

高质量发展下的城市轨道交通车辆基地设计

张生平 张树艺

(北京城建设计发展集团股份有限公司, 100037, 北京//第一作者, 高级工程师)

摘要 目的:我国城市轨道交通车辆基地的设计及维修理念仍相对落后,应结合车辆基地建设的新理念和新思路,对后续城市轨道交通工程车辆基地的设计与建设,提出切实的优化实施建议。**方法:**结合我国城市轨道交通高质量、可持续发展的时代背景,深入分析了既有城市轨道交通车辆基地存在的设施设备相对落后、车辆检修修程相对滞后、TOD(公交引导发展)一体化建设不同步等方面的问题。立足我国车辆基地建设经验,从车辆基地运营实际需求出发,结合国内外智能化、信息化的发展和轨道交通新技术应用,针对车辆基地的智能化、信息化、绿色节能、TOD一体化建设等关键点进行了分析,提出了高质量发展下的城市轨道交通车辆基地设计建议。**结果及结论:**车辆基地设计应顶层布局、高点定位,逐步构建智能化车辆基地,提升车辆基地人性化水平,促进车辆基地的绿色、节能,推进车辆基地 TOD 一体化建设。

关键词 城市轨道交通;车辆基地;智能运维;人性化设计;一体化建设

中图分类号 U231

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.11.020

Design of Urban Rail Transit Metro Depot under High-Quality Development

ZHANG Shengping, ZHANG Shuyi

Abstract Objective: The design and maintenance concepts of metro depot in China are relatively outdated. It is necessary to combine new concepts and ideas in the construction of metro depot, and propose practical recommendations for optimizing the design and construction of metro depot. **Method:** Taking into account the era background of China in terms of high-quality and sustainable urban rail transit development, a thorough analysis is conducted on the problems existing in the metro depots, such as outdated facilities and equipment, lagging vehicle maintenance processes, and asynchronous integration of TOD (transit-oriented development). Based on the experiences of metro depot construction in China, taking into consideration the actual operational needs, combining the development of intelligent and informatized technologies, as well as the application of new technologies in rail transit both domestically and in-

ternationally, key aspects such as the intelligent, informatized, green and energy-saving construction, and the integration of TOD are analyzed, recommendations for the design and construction of urban rail transit metro depots under high-quality development are proposed. **Result & Conclusion:** The design of metro depot should focus on top-level layout and high-point positioning, gradually constructing intelligent system, improving the level of humanization, promoting green and energy conservation, and advancing the integrated construction of TOD.

Key words urban rail transit; metro depot; intelligent operation and maintenance; humanization design; integration construction

Author's address Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., 100037, Beijing, China

车辆基地作为城市轨道交通工程中车辆及全线设备系统的维修保障中心,是城市轨道交通设施中占地面积最大、人员劳动强度最高的地方,但其技术装备及维修理念仍相对落后。随着我国绿色、节能、智能及智慧技术的不断发展,如何在新时代背景下构建绿色节能、智慧智能、人性和谐、城市一体化发展的车辆基地,是未来贯穿城市轨道交通车辆基地规划、设计、建设及运营全过程的重点。

1 我国城市轨道交通车辆基地现状及存在问题

1.1 概述

1969年10月1日,北京地铁1号线的开通运营标志着我国进入城市轨道交通时代。该线的古城车辆段(见图1)作为我国首个建成的城市轨道交通车辆段,运营至今已逾50年。据统计,目前我国城市轨道交通运营线路有200多条,已运营的车辆基地约500座。车辆基地普遍存在着占地面积较大、智能化水平较低、人员劳动强度较高、工作环境较差等问题。



图 1 北京地铁 1 号线古城车辆段鸟瞰图

Fig. 1 Aerial view of Gucheng Depot of Beijing Subway Line 1

近年来,随着各类技术的不断发展,互联网、智能化、智慧化、绿色节能等新技术不断应用于城市轨道交通工程中。车辆基地作为城市轨道交通运营的保障中心,正面临着系统、全面的变革。

1.2 现状及主要问题

车辆基地作为全线车辆、设备系统的维护保障中心,是城市轨道交通系统中维修人员、设备及设施最为密集的地方。目前城市轨道交通车辆基地的规划、设计、建设及运营过程中存在较多问题,主要包括:

