

地铁车站结构 BIM 正向设计标高计算方法研究

蔡春欢

上海市隧道工程轨道交通设计研究院, 上海徐汇, 200235;

摘要: 在使用 Revit 软件开展地铁车站结构 BIM 正向设计过程中, 车站机电管线的坡度功能不完善, 管线均以 0 坡度建模。为了使车站土建模型适配机电模型, 结构楼板无法按线路 2‰ 的坡度进行建模, 导致结构楼板标高无法反映真实的设计意图。本研究通过对建模手法提出规范化要求, 以及结构标高计算的软件开发, 解决了结构楼板标高错误的问题, 形成了可行的技术路线。

关键词: 地铁车站; BIM; 正向设计; 结构标高; 二次开发

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 03. 002

引言

根据规范要求, 地下车站线路坡度需统筹防溜安全与排水需求, 车站站台有效长度范围内的线路坡度宜设置为 2‰; 受地质条件或环境因素制约的困难区段, 经专项论证后坡度允许调整至 ≤3‰, 同时需配套强化防溜措施及排水保障系统。

在 BIM 正向设计实践中, Revit 软件对机电管线坡度参数的精细化建模存在功能局限, 导致设计采用“零坡度简化模式”(楼板按 0‰ 坡度建模、机电管线坡度强制归零)。这种技术妥协直接造成结构专业出图时, Revit 原生标高标注功能无法自动识别准确的标高参数, 致使图纸中坡度标注逻辑链断裂, 关键工程信息呈现失准。

针对 Revit 软件原生楼板坡度功能在复杂工程应用中的局限性, 本研究通过系统文献调研发现, 现有主流 BIM 建模软件尚无法有效解决地铁工程中的结构标高表达问题。为此, 本研究提出了一种创新性的技术路径: 通过构建轨道交通专用正向设计资源库, 并自主开发结构标高计算软件, 建立了一套完整的 BIM 正向设计标高控制体系。

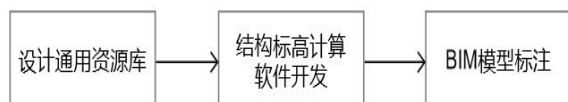


图 1 标高控制体系

1 参数化驱动下 Revit 设计资源库建设研究

本研究主要采用 Revit 软件作为核心工具, 同时辅

以其他相关软件, 以参数化驱动作为设计的核心逻辑。通过标准化资源库建设, 致力于为结构标高计算提供数据基础。该体系涵盖族库、视图样板库等核心模块, 这

1.1 设计通用族库

为实现结构标高计算的功能, 本研究在地铁车站结构 BIM 正向设计过程中, 创建了 198 个设计通用族库, 其中, 对部分建模手法提出规范化的要求:

1) 楼板设计采用标准的“楼板”命令进行建模。由于车站设计包含 2‰ 的坡度要求, 建模时并未考虑坡度, 导致楼板构件的标高数据, 无法正确体现坡度设计意图, 通过标高计算工具, 可以解决该问题。

2) 线路中心线采用“模型线”方式建立三维模型, 其基于平面坐标系的特点, 使其难以准确表达线路的实际坡度变化, 仅作为反映线路路径的工具。

3) 盾构环采用“常规模型”的建模方式, 通过依附于墙体进行布置。盾构环作为车站的左右端头, 反映了区间进入车站端点处的结构楼板位置。

4) 变坡线同样使用“模型线”方式建模, 这种建模方式能够精确标识楼板变坡的起始位置、转折点及坡度变化边界, 标识楼板变坡的位置。

5) 站中心里程使用“常规模型”方式建模, 站中心里程处作为整个车站标高计算的基准控制点, 包含车站中心里程的几何信息。

6) 坡度族使用“详图项目”方式建模, 反映了车站坡度值和坡度方向。

7) 标高标记使用“详图项目”方式建模, 通过软件对标高进行计算, 将真实的设计标高反映到设计图纸上。

1.2 视图样板库

Revit 视图样板库通过过滤器系统实现了图元显示属性的标准化控制,本研究重点运用了以下五种核心显示参数:线型、颜色、填充样式、线宽、可见性。本研究基于上述参数体系,对 BIM 的可见性进行了约束,确保模型在视图中可见,避免了因手动原因在视图中隐藏了模型,为结构标高计算功能提供了保障。

2 基于 BIM 技术的结构标高计算软件开发

软件基于 Revit 平台进行二次开发,采用 C# 作为核心开发语言,以 Microsoft Visual Studio 作为主要集成开发环境。通过 BIM 模型数据获取、校验以及标高计算,实现在 BIM 模型中标注楼板标高的功能。

