

基于 IFC 标准的城市轨道交通 BIM (建筑信息模型)数据有效性检查*

吴祎菲¹ 邓雪原¹ 夏海兵² 施平望² 陈 鸿²

(1. 上海交通大学土木工程系, 200240, 上海; 2. 上海市隧道工程轨道交通设计研究院, 200235, 上海//第一作者, 硕士研究生)

摘 要 城市轨道交通 BIM(建筑信息模型)数据的体量不断增长,数据的有效性成为各个阶段协同工作的关键要素之一。以 IFC(Industry Foundation Classes)标准为基础,对实现城市轨道交通 BIM 数据的有效性检查进行分析。基于 IFC 标准架构对轨道交通 BIM 数据的完备表达,引入了模板匹配的检查方法,搭建了基于 IFC 标准的 BIM 数据有效性检查平台,实现了对城市轨道交通 BIM 中对象及属性信息的有效性检查。最后,通过实际工程案例测试验证该方法的可行性。

关键词 城市轨道交通;IFC 标准;建筑信息模型(BIM);数据有效性检查;模板匹配

中图分类号 TP391.7;TU71

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.04.027

Validation Check of Rail Transit BIM Data Based on IFC Standard

WU Yifei, DENG Xueyuan, XIA Haibing, SHI Pingwang, CHEN Hong

Abstract Following the expanding amount of BIM data used in rail transit projects, data validity has become one of the critical elements in the collaborative work at all stages. Based on IFC standard, the results of implementing effective BIM data check for rail transit are analyzed. According to the full express of the rail transit BIM data, the template matching method is proposed to establish an effective checking platform for BIM data, in order to achieve the effective check of rail transit BIM objects and the attribute information. Finally, the feasibility of the proposed method is verified by a practical engineering case test.

Key words urban rail transit; industry foundation classes (IFC) standard; building information modeling (BIM); validation data check; template matching

First-author's address Department of Civil Engineering, Shanghai Jiaotong University, 200240, Shanghai, China

0 引言

城市轨道交通项目的参与方众多、信息类型复杂、数据规模庞大,如果相关参与方的信息沟通不及时,极易导致“信息孤岛”的状况。在城市轨道交通项目中推广 BIM(建筑信息模型)技术,有利于设计变更后的系统校核、施工深化指导、项目集成化管理等,能显著提高工程项目的质量和效率^[4]。

伴随城市轨道交通的大规模建设,BIM 数据的体量也在快速增长。仅以上海 2017 年新建及在建的 7 条轨道交通线路为例,BIM 数据体量就已超过 150 GB。

BIM 数据检查的研究伴随着 BIM 技术的发展也在不断推进。在 20 世纪 90 年代,IFC(Industry Foundation Classes)标准的出现和发展推动了基于 IFC 标准 BIM 数据自动检查的早期研究。文献[5]分析研究了 IFC 标准架构对信息完整的模型实现自动检查的可行性。文献[6]针对 ADA(《美国残疾人法案》)发布的无障碍通行规则对模型进行检查,但仅根据轮椅使用者的需求针对特定建筑构件进行研究,存在较大的局限性。FRONAX、Solibri、ED-ModelChecker、SMARTcodes 是 4 款相对成熟的、基于 IFC 标准实现 BIM 数据自动检查的商业软件^[7]。

FORNAX 软件是最早出现的规则检查平台。它通过面向对象的方式对构件赋予参与规则检查的权限。只要用户直接调用构件,平台即可完成对基于 IFC 标准的文件内信息的提取,实现预设的规则检查。该软件开放性较差。

Solibri 软件是 BIM 数据检查领域的领跑者,内嵌多种设计规则。用户可直接进行参数化调整,从而实现规则的自动检查。但该软件没有公开的 API

* 上海市信息化发展专项资金项目(201501048)

