

引用格式: 何静,杨周楼.现代有轨电车标准体系框架构建研究[J].标准科学,2025(1):88-93.

HE Jing, YANG Zhou-lou. Research on the Construction of Modern Tram Standards System Framework[J]. Standard Science,2025(1):88-93.

现代有轨电车标准体系框架构建研究

何静* 杨周楼

(昆明理工大学交通工程学院)

摘要:【目的】现代有轨电车标准体系构建是推进现代有轨电车高质量发展的基础,目前,现代有轨电车标准编制及颁布数量众多,但现代有轨电车标准体系尚未构建,为响应现代有轨电车的高质量持续健康发展,亟待需要加强顶层设计。【方法】采用文献法深入分析现代有轨电车行业标准化改革的进展,以现代有轨电车行业标准为研究对象,依托霍尔三维模型理论,结合现代有轨电车的技术特性和市场趋势,构建现代有轨电车标准体系图。【结果】通过构建现代有轨电车标准体系,实现了现有标准与未来待制定标准的协调一致和有机统一,显著增强了标准的实用性和可执行性,确保了标准的针对性和有效性得到显著提升。【结论】为充分发挥现代有轨电车标准体系在引领行业发展和助推交通强国建设中的重要作用,需要持续优化标准体系,加强标准的制定、发布和执行力度,确保标准体系与现代有轨电车行业的发展规模和速度相匹配,同时满足市场的实际需求。

关键词: 现代有轨电车; 构建; 霍尔三维模型; 标准体系

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2025.01.015

Research on the Construction of Modern Tram Standards System Framework

HE Jing* YANG Zhou-lou

(Faculty of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology)

Abstract: [Objective] The establishment of a standards system for modern trams is fundamental for promoting its high-quality development. Currently, there are many modern tram standards; however, a standards system for modern trams has not yet been constructed. To achieve the sustainable and high-quality development of modern trams, there is an urgent need to strengthen top-level design. The paper aims to analyze the existing standards system of railroads and urban rail transportation, study the internal logic of building standards system, build the modern tram standards system to achieve sustainable, healthy and high-quality development of modern tram, improve the quality of the standards and the influence of standards, in view of the characteristics of the modern tram and the development trend. [Method] It adopts the literature method to analyze the progress of standardization reform in the modern tram industry, takes the modern tram sectoral standards as the research object, and constructs the standard system map of modern tram based on the theory of Hall's three-dimensional model, combining with the technical characteristics and market trends of modern tram. [Result] Through the construction of the modern tram standards system, the existing standards and future standards to be developed will achieve coherence and organic unity, significantly enhance the practicality of the standards, to ensure that the relevance and

基金项目: 本文受到云南省交通运输厅科技创新及示范项目(云交教科便<2021>85号)支持。

作者简介: 何静,通信作者,正高级工程师,从事轨道交通标准研究。

杨周楼,硕士研究生,从事有轨电车标准研究。

effectiveness of standards have been significantly improved. [Conclusion] In order to give full play to the important role of the modern tram standards system in leading the development of the industry, and boosting the construction of a strong transportation country, it is necessary to continuously optimize the standards system, strengthen the development, release and implementation of standards, and ensure that the standard system matches the scale and speed of the development of the modern tram industry, as well as meets the actual needs of the market.

Keywords: modern trams, construct, Hall Three-dimensional mode, standard systems

0 引言

20世纪70年代,随着现代有轨电车性能的提升,有轨电车进入全球复兴阶段,在各国和地区迎来了建设现代有轨电车的浪潮。数据统计结果显示,截至2023年12月,全球共有52个国家,379座城市开通有轨电车,里程共计17,028.69km,其中我国30座城市开通运营有轨电车,里程数达821.14km,占国内城市轨道交通线路里程的6.90%^[1]。相比于2022年,在2023年中国新增5座城市开通运营有轨电车,里程增加187.6km,在全世界,有轨电车的分布表现出广泛和集中的态势^[1-2]。有轨电车作为一种现代化的公共交通方式,既可为特大、大城市的地铁线路作延伸线补充,又可作为中小城市的骨干公共交通和旅游城市的特色旅游专线,逐渐成为发展的热点。总体而言,现代有轨电车是一个复杂而综合的系统工程,为了更好地规范现代有轨电车科学合理的规划、设计、建设和运营,本文将通过分析国内现代有轨电车标准现状,