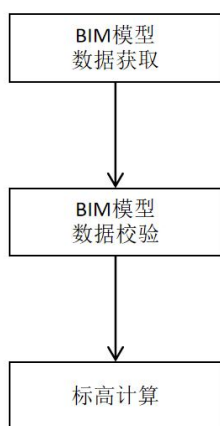


图 2 结构标高计算软件运行流程

2.1 BIM 模型数据获取

构件属性数据的提取能够通过 Revit API 内置参数 (BuiltInParameter) 或者共享参数 (SharedParameter) 从 BIM 模型中直接提取。而提取的前提是建立重要的数据属性 API 及其对应的 Revit API 的映射。Revit API 是 Revit 软件提供的应用程序编程接口,具有丰富的功能。开发者能够通过 Revit API 将其应用程序集成到 Revit 软件中,以扩展、增强 Revit 的功能和应用。采用面向对象编程方法,通过多层次数据挖掘技术,精确获取以下关键计算参数:

- 1) 变坡线三维空间几何特征数据
- 2) 线路中心线曲率与几何参数
- 3) 站中心里程的空间坐标系统
- 4) 结构板面标高拓扑关系
- 5) 坡度值

2.2 BIM 模型数据校验

BIM 模型数据校验旨在自动检查 BIM 模型构件的几

何连续性,通过智能去重算法,识别并删除 BIM 模型中的重复图元,从而构建无冗余且精确的基础数据,为后续的结构标高计算提供支撑;当检查识别出模型数据存在逻辑错误、几何冲突等问题时,能够快速定位问题构件,通过高亮显示,辅助用户进行精准高效的模型修改与数据修正,显著提升 BIM 模型的质量和准确性。

2.3 标高计算

通过 RevitApi 直接从 BIM 模型获取的基础数据,需要经过对标高数据进行计算,包括计算变坡线线路中心交点、有效坡度、里程长度、变坡点标高、平面方程。

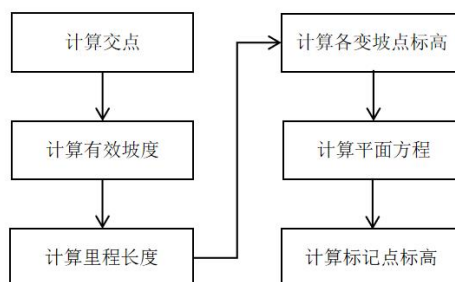


图 3 结构标高计算流程

1) 计算各楼层,各变坡线与线路中心线的交点。车站两端结构墙最内侧作为变坡线考虑;进站的线路包含竖曲线时,将线路竖曲线起、终点作为变坡点考虑,手动输入竖曲线里程,自动生成变坡线。

竖曲线	圆曲线	(R 2 T E)	
坡度/长度			R-3000 T-44.9998 E-0.3375
转弯半径			2%/47.188
长度			

图 4 竖曲线信息

2) 获取待标注视图中,有效坡度值和旋转角度,相邻变坡线之间,只存在单个有效坡度。相邻变坡线之前存在单个坡度时,视为有效坡度;相邻变坡线之前存在多个坡度,当方向、坡度值一致时,视为单个有效坡度,提醒用户确认模型;反之视为有效坡度不唯一,提醒用户修改模型。

3) 获取待标注视图中,各相邻变坡线之间,与上、下行线路中心线交点处的里程长度。

4) 计算待标注视图中,各变坡线与线路中心线的交点处的标高。

变坡线位于站中心左侧时,交点标高=站中心标高

值(迭代更新后的右侧变坡点)+长度*有效坡度值;

值(迭代更新后左侧变坡点)+长度*有效坡度值;