(应用程序编程接口),对未涵盖的规则无法自主添加。

EDModelChecker 软件是功能完备的检查平台,开发环境灵活、开放。采用的 EXPRESS 语言表达规范,便于扩充检查内容。

SMARTcodes 软件通过关键字识别来实现检查规则和计算机程序语言的自动映射,着重检查模型的属性信息,而非图形信息。

这 4 款软件虽是相对成熟的商业产品,但国内建筑设计规范与西方规范间存在明显差异^[8],相同术语也存在指代不同的现象,故这 4 款软件对国内 BIM 数据自动检查而言数据检查的完整性存在不足。因此,为实现 BIM 数据自动检查在国内的应用,需针对国内 BIM 数据检查需求进行自主研究。

目前,国内的 BIM 数据检查以基于三维视图的碰撞检查为主,基于设计及交付规范的数据检查在国内仍处于起步阶段。

在国内,文献[8-13]主要是基于数据检查软件 Solibri 的应用分析与基于 Revit 软件的数据检查二次开发技术的研究。Solibri 软件不仅对数据检查的完整性存在不足,而且借助二次开发技术实现的 Revit 模型数据检查还缺乏通用性。基于 IFC 标准实现 BIM 数据自动检查的研究在国内的发展缓慢,有待进一步探索。

1 城市轨道交通 BIM 数据有效性检查分析

1.1 BIM 数据有效性检查

有效的 BIM 数据应满足建筑设计规范、建筑信息模型交付标准等。BIM 数据的有效性检查就是针对各规范标准对 BIM 数据实施的检查工作。

有效性检查主要包括独立对象的信息检查与不同对象之间的相对关系检查。独立对象的有效性检查内容包括对象的数量、对象的名称、属性的名称及属性值等。不同对象之间的相对关系检查内容包括关联关系及相对位置的限制关系等。

1.2 实施难点

城市轨道交通项目的建模软件有 Revit、Bentley、Catia 等。其中,最常用的是 Revit 软件。Revit 软件可实现三维模型的碰撞检查,而对模型中特定构件的属性检查,需要手动选择构件的属性面板,将其中的信息同二维平面图或纸质文档等进行一一比对。Revit 软件采用人工手段对属性信息进行检查,步骤冗杂、效率低下,结果的准确性亦难以得

到保证,极易受到外因影响。

国内学者通过二次开发技术实现了 Revit 模型数据的检查,亦能缓解当前的检查现状,但缺乏通用性。而其他建模软件的数据检查,仍需针对软件重新架构。为避免大量人力财力的浪费,BIM 数据检查的实现宜基于通用数据格式独立进行。

IFC 标准是由 IAI(国际协同工作联盟)提出的 BIM 技术国际数据标准,多个建筑工程专业软件通过对基于 IFC 标准的文件的输入输出得到 bSI (building SMART International) 的认证^[14],基于 IFC 标准的文件是目前建筑行业使用最广泛的通用数据格式。本文通过 Revit 软件导出基于 IFC 标准的文件并进行 BIM 数据有效性检查研究。Revit 软件的版本变更不影响检查的实现。

2 基于 IFC 标准的城市轨道交通 BIM 表达

2.1 BIM 的内容

城市轨道交通项目的设施设备包括线路、房屋建筑、供电系统等 21 类^[15]。BIM 创建时的专业分类主要有建筑、结构、机电等,且各专业独立实施其专业内容的创建。

BIM 包含三维视图呈现的几何属性信息,以及三维视图中无法直接观察的非几何属性信息。以水冷式螺杆机组的 Revit 模型为例(见图 1),其几何属性信息与非几何属性信息显示界面如图 2~3 所示。

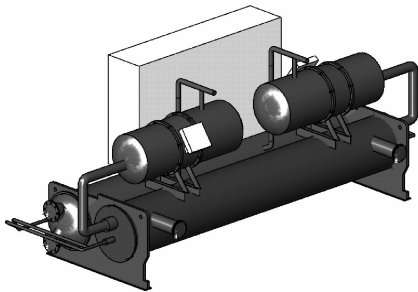


图 1 水冷式螺杆机组的 Revit 模型

尺寸标注	
水冷式螺杆机组高度(C)	1 840.0
水冷式螺杆机组宽度(B)	1 860.0
水冷式螺杆机组长度(A)	4 860.0
水冷式螺杆机组基座距离(D)	3 770.0
水冷式螺杆机组F"冷水口距离(I)	3 200.0

