

文章编号: 1005-8451 (2020) 04-0023-05

# 基于达索平台的隧道BIM模型骨架线二次开发与信息附加

王 浩

(中国铁路设计集团有限公司 土建院, 天津 300251)

**摘 要:** 为了快速准确地生成铁路隧道BIM建模所需的骨架线, 并在骨架线当中附加必要的设计信息, 通过二次开发编写程序, 采用C++语言, 借助达索平台CAA开发功能, 将骨架线创立为自定义特征, 将计算骨架线生成所需数据的方法包含到程序中, 通过程序读取设计数据, 批量生成骨架线。用该方法生成的骨架线与传统EKL语言批量生成UDF骨架线的方法相比, 生成速度更快, 可以包含更多的设计信息, 具备了随着输入数据的修改自动更新的功能。通过试用表明, 该软件可以提高骨架线的建模速度, 减少设计人员在建模及修改过程中的工作量。

**关键词:** BIM; 二次开发; 骨架线; 铁路隧道; C++

**中图分类号:** U252.2 : TP39 **文献标识码:** A

## Dassault platform-based secondary development and information addition of BIM skeleton line of tunnel

WANG Hao

(Civil Engineering Department, China Railway Design Corporation, Tianjin 300251, China)

**Abstract:** In order to quickly and accurately generate the skeleton line needed for BIM modeling of railway tunnel, and add necessary design information to the skeleton line, this paper wrote programs through secondary development, used C++ language and CAA development function provided by Dassault platform to create skeleton line as a custom feature, read the design data through the program, generated the skeleton line in batch. The skeleton line generated by this program is faster than before and contains more design information, has the function of automatically updating with the modification of input data. The application in a tunnel shows that the software can improve the efficiency of skeleton line modeling and greatly reduce the work load of designers in the process of modeling and modification.

**Keywords:** BIM; secondary development; skeleton line; railway tunnel; C++

中国国家铁路集团有限公司(简称:国铁集团)牵头成立铁路BIM联盟以来,铁路BIM技术应用获得了快速的发展<sup>[1-3]</sup>。各单位依据自身需求选用不同的软件平台进行探索,取得了较大的技术进步。但是无论各单位选择那一款软件平台,随着研究的深入,都将面临软件功能不足的问题<sup>[4]</sup>。

各软件平台所建立的三维模型虽然能够较好地表达各工程实体间的空间几何关系,但是对于其他设计信息的附加能力较弱。尽管通过IFC属性的附加,模型具备了一定的类型及属性信息<sup>[5]</sup>,但是附加的信

息仍然不能够满足设计需要。

目前,BIM软件主要有欧特克(Autodesk)、本特利(Bentley)和达索(Dassault)<sup>[5]</sup>。各软件平台在铁路行业中的建模思路虽然命名不同<sup>[6-9]</sup>,但基本可归属于“骨架-模板”模式<sup>[10-11]</sup>。

以达索平台为例,铁路行业内多采用EKL语言批量实例化用户自定义特征(UDF, User Define Feature)的方式建立骨架<sup>[12]</sup>,该方法受限于EKL语言的执行效率和UDF的实例化速度,在骨架线数量较多的时候生成速度较慢。并且UDF作为骨架线的载体,附加的信息相当有限,在设计及建模过程中需要设计人员进行大量的手动计算来确定模板实例化过程中需要的数据。

收稿日期: 2019-08-08

基金项目: 中国铁路总公司科技研究开发计划课题(N2018G036)

作者简介: 王 浩,工程师。

如图 1 所示，计算骨架线所需数据耗费设计者大量的时间和精力，而采用 UDF 无法省略该步骤的主要原因就是 UDF 所能附加的信息不足，且无法包含复杂运算。

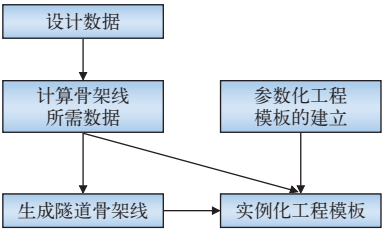


图1 建模流程

为了解决上述问题，减少设计者重复工作，本文在铁路隧道行业内探索使用 CAA 开发的方式将骨架线作为自定义特征<sup>[13]</sup>，由设计基础数据直接生成隧道骨架线。同时探索解决了设计信息附加的问题，开发人员可以任意添加骨架附加信息，提高了 BIM 设计的效率和质量。

1 骨架线

骨架线是模型模板的定位基准，在部分模型模板当中还承担定型的作用，同时是协同设计中重要的信息传递载体<sup>[14-15]</sup>。所以，骨架线是整个建模工作的基础。铁路行业内的骨架线由总到分至少分为 3 层。

1.1 线路总骨架

线路总骨架由线路专业提供，是整条线路模型空间位置的基础。总骨架包含线路左线和线路右线，其中，线路左线包含线路左线平面、纵曲线、左线三维线路及断链表，线路右线包含线路右线平面、右线三维线路及起止里程。骨架线模型，如图 2 所示。