变坡线位于站中心右侧时, 交点标高=站中心标高

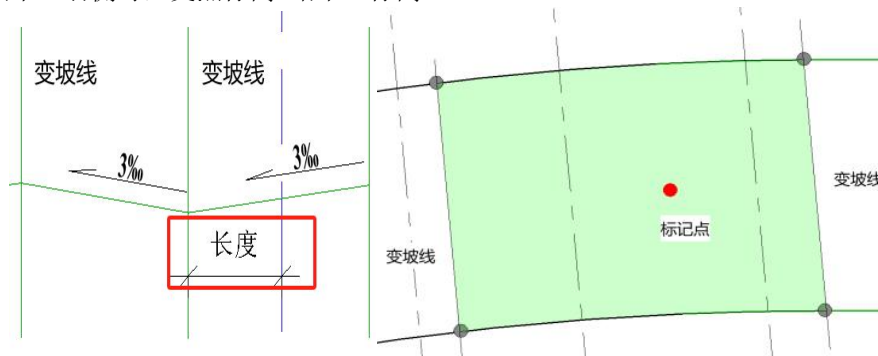


图5 各变坡线、坡度的关系示意

最终形成的车站标高信息表如下图所示。

交点索引	交点坐标X	交点坐标Y	起点坐标X	起点坐标Y	终点坐标X	终点坐标Y	斜率	线路类型	交点标高	里程长度	坡度	位置
0	-117.034420468992	-5.47262105843266	-117.034420468992	-5.47262105843266	-108.307824764818	-3.10909635547817	-∞	直线	30.0791537552896	12.5966717200699	-1	上行端头
1	-104.858228985291	-2.2480458159672	-108.307824764818	-3.10909635547824	-84.9354546929864	0	-20.3291073059022	曲线	30.0917504270097	21.4984896158992	-3	上行
2	-83.5284210487683	0	-84.9354546929864	0	-55.1854546930728	0	-∞	直线	30.1562458958574	19.5	2	上行
2	-64.0284210487683	0	-84.9354546929864	0	-55.1854546930728	0	-∞	直线	30.1172458958574	46.0284210487671	-4	上行
4	-18.0000000000012	0	-36.6854546930728	0	-18.0000000000012	0	-∞	直线	30.3013595800525	18.0000000000012	-4	上行
4	0	0	-36.6854546930728	0	0	0	-∞	直线	30.3733595800525	61.9999999999988	-4	上行
4	61.9999999999988	0	-36.6854546930728	0	61.9999999999988	0	-∞	直线	30.1253595800525	73.622817623682	-4	上行
4	135.622817623681	0	-36.6854546930728	0	135.622817623681	0	-∞	直线	29.8308683095578			上行端头

图6 软件计算上行线标高信息

5) 计算待标注视图中, 相邻变坡线之间的平面方程, 取各变坡线与线路中心线的交点处, Z 值最小的 3 个值, 计算平面方程, 公式如下:

$$A=(y_2-y_1)(z_3-z_1)-(z_2-z_1)(y_3-y_1);$$

$$B=(z_2-z_1)(x_3-x_1)-(x_2-x_1)(z_3-z_1);$$

$$C=(x_2-x_1)(y_3-y_1)-(y_2-y_1)(x_3-x_1);$$

$$D=-(Ax_1+By_1+Cz_1);$$

6) 计算待标注视图中, 标记点在对应平面方程内的 Z 值, 计算标高标记值。公式如下:

标高标记值=标记点平面方程 Z 值+“自高度偏移值”;

“自高度偏移值”通过 BIM 模型数据直接获取。

3 工程实例应用分析

本研究以某地铁站为项目依托, 该站为地下二层岛式车站, 站内有曲线。

本研究提出的解决方案在施工图 BIM 正向设计阶段, 通过整合设计资源, 构建了完整的车站三维信息模型。通过与传统 CAD 二维设计方法的对比验证, 基于线路中心线里程及坡度计算出的楼板标高值与 BIM 模型输出结果完全一致, 表明该方法有效解决了 BIM 正向设计中因楼板坡度未建模导致的标高偏差问题, 显著提升了设计数据的准确性及效率。

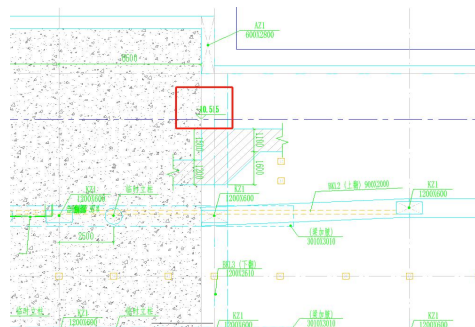


图7 软件操作界面及标注后结果

4 结束语

本研究构建了轨道交通专用参数化构件库,并基于 C# 开发了标高计算插件,采用动态坐标系计算算法结合标高补偿机制,实现了车站纵向坡度参数的自动解析及楼板标高的精确计算,有效解决了 BIM 正向设计中因楼板三维模型坡度缺失导致的模型与设计值偏差问题。

针对地铁车站 Revit 纵剖面出图时因坡度未建模而无法满足设计意图的难题,本研究成果能够准确提取车站主体结构的坡度数据,为后续纵剖面出图软件的开发提供了可靠的技术支撑。

参考文献

[1]陈炜. 基于 BIM 正向设计的建筑防火审查工具研究.

《第九届 BIM 技术国际交流会——BIM 助力新城建》论文集. 2022

[2]桑冲. 基于 REVIT 的软件二次开发在地铁结构 BIM 正向设计中的应用研究, 第八届 BIM 技术国际交流会——工程项目全生命期协同应用创新发展论文集. 2021

[3]陶婉婉. 基于二次开发方法的 BIM 模型数据提取方法研究. 价值工程, 2019

[4]袁维华 熊自明 卢浩 文祝. 基于 BIM 技术的 Revit 二次开发及应用. 第二届全国岩土工程 BIM 技术研讨会论文集. 2017

[5]石林. BIM 技术在地铁车站结构设计中的应用. 智能建筑与智慧城市. 2024