和管理范本。

### 2.4. 当前联调联试工作模式中的不足

在上述地铁项目建设的联调联试工作中，我们发现当前的联调联试工作模式存在以下几项显著缺陷：

- 1) 在工作开展的积极性方面，联调联试工作的开展过于依赖施工总承包负责人的牵头，其他监理、施工

**Table 1.** Evaluation indexes and data acquisitions of the integration test and commissioning (sample table)  
**表 1.** 联调联试评估指标与数据采集(样表)

大类指标	子项指标	试运营前必须实现的功能数(项)	实际实现的功能数(项)	功能实现率(%)	
十八个专业(子系统)	信号系统				
	通信系统				
	.....				
	组织机构及管理办法				
	联调联试方案				
	联调联试计划				
	联调联试管理制度	相关信息及档案管理			
		调试现场记录			
		.....			
	外部干扰因素	人为干扰因素			
	环境干扰因素				
接口调试	信号与屏蔽门接口				
	信号与车辆接口				
	.....				
其他因素	款项支付进度				

方等的配合积极性不高,协调和沟通工作效率低下;2)在工作条件方面,调试结果的记录依赖于纸质和手工记录,记录数据仍需要二次人工填写电子表格或录入各类信息平台;3)在权责划分方面,联调联试工作的参与人员过多,人员间相互替班、代办等现象频繁发生,事故出现或调试结果不佳时,易导致权责不明的结果;4)在记录数据的处理方面,鉴于各类信息化平台的引入,联调联试中的数据准备工作更加繁琐、数据转换流程愈发复杂,从而导致整体的调试周期更加漫长;5)在历史数据的保存和统计分析方面,当前联调联试历史数据文件的保存过于分散、质量也参差不齐,难以开展数据分析工作。

### 3. 信息化平台在申通地铁 13 号线联调联试中的应用实例

在本节中,我们将以申通地铁 13 号线为例,详细论述在地铁项目的联调联试工作中整合信息化平台的方式。首先,我们将对申通地铁 13 号线采用的信息化平台进行概述、梳理和归类。然后,按照联调联试工作开展的基本流程,分别介绍在联调联试的各个阶段中,13 号线整合相关信息平台的实际做法。最后,基于申通地铁 13 号线在联调联试工作中整合信息化平台的实践,归纳整合信息化平台资源在改进联调联试工作中体现出的主要效益。

#### 3.1. 主要应用的信息化平台

申通地铁 13 号线的建设中,被采用的信息化平台主要有四类:以 Greata 为代表的办公自动化系统、以 BIM 为代表的建筑信息化管理平台、以 PIP 为代表的项目管理门户,以及以全球眼为代表的视频监控平台。此外,还有物联网技术(Internet of Things, IoT)和 3D 扫描技术等信息技术的应用,也为申通地铁 13 号线的项目建设提供了丰富的信息资源和便利的工作条件。

申通地铁十三号线主要应用的四大信息平台的操作界面(或基础设施)见图 3~图 6。四类平台应用的特点如下:1) Greata 主要面向办公管理过程,在地铁项目的设计图纸提交、进度管理、项目预算控制等



