

基于 Railworks 的铁路工程 BIM 构件库设计与管理

王松峻 高静贤 *

北京经纬信息技术有限公司 北京 100081

摘 要: 为解决铁路工程 BIM 模型中构件标准化程度低、复用性、跨阶段协同难等行业痛点, 本文基于国产自主化快速建模软件 Railworks, 结合 Web 端协同技术与铁路行业特性, 构建了一套适用于铁路工程全生命周期的 BIM 构件库系统。系统严格遵循行业标准, 实现了构件的智能合规入库、智能检索、参数化管理与全生命周期数据集成, 显著提升了设计效率与模型质量, 并为轨道交通行业 BIM 技术的深入应用提供了重要支撑。

关键词: 国产自主化; 铁路工程; 建筑信息模型; 构件库; 标准化; 全生命周期管理

1. 引言

1.1 研究背景与意义

BIM 技术自 2002 年发展至今, 已成为工程建设领域数字化转型的重要核心技术, 其在勘察设计、施工管控、运维服务全流程中的应用价值, 已得到行业普遍认可。对于铁路工程而言, BIM 模型的精准性与信息完整性, 直接决定工程建设效率、运营安全及全周期成本控制。其中, 标准化 BIM 构件库是实现铁路 BIM 模型快速搭建、跨单位信息协同、全阶段数据复用的基础载体。

当前, 国内房建领域由于发展较早, 参与方众多, 已形成成熟的 BIM 构件库体系; 而铁路工程具有“线形复杂、专业交叉多、生命周期长”等特点, 无法移植既有房建领域的构件库设计与管理模式, 通用的构件也难以满足其特殊需求。因此, 本研究基于铁科院自主研发的国产自主化快速建模平台 Railworks^[1], 提出针对铁路工程 BIM 标准化构件库设计与管理方案, 推动铁路工程行业信息化、智能化发展^[2-4]。

2. 构件库的需求分析

2.1 标准化需求

标准化是构件库建设的核心前提, 基于 Railworks 平台的铁路 BIM 构件库管理系统遵循一系列统一的标准, 以确保数据分类、编码、存储等流程的规范性和高效性^[5]。具体包括:

几何与参数标准化: 确保轨道、桥梁、隧道等专业构件在尺寸、材质等方面的一致性;

属性信息标准化: 规范构件在全生命周期中的关键数据, 如设计参数、施工记录与运维信息;

编码体系标准化: 依据《铁路工程信息模型分类和编码标准》(1.0 版)^[6]中的 53 编码体系, 建立唯一编码机制, 提升构件识别与检索效率。

2.2 操作简便需求

构件库应具备友好的用户界面, 操作更具便捷性, 借鉴成熟的构件库设计经验, 优化铁路 BIM 构件库的操作便捷性。

专业模板复用: 预设专业核心参数(如轨道族内置轨距、扣件类型字段), 设计人员无需从零开始建模, 仅需调整参数便能生成新构件。

智能检索机制: 与高效的检索机制, 支持关键字、编码、专业等多维度查询;

多格式深度兼容: 与主流 BIM 软件(Bentley、Autodesk 等)实现双向数据互通, 支持 .ifc、.rfa、.dgn 等格式。

2.3 资源共享需求

BIM 构件库^[7]应支持企业级和行业级的资源共享。一方面能够实现大型铁路建设企业内部的跨项目构件调用, 减少重复建模; 另一方面, 推动行业级共享, 整合优质构件资源, 促进技术进步与知识沉淀。

2.4 全生命周期管理需求

构件库应覆盖设计、施工、运维各阶段, 以及铁路工程特有的“联调联试”阶段。设计阶段, 构件库为设计人员提供资源以快速搭建模型、进行方案比选; 施工阶段, 施工单位能从中获取构件信息指导施工、模拟优化方案, 施工数据和变更信息也能反馈入库; 联调联试阶段: 关联构件参数与列车运行需求, 例如接触网构件的导高(5.3m)、拉出值

($\pm 300\text{mm}$) 需与列车受电弓参数匹配, 构件库为联调联试提供数据支撑, 保障通过率; 运维阶段, 运维方依据构件历史数据制定维护计划, IoT 传感器数据 (如隧道衬砌沉降值) 可实时更新至构件属性, 实现“状态监测-预警-维护”的管理闭环。