进而开展现代有轨电车工程标准体系框架构建研究,推进国内现代有轨电车标准化的进程。

1 有轨电车标准发展现状分析

1.1 有轨电车

有轨电车定义方式多样,在GB/T 50833-2012《城市轨道交通工程基本术语标准》中将有轨电车定义为:与道路上其他交通方式共享路权的低运量城市轨道交通方式,线路通常设在地面^[3],现代有轨电车采用轨道线路引导车辆前行,轨道结构承载车辆重力并将其传递给路基,通常在交叉路口采用公用路权,在其他路段采用专用路权或者隔离路权,具有多种敷设方式,如:车道中央布置敷设、车道两侧布置敷设以及车道单侧布置敷设等。因此有轨电车既有轨道交通特性又有地面公共交通特性,有轨电车发展历史悠久、种类多样,具体有轨电车分类如图1所示。

1.2 有轨电车标准

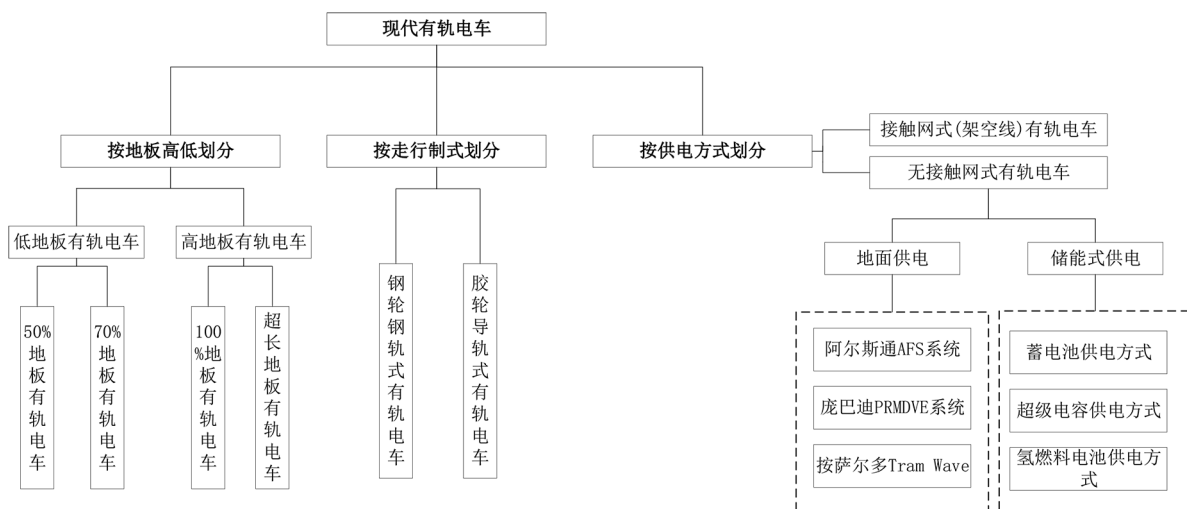


图1 现代有轨电车分类

国内现代有轨电车发展迅猛,目前有轨电车已经覆盖了中国华北地区、华东地区和华南地区,针对国内有轨电车的蓬勃发展,同时,为了积极响应2015年国务院印发的《深化标准化工作改革方案》的要求,国家和各地区也相应编制、颁布及实施了一些有轨电车的标准,然而,由于现代有轨电车技术特性的影响,以及国内现代有轨电车发展起步相对较晚,有轨电车编制及发布的标准较少,整体上还处于标准体系构建起步阶段,暂未形成有轨电车标准体系,目前已发布的有轨电车标准(不计企业标准)共计37项,其中国家标准1项,即2020年4月28日发布的GB/T 38779-2020《有轨电车道道路通行安全技术规范》,行业标准6项,从2012年12月24日到2022年2月11日发布行业标准CJ/T 417-2012《低地板有轨电车车辆通用技术条件》、JT/T 1091-2016《有轨电车试运营基本条件》、GA/T 527.7-2018《道路交通信号控制方式 第7部分:有轨电车交叉口优先通行控制规则》、YB/T 4653-2018《城市有轨电车用槽型钢轨》、CJ/T 539-2019《有轨电车信号系统通用技术条件》和CJ/T 417-2022《低地板有轨电车车辆通用技术条件》。地方标准在2016-2020年期间共计发布20条,2016年上海市发布国内第一条有轨电车规划设计标准DG/TJ 08-2196-2016《城市有轨电车线网规划编制标准》,在一定程度上弥补了有轨电车规划设计阶段标准指导的空白。同时在4年期间里江苏省、宁夏回族自治区、湖南省、深圳市、北京市、天津市、嘉兴市等相继发布并实施有轨电车地方标准。2017-2022年期间团体标准共计发布12项,如:中国城市轨道交通协会发布的T/CAMET 07001-2018《现代有轨电车运营管理规范》、T/CAMET 07002-2018《现代有轨电车运营安全评价规范》、T/CAMET 07003-2018《现代有轨电车行车组织规范》和T/CAMET 07004-2018《现代有轨电车信号系统通用技术条件》。

