

文章编号: 1674—8247(2021)06—0047—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.06.010

基于 Bentley 平台的铁路路基参数化构件库研究

谢先当 刘厚强

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要: Bentley 平台为铁路工程建设提供了解决方案,但仍难以完全满足铁路路基设计的专业需求,需采用二次开发的方式建立路基参数化构件库。经研究,提出了基于 OpenRail Designer 的路基参数化构件库建立的基本流程。研究了构件装配方式、面向对象的设计思路、参数的可变性等多种构件设计方式。对铁路路基构件进行分类,创建构件三维实体模型并附加属性,构件经测试、审核后入库,完成了路基参数化构件库的创建。铁路路基参数化构件库的建立有助于提升路基专业设计建模的效率和质量。

关键词: 铁路路基; 构件库; BIM; 二次开发; 参数化

中图分类号: U213.1 **文献标志码:** A

A Study on Parametric Component Library of Railway Earthworks based on Bentley

XIE Xiandang LIU Houqiang

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: Bentley provides a solution for railway construction, but it is still difficult to fully meet the design needs of railway earthworks, so it is necessary to make secondary development to establish a parametric component library of earthworks. After study, this paper put forward the basic flow to establish a parametric component library of earthworks based on OpenRail Designer. First, three methods of component design were studied, namely the assembly-based components, object-oriented components, and parametric components. Then, the components of railway earthworks were classified, and the 3D solid models with the attributes assigned were established for them, which then were tested, reviewed and put into the library to establish the parametric component library of earthworks. This library will improve the modeling efficiency and quality of the professional design of earthworks.

Key words: railway earthworks; component library; BIM; secondary development; parametric

随着 BIM 技术在铁路工程领域应用的不断深入^[1-3],铁路路基工程需要探索合适的应用方案^[4]。Bentley 平台在基础设施领域提供了有效的解决方案^[5],专门针对铁路工程开发的一款综合的、功能齐全的设计软件 OpenRail Designer(以下简称:ORD)。

功能涵盖测量、地质、线路、路基、隧道、轨道、给排水、地下管网等多个专业,支持更大体量信息模型,同时还增加了参数化建模、用户自定义属性、注释标签、报表、二维表等新功能。但在铁路路基工程探索应用中仍不能完全满足设计的实际需求,需进行二次开发提高设

收稿日期:2020-08-28

作者简介:谢先当(1993-),男,工程师。

引文格式:谢先当,刘厚强.基于 Bentley 平台的铁路路基参数化构件库研究[J].高速铁路技术,2021,12(6):47-51.

XIE Xiandang, LIU Houqiang. A Study on Parametric Component Library of Railway Earthworks based on Bentley[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(6):47-51.

计效率和设计质量。

由于 ORD 的参数化功能较弱,模型的可变更性差,创建模型时存在大量的重复工作,并且随着设计阶段的改变,需重新创建新的模型,模型的重复利用率低,模型功能单一。因此,需建立专业工程构件库,以提高模型的重复利用率,丰富模型的使用功能。实践证明,建立参数化构件库是一种行之有效的方法^[6-8]。

为方便实现铁路路基构件的参数化,在制作构件之前须对构件建立的方式进行合理的设计。本文^[9]提出了3种构件设计方式:(1)根据装配方式的不同将构件分为点、线、面3种构件,路基专业的点构件主要包括桩、托梁、挡土板、复合地基帽石、锚杆、锚索、用地界桩等;线构件主要包括水沟、挡土墙、护肩等;面构件主要包括骨架护坡、框架梁、水平铺设土工格栅等;(2)采用面向对象方法将构件按工程类型分为土石方构件、支挡工程构件、防护工程构件、地基处理构件、排水工程构件、调配构件、防灾监控构件及其他构件;(3)根据参数的可变性将构件分为不可参变构件和参数化构件两大类,对于尺寸较为固定的构件(如监测装置、锚具等)建立不可参变构件;对于尺寸多变的构件(如挡土墙、桩等)需建立参数化构件,本文主要研究参数化构件库的建立方法。