3. 构件库的系统设计

3.1 系统架构

BIM 构件库系统基于 Railworks 平台搭建, 采用 Web 端前后端分离架构, 兼顾高扩展性与跨平台兼容性。

3.2 功能模块设计

构件库系统分为用户使用端和管理人员端, 用户端包含入库、检索、调用、参数管理、协同等功能; 管理端包含分类编码、统计分析、智能校验等功能; 其中协同模块包含问题追踪、版本管理功能; 智能校验模块包含标准合规性检查、参数完整性校验功能, 具体功能如图 1 所示。

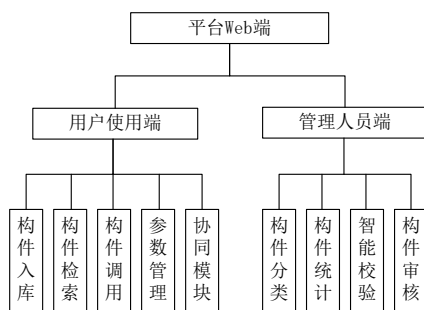


图 1 构件库 Web 端功能架构

用户端的主要需求是快速、准确、高效地找到并使用所需的构件, 而管理端的主要需求是确保构件库的整体质量、规范、安全和可持续性, 因此将用户和管理者的权限分离。

4. 构件库系统管理

4.1 用户端

4.1.1 构件入库

支持“本地创建入库”与“外部导入入库”两种构件入库的方式, 入库流程如图 2 所示:

本地创建入库: 用户通过 Railworks 的构件文档, 本地创建 BIM 模型构件, 并通过“参数入库”功能, 将模型构件入库;

外部导入入库: 另一方面, 用户将其他来源的构件导入至 Railworks 的构件文档, 并经软件的自动校验后, 上传

至构件库。

入库的构件都会自动触发智能校验功能, 检验编码合规性、参数完整性和几何合理性等, 校验通过后方可入库, 未通过的, 将由系统提示修改建议。

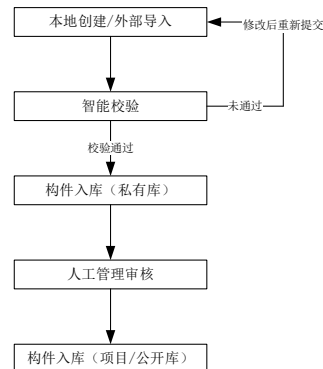


图 2 构件入库流程

4.1.2 构件搜索

在搜索功能上, 提供基础文本检索与专业分类检索相结合的方式, 支持关键字、53 编码、构件名称等字段查询, 并提供缩略图预览、参数化认证标识及行业背书信息。

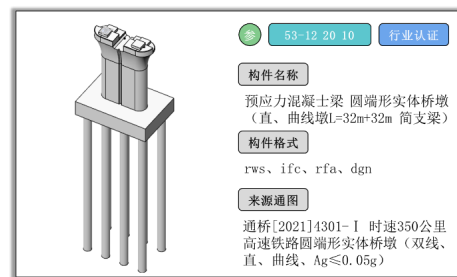


图 3 构件库检索结果示意图

4.1.3 构件调用

针对线性工程与点状工程的差异, 设计“参数联动调用”机制:

线性工程调用 (路桥隧轨等专业): 输入里程范围 (如 DK15+100-DK15+400), 系统自动匹配线路平纵断面参数 (如坡度 2‰、曲线半径 3000m), 同步调整构件参数 (如轨道曲线超高 150mm), 实现构件批量插入。

点状工程调用 (站房站场): 根据基准点定位信息和标高轴网, 系统自动定位构件位置 (如站房柱网), 支持单个或批量放置构件^[8]。

4.1.4 参数管理

传统的构件参数基本只关注尺寸、材质等几何和物理信息, 仅能支撑简单的参数修改、清单统计等基础操作, 未

能将其扩展至全生命周期。因此扩充参数信息，将构件基本 断面参数管理为例：
信息、几何参数、材质信息和工程量信息与构件模型绑定， 基本信息包含通用图号、轨道类型、速度目标值、线
贯穿构件从生成到调用，再到竣工运维全生命周期。以隧道 间距等通用基础信息。

类别	属性名	属性值	备注信息
基本信息	通用参考图号	通隧(2008)0201-09/11/12	通用参考图中提取的基本信息。系统设置点击通图号可查看对应图纸
	水沟、电缆槽及盖板设计参考图号	通隧(2008)0201-52	
	单/双线	双线	
	轨道类型	双块式无砟轨道/板式无砟轨道/有砟轨道	
	速度目标值	250km/h	
	线间距	4.6m	
	围岩等级	II级围岩地段	

