

城市轨道交通规划环评中的文物振动影响评价

何吉成, 徐洪磊, 衷平, 吴睿

(交通运输部规划研究院环境资源所, 北京 100028)

摘要:城市轨道交通在带来交通便利的同时, 其建设和运营引发的环境问题也日益突出, 尤其是运营期间的振动对沿线文物的影响已经成为线路布设的重要约束条件。在梳理中国文物保护法规条例对城市轨道交通规划布局要求的基础上, 分析当前轨道交通规划环评工作中文物振动影响评价存在的问题和难点, 包括部分类型文物的振动影响无法评估、评价技术规范不易掌握和运用、城市轨道交通规划内容不够具体、城市地质土质条件差异较大等。最后, 针对上述问题从完善细化导则规范及评价方法、类比土质参数等方面提出建议和对策。

关键词:城市轨道交通; 规划环评; 文物; 振动影响评价

Evaluation of Vibration Impact on Cultural Relics during Environment Impact Assessment of Urban Rail Transit Planning

He Jicheng, Xu Honglei, Zhong Ping, Wu Rui

(Division of Environment and Resources Research, Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100028, China)

Abstract: While urban rail transit improves convenience of transportation, environmental issues due to rail construction and operation have become ever protruding. In particular, the impact on cultural relics along the route caused by the operation vibration has become an important restriction for the layout of rail transit lines. Based on the requirements of heritage conservation law in China on urban rail transit planning, this paper analyzes issues and difficulties in evaluating the vibration impact on cultural relics in the current environment impact assessment of rail transit planning. Major issues include unavailable assessment on certain types of cultural relics, insufficient usage of related evaluation specifications, non-detailed urban rail transit planning, and significant differences in geological and soil conditions between cities. Finally, the paper provides suggestions to address these issues from several aspects, including improving specifications and evaluation methodologies, and analogizing the parameters of soil texture, and etc.

Keywords: urban rail transit; environment impact assessment; cultural relics; vibration impact evaluation

收稿日期: 2014-01-10

作者简介: 何吉成(1976—), 男, 湖北十堰人, 博士, 副研究员, 主任工程师。主要研究方向: 交通运输行业环境、能源、自然灾害、大气污染物及温室气体排放等。E-mail: jichenghe@hotmail.com

1 城市轨道交通发展和文物保护问题

城市轨道交通是城市综合交通系统的重要组成部分, 在优化公共交通结构、缓解交通拥堵、解决市民出行难等方面扮演重要角色。随着中国经济持续快速发展和城镇化进程加快, 城市轨道交通在中国大城市中受到普遍关注^[1-2]。截至2012年12月31日, 中国内地累计开通70条城市轨道交通线路, 总运营里程达到2 064 km^[3]。目前, 全国已有

轨道交通线路及获准建设轨道交通线路的城市达39个(不含港澳台地区), 包括除海口、西宁、银川、拉萨以外的27个省会城市、5个计划单列市和7个地级市(苏州、常州、徐州、无锡、佛山、东莞和温州), 城市轨道交通建设规模位居世界第一。未来中国东部地区还会有更多的城市开展轨道交通建设, 今后一段时期仍是城市轨道交通建设的大力发展期。

城市轨道交通在带来交通便利的同时,

其建设和运营引发的环境问题也日益突出,尤其是运营期间的振动对沿线文物的影响成为线路布设的重要约束条件。文物保护问题已经成为城市轨道交通规划的三大难题之一^[4]。中国39个建有或规划轨道交通的城市中,有27个城市被列为国家历史文化名城(见图1),如古都型历史文化名城西安、南京、北京、杭州、郑州和太原;近现代史迹型历史文化名城上海、天津、武汉、广州、重庆、哈尔滨、青岛、南昌、沈阳等。国家历史文化名城城市域内分布着大量的历史遗存建筑物、历史文化街区、重要史迹等历史文化遗产。为防止工业振源引起的地面振动对古建筑结构的危害,文献[5]对古建筑结构的容许振动、动力特性等进行研究;北京、西安等古建筑较多的城市,地铁建设部门对古建筑的振动评估和防护也十分重视^[6-9]。为了避免城市轨道交通建设对历史文化保护目标造成不利影响,必须在规划阶段前期介入、尽早重视,优化线网布局和走向,合理布局场站,科学合理地评估并减缓或消除轨道交通运营引发的振动对文物建筑结构造成的不利影响。本文在梳理中国有关历史文物