1) 设施设备相对落后,自动化程度不高,人员的劳动强度较大。城市轨道交通车辆检修是典型的劳动密集型行业,运营部门定期开展检查时主要采用人工检查、手写记录各项信息等方式,这些方式工作强度大、效率低、人工成本高。随着城市轨道交通的迅速发展,列车配属数急剧增加,列车发车间隔缩短,每日运营时间延长,这些变化均可能导致列车检修时间减少、检修强度增加、故障类别增加、设备制式多、全寿命周期管理滞后、信息化平台融合度低等问题的产生。

2) 作业流程、检修制度的更新速度滞后于设备技术水平的发展速度。我国城市轨道交通经过 50 多年的运营实践,车辆及设备系统的技术水平已达到国际领先水平,设备的稳定性及可靠性不断提高。但与设备系统的发展相比,我国城市轨道交通车辆及设备系统检修制度、作业流程的更新相对滞后,目前普遍存在作业流程及检修制度的灵活性不足,以及新技术、新装备应用不足等问题。

3) 对人性化理念的考量相对较少,人员的工作环境较差。城市轨道交通车辆基地是车辆、设备设施检修场所,不面向乘客服务,在规划、设计、建设

等各阶段,车辆基地工作人员在生活、工作中得到的人性化关怀不够。传统设计理念中,车辆基地作为检修工厂,按照厂房/工厂的设计理念开展设计,这导致了运营阶段普遍存在人性化设施不足的问题,进而导致员工工作及生活满意度较低。

4) 绿色、节能设施设备的应用较少。城市轨道交通车辆基地是城市轨道交通中占地最广、建筑体量最大的设施。随着我国装备、工业技术的不断发展,各类绿色、节能技术不断在城市轨道交通工程中得以应用。车辆基地作为后方保障基地,不面向乘客服务,其各类新技术、新理念的试点应用及推广相对滞后。

5) 车辆基地 TOD(公交引导发展)一体化开发的上下部设计及实施不协调。车辆基地对城市现状及规划带来了极大的分割,对城市整体规划、土地价值提升带来了诸多负面影响。车辆基地上盖及周边土地综合开发利用已成为城市轨道交通 TOD 一体化发展的重点。但由于政策、规划、审批、责任主体、设计等方面的不同步,导致部分上盖开发项目设计与城市轨道交通设计严重脱节。

2 高质量发展下的城市轨道交通车辆基地设计

2.1 逐步构建智能化车辆基地

2.1.1 优化车辆修程修制

与既有车辆技术水平相比,我国 GB 50157—2013《地铁设计规范》规定的车辆修程修制已相对落后。结合各城市轨道交通的运营经验及车辆实际情况,优化车辆修程修制已成为车辆基地降本增效的关键所在。

在中国国家铁路集团有限公司编制的铁总机辆[2019]54号《关于推进动车组及和谐型机车修程修制改革的指导意见》中,将最高运行速度低于 200 km/h 的动车组的日检周期延长至 4 d。上海、广州、南京及成都等城市轨道交通运营单位也在逐步推行将轨道交通车辆既有的日检周期(2 d)延长至 4 d、5 d 或 8 d,同时结合车辆技术发展按照均衡修、全效修的标准开展车辆的日常维护作业,取消定修修程。

2.1.2 应用智能化设备

随着智能感知、互联网及机器视觉等新技术在城市轨道交通中的应用,城市轨道交通不断向智能化、智慧化迈进。全车 360°动态图像智能检测系

统、列检机器人、智能安全联锁系统等智能化手段在减轻车辆基地检修强度、规范作业流程、提高检修效率等方面起到了重要的作用。

结合我国上海、广州等城市轨道交通智能化设备的应用经验,全车 360°动态图像智能检测系统、列检机器人等技术手段可使车辆检修效率提高 50%~60%。合理应用成熟、可靠的智能化新装备,已成为有效提升车辆基地检修效率和可靠性的关键技术手段。列检机器人现场工作图如图 2 所示。



图 2 列检机器人现场工作图

Fig. 2 Working picture of train inspection robot

2.1.3 构建车辆基地智能运维系统

结合城市轨道交通车辆及设备系统的检修流程、修程修制,因地制宜地从车辆基地检修的“人、机、料、法、环”等方面全方位建立有效的车辆基地检修智能管控系统。根据实际需要,切实从检修修程修制、检修流程出发,实现车辆基地关键检修流程的电子化及可视化,逐步构建整个车辆基地的智能运维系统。

2.1.4 部件自动流水线作业的应用

车辆高级别检修属于车辆基地功能中技术要求最高、设备系统最为复杂的部分,且对人员技术水平要求极高、人员劳动强度极大。随着机械制造业的不断发展,机器手臂、智能检测及智能运输等智能化、自动化设备逐步应用于设备检修。