1 ORD 软件使用现状

ORD 软件创建路基模型的基本流程如下:(1)建立路基横断面廊道模板;(2)沿线路拉伸模板构建路基模型;(3)手动建立复杂不可参变构件;(4)装配构件并建立模型。本文对使用 ORD 开展铁路路基参数化构件设计的现状进行了梳理,如表 1 所示。

从表 1 可以看出,采用 ORD 软件的原生功能开展铁路路基工程设计可完成路基本体、排水沟、侧沟等简单构件的参数化廊道模板定制,然而诸如挡土墙、过渡段、护坡工程、地基处理等复杂构件无法使用廊道模板建立,只能依靠纯手工建模的方式建立不可参变构件,此种方式存在建模效率低、模型重复利用率低等问题,故需要基于 ORD 软件开展铁路路基参数化构件库建立的研究。

2 参数化构件库创建关键技术

构件制作主要考虑构件三维实体模型的构建以及属性信息的附加。三维实体模型遵循由点生成线、线生成面、面生成体的设计方式;属性信息采用 Bentley

表 1 ORD 铁路路基设计解决方案及存在问题表

工程类型	解决方案	存在问题
土石方工程	1. 快速建立路基本体、排水沟等简单参数化构件 2. 廊道模板易于保存、修改方便、可重复使用	无法建立过渡段等复杂构件的廊道模板,过渡段建模效率低下
支挡工程	无合适的解决方案	1. 无法使用廊道模板定制复杂支挡工程,如:桩板墙、土钉墙、桩间挡土墙等 2. 纯手动建模,效率低、模型重复利用率低
护坡工程	构造边坡面,采用贴图方式示意护坡类型	1. 无法建立参数化护坡工程构件 2. 贴图方式展示不直观,采用纯手动建模 3. 无法统计工程量和二维出图
排水工程	可建立排水沟、侧沟等简单工程	围堰、截水沟、吊沟等复杂构件需手动建模
地基处理	无合适的解决方案	纯手动建模,效率低、模型重复利用率低
检测系统	构件类型虽多样,但形式简单,可建立所有类型的构件,供使用时调用	1. 纯手动建模,效率低 2. 构件数量多、占用内存大,管理成本高
接口工程	构件类型虽多样,但形式简单,可建立所有类型的构件,供使用时调用	1. 纯手动建模,效率低 2. 构件数量多、占用内存大,管理成本高

的 ECSchema 工具附加;二者均需要进行大量二次开发。构件的几何属性和非几何属性需专业人员测试修改,逐步完善直至合理;构件属性应方便扩充、删减和修改。构件入库的目的是方便构件的统一管理,通过二次开发的方式将构件创建模块集成到软件中,即可实现构件的统一管理。

构件的价值在于共享,想要确保构件在共享使用过程中的便捷性与高效性,既要在构件的设计过程中采用科学、合理的方法,也要对构件进行有效的管理,因此必须建立完善的 BIM 构件库。铁路路基 BIM 构件库建立主要包括 5 个步骤,如图 1 所示。



图 1 路基构件库建立流程图

2.1 构件拟定

根据铁路路基工程专业的特点,综合构件装配方式和面向对象的方法,对路基参数化构件的设计方式进行分析。首先采用面向对象方法对路基构件进行分类,包括:土石方工程、支挡工程、护坡工程、排水工程、地基处理、检测系统、接口工程,各类工程中所包含的具体构件,如表 2 所示;再根据构件装配方式不同,对构件进行分类,如表 3 所示;最后综合两类方法对构件进行设计。

表 2 路基构件分类表(根据面向对象方法)