图 2 水冷式螺杆机组几何属性信息显示界面

2.2 BIM 基于 IFC 标准的表达

IFC 4 标准是最新发布的 IFC 标准,但目前建模软件只能较好地支持满足 IFC 2×3 标准的文件

输入输出^[16]。IFC 2×3 标准体系的领域层涵盖建筑、结构构件、结构分析、管道与防火、暖通、电气、施工管理、建筑控制等 8 个专业领域,基本满足工程项目不同专业的需求。轨道交通 BIM 专有的特殊设施设备表达需要进一步研究。

机械	
输入功率	350 000.00 W
环境温度	30.00 ℃
制热量	1 987 000.00 W
制冷量	1 791 000.00 W
出水温度	10.00 ℃

图 3 非几何属性信息显示界面

下文以 Revit 2015 软件导出的城市轨道交通 BIM 为例(符合 IFC 2×3 标准),简要介绍城市轨道交通项目基于 IFC 标准的表达。

城市轨道交通项目基本构件(如墙、梁、板、柱、门、窗、楼梯、桥架、风管等),在 IFC 标准中均有相应的构件实体与之对应。例如:桥架在 IFC 标准中由实体 IfcFlowSegment 表达,风管则由实体 IfcDuctSegmentType 表达。二者基于 IFC 标准的语句示例分别为: # 87 = IFCFLOWSEGMENT (28RdAkoj4I8S42Q0hW Q3S', #41, \X2【86567B6\X0\', \X2\686567B6\X0\', #37, #39, 7) ; #91 = IFCDUCTSEGMENTTYPE (' 3yYTLyGMD0EQ hMei2wjumh', #41, \X2\98CE7BA1\X0\', ', (#5) , , 2201324', , NOTDEFINED.)。

特殊复杂的设施设备(如屏蔽门、闸机等),则可通过 IFC 标准中的拓展机制,由实体 IfcBuildingElementProxy 进行表达。例如:屏蔽门基于 IFC 标准的语句示例为: #207 = IFCBUILDINGELEMENT-PROXY ('15QNRiNtvD8AopIkMhNp', #41, \X2\5C4F853D95E8\X0\', \X2\5C4F853D95E8\X0\', #20, #20, 4', , ELEMENT.)。

IFC 标准中的实体属性包括直接属性、导出属性和反属性。直接属性是 IFC 标准中实体语句括号内单引号引用的内容,导出属性是实体语句括号内语句标号表达的内容,反属性则是由关联实体将属性实体同构件实体进行关联的内容。构件实体的这 3 种属性可表达构件在创建过程中所拥有的全部属性信息。

3 基于 IFC 标准的 BIM 数据有效性检查

3.1 数据有效性检查的方法

本文采用模板匹配的检查方法,利用关键字搜

索及多重关联信息匹配的方式,实现对目标对象的批量检查。基于模板匹配的检查方法是实现离散输入的有效途径之一,其实质是通过模型数据与模板多重关联信息的匹配度来定位目标对象,完成对象信息检查。检查步骤为:

(1)创建对象名称及属性信息的标准检查模板。将目标对象名称、属性名称、属性值有效值域分别写入检查模板。

(2)模板匹配。读取基于 IFC 标准的文件,将提取的模板内的对象名称作为关键字,在基于 IFC 标准的文件内进行搜索。定位目标对象后,将其属性名称、属性值的有效值域与模板内容进行对比,统计目标对象的个数、检查对象的属性是否存在及属性值是否正确。

(3)检查结果输出。分类输出基于 IFC 标准的文件内目标对象的计数结果、属性的完整情况及属性值的判断结果。

在模板匹配的检查方法中,用户创建模板文件是检查的首要步骤。为保证模板文件的信息能被正确提取,对模板文件的写入必须遵循对应规则。模板文件是规则的表格形式,又名配置表。配置表有对象名称配置表与属性信息配置表两类,分别如表 1~2 所示。

表 1 对象名称配置表	
对象名称	IFC 标准实体名称
墙	IfcWall
梁	IfcBeam
板	IfcSlab
柱	IfcColumn

表 2 属性信息配置表			
对象名称	IFC 标准实体名称	属性名称	有效值域
柱	IfcColumn	直径	800
柱	IfcColumn	编号	KZ1 ; KZ2 ; KZ3
柱	IfcColumn	高度	2 700-3 000