针对轮轴、电机、轴承及空调等检修工艺标准化程度较高的部件,采用以人工为辅、自动化设备为主的自动流水线作业方式,已成为我国城市轨道交通车辆检修的发展方向。南京、深圳及广州等多

地的城市轨道交通已逐步构建了专业部件集中修的自动化流水线。随着城市轨道交通线网的不断扩大,关键部件集中流水修成为提高车辆检修安全性及可靠性、提升检修效率至关重要的技术手段。某城市轨道交通车辆基地的自动化轮轴加工线如图 3 所示。



图 3 某城市轨道交通车辆基地自动化轮轴加工线现场图

Fig. 3 Picture of the automated wheel axle processing line in metro depot

2.2 全面提升车辆基地人性化水平

我国城市轨道交通车辆基地的传统设计理念主要以工厂化、厂房化为主。车辆基地各类生产、生活环境中存在人员公共空间不足、公共/休闲空间品质不高问题。车辆基地工作人员缺少缓解工作压力的场所,这与目前要求增加人性化设施、提高员工工作和生活满意度的社会发展趋势不符。

车辆基地受工程投资的影响,绿化、景观及休闲等设施相对较少。如何在合理的工程投资范围内,有效增加基地内绿化及休闲设施,是有效提升车辆基地人性化水平的关键。某城市轨道交通停车库区中庭绿化布置如图 4 所示。



图 4 某城市轨道交通停车库区中庭绿化现场图

Fig. 4 Picture of the greening atrium in a metro depot parking garage

车辆基地上盖开发已成为城市轨道交通融合城市发展的必然趋势,但上盖开发的车辆基地普遍存在下部轨道交通作业空间难以正常自然采光、通风及工作环境差等问题。在车辆基地上盖方案可行的基础上,应进一步改善盖下作业区的自然采

光、通风环境,这是提升上盖开发车辆基地人性化品质的关键。某城市轨道交通上盖开发车辆基地检修库现场如图 5 所示。



图 5 某城市轨道交通上盖开发车辆基地检修库现场图

Fig. 5 Picture of the developed maintenance depot on the upper cover of a certain metro

2.3 全面推进车辆基地的绿色、节能

2.3.1 场地规划及布局

在既有检修模式条件下,如何高效整合车辆基地内的各类检修设施,是车辆基地集约化的关键。针对车辆基地占地面积大的特点,将功能相近的检修设施(如检修库、周月检库、停车库,以及材料棚、工程车库及调机车库等)进行合理、有效的整合,以达到土地集约化利用的目的。车辆基地集约化布置如图 6 所示。车辆基地内若存在高差较大的用地,应结合实际场坪对轨行区、厂前生活办公区等功能不同的区域进行差异化设计,以实现优化场地工程量的目标。



图 6 车辆基地集约化布置示意图

Fig. 6 Schematic diagram of depot intensive layout

2.3.2 绿色建造

在绿色化、装配式建筑不断在城市轨道交通工程中得以应用的背景下,可结合车辆基地的工程特点,合理、有效地推进钢结构、叠合楼板、楼梯、外墙及轨道检查坑等节点工程的装配式施工,以提高车辆基地工程的实施效率和工程质量,推进绿色建造的可持续发展。

2.3.3 绿色、节能新技术的应用

随着我国工业化进程的不断推进,各类绿色、节能技术不断推广、应用于城市轨道交通中。结合车辆基地的特点,可采用的绿色、节能新技术主要包括一体化光伏发电、直驱 LED(发光二极管)照明、智能照明、工业通风机、综合管沟及海绵城市等。

2.4 全面推进车辆基地 TOD 一体化设计

为推进城市轨道交通车辆基地与上盖开发的同步设计与施工,实现城市轨道交通设施融入城市、服务城市、引领城市的 TOD 一体化开发目标,建议从以下几方面开展车辆基地的上下部一体化设计。

2.4.1 建筑体系

车辆基地 TOD 一体化开发方案涉及规划、立项审批等多项手续,这些手续一般与城市轨道交通车辆基地建设分属不同的主管部门,这也是导致车辆基地方案与 TOD 方案难以同步的主要原因。国内常见的车辆基地 TOD 一体化开发项目中,其下部轨道交通工程的设计与实施一般早于上盖开发工程的设计与实施。我国多个城市轨道交通车辆基地在设计之初考虑了上盖开发预留,但在后期上盖建设期间却出现了预留建筑体系难以满足上盖开发需求的问题,进而严重影响了上盖一体化开发方案的实施。