Figure 3. Greta for office management  
图 3. 面向办公管理的 Greta

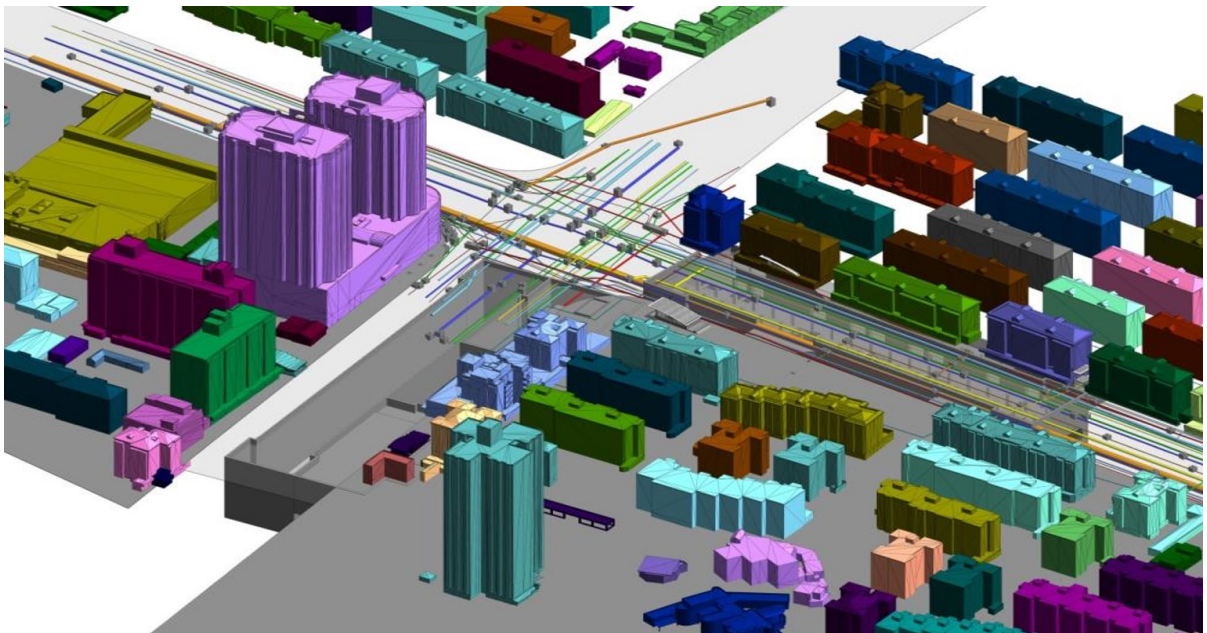


Figure 4. BIM for design and construction management  
图 4. 面向设计和施工管理的 BIM

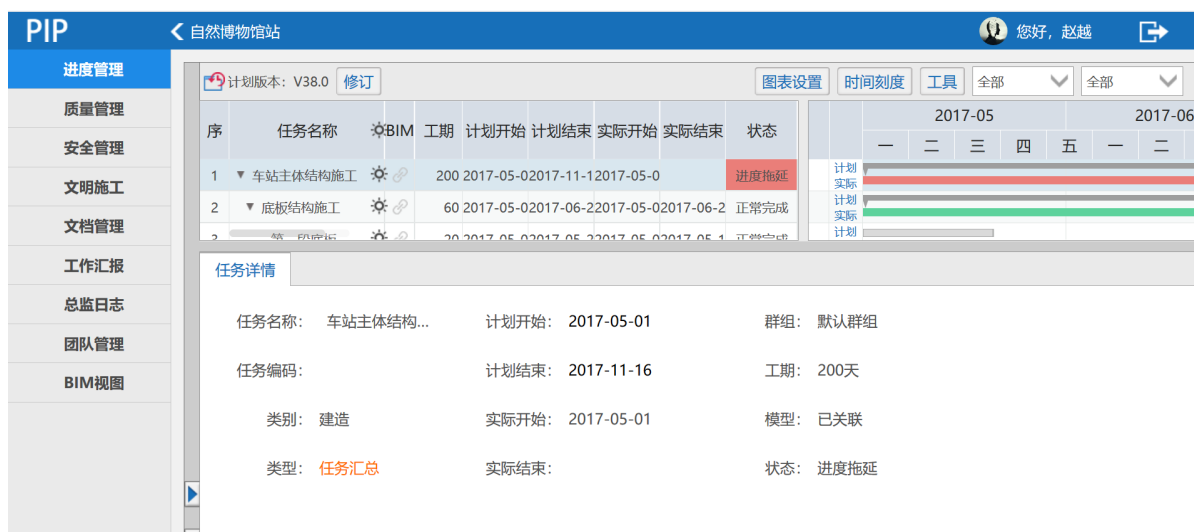


Figure 5. PIP for site management  
图 5. 面向现场管理的 PIP



Figure 6. ME for event processing  
图 6. 面向事件处理的全球眼

过程中扮演了协调者的角色，将地铁项目的设计方、施工方、监管方和项目负责人的通讯信息进行整合，便利了不同参与者之间的沟通，也提高了协作的工作效率。2) BIM 主要面向设计管理和施工管理，利用数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息，将建筑物的三维模型展示出来并进行情景模拟，可以有效降低人工识图的误差，提高施工的质量和效率[2]。3) PIP 作为项目管理的重要手段可以实现项目建设全