表 2 中的值域类型分别是固定值、枚举型和区间型。枚举型,以分号“;”作为各有效值的识别符;区间型,以连接号“-”作为区间的识别符。此外,“≥”和“≤”也是区间的识别符。

3.2 数据有效性检查的算法

本文基于 IFC 标准的 BIM 数据有效性检查平台,是在文献[13]的研究基础上,以城市轨道交通领域的 BIM 数据作为主要研究对象,进一步完善优化而成。数据有效性检查的算法如图 4 所示。

检查平台成功读取基于 IFC 标准的文件后,提

取对象名称配置表的第一列,对基于 IFC 标准的文件中的对象进行遍历。若 IFC 标准实体的 NAME (名称)属性中包含相同字符,则进一步校核 IFC 标准实体名称,确认是否相符。平台对同时满足配置表中两列内容的实体进行计数。对象名称检查算法详图如图 5 所示。

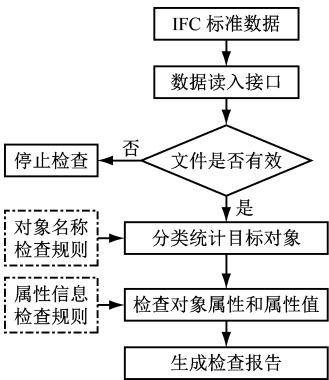


图 4 BIM 数据有效性检查算法示意图

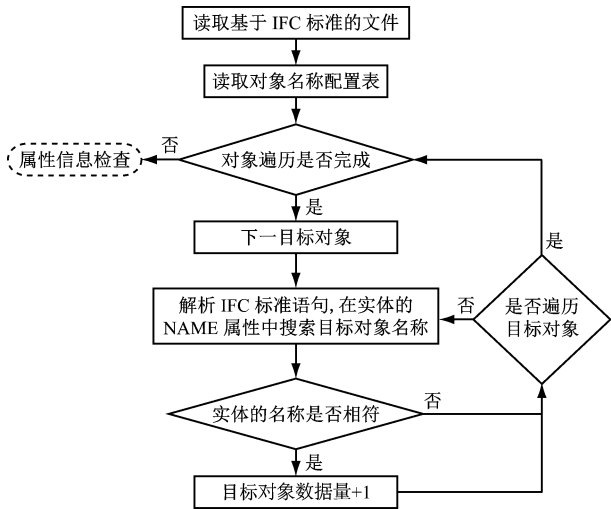


图 5 对象名称检查算法详图

对象名称检查完成后,平台继续对属性信息进行检查,提取属性信息配置表,以同时匹配“对象名称”和“IFC 实体名称”为条件来搜索目标对象。在创建 BIM 时,用户定义的对象属性,在导出为基于 IFC 标准的文件后,主要为 IFC 标准实体的反属性表达。因此,本平台检查的属性是 IFC 标准实体的反属性。平台通过关联实体定位表达 IFC 标准实体属性信息的属性集,提取配置表第三列,对所有属性集内的所有属性名称进行遍历,定位待检属性,并根据配置表的第四列完成对属性值进行检查。属性信息检查算法详图如图 6 所示。

4 测试验证

4.1 测试案例

本文所采用的测试案例为上海轨道交通 14 号线锦绣东路站。该车站是地下二层岛式站台车站。测试选取 18 种设施设备。案例车站的 BIM 及检查的部分设施设备如图 7 所示。

