文章编号：1003-1421(2026)07-0160-11
引用格式：孙绍磊，崔凯，韩亮亮，等. 动车段(所)BIM正向协同设计体系研究[J]. 铁道运输与经济，2026，48(7)：160-170，193.
SUN Shaolei，CUI Kai，HAN Liangliang，et al. Research on Forward Collaborative BIM Design System for Electric Multiple Unit Depots[J]. Railway Transport and Economy，2026，48(7)：160-170，193.

动车段(所)BIM正向协同设计体系研究

孙绍磊，崔　凯，韩亮亮，孟　炜，张传阳

(中国铁路设计集团有限公司 机械动力与环境工程设计研究院，天津　300308)

摘　要：BIM技术作为铁路工程数字化建设的核心手段，是实现高速铁路建设、施工、运维数字化赋能的关键技术，是提高铁路建设质量的重要途径。近年来，随着一系列重点项目的建设，BIM技术与实际生产项目不断深入结合，但受限于铁路勘察设计业务系统的复杂性，BIM正向协同设计的推广应用仍然存在较大的瓶颈，制约BIM价值的发挥。为有效推进动车段(所)BIM正向协同设计技术的应用，通过搭建设计环境、梳理设计管理关键流程、标准化设计内容及方法、明确设计交付方案，构建了动车段(所)BIM正向协同设计体系，并以湛江北动车所为基础，开展了BIM正向协同设计应用。依托项目实现了在设计要求、模型库构建、项目实施流程、全专业设计及优化流程、成果交付等方面的多层级应用，形成了BIM项目从设计到交付的全过程解决方案，保证信息在各单位、各专业之间的共享传递，为BIM正向协同设计技术在动车段(所)的推广及数字化建设提供了技术支撑和实践经验。

关键词：广湛高速铁路；动车段(所)；数字化；BIM正向协同设计；设计体系
中图分类号：U279　　**文献标识码**：A　　DOI：10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20260204021

Research on Forward Collaborative BIM Design System for Electric Multiple Unit Depots

SUN Shaolei，CUI Kai，HAN Liangliang，MENG Wei，ZHANG Chuanyang

(Institute of Mechanical, Power and Environmental Engineering Design, China Railway Design Corporation, Tianjin 300308, China)

Abstract: As a core means for the digital construction of railway engineering, BIM technology is a key technology to realize the digital empowerment of high speed railway development, construction, operation, and maintenance and an important way to improve railway construction quality. In recent years, with the construction of a series of key projects, BIM technology has been continuously and deeply integrated with actual production projects; however, limited by the complexity of railway survey and design business systems, the popularization and application of BIM forward collaborative design still faces significant bottlenecks, which restricts the exertion of BIM value. To effectively advance the application of BIM forward collaborative design technology in electric multiple unit depots, a BIM forward collaborative design system for electric multiple unit depots was constructed by building a design environment, streamlining key design management processes, standardizing design content and methods, and clarifying design delivery schemes. Furthermore, based on the Zhanjiangbei electric multiple unit depot, the application of BIM forward collaborative

收稿日期：2026-02-04
基金项目：中国铁路设计集团有限公司科研项目(2025A0252702)

design was carried out. Relying on the project, multi-level applications in aspects such as design requirements, model library construction, project implementation processes, multi-disciplinary design and optimization processes, and outcome delivery were realized, and a whole-process solution for BIM projects from design to delivery was formed. This solution ensures the sharing and transmission of information among various units and disciplines and provides technical support and practical experience for the popularization of BIM forward collaborative design technology and digital construction in electric multiple unit depots.

Keywords: Guangzhou-Zhanjiang High Speed Railway; Electric Multiple Unit Depot; Digitalization; BIM Forward Collaborative Design; Design System

0　引言

铁路作为国民经济大动脉，是我国战略性、先导性、关键性重大基础设施。随着我国铁路建设质量持续提升和信息化技术的高速发展，铁路行业已从规模性建设阶段逐步转向以精细化设计、智能化建造、全周期化管理为目标的数字化建设阶段[1]。建筑信息模型(BIM)技术作为支撑数字化建设的重要手段，凭借着信息集成共享、三维可视化及全生命周期数据贯通等优势，在全过程建设中发挥着至关重要的作用[2-3]。

动车所作为动车组整备检修的核心场所，是典型的复杂系统工程，面对动车所空间布局密集、专业协同要求高等特点，BIM设计成为解决上述问题的有效途径[4]。然而，目前BIM设计普遍以“逆向设计”(基于二维图纸翻模)为主，导致设计验证滞后、问题响应时效不足；翻模与设计主体分离引发意图传递偏差与图模不一致等问题，制约BIM设计的工程价值发挥[5]。因此，推动并实现正向设计成为提升BIM应用效能、释放其工程价值的必然趋势与核心目标。

随着盐通铁路(盐城—南通)、牡佳铁路(牡丹江—佳木斯)等一系列重点项目BIM设计的开展，取得降本增效的阶段性成果，然而BIM正向协同设计无法得到应用，其瓶颈在于新模式转变引发的设计效率问题，具体体现在BIM设计与传统铁路设计业务相互割裂，导致设计流程及内容不明确；模型质量标准体系缺失；交付机制尚未健全等[5]。因此，亟需构建一套标准化、高效率的BIM正向协同设计体系以突破工程应用瓶颈[6-7]。

本研究聚焦动车段(所)场景，通过系统整合设计环境搭建、管理流程优化、内容方法标准化及交付方案制定，构建全专业BIM正向协同设计体系。通过建立标准化模型库、规范提资流程及内容、标准化模型构建及优化路径、探索正向出图技术路线、明确交付成果等方式，探索形成了BIM正向设计一体化实施路径，推动BIM技术实现从单点创新到系统化赋能的转型，为BIM正向协同设计在广湛高速铁路(广州—湛江)湛江北动车所的全专业落地实施提供了系统性技术指导。

1　动车段(所)BIM正向协同设计体系构建

动车段(所)工程设计系统性强，涉及测绘、站场、轨道、桥梁、接触网、电力、通信、信息、信号、建筑、结构、暖通、给排水、动车共计14个专业，各专业设计内容相互依赖，其接口的协调性与流程的合理性对工程建设质量具有决定性影响。聚焦设计标准、设计环境、设计管理、设计执行、设计交付5方面，系统构建动车段(所)BIM正向协同设计体系如图1所示。