建筑保护法规条例的基础上,分析轨道交通规划环境影响评价工作中文物振动影响评价存在的问题和难点,并提出相应对策和建议。

2 文物保护法规条例对城市轨道交通规划布局的要求

城市轨道交通规划涉及的文物主要为不可移动文物,如古文化遗址、古墓葬、古建筑、石窟寺、石刻、壁画、近代现代重要史迹和代表性建筑等,根据文物的历史、艺术、科学价值,定级为全国重点文物保护单位、省级文物保护单位以及市、县级文物保护单位。2007年12月29日修订的《中华人民共和国文物保护法》(以下简称《保护法》)第二十条规定:建设工程选址,应当尽可能避开不可移动文物;第十七条规定:因特殊情况需要在文物保护单位的保护范围内进行其他建设工程或者爆破、钻探、挖掘等作业的,必须保证文物保护单位的安全,并经核定公布该文物保护单位的人民政府批准,在批准前应当征得上一级人民政府文物



图1 中国已建有或规划城市轨道交通的国家历史文化名城

Fig.1 National historical and cultural cities with completed or planned urban rail transit in China

行政部门同意；第十八条规定：在文物保护单位的建设控制地带内进行建设工程，不得破坏文物保护单位的历史风貌，工程设计方案应经相应的文物行政部门同意后，报城乡建设规划部门批准。

从上述国家文物保护法的规定可以看出，在城市轨道交通布局、选线规划中，要明确规划范围内文物的分布点位、类型、范围、保护级别等信息。规划原则为：首先，线路、车站、变电站、风亭、冷却塔、停车场、车辆段、车辆维修基地等场站在布局选址上要避免文物本体；其次，地面线路、高架线路、地面车站、地下车站进出口以及其他涉及占地的各类场站应布置在文物保护单位的保护范围和建设控制地带之外。如果确实受地质、技术等特殊情况限制，需要在文物保护范围内开展钻探、挖掘等作业甚至修建设施时，应在确保文物安全的前提下，需经上级文物部门的同意和当地人民政府的批准。如果在建设控制地带内进行工程建设，需要文物部门同意和规划部门批准。由于国家文物保护法没有对地下空间做出规定，因此，轨道交通可以地下线路形式穿越文物保护范围和建设控制地带，其前提也是确保文物本体的安全。

为了保持和延续传统格局和历史风貌、维护文化遗产的真实性和完整性、正确处理经济社会发展与文化遗产保护的关系，国务院于2008年出台了《历史文化名城名镇名村保护条例》，条例第二十八条规定：在历史文化街区（一般位于历史文化名城内）、名镇、名村核心保护范围内，新建、扩建必要的基础设施和公共服务设施的，城市、县人民政府城乡规划主管部门核发建设工程规划许可证、乡村建设规划许可证前，应当征求同级文物主管部门的意见；第二十六条规定：历史文化街区、名镇、名村建设控制地带内的新建建筑物、构筑物，应当符合保护规划确定的建设控制要求。

可见，与文物保护法强调的对单个文物小范围“点状保护”不同，《历史文化名城名镇名村保护条例》更强调大范围的“片状保护”，其保护范围一般较大。由于城市轨道交通属于基础设施和公共服务设施，按照条例要求，在征求文物部门意见并取得规划部门许可后，可以在核心保护范围内进行建设活动，但在建设控制地带内的建设活动应符合保护规划的控制要求。考虑到城市轨道

交通的建设特点，历史文化街区、名镇、名村核心保护范围和建设控制地带内，不宜布局地面线、高架线、变电站、停车场、车辆段、车辆维修基地，可以布局地面车站、地下车站进出口、风亭、冷却塔等设施，但需要控制设施高度、体量、外观及色彩等，并融入当地的历史文化元素，不得对其周边传统格局和历史风貌构成破坏性影响。

为了加强对历史文化名城内的历史文化街区、反映历史风貌和地方特色但未被列为文物保护单位的历史建筑的保护，原建设部2004年出台了《城市紫线管理办法》，规定城市紫线为历史文化街区和历史建筑的保护范围界线。第十三条规定：在城市紫线范围内禁止进行大面积拆除、开发和改建；禁止修建破坏历史文化街区传统风貌的建筑物、构筑物和其他设施；禁止占用或者破坏园林绿地、河湖水系、道路和古树名木等。

城市紫线范围内的城市轨道交通建设，应遵循少拆少占的原则，因此在紫线范围内须采用地下线，不建变电站、停车场、车辆段、车辆维修基地等，少建地面站，可建地下车站进出口、风亭、冷却塔等设施。

3 当前文物振动影响评价存在的问题

《环境影响评价技术导则 城市轨道交通》(HJ 453—2008)^[10](以下简称《导则》)是城市轨道交通振动环境影响评价的技术性指导文件，《导则》规定了振动环境影响评价的内容、等级、范围、方法等技术问题。虽然《导则》主要适用于建设项目振动环境影响评价，但由于缺乏专门针对规划项目的技术导则，因此，目前城市轨道交通规划环评中的文物振动影响评价基本遵照该导则进行。《导则》规定：文物振动影响的评价范围为距地下线路外轨中心线两侧60 m；评价内容为评价范围内各文物保护建筑的振动速度，振动速度预测按照《古建筑防工业振动技术规范》(GB/T 50452—2008)^[11](以下简称《规范》)的规定执行，根据预测结果，按照《规范》相关规定，对运营期各文物保护建筑的振动速度进行达标评价。然而，目前在使用《规范》进行文物振动影响评价时，还存在一些问题和不足，造成预测和评价结果不够深入，影响结果的准确性和科学性。