过程中的数据共享,减少项目各个参与方的沟通、协调成本,可以有效提高地铁建设项目的专业化和信息化,对于建设周期长、参与人员多的地铁建设项目来说尤为重要。4) 全球眼则主要面向于事务处理过程,利用全球眼可以实现地铁建设过程中现场的实时控制,尤其是突发事件的处理,通过点对点的远程对话有效连接参与各方与实施现场,可以提高各方面对突发事件的处理能力[3]。

### 3.2. 在联调联试中申通地铁 13 号线整合信息化平台的方式

申通地铁 13 号线在开展联调联试的工作中,以 BIM 平台为依托,通过整合 Greata、PIP 和全球眼等工程信息化手段,实现了跨平台的资源整合。下面,我们将按照单项子系统调试、综合联调、运营演练和可靠性测试的调试顺序,逐步介绍申通地铁 13 号线的信息化平台整合方法。

#### 3.2.1. 子系统调试

以车辆系统为例,介绍 BIM 在车辆系统调试工作中的应用。首先,车辆系统的总施工承包方或负责人从 Greata 系统中发起联调联试的工作任务,邀请各方参与者和监理人共同制定联调联试工作方案和时间安排。当车辆系统的联调联试方案确定并一致通过后,方能实施车辆系统的联调联试工作。调试开始前,应确保所有设备安装完毕、前置条件准备完毕。然后,工作人员可以通过不同方式(PC 终端、PAD 终端或手机终端,实况图像资料见图 7(a)~图 7(c))进入到 BIM 信息平台的界面,系统会显示出车辆相关信息,所有的工作内容(包括超速安全防护测试、限速点安全防护测试、退行速度及距离防护测试、侧向过岔安全防护测试、轨道尽头安全防护测试、反向行车安全防护测试)以及各项测试工作所需要的测试设备。同时,各项工作的负责人员和参与人员,测试时间安排,验收标准一目了然。

在车辆子系统的联调联试工作中,BIM 信息平台通过对车辆测试过程进行准确的模拟,辅助制定测试的相关规范和标准,为测试工作的顺利进行提供技术支持。因此,工作人员只需要严格按照 BIM 平台中提供的规范和标准,进行每一项测试工作就可以保障测试质量,提高施工水平。测试结束之后,负责人员对测试执行情况进行总结、评估,为下一次的测试工作提供经验支持。

#### 3.2.2. 综合联调

综合联调中期组织开展各项联调工作,主要是行车相关和车站相关联调。在综合联调的初期(如图 8),应首先在 BIM 信息平台中按照标准流程对工作内容进行分解。然后,在综合联调中期,将 BIM 和 PIP 的结合,实现面向 BIM 构件的现场管理。由此可根据初期所制定的计划,对关键技术进行安全管理、质