虽然2012-2022年编制并发布了许多有轨电车标准,填补了我国有轨电车标准领域的空白,规范并指导了有轨电车的多项工作,但是,我国有轨电车标准建设起步较晚,现颁布有轨电车的标准规

范普适性强、针对性弱,而我国正在发展“交通+旅游”等专线,针对性的标准规范的缺位加之目前有轨电车标准不完善、不充分、不统一,国内尚未建成完善的有轨电车标准体系。因此亟待开展对有轨电车标准体系的构建研究,指导和规范有轨电车在规划设计、施工建设、运营维护、拆除报废等全生命周期的有序发展。

2 标准体系

2.1 概念

构建标准体系是运用系统论指导标准化工作的一种方法。构建标准体系主要体现为编制标准体系结构图和标准明细表。提共标准统计表、编写标准体系编制说明,是开展标准体系建设的基础和前提工作,也是编制标准制修订规划和计划的依据。标准体系表是一定范围内包含现有、应有和预计制定标准的蓝图,是一种标准体系模型。

2.2 特征

现代有轨电车是一种综合而复杂的系统,在构建现代有轨电车相关标准体系时,应充分考虑现代有轨电车整个生命周期的各个阶段的各个板块的相关工艺。应具备全面完整的规范指导作用、内部协调一致性以及内容的先进适用性,以适应国内有轨电车行业的发展特点和实际应用需求^[4]。

(1) 规范指导作用

有轨电车标准体系不仅仅是现有标准的有机整合,而需要通过完整的建立标准体系结构图、编制标准体系明细表和撰写标准体系相关说明,提高有轨电车各项作业的工作效率并及时发现需要填补的有轨电车空白标准,因此,有轨电车标准体系应具备标准分类、标准层级的指导规范作用及标准规划的导向作用。

(2) 范围全面完整

有轨电车标准体系从规划设计、施工建设、运营维护、拆除报废等各个阶段协调一致、内容结构统一合理出发,按其内在联系及逻辑顺序形成科学合理的有机整体,涵盖有轨电车规划、设计、安全、质量、顺利交付、运营及维护等各项工艺,标准

体系的构建更有利于掌握有轨电车自身特点和发展规律,把握国内有轨电车的发展趋势,从而进一步促进有轨电车标准体系的优化和完善。

(3) 内部协调一致

有轨电车标准体系是一个完整的、能够反映有轨电车各项工艺的性质、结构及内在联系、并由不同层次的标准构成的有机的统一整体,要保证标准的针对性和适用性,避免标准的重复和相互矛盾。有轨电车标准体系的构建,要促进有轨电车标准之间的平衡发展,内容适用、结构合理、标准配套、标准层级明确等。