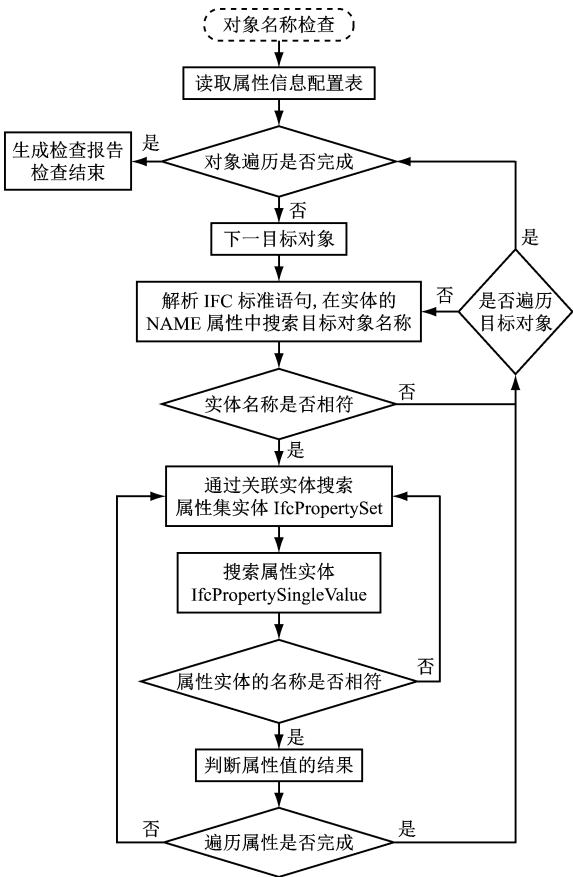


图 6 属性信息检查算法详图

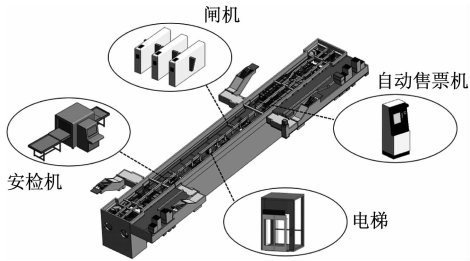


图 7 锦绣东路地铁站 Revit 模型

4.2 案例测试

根据 18 种设施设备的信息及配置规则,创建对象名称配置表和属性信息配置表(见表 3~4)。

这 18 种设施设备均是复杂设备,在 Revit 软件中没有预定义,其 IFC 标准实体名称均为 IfcBuild-

ingElementProxy。属性信息的检查仅选择 18 种设施设备中的 5 种,但检查的属性值有效值域包括固定值、枚举型及区间型。如翼式闸机的翼厚属性的有效值域是区间型,区间为 85-95;安检机的体积属性的有效值域是固定值,该值为 1.44;栅栏门的宽度属性的有效值域是枚举型,分别是 900、1 800、2 700。

表 3 测试案例的对象名称配置表		
序号	对象名称	IFC 实体名称
1	翼式闸机	IfcBuildingElementProxy
2	安检机	IfcBuildingElementProxy
3	栅栏门	IfcBuildingElementProxy
4	风机	IfcBuildingElementProxy
5	自动售票机	IfcBuildingElementProxy
6	风箱	IfcBuildingElementProxy
7	自动贩卖机	IfcBuildingElementProxy
8	屏蔽门	IfcBuildingElementProxy
9	自动扶梯	IfcBuildingElementProxy
10	发车指示器	IfcBuildingElementProxy
11	电梯	IfcBuildingElementProxy
12	中央信号屏	IfcBuildingElementProxy
13	直流开关柜	IfcBuildingElementProxy
14	低压开关板	IfcBuildingElementProxy
15	蓄电池屏	IfcBuildingElementProxy
16	空调机组	IfcBuildingElementProxy
17	组合风阀	IfcBuildingElementProxy
18	消火栓箱	IfcBuildingElementProxy

表 4 测试案例的属性信息配置表			
对象名称	IFC 实体名称	属性名称	有效值域
翼式闸机	IfcBuildingElementProxy	翼厚	85-95
翼式闸机	IfcBuildingElementProxy	高度 a	1 100
翼式闸机	IfcBuildingElementProxy	翼长 c	240
翼式闸机	IfcBuildingElementProxy	宽度 b	2 000
翼式闸机	IfcBuildingElementProxy	厚度 h	300
安检机	IfcBuildingElementProxy	体积	1.44
栅栏门	IfcBuildingElementProxy	宽度	900;1 800;2 700
栅栏门	IfcBuildingElementProxy	高度	1 000
风机	IfcBuildingElementProxy	项目编码	30108003
风机	IfcBuildingElementProxy	电压	≥310
自动售票机	IfcBuildingElementProxy	主机高度	1 178
自动售票机	IfcBuildingElementProxy	相对标高	0