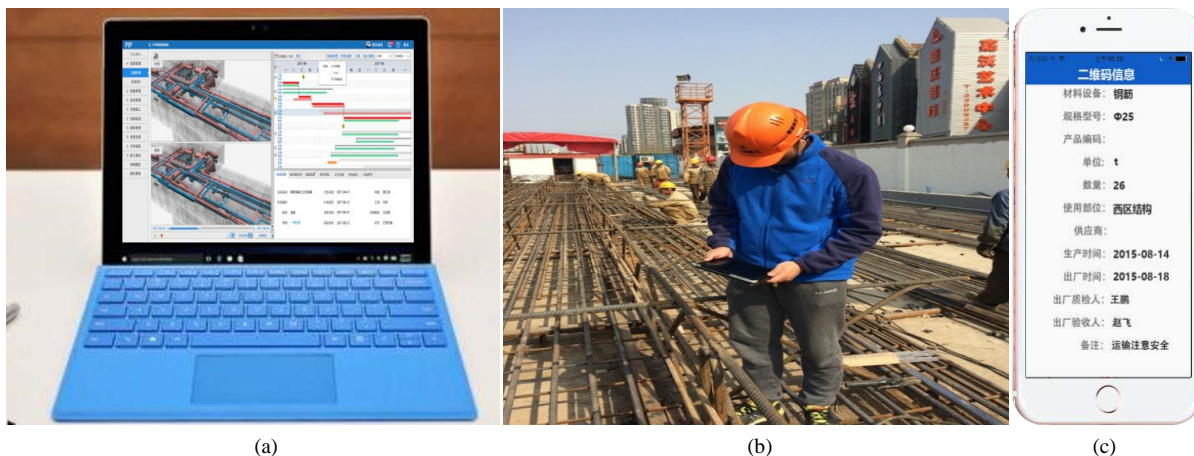


Figure 7. Diversified information platform terminals: (a) PC terminal; (b) PAD terminal; (c) Mobile terminal

图 7. 多样化的信息化平台终端: (a) PC 端; (b) PAD 端; (c) 手机端



量管理、进度管理、变更管理等内容[4]。此外，移动化终端不仅使各方负责人可以随时随地掌握现场动态，同时也简化了工作人员的操作。同时，利用全球眼[3]可以实现联调过程中不同参与方和不同专业组之间的点对点、中心对多点的远程交互，解决沟通滞后问题。综合联调的末期主要进行各项收尾工作，在 Greata 平台中进行过程记录和文档资料的整理，跨平台整合相关的数据资源。最后，利用 BIM 中的评价模型对联调效果进行综合评价。

图9(a)~图9(c)是申通地铁13号线已投入使用并在继续研发的“BIM+PIP”综合信息门户示例页面。该门户目前主要应用于地铁建设管理的施工阶段，但其正在逐步完善的功能则涵盖了地铁建设的全生命周期中的各个阶段，即设计阶段、施工阶段、联调联试和运营与维护阶段。通过整合 BIM 和 PIP 的接口，实现了双向信息平台的耦合与实时通信。通过对这两类平台的整合和应用，地铁项目建设的联调联试工作中可获取和随时调用的数据资源更加丰富，调试结果录入和突发事件记载也更加便捷，必将为联调联试工作带来更大的技术改进，以及工作质量和效率的提升。

### 3.2.3. 运营演练

申通地铁13号线在开展联调联试工作时，将 BIM 云平台中的基础工程数据信息以及地铁周边环境

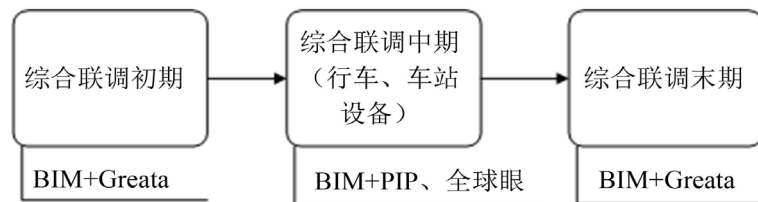


Figure 8. Integration methods of information platforms in integrated joint adjustment