(4) 内容先进适用

有轨电车标准体系应当全面反映标准的使用状态,确保标准体系能够满足当前有轨电车的有序发展,此外,标准体系应当具有前沿性、超前性、前瞻性,能够响应有轨电车的发展趋势。积极促进有轨电车在新领域、新技术、新设备、新材料、新理念的开发和推广,确保标准体系始终把握有轨电车的先进发展水平。

3 现代有轨电车标准体系构建模型

3.1 构建程序

GB/T 13016-2018《标准体系构建原则和要求》提出要按照目标明确、全面成套、层次适当、划分清楚、科学先进、简便易懂、使用有效的基本原则进行标准体系的构建^[5]。构建有轨电车标准体系的目标是为了能够规范地开展有轨电车各项工作,通常构建标准体系的程序为:确定标准体系目标、明确标准化对象、对现有标准和空白标准进行调查和研究、并分析整理标准完善程度、进而对标准进行

层级划分和门类归类、构建标准体系结构图并编制标准明细表和撰写标准说明,最后形成完整的标准体系,按照标准对象的不断发展,对标准体系进行实时维护和更新。标准体系构建如图2所示。

3.2 标准体系分层

标准体系的构建遵循系统论的方法,从宏观的视角出发,对标准化对象的多个层面、要素和属性进行综合规划和协调,旨在优化资源配置,以高效的方式达成既定的工作目标^[6]。有轨电车作为综合而复杂的系统工程,在构建标准体系的过程中,采用系统工程的方法,依据霍尔三维结构模型,从多个角度全面阐述体系内各部分的特性和功能^[7],首先从性质、阶段、分类3个维度上进行分层,标准维度划分如图3所示。宏观上分出标准体系,其次对第二个子体系进行更细的划分,同时,充分结合其他轨道交通标准体系构建理念及有轨电车自身发展的特点,科学合理地进行标准体系的构建,避免标准层级设置的不合理和标准重复及标准间的矛盾。

(1) 性质维度

标准体系按照其特性可被分为3个主要层次:基础层、通用层和专用层,这些层次之间存在着密切的联系。基础层标准是整个体系的基石,为其他标准奠定基础,并被广泛采用。由于其普遍适用性,有时也被称作共性标准。通用标准则是在基础标准的基础上,结合特定应用领域的特殊需求而形成的,因此可以被视为具有一定领域特定性的半共性标准^[4],从通用标准出发,结合具体板块、具体工艺而制定的标准称为专用标准。即个性标准^[3]。共性标准和个性标准属于上下层级关系,共性标准是基础,对个性标准起制约作用。个性标准进一步细化和补充共性标准。

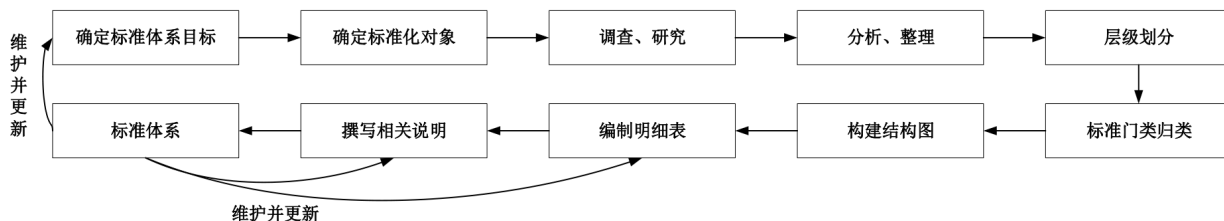


图2 标准体系构建程序

(2) 阶段维度

有轨电车是一个综合和复杂的系统,生命周期长,包括规划设计、施工建设、运营维护、拆除报废等多个阶段,各个阶段之间需要很好地衔接,各标准对于不同阶段的指导规范内容需要根据工程实际需求制定,因此,从阶段维度出发,标准体系需要反映出有轨电车生命历程,按照有轨电车生命周期划分,主要分为有轨电车前期准备阶段、中期实施阶段、后期运营维护阶段。