4.3 检查结果

BIM 数据有效性检查结束后,检查结果可直接在界面内呈现,也可将检查报告导出到指定路径下。检查结果包括对象数量统计、属性信息检查和错误信息汇总。

对象数量统计结果如表 5 所示。由表 5 可见,发车指示器的数量为零。属性信息检查的部分结果如表 6 所示。由表 6 可知,部分风机的电压属性

值错误。错误信息汇总结果如表 7~8 所示。

表 5 对象数量统计结果		
序号	对象名称	数量
1	翼式闸机	6
2	安检机	1
3	栅栏门	1
4	风机	15
5	自动售票机	5
6	风箱	4
7	自动贩卖机	2
8	屏蔽门	28
9	自动扶梯	5
10	发车指示器	0
11	电梯	2
12	中央信号屏	3
13	直流开关柜	3
14	低压开关板	134
15	蓄电池屏	2
16	空调机组	4
17	组合风阀	9
18	消火栓箱	22

表 6 属性信息检查结果							
序号	ID	对象名称	属性	是否存在	属性值	是否正确	正确值
1	4422180	风机	电压	是	300	错误	≥310
2	4438698	风机	电压	是	300	错误	≥310
3	4443054	风机	电压	是	300	错误	≥310
4	4560385	风机	电压	是	380	正确	≥310
5	3717704	栅栏门	高度	是	1 000	正确	1 000
6	3717704	栅栏门	宽度	是	900	正确	900;1 800;2 700
7	3138355	翼式闸机	翼厚	是	90	正确	85-95

表 7 错误信息汇总结果(1)	
错误信息(1)	对象名称
文件中不包含的对象	发车指示器

表 8 错误信息汇总表(2)					
错误信息(2)	序号	ID	对象名称	错误属性	错误原因
属性有误的实体	1	4422180	风机	电压	属性值错误
	2	4438698	风机	电压	属性值错误
	3	4443054	风机	电压	属性值错误

5 结论

本研究通过解析 IFC 标准下城市轨道交通 BIM 的表达,提出模板匹配的检查方法,利用关键字搜索及多重关联信息匹配的方式,实现对目标对象的批量检查。以实际车站模型作为测试案例,验证了该方法的可行性和准确性,为实现全面且精确的数据批量检查、提高数据检查的工作效率奠定

基础。

本文实现了城市轨道交通 BIM 数据有效性检查中基于单个对象信息的独立检查。在实际应用中,设计规范、施工规范对城市轨道交通 BIM 的要求更为严苛。其中往往包含多个对象之间关联信息的检查(如桥架之间的水平距离检查、限界检查等)。基于设计规范与施工规范的 BIM 数据有效性检查是后续研究的重点,可进一步挖掘 BIM 数据有效性检查在建筑全生命周期中的实际价值。