图8. 综合联调中的信息化平台整合方法

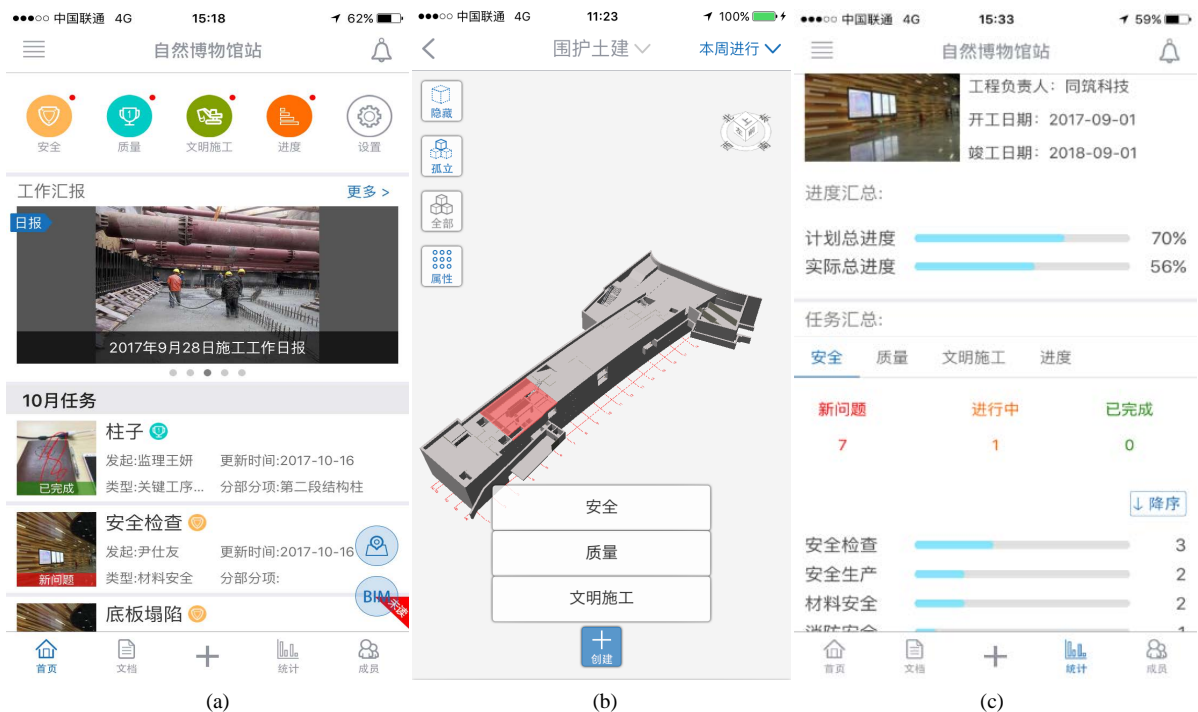


Figure 9. Sample interfaces of “BIM + PIP” information platform: (a) PIP portal home; (b) BIM model; (c) data analysis

图9. “BIM + PIP” 信息平台示例页面：(a) PIP 门户首页；(b) BIM 模型；(c) 数据分析

信息应用在了应急方案的制定过程中[5]。首先，以 BIM 模型为载体，集成车站、办公区、生活区的人流分布数据，建立相关的模型，合理选择交通疏散期数和疏散方案。然后，通过 Navisworks 进行交通疏散模拟来检验方案的实施效果。最后，利用 BIM 模型进行真实过程的动态展现，进行突发事件(比如地震或者火灾)时乘客疏散及消防人员救援模拟，从而合理规划逃生和救援路线。

运营演练是一项多部门、多任务的工作，沟通和协调是整个过程的关键[6]。因此，申通地铁 13 号线在“BIM + PIP”信息平台中进一步耦合了全球眼监控平台的数据，实现了对具体实施过程的有效控制。图 10 是整合信息平台的终端界面示例，即“BIM + PIP + 全球眼”的整合信息平台。全球眼可以实现联调联试各个参与方对运营演练过程的远程监控，比如在降级模式中的大小交路列车折返演练过程中，利用视频监控可以直观掌握司机、控制中心调度人员、车站运营人员、设备维修人员的应急处理能力和协调配合情况，判断各参与人员在抢修设备的同时，维持运营不中断的水平，发现可能存在的各种问题，及时改进相关的制度和规范，增强应急方案的科学性，提高系统的运营服务水平。