1.1　全流程实施路径

动车段(所)BIM正向协同设计体系采用以设计流程为主线、以三维模型为核心、以数智化技术为驱动的实施路径，动车段(所)BIM正向协同设计实施路径如图2所示，沿标准、环境、管理、执行、交付5个层级逐级递进。将设计标准作为顶层框架，通过构建模型库实现标准落地，设计过程中结合项目设计要求，开展总体工作部署，制定总体设计原则、进度计划、设计内容并划分专业权限。实际建模依托协同设计平台，各专业依据前述要求开展建模、校审与提资工作，方案经过多次迭代后形成阶段性模型，并以会审方式固化方案；后续聚焦室外综合管线、室内外接口等方面重点深化设计。最终以模型为基础实施正向出图，并开展图纸与模型联合审查，确保方案的高质量交付。

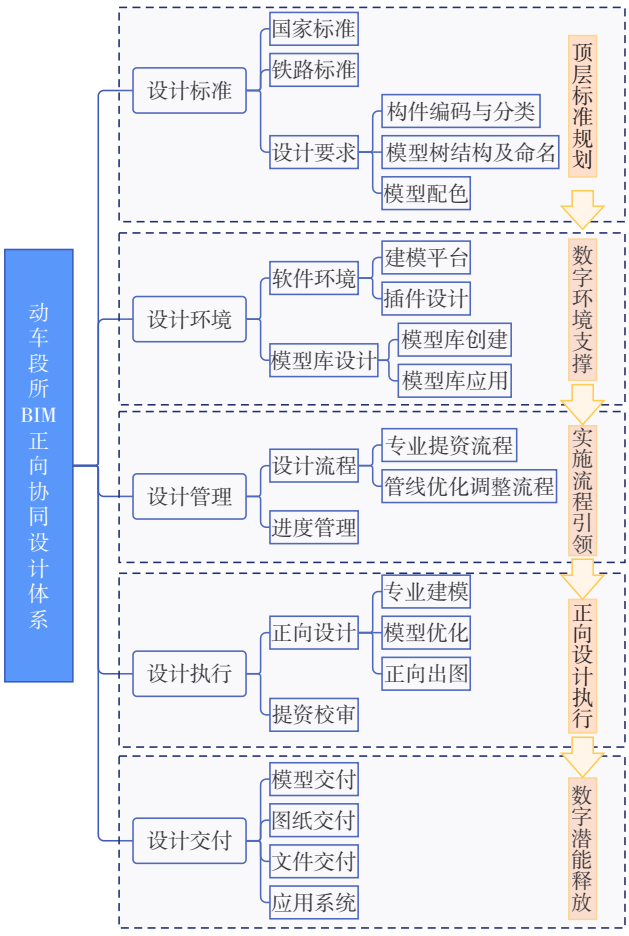


图1　动车段(所)BIM正向协同设计体系

Fig.1　BIM forward collaborative design system of electric multiple unit depot

1.2　设计标准

BIM标准作为保障工程全生命周期各阶段信息高效流转与深度应用的基础性支撑，是实现全过程精细化设计与管理的重要前提。自2014年起，中国国家铁路集团有限公司已建立以技术标准为核心、实施标准为应用导向的多层次标准框架，为铁路工程BIM技术的规范化应用提供了重要依据。

依托体系技术标准框架，BIM正向协同设计体系针对动车段(所)工程的特点与需求，结合现行国家标准及铁路行业专项标准，编制了适用于机务车辆专业设计特点的《机务车辆工程模型数据存储标准》，机辆IFC设计标准如图3所示。标准结合全路机辆设备管理分类趋势和专业设计习惯，实现了IFC属性集312项，属性906项；IFC实体类型280项，枚举1 198项的定义，支撑了BIM设计体系建设[8-9]。

1.3　设计环境

1.3.1　软件环境

目前铁路设计行业采用的BIM三维设计平台主要有欧特克公司的Revit平台及达索公司的3D Experience平台(以下简称“3DE平台”)等。3DE平台提供的在线协同、模型库、权限管理、IFC挂接、优化调整、BIM+GIS集成等功能，全方位提升了BIM正向协同设计的可实施性。同时，针对动车段(所)设备设施多的特点，开展了批量布置设计插件的开发及应用[10]，通过将模型库内的标准模型进行跨空间调用并对模型位置及方向进行参数化，实现了模型在项目空间的批量布置及调整。

1.3.2　专业模型库

动车段(所)涉及专业、设备众多，建立标准化的专业模型库是提高正向协同设计效率、提升专业设计质量的有力措施。通过将专业关键设备按照总体设计要求进行标准化处理，在3DE平台标准空间创建专业模型库，实现项目模型同源同标准设计。

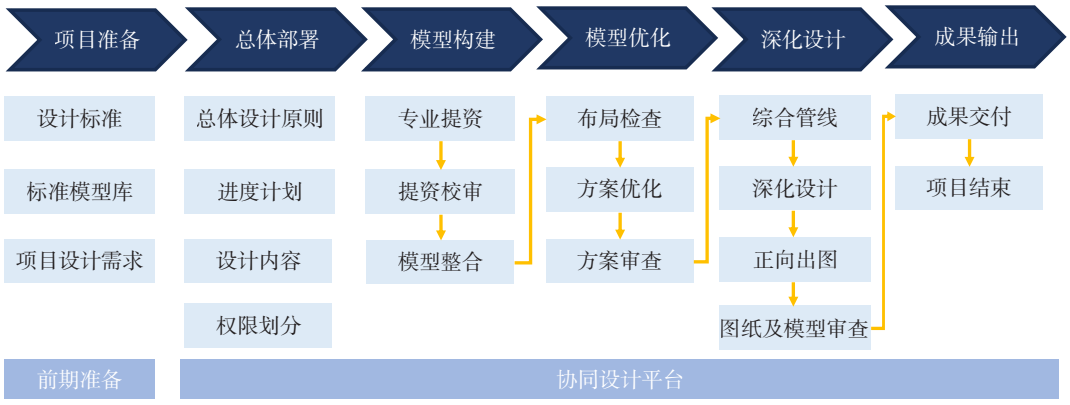


图2　动车段(所)BIM正向协同设计实施路径

Fig.2　BIM forward collaborative design implementation path for electric multiple unit depot