表 1 构件库隧道专业构件参数基本信息表

几何信息包含衬砌内外径、厚度、弧度和初支内外径、厚度等参数化信息。

类别	属性名	属性值	备注信息
几何信息	衬砌拱墙内径r1	衬砌结构内半径	6410
	衬砌拱墙外径R1	衬砌结构外半径	R1=r1+b1
	衬砌拱墙厚度b1	衬砌结构厚度	350
	衬砌拱墙弧度α1	衬砌结构弧度	107°53'55"
	初支外径R4	初支结构外半径	R4=R1+b4
	初支厚度b4	初支结构厚度	50

表 2 构件库隧道专业构件参数几何信息表

材质信息包含各部位的材质信息，例如混凝土标号等级、pvc 型号等。

类别	属性名	属性值	备注信息
材质信息	初期支护	喷混凝土	C25混凝土
	二次衬砌	拱部及边墙	C30混凝土
		底板	C35钢筋混凝土
		找平层	C20混凝土
	沟槽	沟槽身	C25混凝土
		水沟盖板及电缆槽盖板	C35钢筋混凝土
	(可视情况自主新增)		(可视情况自主新增)

表 3 构件库隧道专业构件参数材质信息表

工程量信息包含各部位的标准工程量，能够通过软件自动计算所绘制的隧道各部位的工程量信息。

类别	属性名	属性值	备注信息
工程量信息 (每延长米)	开挖	116.11/116.11/120.10 (m³)	
	初期支护	喷混凝土	1.39/1.39/1.42 (m³)
		钢筋网	—— (kg)
		锚杆	10/4 (m/根)
		—— (m/根)	边墙
	二次衬砌	拱墙	10.12/10.12/10.42 (m³)
		底板	0.90 (m³)
		找平层	2.67/3.14/3.09 (m³)
		底板	底板C35钢筋混凝土
	沟槽	侧沟沟槽身	2.46/2.46/3.34 (m³)
		侧沟沟槽身	11.57/11.57/17.59 (kg)
		侧沟沟盖板	0.15 (m³)
		侧沟沟盖板	11.52 (kg)
		中心管管身	1 (m³)
		中心管基座	0.19 (m³)
	防排水	中心管回填	0.19 (m³)
		防水布	26.17 (m²)
		无纺布	26.17 (m²)
		Φ80纵向盲管(沟)	2.41 (m)
		Φ100PVC隧底横向排水管	0.27/0.27/0.16 (m)
		Φ100PVC管配套异形弯头	0.07/0.07/0.04 (个)
	(可视情况自主新增)		(可视情况自主新增)

表 4 构件库隧道专业构件参数工程量信息表

同样，在模型构件创建时，可视情况自主增加所需的 资产编号、设备制造商、设备采购日期、保修期、维护周期、
参数信息，例如，在“基本信息”类别中，补充设备的固定 备件型号、IoT 传感器 ID 等运维所需的构件信息。

类别	属性名	属性值	备注信息
运维基础信息	铺轨时间	2024-3-15	
	打磨周期	六个月	
	上次打磨时间	2024-4-20	
	下次打磨时间	2024-10-20	
	IoT 传感器 ID	RAIL-001	

表 5 构件库轨道构件运维基础信息表

4.2 管理端

4.2.1 分类与编码管理

在进行构件分类与编码管理时，考虑到操作界面应简洁、清晰，便于用户操作，搜索和筛选功能快速准确，更应满足行业标准。因此，基于铁路 BIM 联盟《铁路工程信息模型分类和编码标准》表 53，构件类别按照“专业－构件

类型－构件型号”划分，通过调整参数而非新建模型来获得新的构件型号，53 编码仅绑定构件类型，不根据构件型号调整。例如，圆端形实体桥墩的构件类型编码属于墩台，编码为 53-12 20 10，矩形实体桥墩的构件类型编码也属于墩台，因此编码同样为 53-12 20 10。

第一层级（专业）	第二层级（构件类型）	第三层级（构件型号）	备注
桥涵专业 53-12 00 00	上部结构 53-12 10 00	梁桥	简支梁桥、连续梁桥、悬臂梁桥等
		拱桥	—
		钢构桥	—
		...	...
	下部结构 53-12 20 00	墩台	圆端形实体桥墩等
		盖梁	—
		系梁	—
		...	...
	附属结构 53-12 40 00	—	—
	涵洞 / 框架桥 53-13 00 00	—	—