- 1) 部分类型文物的振动影响无法评估。根据《保护法》规定，不可移动文物包

括古文化遗址、古墓葬、古建筑、石窟寺和石刻、壁画。但《规范》主要关注的是古建筑这类文物,分别给出了砖结构、石结构、木结构古建筑和石窟的容许振动速度。而对于像文化古迹遗址类、古墓葬类、石刻和壁画类文物,由于其没有明显的承重结构,在规范中尚缺乏相应的参考标准和预测方法,目前还很难开展城市轨道交通运营对这类文物的振动影响评估。假如某城市规划的地铁线路上方有土质古城垣(或城墙)或者地下有古城遗址或墓葬,这类文物能承受的最大振动速度是多少、地铁埋深多少才能避免破坏性影响等难题还需要进一步探究和明确。

另外,在建筑类文物中,有的结构并不是砖结构、石结构或木结构,如郑州市二七纪念塔,其距今只有40年,不属于古代遗留下来的建筑物,但由于其所赋予的政治意义、纪念意义和教育意义,已经被列为全国重点文物保护单位。作为现代构筑物,二七纪念塔为钢筋混凝土结构,而在《规范》中又没有这类结构的振动计算方法、容许限值 and 评估标准等。因此如何评价非《规范》中结构类型的文物振动影响问题也是一个难题。

2) 振动影响评价的技术规范不易掌握和运用。

《规范》中振动预测模式参数过多,有些参数取值过于复杂,不易应用,广大评价者难以掌握。以古塔为例,确定结构最大速度响应(V_{max}),需要古塔基础处水平向地面振动速度(V_r)、振型参与系数(γ)和振型放大系数(β)3个参数,而确定参数 γ ,又需要古塔各层宽度和层高等参数,确定 β 又需要一定距离(r)处的地面振动频率(f_r)和结构第 j 阶固有频率(f_j),而确定 f_j ,又需要4个不同的参数。确定地面振动速度(V_r)更为复杂,根据规范附录B(地面振动传播和衰减的计算),又需要7个不同的参数,这7个参数中个别参数又需要通过其他的参数来获得。从中国大量轨道交通规划环评报告来看,很多环评工作者没有吃透此规范,在文物振动影响评价部分,内容都很简单,缺少参数选择和预测评估等关键过程,很少有人能完整并正确运用该规范进行分析评价工作,还处于“不会用、用不好”的阶段。

3) 规划本身内容不够具体给振动影响预测工作带来难度。

在城市轨道交通规划阶段,一般只是给

出场站的大致点位、线路大致走向和敷设方式,具体线位、埋深以及与文物的准确距离无法明确,这些因素给定量预测评价工作造成困难。根据《规范》,在地面振动传播和衰减的计算过程中,需要明确文物结构与振源的距离,在计算振源半径 r_0 时,需要明确隧道埋深 H ,由于规划阶段这些参数均无法给定,因此给振动预测工作带来一定难度。

4) 各地地质、土质条件不同给评估工作带来较大不确定性。

全国不同城市的地质条件差异很大,土质也不同,而地铁振源几何衰减系数和土的能量吸收系数均与土质土类有关,如硬塑粉质粘土、可塑粉质粘土、饱和淤泥质粉质粘土的能量吸收系数各异。在规划阶段,无法对城市地下情况进行详细了解,也缺少第一手的地质和土质资料,只能简单处理,导致预测结果科学性和准确性大大降低。

4 对策与建议

针对城市轨道交通规划环评中的文物振动影响评价面临的困难,本文提出四点对策与建议。

1) 明确评价工作深度、对象和方法。

《导则》虽然规定了振动环境影响评价的内容、等级、范围和方法,但没有对文物振动影响的评价深度做出明确说明,《导则》还要求“对于评价范围内的文物保护目标应进行振动速度评价”,但对文化古迹遗址类、古墓葬类、石刻类和壁画类等文物的振动影响评价尚缺乏很好的办法。此外,像钢筋混凝土结构类建筑等非《规范》中所列类别的文物保护目标是否需要振动速度评价;如果要进行评价,采用何种方法、模式和标准。对此,需要进行进一步完善和细化文物振动影响评价的两个指导性规范文件,补充各种类型文物振动影响的评价方法、标准和深度,以便广大环评工作者将其应用到文物振动影响评价中。