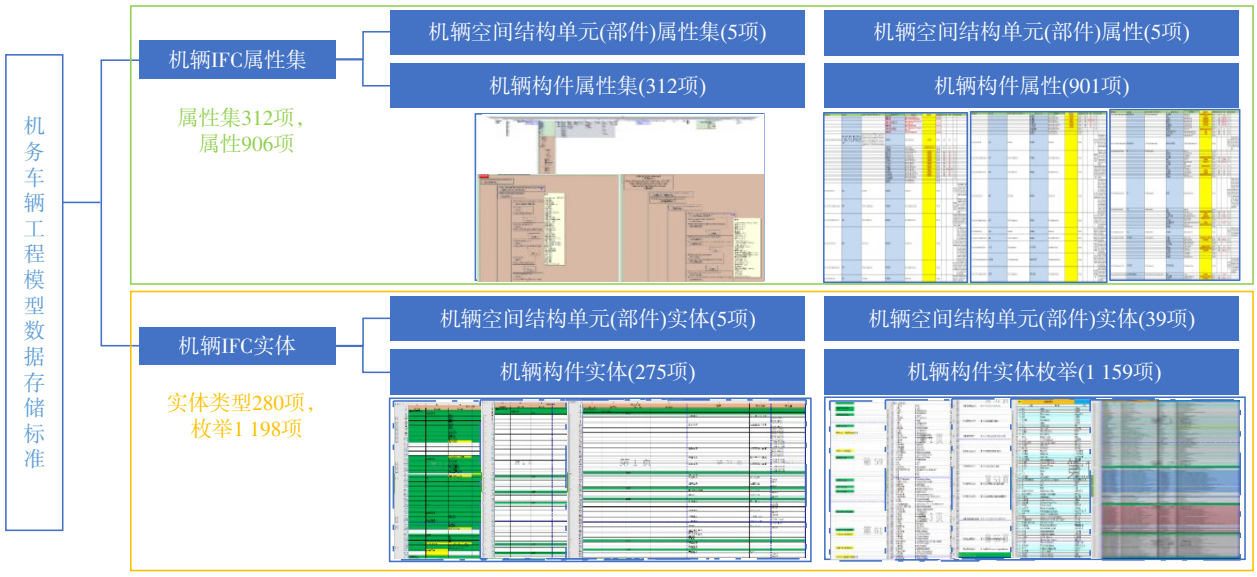


图3　机辆IFC设计标准

Fig.3　IFC design standard for locomotives and rolling stock

1.4　设计管理

BIM正向协同设计是对设计成果的预演，相较于传统二维设计模式，在设计内容上已由信息孤立的二维单线条转变为协同设计的三维空间实体，在设计意识上也由方案整合后反馈问题转变为设计过程中实时发现解决问题[11]，传统的设计管理模式已不再适用于正向设计。针对以上问题，基于二维设计内容及流程，结合动车段(所)设计特点，从设计流程、设计内容重新梳理形成面向三维正向协同设计的设计管理体系。

1.4.1　设计流程

通过拆解二维施工图设计全流程，基于专业提资内容的逻辑关联性确立了提资顺序，明确了各专业协同业务的接口关系，从而制定项目级正向协同设计流程如图4所示。同时，为实现设计周期的高效压缩，项目采用分区域、分专业的设计机制，以多专业正向协同设计的并行作业方式为驱动，赋能设计效率提升。

1.4.2　设计优化流程

BIM正向协同设计的优势在于能够在设计过程对工程问题前瞻性识别，施工期间以室外综合管线的“差错漏碰”问题最为典型。以室外综合管线为研究对象，构建覆盖全专业的设计优化调整流程，管线优化调整流程如图5所示。基于动车所模型开