考虑到后期上盖开发的可实施性及开发的品质,在开展车辆基地设计之初,需针对上盖开发方案开展车辆基地上下部建筑体系的一体化设计。一体化设计应重点考虑结构衔接体系、管线路由、减振降噪、预留工程条件及过渡期保障措施等多方面。

2.4.2 消防设施

城市轨道交通车辆基地上盖开发无相关的消防规范/标准可参考,需结合上下部方案开展消防性能化设计(特殊消防设计)。随着 GB 51298—2018《地铁设计防火标准》及各城市轨道交通车辆基地上盖综合利用工程设计防火标准等一批新规范、新标准的施行,车辆基地综合开发逐步获得了规范体系的支持。

在车辆基地开展设计之初,应充分借鉴已建上盖车辆基地的消防设计案例,开展上下部一体化的消防设计。应针对上部开发方案提出明确的消防限制条件,下部轨道交通设施设置应充分考虑上部方案的可实施性。为保证下部轨道交通工程的顺利实施,还需对上盖开发车辆基地的消防设计尽早

进行消防审查沟通,以确定特殊消防设计的必要性和消防方案的合理性。某城市轨道交通地下车辆基地敞开式消防环路设置如图 7 所示。



图 7 某城市轨道交通地下车辆基地敞开式消防环路现场图
Fig. 7 Picture of the open fire protection loop of an underground metro depot

2.4.3 上下部景观

车辆基地作为城市轨道交通系统占地面积最大的设施,对城市的现状、景观、规划均会造成非常大的影响。车辆基地 TOD 开发区域一般土地价值较高,对城市景观、规划的要求随之也较高。考虑城市轨道交通融入城市主体的要求,减少对城市的分割影响,在车辆基地 TOD 开发方案设计阶段需对其上下部景观开展一体化设计,以实现车辆基地开发方案真正融入城市、服务城市的目标。

2.4.4 上下部交通

车辆基地占地面积极大,其建设对周边的交通体系造成极大影响,因此车辆基地需完全独立于城市相关设施。在保证车辆基地基本功能的前提下,如何减少对城市交通体系的影响,是车辆基地 TOD 一体化开发需考虑的重点问题。车辆基地 TOD 一体化开发在保证下部轨道交通工程基本的交通功能基础上,需重点考虑一体化开发与城市道路交通、公交、慢行系统等交通方式的接驳。某城市轨道交通车辆基地一体化开发的上盖交通引入了市政道路,如图 8 所示。

3 结语

随着我国城市轨道交通工程高质量建设的不断推进,如何在新时代背景下构建绿色节能、智慧



图 8 某城市轨道交通车辆基地一体化上盖市政道路现场图
Fig. 8 Picture of the municipal road construction on an integrated metro depot

智能、人性和谐、城市一体化发展的车辆基地,成为未来城市轨道交通车辆基地设计的重点。本文立足我国城市轨道交通的建设经验及新理念、新技术的应用,从车辆基地规划、设计、装备配置等方面出发,针对车辆基地的智慧化建设、人性化设施建设、绿色节能及 TOD 上下部一体化设计等关键点,提出了切实可行的专项实施建议,可为未来城市轨道交通车辆基地的高质量设计提供参考。

参考文献

- [1] 阮巍,周永,章斌.从南兆路车辆段的设计看国内地铁车辆段建设的发展趋势[J].铁道标准设计,2014,58(4):99.
RUAN Wei,ZHOU Yong,ZHANG Bin. Research on construction development trend of metro rolling stock depot in china—in combination with project design example of Nanzhaolu rolling stock depot[J]. Railway Standard Design, 2014, 58(4): 99.
- [2] 缪东.对城市地铁车辆段物业开发的思考[J].铁道勘察,2010,36(4):114.
MIAO Dong. Consideration on estate development at urban metro vehicle depot[J]. Railway Investigation and Surveying, 2010, 36(4): 114.
- [3] 程雅丽,朱建章.带有上盖物业开发的地铁车辆段通风空调设计[J].暖通空调,2010,40(7):1.
CHENG Yali,ZHU Jianzhang. Ventilation and air conditioning design of underground railway depot with over development of buildings[J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2010, 40(7): 1.
- [4] 王茂正,安越,黄超.基于车辆基地智能综合管控系统的车辆检修日计划编制[J].城市轨道交通研究,2020,23(12):214.
WANG Maozheng, AN Yue, HUANG Chao. Vehicle maintenance daily plan based on vehicle base intelligent integrated management and control system [J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(12): 214.

(收稿日期:2022-04-15)