土石方工程	支挡工程		护坡工程	排水工程	地基处理	检测系统	接口工程
基床表层	重力式挡土墙	桩基托梁挡土墙	骨架护坡	侧沟、排水沟	沙井	测力计	接触网立柱基础
基床底层	衡重式挡土墙	锚索、土钉墙	六菱砖护坡	围堰	塑料排水板	观测桩	电缆沟槽
基床以下填筑	锚固桩	挡渣墙	护墙、脚墙	集水井	复合地基	沉降板	角钢立柱栏杆
涵路过渡段	挡土板	预加固桩	漫石基础	检查井	复合地基垫层	测斜仪	...
桥路过渡段	桩间土钉墙	悬臂式挡土墙	绿色护坡	盲沟、天沟	挖除换填	...	
隧路过渡段	桩间挡土墙	扶壁式挡土墙	防护网	截水沟	...		
...	槽型挡土墙	加筋土挡土墙	框架梁	吊沟			
		...	边坡格栅	...			
			...				

表 3 路基构件分类表(根据装配方式)

点构件	线构件	面构件
桩、沙井	侧沟、排水沟	骨架护坡
托梁	截水沟、盲沟	框架梁
挡土板	各类挡土墙	边坡格栅
锚杆	各类基床	主(被)动防护网
锚索	各类过渡段	绿色护坡
用地界桩、测力计	电缆沟槽	六菱砖护坡
集水井、检查井	脚墙、土钉墙	护墙
沉降板、观测桩	天沟、吊沟	复合地基
接触网立柱基础	挡渣墙	挖除换填
...

2.2 构件分析

对具体构件,首先需要分析其几何属性与非几何属性,确定最佳的属性描述方法;其次分析构件的装配操作,确定最佳的装配方法;最后分析构件的功能,扩充必要的功能属性(便于系统分析)。本文以路堑重力式挡土墙为例进行说明。

(1)属性分析

①几何属性包括:墙高(H)、截面尺寸(b 、 B 、 B' 、 x 、 $h1$ 、 $\Delta h1$ 、 $\Delta b2$ 、 $\Delta h2$)、面积、墙胸坡率、墙背坡率、埋深、最大墙高、最小墙高。

②非几何属性包括:通用图号、起止里程、材料、编码。

(2)装配方法

①按装配方式划分,路堑重力式挡土墙属于线构件,线构件的装配需要 1 条空间基线(空间折线和曲线),构件几何属性主要用于定义基线的法面上的几何形态;②根据参数的可变性原则,需建立参数化构件以适应挡土墙尺寸多变的特点;③根据面向对象的设计思路,路基专业的构件均派生于 1 个共同的路基构件基类,基类中采用装配纯虚拟函数来控制构件的装配操作。本专业可分出土石方构件、支挡工程构件、防护工程构件、地基处理构件、排水工程构件、调配构件、防災监控构件及其他构件(例如用地界桩),路肩重力

式挡土墙派生于路基支挡工程构件类。

(3)功能分析

重力式挡土墙主要以墙自身自重抵抗土体侧压力,其主要力学分析属性包括:墙背土体综合内摩擦角(ϕ)、墙背土体重度(γ)、基底内摩擦角(f)、基底趾部应力($\sigma_{趾}$)、基底踵部应力($\sigma_{踵}$)。

2.3 构件制作

采用标准化参数和数字化几何与非几何信息(包括不可参数化的构件),实现构件的几何信息描述,确定装配操作参数,扩充构件系统功能属性。

(1)参数准备:在 SQLite 数据库中录入构件的几何属性、非几何属性及功能属性参数。

(2)构件装配:为便于统一平台展示与管理,同时确保操作的简便性与高效性,在构件制作时,坐标系统一采用右手笛卡尔坐标系。在 ORD 软件上进行二次开发,编写三维模型创建工具,通过调用数据库中的几何参数绘制三维实体模型;编写装配命令工具,定义装配原则、装配参数以及装配方法。