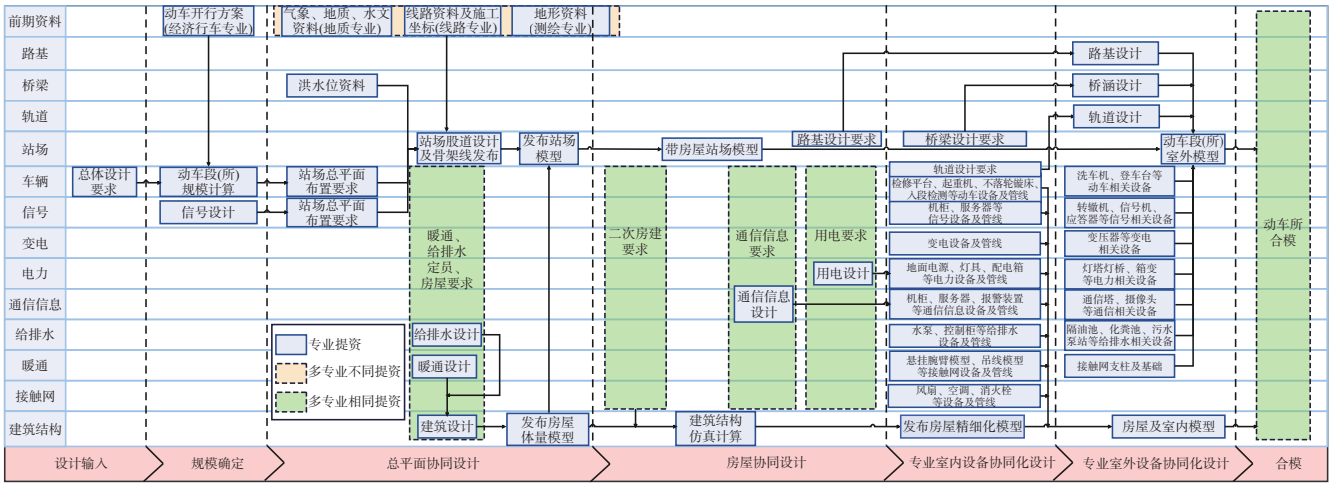


图4　项目级正向协同设计流程

Fig.4　Project-level forward collaborative design workflow

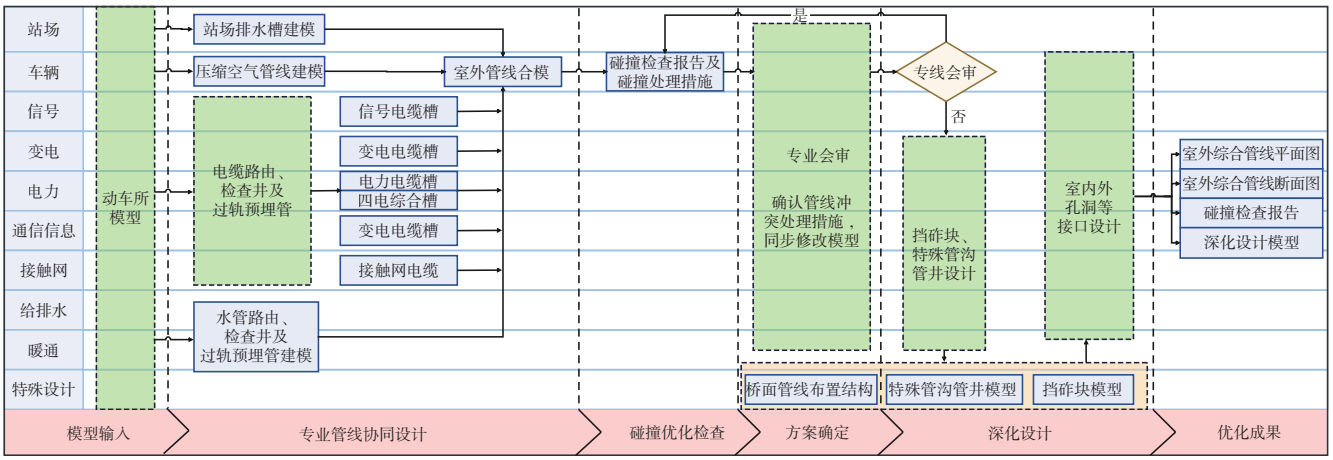


图5　管线优化调整流程

Fig.5　Pipeline optimization and adjustment process

展多专业协同管线设计工作，借助碰撞检查形成优化模型。在此基础上针对室内外接口、特殊设计结构进行深化设计，最终形成室外综合管线平、纵断面图，碰撞检查报告及深化设计模型等成果。

1.5　设计执行

1.5.1　正向设计

（1）专业建模。专业建模过程存在频繁的资料及数据交互，在方案初期涉及的方案比选将导致设计工作量成倍增长。为此，动车所BIM正向协同设计实施中，构建了以协同设计体系为标准、车辆专业为主导、骨架模型为基准的设计模型，采用分阶段分区域建模策略，使多专业并行开展设计工作。如在总平面设计方面，首先主要专业提资，并利用骨架结合体量模型快速形成布置方案。同时针对室内建模周期长的特点，同步开展洗车机、动态检测棚、变电所等方案稳定的建构筑物设计工作，实现多专业设计时序协同、作业并行推进，显著提升动车所整体设计与方案迭代效率。

（2）模型优化。综合管线协调是动车段(所)设计的核心难点。在方案优化阶段，基于区域与类型划分的碰撞分析策略，各专业通过碰撞检测识别几何冲突，并利用BIM协同平台的审核模块添加3D文字标注、固定冲突点视角，模型问题标注如图6所示。问题点可通过目录快速定位，实现“问题识别–信息传递–方案整改–追溯”全流程闭环管理，显著降低专业沟通成本。最终形成碰撞报告及优化



图6　模型问题标注

Fig.6　Model problem annotation

方案，为动车所管线综合协调提供精准设计依据。

（3）正向出图。当前铁路项目施工仍主要依赖二维图纸作为参照依据，为全面构建协同设计体系，保障“图模一致”，项目基于3DE平台中的Drafting功能，初步实现主要专业的正向出图。基于Drafting模块，通过自定义GVS(全局可视化标准)，实现图纸图框样式、比例设定、视图范围、剖切表达方式、线型线宽标准、线型颜色以及图例布局等图纸要素的标准化配置，并将标准出图模板保存为CRDC.xml文件，用于专业编辑及传递，显著提高图纸设计质量和效率。

1.5.2　提资校审

在正向协同设计流程中，校审模式是保障BIM模型质量的重要手段。然而，受限于传统校审模式的固有局限以及模型承载信息呈现不够直观等因素，三维设计方案的深度审查始终难以有效落地。为此，研究创新性地融合二维与三维技术的优势，依托第三方软件平台[12]，实现了模型与图纸的同步审查机制，有效弥补了BIM模型尺寸信息表达不清与二维图纸空间关系不直观的缺陷。通过视角提取、任意视角观察、问题标注、尺寸测量及问题跟踪等功能，从专业复核、专业审核到专业审定3个层级，系统性地完成对模型完整性、规范符合性的审查，最终保障了模型从设计、出图到工程应用全链条的一体化协同。

1.6　设计交付

正向协同设计形成的一系列数字资产交付是实现工程全生命周期应用的核心基础，确保模型数据从设计、施工到运维的连续传递与应用[13]。通过开展铁路动车段(所)BIM模型交付路径研究，明确BIM模型、文档、图纸及运维系统4方面交付方式，提升了数据可利用性和共享效率。

在BIM模型交付过程中进行模型轻量化处理，以提升后续模型在浏览与渲染的性能表现[14]。轻量化处理主要通过简化非关键构件的几何形态、合并重复或冗余元素，从而降低模型整体50%~70%的数据体量，以实现跨平台的兼容性与高效浏览体验。

文档资料作为设计信息的主要载体，目前建筑行业仍有75%~85%的内容处于非结构化状态。而对于专业多、规模大的动车段(所)工程，其非结构化信息的比例远高于此，严重制约了信息的高效管理和协同应用。为此，提出将设计资料及相关标准规范引入大语言模型(LLM)进行结构化处理的技术路径。通过利用大语言模型对文本内容进行语义解析，实现关键信息的识别、抽取与关联，并结合标签体系完成信息的语义标记。最终，利用RAG处理嵌入至工程知识数据库中，从而提升数据库的整体质量与智能检索能力，确保工程信息在查询与应用过程中的准确性与高效性。