(3) 分类维度

有轨电车按照不同分类方式划分,可分为高地板有轨电车、钢轮钢轨/胶轮导轨有轨电车、接触网非接触网有轨电车,同时,有轨电车在不同地区应具备不同的功能,在城市地区,其功能主要是地铁等其他公共交通的补充,起到交通运输的功能;在旅游地区,有轨电车的建设通常是为了更好地发展“交通+旅游”,因此有轨电车除了起到运输功能往往还伴随着供游客旅游观光的功能。虽然不同分类、不同功能的有轨电车存在重合部分,但是标准体系应当注重针对性和可操作性设计,结合不同分类、功能定位、发展目标因地制宜编制标

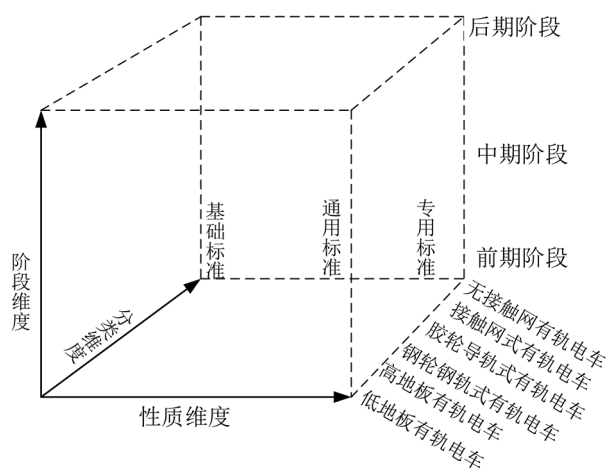


图3 有轨电车标准体系三维模型

4 现代有轨电车标准体系构建

4.1 现代有轨电车标准体系层级

根据上文分析,构建了现代有轨电车标准体系三级框架,如图4所示。分为基础层级(共性层级)、通用层级(半共性半个性层级)、专用层级(个性层级)。基础标准是编制大轨道交通(有轨电车+其他轨道交通)标准的基础,可供多制式的轨道交通标准和规范参考借鉴,因此基础层级具有广泛指导意义,现代有轨电车标准体系中基础层级包含术语、分类、标记标识、计量符号、限界及工程制图等;通用标准是现代有轨电车在规划设计、施工建设、运营维护、拆除报废等阶段普遍适用的技术规范和标准,这涉及高地板有轨电车、低地板有轨电车、钢轮钢轨有轨电车、胶轮有轨电车及不同供电方式等不同分类的有轨电车,本框架从不同工种出发,包含了车辆系统、工务系统、供电系统、通信/信号系统、机电系统、工程建设及运营维护等七大系统;专用标准是专门用于现代有轨电车建设发展中,针对细分专业制定的个性标准,通常按照现代有轨电车全生命周期发展不同专业进行划分,本框架中,按照通用层级的划分结合不同专业细化专用层级,例如:车辆作为直接供乘客使用的关键运营设备,车辆专业部分的标准不仅是为了匹配整个有轨电车系统的协调发展,更是确保乘客安全、列车可靠、便捷舒适的基础,因此本框架车辆系统的专业标准包括车体/部件专用标准、车辆转向架专用标准、牵引控制/制动专用标准、车辆电气专用标准、车内设备专用标准、车端连接专用设备6类;工务系统的专业标准分为轨道专用、地质专用等5类;供电系统的专业标准分为供电设备专用、牵引网/电缆专用等6类;通信/信号系统的专业标准分为通信设备专用、乘客信息系统专用等5类;机电系统的专业标准分为通风/空调/采暖专用、售检票专用等5类;工程建设系统的专业标准分为车站建设专用、勘测测量专用等6类;运营维护的专业标准分为运营维护专用、安全应急专用等6类。