(3)信息附加:首先基于 ORD 编写 ECSchema 信息附加的工具,然后定义构件属性的参数类(任意属性均可定义),并根据 ECSchema 基本架构划分属性的层级关系,装配构件的同时,EC 工具能够动态创建 ECSchema,并将属性信息附加到构件上。

(4)构件修改:修改构件参数,构件的几何形状及包含的属性信息随之改变。

构件的属性支持增删、修改功能,建设工程在不同的阶段对构件的几何精度等级和信息深度等级要求不同,在不同的阶段建立不同的属性信息数据库、三维图形绘制工具以及装配方法,以满足不同阶段的需求。

2.4 测试修改

构件建立完成后,需核对构件外观和属性名称的正确性;测试几何信息、非几何信息以及功能属性的完整性;测试装配操作的灵活性、装配位置的准确性;提高构件的稳定性。

(1) 构件装配操作测试

构件装配测试如图 2 所示。点击路堑重力式挡土墙按钮,在二维顶视图设计窗口中点击构件放置基线,生成 1 条垂直于线路并可沿线路拖动的标记线,然后输入起始里程,水平拖动标记线,在起始里程和标记线之间生成 1 条红色带状线(表示构件放置的区间),最后输入终止里程,确认后弹出构件参数对话框(如图 3 所示),修改对话框中的默认参数,确认后可完成构件的放置。

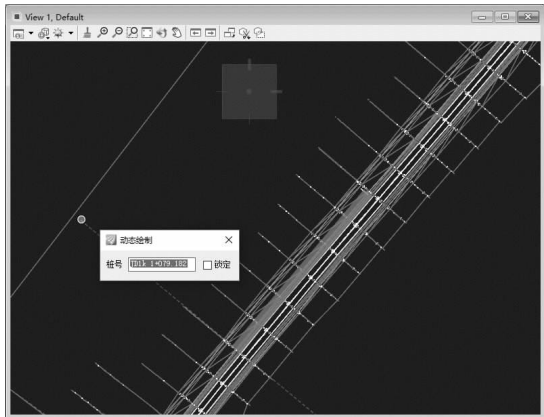


图 2 构件装配测试图

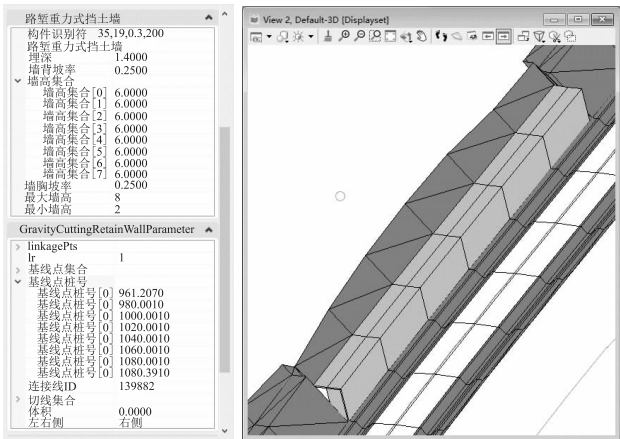


图 4 构件外观与属性测试图

经测试修改后,构件的外观正确,属性设置合理。

2.5 审核入库

构件设计完毕,经过必要的测试与审核后,可进行入库工作。构件入库的目的是方便构件的统一管理,通过二次开发的方式将构件创建模块集成到 ORD 软件中,即可实现构件的统一管理,完成构件入库,构件库中部分构件如图 5 所示。