图纸文件作为工程建设的主要技术依据，承载着设计意图与施工细节。为充分发挥二三维联动优势，将图纸文件与BIM模型进行关联挂接。不仅提高施工过程模型的实际应用价值，也为后续工程的改扩建提供了可追溯、可定位的技术文档。

面对动车段(所)内丰富的运营数据和应用场景[15]，本研究立足实际生产管理需求，依托高精度BIM模型融合大数据、物联网等技术，搭建集车辆、整备、检修、设备、人员、运安等信息于一体的应用系统，打通部门间数据传递壁垒，实现运用整备检修管控数字化、运维场景及业务数据可视化、生产作业管理精益化，有效推动数字化铁路场段示范项目的建设。

2　全专业BIM正向协同设计实施

基于前述BIM正向协同设计体系，以广湛高速铁路湛江北动车所工程为依托，开展BIM正向设计应用实践。

2.1　工程概况

广湛高速铁路是国家“八纵八横”高速铁路网的重要组成部分，线路全长297.8 km，新建湛江北动车所1处。湛江北动车所设检查库线6条、存车线24条、出入段线2条、临修及不落轮镟线2条、动车组外皮洗刷线2条，占地面积468 937 m^2，建筑面积60 217 m^2。

2.2　设计标准实施

基于3DE平台，依托设计标准提出了适用于全专业的动车段(所)总体设计要求，包括模型的标准、信息、精度、配色、命名、引用参考，BIM模型标准如图7所示；项目管理要求，包括权限管理、多

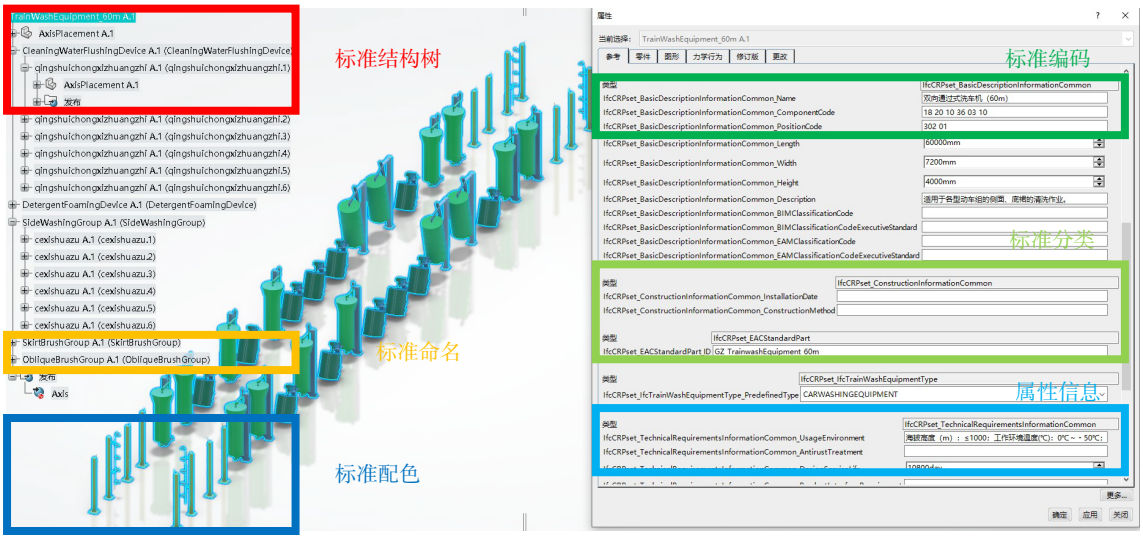


图7　BIM模型标准
Fig.7　BIM model standard

专业协同管理、提资审核管理；BIM应用要求，包括优化调整、深化设计、接口设计要求；BIM交付要求，包括模型格式、模型传递路径、运维应用等。总体设计要求明确了覆盖BIM设计全流程的标准化实施准则，为正向协同设计在工程中的高效推进与落地应用提供了制度保障和技术支撑。

2.3　设计环境实施

根据总体设计要求，创建标准化模型并挂接IFC信息，在3DE平台Standard空间以Catlog形式创建模型库，模型库涵盖动车、站场、信号、通信、信息、电力、接触网、给排水等主要设备专业模型，模型通过复制导入到湛江北动车所项目空间，专业模型库如图8所示，通过插件实现模型调用及参数化修改。其中车辆、电力、接触网专业共2 000项设备单体，进行批量布置标准化模型，显著提高了专业设计效率。