参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通协会权威发布 2016 年度数据 [EB/OL]. (2017-03-27) [2017-03-31]. http://www.camet.org.cn/hyxw/201703/t20170327_529446.htm.
- [2] 新华社.《中国交通运输发展》白皮书 [EB/OL]. (2016-12-29) [2017-03-20]. http://news.xinhuanet.com/politics/2016-12/29/c_1120210887_2.htm.
- [3] 周忠华. 我国城市轨道交通发展“增速”远景规划运营总里程将达 6 千公里 [EB/OL]. (2016-06-16) [2017-03-20]. <http://www.ChinaRailway.com/html/20160616/1381582.shtml>.
- [4] 冀程. BIM 技术在轨道交通工程设计中的应用 [J]. 地下空间与工程学报, 2014, 10(增刊 1): 135.
- [5] HAN C S, KUNZ J, LAW K H. Making automated building code checking a reality [J]. Facility Management Journal, 1997 (5): 22.
- [6] HAN C S, KUNZ J C, LAW K H. Compliance analysis for disabled access [C]// MCIVER W J, ELMAGARMID A K. Advances in Digital Government Technology, Human Factors and Policy. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002: 149.
- [7] EASTMAN C, LEE J M, JEONG Y S, et al. Automatic rule-based checking of building designs [J]. Automation in Construction, 2009, 18(8): 1011.
- [8] 孙澄宇, 柯勋. 建筑设计中 BIM 模型的自动规范检查方法研究 [J]. 建筑科学, 2016, 32(4): 140.
- [9] 曾旭东, 王诗旭. 基于规则设定的全方位碰撞检查技术 [J]. 建筑与文化, 2014(8): 124.
- [10] 曾旭东, 孙鑫, 郭鑫. 基于 BIM 规则检查如何推进 BIM 在中国的发展 [J]. 城乡规划(城市地理学术版), 2014(4): 35.
- [11] 吉久茂, 童华伟, 张家立. 基于 Solibri Model Checker 的 BIM 模型质量检查方法探究 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2014, 6(1): 14.
- [12] 曾雯琳, 袁竞峰, 张星. 基于 BIM 模型的 DfS 规则应用研究 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2014, 6(4): 18.
- [13] 陈立春, 袁兆祥, 齐立忠, 等. 电网工程信息模型 IFC 标准数据的校验研究 [J]. 电器与能效管理技术, 2015(18): 30.
- [14] 施平望, 林良帆, 邓雪原. 基于 IFC 标准的建筑构件表达与管理方法研究 [J]. 图学学报, 2016, 37(2): 249.
- [15] 毕湘利, 陈鸿, 赖华辉, 等. 基于建筑信息模型(BIM)的城市轨道交通设施设备分类与编码研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2016(1): 5.
- [16] 陈立春, 赖华辉, 邓雪原, 等. IFC 标准领域层实体扩展方法研究 [J]. 图学学报, 2015, 36(2): 282.

(收稿日期: 2017-05-23)

俞光耀谈长三角地区的轨道交通一体化发展

全国政协委员、上海申通地铁集团有限公司党委书记、董事长俞光耀在接受记者专访时表示,长三角地区的轨道交通互联已在研究之中。在他看来,轨道交通有地铁、市域铁路、高铁等多种模式。像上海金山铁路这种轨道交通模式,更适合省际毗邻地区之间的互联互通。俞光耀说,长三角区域经济一体化,如果没有轨道交通的一体化,肯定是不行的。但是,轨道交通并不只是单指地铁。从技术制式来看,除了地铁,还有铁路、有轨电车等,都属于轨道交通,它们的标准、技术是不一样的。在俞光耀看来,地铁高密度大容量,但在跨省界、跨城市之间的通行效率是不高的,成本也很大,因此并不适合作为跨省通行的轨道交通模式。而另一模式则是市域铁路,比如上海的金山铁路,这种模式平均站间距大,速度快,时速可以达到 120 ~ 150 km,是比较适合在城际运行的轨道交通模式。

除此之外,还有市民非常熟悉的高铁,时速可以达到 200 ~ 300 km,更适合距离较长的出行。俞光耀认为,这种“地铁 + 市域铁路 + 高铁”的轨道交通网络如果能够构成的话,长三角地区的出行将更为便捷。

“我们希望,在长三角地区,能够通过高铁城际列车、市郊市域铁路、城市轨道交通(地铁)以及有轨电车,把这张网能够全部铺就。”俞光耀说,据他了解,现在相关政府部门已经在对此进行了研究。“城际地区的市民,对轨道交通出行的需求量是非常大的,所以我们也建议政府早点考虑这方面的规划。”事实上,在此之前,长三角地区的部分城市,已率先在手机刷码进出地铁站方面,实现了互联互通。自 2018 年 12 月 1 日起,上海和杭州、宁波之间的地铁二维码实现互联互通。上海市民到杭州、宁波乘地铁,只需打开“Metro 大都会”APP,就能刷码过闸;反之,杭州和宁波的市民到上海,也可使用自己城市的地铁 APP 乘坐地铁。俞光耀说,“接下来,长三角区域内,实现地铁异地扫码进出站互联互通的城市范围还将逐步扩大。”

(摘自 2019 年 3 月 6 日澎湃新闻,记者 栾晓娜报道)