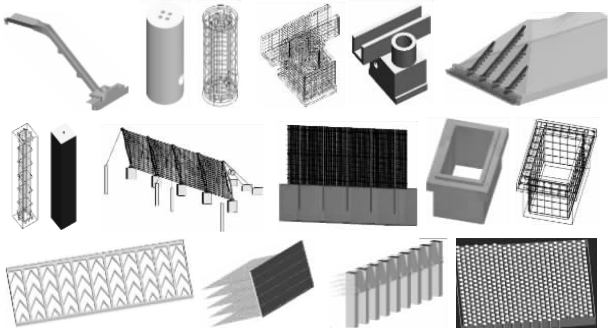


图 5 路基专业部分构件图

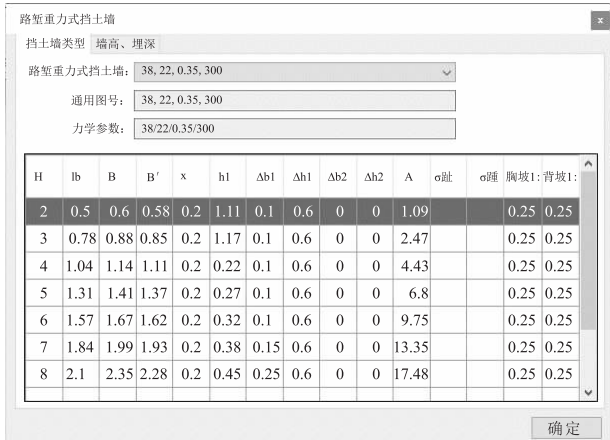


图 3 构件参数对话框图

经过反复测试与修改,采用上述方式装配构件可快速、精确完成构件的布置。

(2) 构件外观与属性测试

构件装配完成后,由经验丰富的路基专业设计人员,检查构件外观的正确性与属性信息的准确性、完整性。测试主要包括:①构件自身外观的正确性;②构件与周边工程相对位置的合理性;③构件形状是否能随参数的修改而变化;④构件属性设置是否合理,是否方便扩充、删减和修改,如图 4 所示。

3 工程应用研究

3.1 工程概况

某铁路工程为单线电气化 I 级客货共线铁路,设计时速 160 km/h。工程地处青藏高原东南缘,横断山脉中段,地表多为草原、旱地。本试点路基段施工图设计里程为 DK 128 + 000 ~ DK 135 + 159. 57,线路总长 7 159. 57 m,路堤长 6 489. 57 m,路堑长 670 m。主要路基工程有:挖方、填方、水泥搅拌桩、人字形截水骨架护坡、衡重式桩基托梁挡土墙、衡重式路肩墙、侧沟、排水沟等。

3.2 构件装配

铁路路基属带状工程,路基构件的装配与模型的

建立需要依托线路数据、地形数据以及地层横断面数据。通过基于 ORD 开发的专业数据接口,将数据读入、保存并生成相应的线路、地形以及地层横断面模型,为路基构件的装配与模型的建立做好数据准备工作。

在构件装配之前,首先根据该铁路工程的路基设计原则生成填挖方边坡模型(参数化构件的装配均在该模型的基础上进行),然后工程设计人员根据已有的设计资料并结合自身的经验即可根据需要进行构件的装配。构件的装配采用二、三维交互设计的方式,设计人员在二维平面图中设计,同时生成三维模型,呈现出更为直观的设计效果。构件装配完成,可切换到横断面视图,进一步验证构件装配的合理性。

参数化构件装配完成后,如需修改构件几何尺寸与相关属性信息,不需删除构件重新装配,可直接在构件的参数对话框中修改相应的参数,即可完成修改,快速实现构件的重新装配。装配完成的构件如图 6 所示。