2.4　设计管理实施

基于BIM正向协同设计管理内容，以专业工作量为时间基准，构建了面向三维设计场景的进度管理时序表，正向协同设计时序表如图9所示。依据



图8　专业模型库
Fig.8　Discipline model library

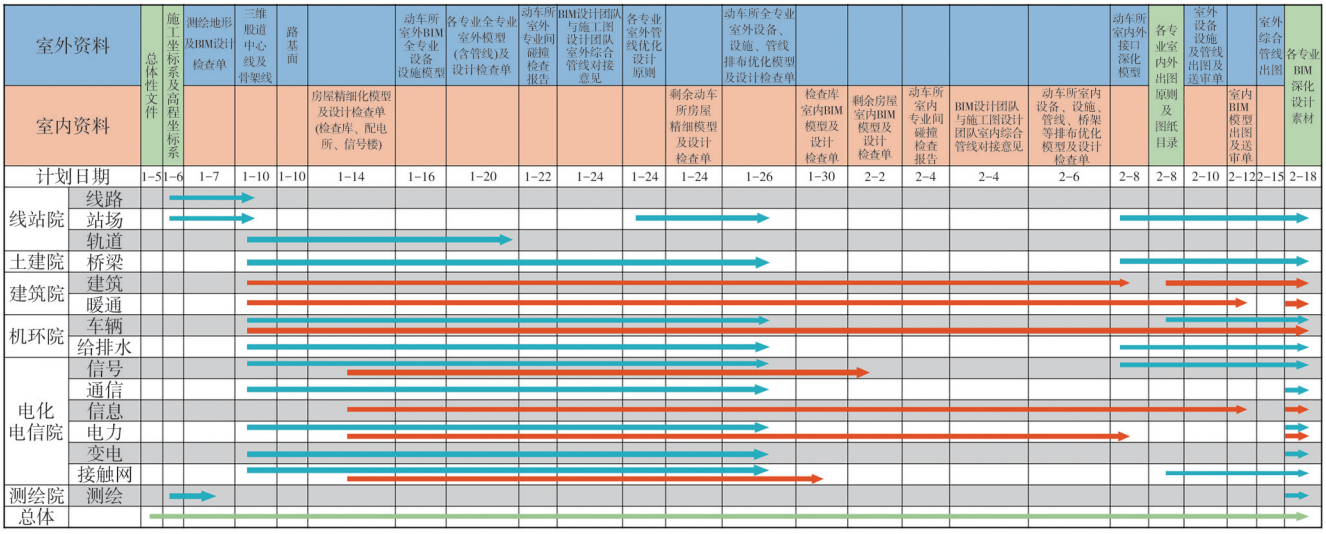


图9　正向协同设计时序表

Fig.9　Timing schedule for forward collaborative design

接口复杂度动态划分建模优先级：优先实施骨架线、站场地坪等关键路径内容，重点推进临修库、检查库等接口密集型建筑建模，其余单专业内容后置。结合模型库、插件等辅助建模措施，能够有效缩短建模周期。

通过与南通动车所、牡丹江动车所等项目建模时间对比，将正常需95 d完成的建模周期压缩至45 d，设计效率提升111%，从而显著提升动车段(所)设计交付时效性。设计实施内容时间对比表如表1所示。

2.5　设计建模实施

湛江北动车所项目启动阶段，由管理员权限在3DE平台建立GZ_Site空间及GZ_ZJB_EMUD节点，并完成对专业人员账号的权限配置。设计工作全面开启后，线路与站场专业率先完成场段里程线及骨架线的导入，形成专业设计基准。站场专业以此骨架线为基础，结合各专业需求，完成室外场坪及股道设计；建筑专业依次开展，检查库、临修库、信号楼、洗车机房屋、动态检测棚及其他生产生活房屋单体体量模型设计，形成初版布置方案，待方案稳定后根据结构、设备专业要求逐步细化建筑设计；桥梁专业基于场坪模型开展排水涵洞与框架涵洞设计，确保地下结构与场坪高程的精确匹配；接触网专业利用批量布置插件开展接触网快速布置；车辆、通信、信息、电力、暖通、给排水基于场段及房屋模型，完成专业设备设施布置，待模型稳定后开展专业综合管线设计；车辆专业作为主导专业，总体协调场段、生产房屋及设备布置方案。在各专业完成专业设计后，车辆专业完成碰撞检测分析，出具检测报告，并给出最终设计方案。模型设计内容如图10所示。

表1　设计实施内容时间对比表

Tab.1　Time comparison table of design and implementation content

实施内容	传统模式/d	本体系模式/d	主要提升方案
项目准备	3	3	—
总体部署	3	3	利用标准文件提升动车所建设标准化程度
总平面建模	5	5	—
建筑主体建模	20	23	多专业多区域开展同步设计，减少上下序间的等待时长；车辆、电力、接触网等设备专业借助模型库及插件节约建模时间约8 d；通过图模关联核查，减少方案迭代周期
室内建模	25		
室外建模	22		
专业协同与接口校核	8	4	通过在线协同标注与视点追踪，实现多专业协同
综合管线检查	7	5	依据流程及原则实现快速排查
深化设计	2	2	—
设计周期	95	45	设计效率提升111%

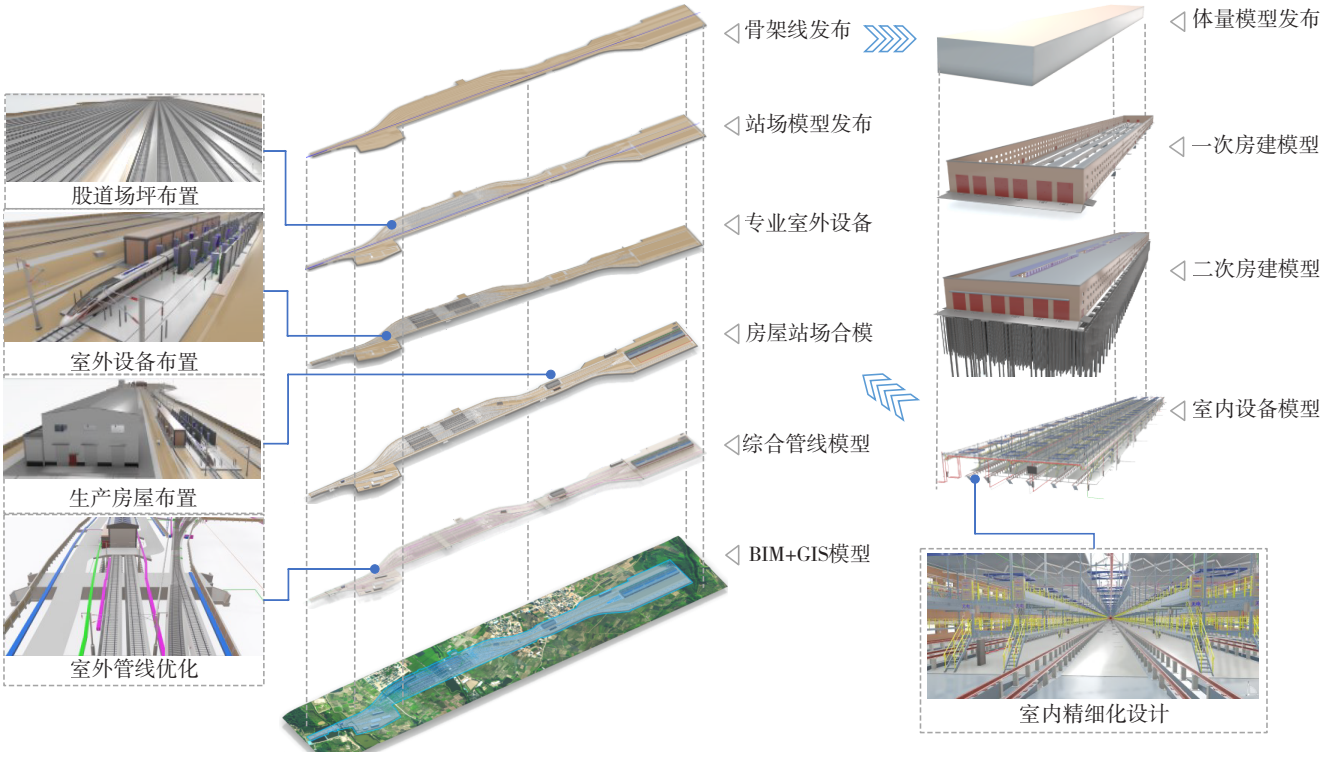
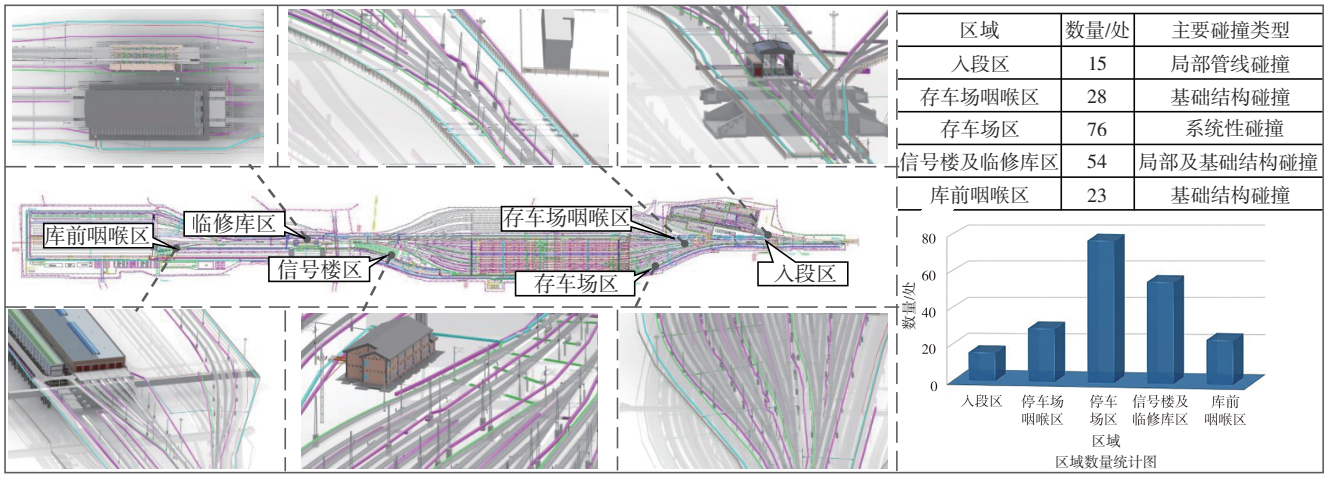