### 3.2.4. 可靠性测试

系统可靠性测试的实施是通过模拟真实的运营情况，检验行车系统中各个子系统的联动功能能否满足出行高峰时的出行需求，考核车站设备系统的功能是否正常(主要包括环控(BAS)、自动售检票(AFC)、电扶梯、防灾报警(FAS)、旅客引导(PIDS))，以及确定运营指挥体系的协调配合能力。

以 BIM 的平台资源为基础，通过整合不同信息化平台的数据接口，可以降低数据获取的复杂度，提高测试的准确度。由此申通地铁 13 号线开展了多项可靠性检验工作：例如，基于相关的 GO 程序从定量和定性两个角度对屏蔽门的可用度、失效率等关键项可靠性指标进行测定[7]；再如，基于 Markvo 模型的测试软件对具有相关关系的子系统之间的可靠性进行检验，通过稳态概率的边界条件分析系统之间的可靠性[8]；等等。

### 3.3. 整合信息化平台的效益

上述信息化平台在地铁项目建设中的应用，在提高项目建设质量、缩短工期、降低建设成本方面发挥了重要作用。对已应用的信息化平台进行整合、优化信息化平台的接口管理，能够为联调联试工作带

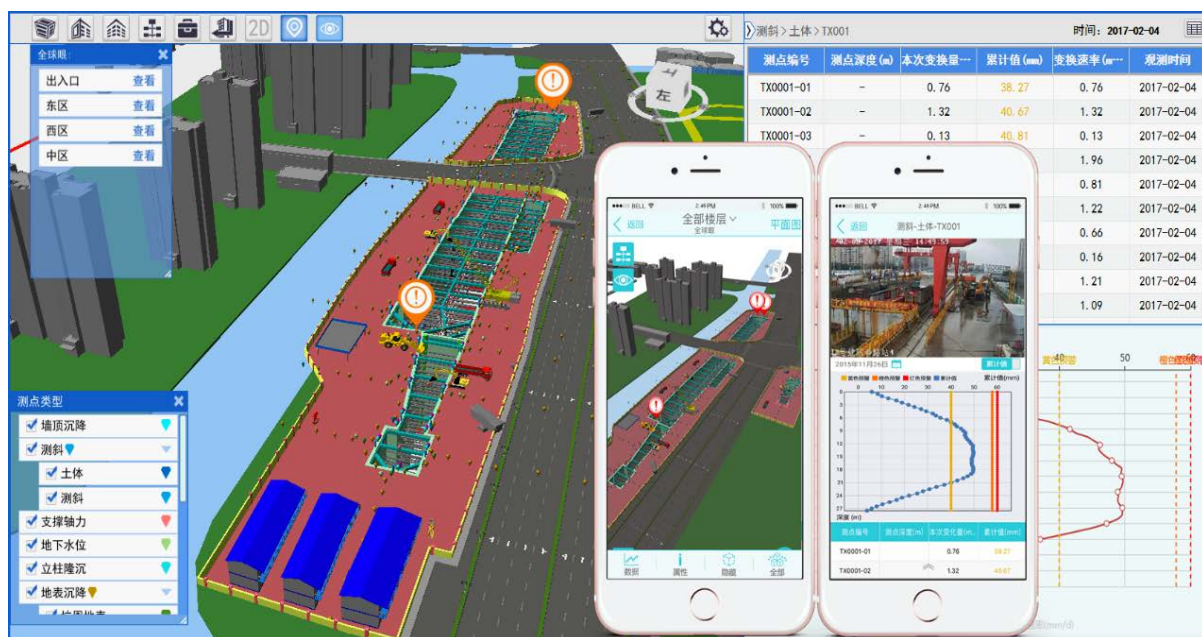


Figure 10. Integrated information platforms of “BIM + PIP + GE”  
图 10. “BIM + PIP + 全球眼”的整合信息平台

来多项提升。基于申通地铁 13 号线的实践经验,可将其主要效益概括为以下四点:

1) **实现即时通讯,提高调试效率。**利用 Greata 和 PIP 实现所有参与人员的实时沟通,及时解决联调联试工作中遇到的问题。综合利用多样化的 PC 端、PAD 端和手机端使用信息平台,简化了联调联试工作流程,真正实现联调联试工作的移动化,也提高了调试效率。