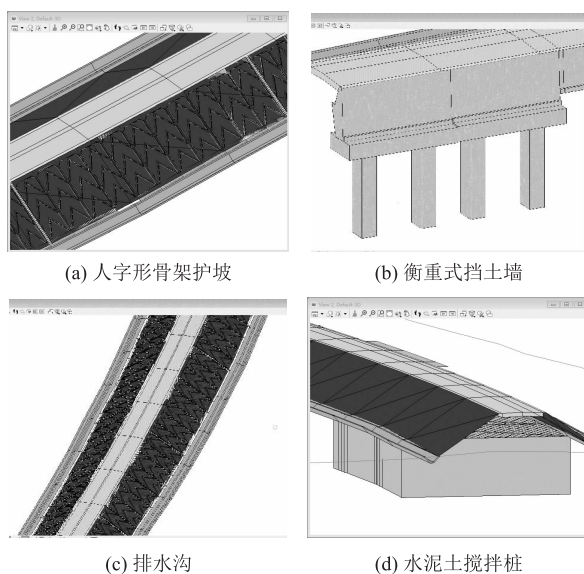


图 6 路基工程构件图

3.3 构件应用

参数化构件相对于一般几何构件的优势在于数据的可传递性,合理应用构件的参数可大大提高设计的精度与效率。并且利用参数化构件进行二维出图与工程量计算,具有很高的应用价值。

依托参数化构件进行路基工程的平面图、工点图与横断面图的出图。绘制二维图形需要提取已装配完成的构件的参数,再利用参数绘制二维轮廓,即可生成二维设计图。二维设计图与模型一样均由参数驱动修改,可有效提高出图效率。工程量的计算,针对点、线、

面构件各自的特点制定不同的工程量统计方法。计算时从已建立完成的模型中获取工程构件,并统计该构件的数量、材料类型和单位等数据,逐个统计完成后进行汇总,最后快速输出工程数量表单。参数化构件的应用将大大提高工程数量计算的效率与精度。

4 结论

建立参数化构件库是提高 BIM 设计效率的有效方法,构件的参数化设计需要通过二次开发来实现。通过对构件设计方式进行分析,并依托 ORD 进行二次开发,在构建三维实体模型的同时,使用 ECSchema 工具附加属性。对构件的实体模型、装配方式、几何属性及非几何属性测试、修改并完善后,将构件创建模块集成到 ORD 中,完成构件入库,实现构件的统一管理。

实践证明,参数化构件的应用大大提高了铁路路基 BIM 建模的效率,能更高效的辅助设计人员进行路基工程设计。同时,参数化构件在铁路路基二维出图和工程量计算方面具有广泛的应用前景,需专业人员继续深入研究。

参考文献:

- [1] 徐博. 基于 BIM 技术的铁路工程正向设计方法研究[J]. 铁道标准设计, 2018, 62(4): 35-40.
XU Bo. Research on Forward Design Method of Railway Engineering Based on BIM Technology [J]. Railway Standard Design, 2018, 62(4): 35-40.
- [2] 刘宏刚, 张海华, 甘一鸣. BIM 技术在新白沙沱长江大桥钢梁架设中的应用[J]. 高速铁路技术, 2019, 10(1): 39-45.
LIU Honggang, ZHANG Haihua, GAN Yiming. Application of BIM Technology in Erection of Steel Girder of New Baishaotuo Yangtze River Bridge[J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(1): 39-45.
- [3] 徐效宁, 汪洋, 王菲, 等. BIM 在高速铁路信号系统联调联试的应用探讨[J]. 高速铁路技术, 2019, 10(1): 11-13.
XU Xiaoning, WANG Yang, WANG Fei, et al. Application of BIM in Integrated Commissioning and Testing of High-speed Railway Signal System[J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(1): 11-13.
- [4] 雷晓雨, 王建, 闫东旭等. 基于达索平台的路基工程 BIM 设计方法研究[J]. 铁路技术创新, 2019(1): 13-16.
Lei Xiaoyu, Wang Jian, Yan Xudong, et al. Dassault-based Subgrade Engineering BIM Design Methods[J]. Railway Technical Innovation, 2019(1): 13-16.
- [5] 刘彦明. 基于 Bentley 平台的铁路桥梁构件参数化建模研究[J]. 铁路技术创新, 2016(3): 36-40.
LIU Yanming. Research on Parametric Modeling of Railway Bridge Components based on Bentley Platform [J]. Railway Technical Innovation, 2016(3): 36-40.

(下转第 83 页)