图10　模型设计内容

Fig.10　Model design content

湛江北动车所地处沿海地区，所属区域降雨充沛，因此场区排水系统设计尤为重要。针对此特点，聚焦场段综合管线设计，利用可视化设计的优势调整管线冲突位置，碰撞主要存在于入段区、存车场咽喉区、存车场区、信号楼及临修库区和检查库前咽喉区，共计196处，管线优化调整如图11所示。通过制定优化原则、标记问题点、召开审查会等方式，优化管线设计并形成了《湛江北动车所综合管线碰撞报告》，有效提升了项目勘察设计的质量。

针对综合管线图及检查库设备设施布置图涉及专业广泛、接口衔接复杂的特点，传统设计往往依赖各专业在二维图纸上的循环校核，效率较低且容易出错。本工程采用基于“3DE平台+CAD辅助”的正向设计出图模式：首先利用3DE平台的Drafting模块实现由三维模型向二维图纸的自动投



区域	数量/处	主要碰撞类型
入段区	15	局部管线碰撞
存车场咽喉区	28	基础结构碰撞
存车场区	76	系统性碰撞
信号楼及临修库区	54	局部及基础结构碰撞
库前咽喉区	23	基础结构碰撞

图11　管线优化调整

Fig.11　Pipeline optimization and adjustment

影，并进行断面剖切、局部放大等处理，根据模板生成图纸初稿；在方案定型后导出底图，再利用CAD完成标注、文字说明及图层管理等细节深化，正向出图应用如图12所示。该模式将综合图纸出图周期由30 d降至7 d，同时有效保障了“图模一致性”，实现了BIM技术的工程落地应用。

2.6　设计交付实施

湛江北动车所项目交付成果实现了数字资产与智能运维系统的交付目标。模型交付方面，通过采用部件删减、实例化处理以及3DE平台3dxml模块等轻量化手段，成功将3.1 G模型压缩至1.2 G，显著提升了模型的加载速度及跨平台交互效率。系统交付方面，基于BIM正向设计成果，研发了首个动车所设备设施运维管理系统，动车所设备设施运维管理平台如图13所示，系统实现了检测棚、洗车机、车轮车床、轮轴探伤等主要检修设备数据的感知监测，有效提升了设备日常巡检效率及检修计划兑现率，为动车所的生产作业协同化与智能化提供了坚实保障。

2.7　应用效果

在湛江北动车所的设计施工实践中，本研究通过推行BIM正向协同设计体系，提升BIM设计效率111%，提升综合管线出图效率76.7%。同时，通过碰撞检查规避了196处差错漏碰，有效保障了段所设计工作的高质量推进。最终，实现了设计模型与业务系统的双重交付目标，为动车所建设及运维提供了高效且可靠的技术支撑。

3　结论

围绕动车段(所)BIM正向协同设计体系的构建与应用，从设计标准、设计环境、设计管理、设计执行及设计交付5个方面展开研究，探索并实践了基于BIM技术的全过程正向协同设计模式，得到如下结论。