2) **增强了历史调试信息的可追溯性。**通过将历史调试信息存储在 BIM 和 PIP 信息平台的云端。当在调试工作中遇到问题时,可以快速、准确的定位到相关工作的负责人。因而可以实现责任追踪制,并且为寻找问题的原因提供直接的数据支持,提高联调联试工作的质量。

3) **可进行大数据分析,便于改进调试方案。**在联调联试过程中,通过对 BIM 和 PIP 信息平台中的历史数据进行分析、挖掘,确定调试过程中的关键构件和步骤,有利于提高调试工作的进度控制能力,缩短实际工期。此外,对比工作现状和历史数据,进行大数据分析,可以预测接下来可能遇到的各种问题,及时调整调试方案,避免造成重大损失。

4) **实现无纸化办公,简化管理工作。**联调联试工作中会产生大量的文档记录,并且这些文档记录会在不同的专业组之间以及不同的项目管理层、参与方之间传输。上述各类信息化平台的应用实现了线上共享文档信息,真正做到了无纸化办公,节约项目管理成本。此外,通过信息化平台的多角色控制方法,可以实现文档管理协同化和集中化,也简化了管理工作。

#### 4. 结论与思考

随着信息技术和网络技术的不断发展,地铁建设系统中各个子系统的智能化、集成化水平不断提高,使不同子系统之间的接口和联动功能日益复杂,从而给联调联试工作带来了新的挑战。在申通地铁 13 号线的联调联试过程中,我们看到了信息化平台给地铁施工建设带来的巨大变革和成效,不仅在地铁建设的核心环节(设计、施工和运营)能起到显著的优化作用,其在联调联试工作中亦能够带来诸多改进和效率的提升。所以,改进地铁建设方式,提高地铁项目建设的信息化水平是当今时代发展的客观和必然要求。

然而,信息化平台在我国地铁建设中的应用尚处于起步阶段,面临很多阻碍和挑战。比如,缺乏系统的标准规范体系、投资回报周期长、缺乏复合型人才等。面对这些问题,我们认为政府应该加快推进相关技术的应用标准和法律法规,改革审批流程,出台相关的激励政策鼓励信息化在地铁建设中的应用,加强政策引导,提高在 BIM 等技术上的经费支持。此外,企业也应有长远的发展目标,提高员工在施工技术和信息技术两方面的能力,满足信息化发展的新要求。

#### 基金项目

国家自然科学基金重点项目(71531011);上海市曙光学者计划(13SG23)。

#### 参考文献 (References)

- [1] 肖彦君. 城市轨道交通联调联试关键技术研究及应用[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国铁道科学研究院, 2014.
- [2] 陈焱, 罗光财, 谭博. BIM 技术在城市轨道交通车站施工中的应用[J]. 城市住宅, 2017, 24(8).
- [3] 覃刚. 基于“全球眼”视频监控系统的工程实施研究[J]. 通讯世界, 2017(9): 73-74.
- [4] 刘丽娜, 靳会超, 齐会娟. 基于 4D-BIM 的轨道交通项目动态管理及进度预警研究[J]. 石家庄铁路职业技术学院学报, 2015(3): 57-61.
- [5] 王乾坤, 刘昆玉. 地铁工程建设应急管理信息系统的设计[J]. 土木工程与管理学报, 2011, 28(2): 67-72.
- [6] 李海川. 城轨交通工程系统总联调及运营演练的探讨[J]. 都市快轨交通, 2005, 18(4): 86-89.
- [7] 董军哲, 杨建伟, 黄强. 基于 GO 法地铁车辆客室车门可靠性评价[J]. 城市轨道交通研究, 2013, 16(4): 28-31.
- [8] 杨晶. 基于动态故障树的地铁综合监控系统可靠性分析方法[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2009.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2160-7311，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[mm@hanspub.org](mailto:mm@hanspub.org)