表 6 构件库桥梁专业分类

4.2.2 构件统计与分析

对入库的构件进行分类、编码、标识和归档，为构件库统一管理提供数据依据^[9]。对构件库进行的多维度统计，绝非简单的“计数”游戏，而是将数据转化为洞察、将资产转化为价值的关键过程。

通过对不同库别的构件进行复用率分析，私有库和项目库使用频繁的构件可进行价值评估，决定其能否提升为标准构件纳入公开库，方便用户使用。而对各专业的构件进行复用率分析，则是构件库管理的重点，通过不同专业使用情况，能够清晰地了解各专业构件的是否满足用户的使用需求，使用率较低的专业需要调整构件以满足用户需求。

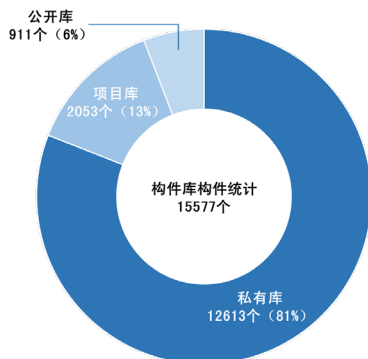


图 4 构件库构件库别统计

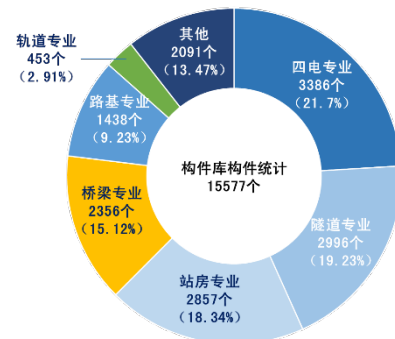


图 5 构件库构件专业统计

4.2.3 构件审核机制

公有库和项目库构件入库时，自动发起审核工作，审核人员通过管理端核验模型，对模型的几何参数、属性信息及编码进行专业校核；与铁路 BIM 联盟等行业领军单位深度合作，推动铁路行业 BIM 构件库的完善，通过联盟审核后的模型，标注“行业认证”等标志，能够进一步保证通用模型构件的精度与适用性。

总结

本文基于 Railworks 平台，结合铁路行业特性与跨行业 BIM 构件库建设经验，构建了一套符合铁路工程特点的 BIM 构件库系统。该系统在标准化建设、便捷操作、资源共享与全生命周期管理等方面具备明显优势，可为铁路工程 BIM 技术的信息化、标准化应用提供有力支持。未来将继续完善

构件种类与数量,拓展跨平台协作能力,推动铁路行业数字化建设迈向更高水平。

参考文献:

- [1] 王焕松,王万齐,解亚龙,等.基于云架构的自主化铁路 BIM 建模关键技术研究[J].铁道标准设计,2025,69(03):157-165+215.
- [2] 梁策,智鹏,卢文龙,等.铁路工程 BIM 构件库管理信息系统建设[J].铁路技术创新,2017(1):42-45.
- [3] 王同军.铁路桥梁智能建造关键技术研究[J].中国铁路,2021,(09):1-10.
- [4] 刘北胜,尹逊霄,郭歌,等.铁路工程 BIM 协同设计与构件共享研究[J].铁路计算机应用,2020,29(12):25-28.
- [5] 伍丹琪,徐骏,张阔.基于国产 BIM 平台的铁路构件库系统研究[J].科技资讯,2025,23(09):46-48.
- [6] 铁路工程信息模型分类和编码标准(1.0 版)[J].铁路技术创新,2015,(01):8-111.
- [7] 刘伟,刘北胜,何永泉.基于社区化管理的铁路构件库设计[J].铁路技术创新,2017(4):25-29.
- [8] 解亚龙,郭祥,刘伟,等.铁路客站 BIM 自动化生成技术研究[J].铁路计算机应用,2022,31(05):28-32.
- [9] 卢皓,俞霆,庞凌华.基于 BIM 的构件库系统设计与实现[J].土木工程信息技术,2024,16(06):127-131.

作者简介:第一作者:王松峻,工程师;第二作者:高静贤,工程师。

通信作者:高静贤

论文项目:中国铁道科学研究院集团有限公司青年专项院基金课题(2024YJ149)