2) 完善评价方法。

鉴于《规范》中的振动预测模式参数过多,部分参数取值复杂,不易运用,需要针对地铁振动影响特点,酌情对该规范进行简化,减少预测模式的参数并简化模式计算过程,对一些较难取值的参数,应给出地铁这类振源参数取值范围。在国内一些公开发

表的研究论文中,有学者采用有限元模型的方法预测文物振动影响,这种专业数学工具短时间内虽无法很好掌握,但可以借鉴其分析结果,在所处外部条件近似的情况下采用类比分析。基于所在城市已有地铁线路振动监测结果进行类比预测也是一种较为可靠的分析方法,部分已经运营线路附近文物结构的振动速度实际测量值可用于参考和类比预测,其结果可能比振动预测模式更为可信。

3) 全面把握规划内容。

在规划阶段,线路与文物的距离以及线路埋深一般无法明确,但地铁线路一般是沿城市主干路进行地下敷设,由此可以基于规划线路布局走向和文物分布叠加图,通过主干路的宽度以及道路红线范围对距离进行预估。最难确定的是隧道埋深(即地铁轨面到地面的竖直距离),目前国内地铁隧道埋深以20 m为界,低于20 m为浅埋,超过20 m为深埋,因此在预测时,可以分15 m、20 m和25 m三种埋深情形预测文物的振动速度,根据不同深度的预测结果提出合理的地铁埋深或文物减振措施。

4) 克服土质条件差异。

在规划阶段无法详细了解线路沿线地质土质情况,但可以通过对同一城市正在施工或已经建成线路的地质土质条件进行推断。如果该城市没有已建或在建地铁项目,也可考虑参考区域地形和地质条件较为相近的临近城市的地铁项目,类比其地质土质条件进行预测估算。如果条件许可,也可向有关部门索要规划线网涉及区域的地质勘探资料,从中获取有关地质土质信息。

5 结语

城市轨道交通运营对文物的振动影响正日益受到重视,合理和正确评价这种影响是协调城市轨道交通规划建设与文物保护关系的基础。当前城市轨道交通规划的文物振动影响评价工作面临部分类型文物的振动影响无法评估、评价技术规范不易掌握和运用、规划本身内容不够具体、模型重要参数地质土质条件难以确定等问题。为提升文物振动影响评价工作的科学性,应从《导则》和《规范》上进一步明确评价工作的对象、标准和深度,完善并细化评价方法,全面把握规划内容和科学类比土质参数。

参考文献:

References:

- [1] 秦国栋.新时期城市轨道交通发展的思考[J].城市交通,2006,4(2):1-5.
Qin Guodong. Thinking on the New-Era Urban Rail Transit Development[J]. Urban Transport of China, 2006, 4(2): 1-5.
- [2] 周立新,李英.我国城市轨道交通发展高潮中的冷思考[J].城市交通,2005,3(2):29-33.
Zhou Lixin, Li Ying. Calm Thoughts on the Speed Development of Urban Rail Transit in China[J]. Urban Transport of China, 2005, 3(2): 29-33.
- [3] 中国城市轨道交通协会.我国城轨运营总里程统计数据[EB/OL].2013[2014-01-06].
http://www.camet.org.cn/sjtj/201301/t20130111_172632.htm.
- [4] 伍建国,徐明,王安理,郑博.西安市轨道交通周边文物保护问题研究与实践[J].都市快轨交通,2011,24(5):38-42.
Wu Jianguo, Xu Ming, Wang Anli, Zheng Bo. On the Protection of Cultural Relics around Xi'an Subway[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2011, 24(5): 38-42.
- [5] 潘复兰.古建筑防工业振动的研究[J].文物保护与考古科学,2008,20(S1):104-108.
Pan Fulan. Study on Protection of Historic Building Against Man-made Vibration[J]. Science of Conservation and Archaeology, 2008, 20(S1): 104-108.
- [6] 贾颖绚,郭猛,刘维宁,张新金,刘卫丰.列车振动荷载对古建筑的动力影响[J].北京交通大学学报,2009,33(1):118-122.
Jia Yingxuan, Guo Meng, Liu Weining, Zhang Xinjin, Liu Weifeng. Dynamic Effect of Train-induced Vibration on Historic Buildings[J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2009, 33(1): 118-122.
- [7] 马蒙,刘维宁,丁德云.地铁列车引起的振动对西安钟楼的影响[J].北京交通大学学报,2010,34(4):88-92.
Ma Meng, Liu Weining, Ding Deyun. Influence of Metro Train-induced Vibration on Xi'an Bell Tower[J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2010, 34(4): 88-92.
- [8] 陈爱侠,董小林,杨莉.城市地铁项目建设对古建筑的影响[J].建筑科学与工程学报,2007,24(1):80-83.

(下转第94页)