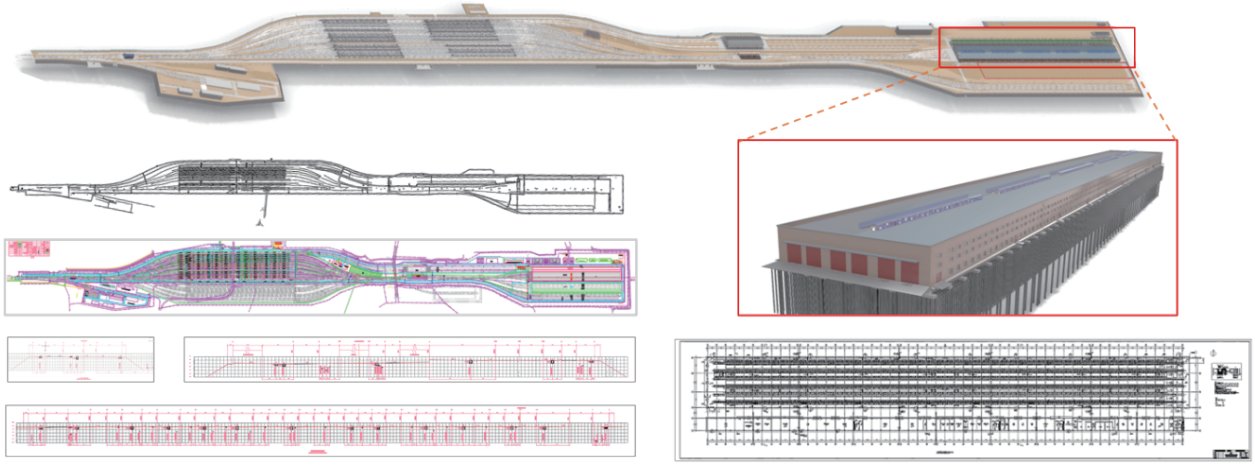


图12　正向出图应用

Fig.12　Application of forward design output



图13　动车所设备设施运维管理平台

Fig.13　Operation and maintenance management platform for equipment and facilities in electric multiple unit depot

（1）构建适配动车段(所)工程特点的高效、标准化全专业BIM正向协同设计体系，是突破当前铁路领域BIM正向协同设计应用瓶颈、实现技术系统化赋能与工程化应用的关键手段。

（2）动车段(所)BIM正向协同设计体系可采用以设计流程为主线、以标准化为核心、以数字化为驱动的总体技术架构，重点完成搭建设计环境、制定项目管理流程、标准化设计内容及方法、明确设计交付方案等工作，形成覆盖设计到交付全流程的一体化解决方案。

（3）动车段(所)BIM正向协同设计体系已在湛江北动车所开展实践应用，形成了可复制、可推广的BIM正向协同设计技术路线，研究成果为BIM正向协同设计技术的规模化推广及数字化建设提供了技术支撑和实践经验。

本研究构建的BIM正向协同设计体系目前仅完成湛江北动车所的实践落地，相关实施方法的适配性与成熟度仍待打磨，后续将通过在其他动车段(所)的推广应用持续迭代优化体系，同步完善正向出图和审核方案，推动整套技术方法与应用模式的行业化落地普及。

参考文献：

[1] 王同军．基于系统论的智能高铁建设运营管理创新与实践[J]. 中国铁道科学，2021，42(2)：1-8.
WANG Tongjun. Innovation and Practice of Construction and Operation Management for Intelligent High Speed Railway Based on System Theory[J]. China Railway Science，2021，42(2)：1-8.

[2] 王同军．中国智能高速铁路体系架构研究及应用[J]. 铁道学报，2019，41(11)：1-9.
WANG Tongjun. Research and Applications of China Intelligent High Speed Railway Architecture[J]. Journal of the China Railway Society，2019，41(11)：1-9.

[3] 冯　敏，贾宁霄，傅兴安．基于3DE平台的水利工程BIM正向协同设计方法研究与应用[J]. 水利水电技术(中英文)，2025，56(S1)：11-17.
FENG Min，JIA Ningxiao，FU Xing'an. Research and Application of BIM Forward Collaborative Design Method for Water Conservancy Engineering Based on 3DE Platform[J]. Water Resources and Hydropower Engineering，2025，56(S1)：11-17.

[4] 谭　毅，李敬平，李建锋，等．基于BIM的数字化交付系统设计与应用研究[J]. 新城建科技，2024，33(9)：16-18.

[5] 翁　凯，李俊生．基于BIM正向设计的铁路站房标准化体系建设[J]. 铁道工程学报，2023，40(12)：88-94.
WENG Kai，LI Junsheng. The Construction of Railway Station Standardization System Based on BIM Forward Design[J]. Journal of Railway Engineering Society，2023，40(12)：88-94.

[6] 孙绍磊．铁路机务车辆IFC标准化模型建立与应用[J]. 科技创新与应用，2023，13(16)：27-30.

[7] 叶安杰，陶斯亮，朱　伟，等．基于Revit的结构BIM正向设计技术要点研究[J]. 浙江建筑，2023，40(2)：33-37.
YE Anjie，TAO Siliang，ZHU Wei，et al. Research on Key Technologies for Forward Design of Structural BIM Based on Revit[J]. Zhejiang Construction，2023，40(2)：33-37.

[8] 韩亮亮，孟　炜，赵　峰，等．铁路机务车辆BIM数据存储标准研究及应用[J]. 铁道标准设计，2023，67(7)：169-176.
HAN Liangliang，MENG Wei，ZHAO Feng，et al. Research and Application of BIM Data Storage Standard for Railway Rolling Stock Specialty[J]. Railway Standard Design，2023，67(7)：169-176.

[9] 郭剑勇，王　浩．天津市域铁路Z2线BIM分类编码与竣工交付标准研究与实践[J]. 铁道运输与经济，2025，47(1)：225-232.
GUO Jianyong，WANG Hao. Research and Practice of Standards for Classification & Coding and Completion & Delivery of Tianjin Urban Railway Z2 Line by BIM[J]. Railway Transport and Economy，2025，47(1)：225-232.

[10] 戴斌成．BIM正向设计的探索和研究方向[J]. 智能建筑与智慧城市，2022(5)：112-114.
DAI Bincheng. Exploration and Research Direction of BIM Forward Design[J]. Intelligent Building & Smart City，2022(5)：112-114.

[11] 彭　阳，余芳强，宋天任．CAD图纸与BIM一致性的全自动审核方法[J]. 土木工程与管理学报，2022，39(2)：108-112，119.
PENG Yang，YU Fangqiang，SONG Tianren. Automated Consistency Review Methods between CAD Drawings and Building Information Models[J]. Journal of Civil Engineering and Management，2022，39(2)：108-112，119.

[12] 徐　博．基于BIM技术的铁路工程正向设计方法研究[J].

（下转第193页）