4.2 现代有轨电车标准研究明细

现代有轨电车标准明细表构成现代有轨电车标准体系的核心内容,是现代有轨电车标准体系结构图的具体化,见表1,其包括序号、标准在体系中

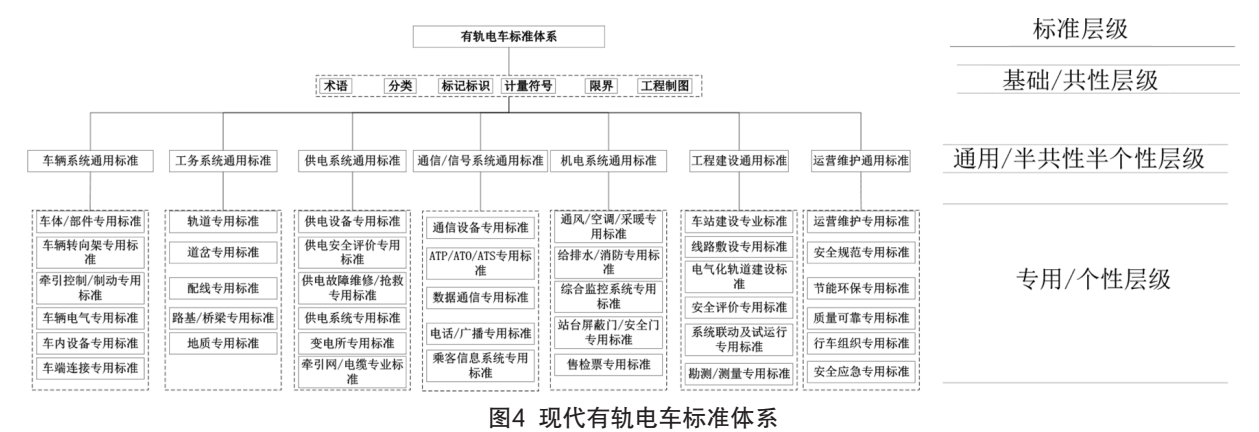


图4 现代有轨电车标准体系

表1 现代有轨电车标准明细表

序号	代码	编号	名称	级别	发布时间	实施时间	状态	被代替标准号	责任部门	备注
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

的代码、标准编号、标准名称、标准级别、发布时间、实施时间、标准状态、被代替标准号、责任部门、备注等，其他编制标准部门可以根据标准明细表判定标准体系是否齐全、完整，同时标准明细表也能更科学地指导相关部门在计划现代有轨电车标准时的制定、修改、复审及执行。

5 结语

现代有轨电车是综合而复杂的系统工程，整个生命周期较长，涉及板块多、工种繁杂、业务流程繁琐，制定标准是为了更好地规范和指导现代有轨电车各项工艺，保证有轨电车各项工作的有序、高效、安全、质量。因此，构建现代有轨电车体

系是完善相关标准的必要基础，用层次划分标准体系，是为了更好地整合和优化，更具有针对性。能够更好地与实际工艺结合，满足现代有轨电车的持续健康发展。

本文主要分析了现代有轨电车现有标准，明确了现代有轨电车标准缺位及构建标准体系的急迫，并从现代有轨电车的性质维度、阶段维度、分类维度出发，依托霍尔三维模型理论，构建了现代有轨电车标准体系，将标准体系按照正常的标准层级划分为基础标准、通用标准和专用标准，基本包含了有轨电车生命周期各个阶段各个板块的内容，能够有效地对现有标准进行归类，同时发现目前标准的空白领域，能够很好地响应有轨电车的实际工序，同时指导并规范有轨电车未来的发展趋势。

参考文献

[1] 韩宝明,余怡然,习喆,等.2023年世界城市轨道交通运营统计与分析综述[J].都市快轨交通,2024,37(01):1-9.

[2] 韩宝明,习喆,孙亚洁,等.2022年世界城市轨道交通运营统计与分析综述[J].都市快轨交通,2023,36(01):1-8.

[3] GB/T 50833-2012,城市轨道交通工程基本术语标准[S].

[4] 陈明昊,徐凌,朱胜利,等.城市轨道交通工程建设标准体系构建研究[J].都市快轨交通,2022,35(01):147-154.

[5] GB/T 13016-2018,标准体系构建原则和要求[S].

[6] 庄园,于铁强.北京城市副中心智慧城市标准体系框架及实施路线研究[J].标准科学,2021(04):56-60.

[7] 齐锡晶,韩新刚,邓李杰.沈阳地下空间开发的霍尔三维研究[J].地下空间与工程学报,2018,14(03):573-578.