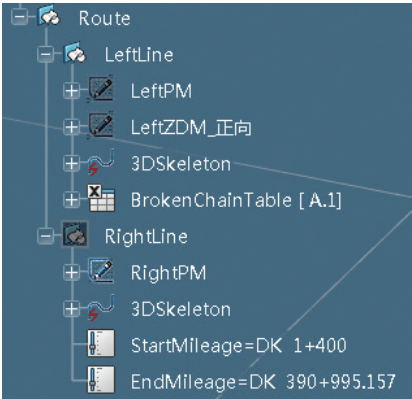


图2 骨架线模型

1.2 专业总骨架

以隧道专业为例，隧道专业总骨架为在线路总骨架左线上按隧道起终点里程截取的线段。目前，隧道专业总骨架使用 UDF 特征，采用 EKL 语言批量生成。

1.3 专业骨架

专业骨架可依据各专业实际需要细分为若干层，但本质上都是将专业总骨架划分为可以直接作为建模基准细度的骨架线。以隧道专业为例，按照隧道衬砌类型表将隧道专业总骨架截断。衬砌类型表中的每一项对应一条隧道专业骨架。隧道专业骨架线同样适用 UDF 特征，采用 EKL 语言批量生成。

2 自定义特征

自定义特征是达索平台 CAA 开发提供的扩展功能，可以由用户自己根据实际需要和业务逻辑定义适合自己需要的特征。自定义特征可以附加大量的信息，并包含复杂的逻辑判断和计算功能。

2.1 自定义特征的信息存储

自定义特征的信息主要储存在 2 个部分。附加信息，如断链表、骨架起终点里程记录在 Catalog 文件中，Catalog 文件由 OSM 文件生成。确定自定义特征中所能存储的信息类型，存储某个自定义特征的具体信息数据。判断逻辑和计算功能记录在代码生成的 Win64 文件中，通过将 Win64 文件部署到达索平台安装文件夹下特定位置调用，达到计算机代替设计人员进行复杂数据计算的目的。Catalog 生成及作用，如图 3 所示。

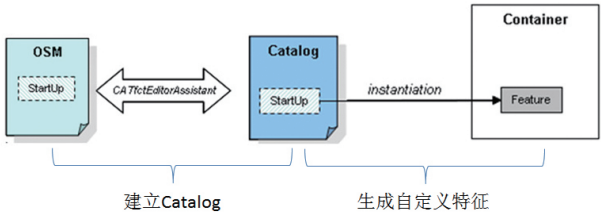


图3 Catalog生成及作用

2.2 自定义特征生成过程

在达索平台内部，一个特征的建立需要历经数学特征、几何特征、拓扑特征和机械特征 4 个层级。

其中，机械特征的名称主要因为达索平台最初

是为机械行业服务，名称一致沿用，铁路行业最终生成的自定义特征应该是机械特征。

数学特征包括生成特征所需的数值型数据，如圆心坐标值，圆半径等。几何特征在数字特征的基础上增加了特征的几何实体和空间位置等信息，是内存中实际存在的几何体。拓扑特征包含 CATIA 特征所需的信息，可以参与拓扑运算，如将曲线拉伸成曲面或将曲面拉伸成实体等。上述 3 种特征存在内存中，而机械特征才是最终出现在用户可见的模板空间中的特征实体。数据生成自定义特征过程，如图 4 所示。

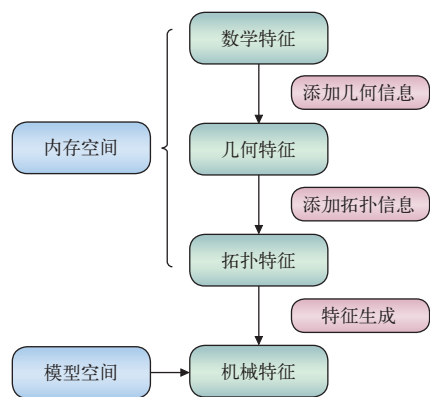


图4 数据生成自定义特征过程

3 骨架线开发

采用 C++ 语言，借助达索平台 CAA 开发功能，进行骨架线二次开发，主要实现 2 方面功能：(1) 通过读取对话框内输入的设计数据，生成单根骨架线；(2) 通过读取 Excel 内数据批量生成一系列的骨架线。

3.1 软件构架

程序采用用户接口组件模型，在同一框架下分为 4 个模块，分别是：Addin.m, CommonFunction.m, Feat.m, UI.m。每个模块下包含若干类和资源。

如图 5 所示，软件分为 4 个模块：

(1) Addin.m 模块作用为将整个软件实现的功能做成按钮添加到软件平台当中。

(2) CommonFunction.m 模块内包含一个名为 CommonFunction 的类，该类中存储了大量通用性函数。

(3) Feat.m 模块定义了自定义特征的功能。包括数据的存入和读取，确定由数据到生成自定义特

征的过程，确定自定义特征在结构树上显示的属性内容等。

(4) UI.m 模块包含内容主要为对话框资源及对于部分对话框内属性数据的处理方法。

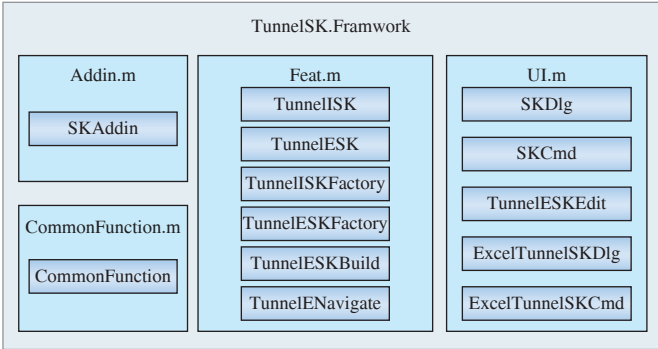


图5 软件框架结构

3.2 单根骨架线生成

生成隧道骨架线需要的输入元素及数据包括线路左线几何图形集、骨架起终点里程、版本号。其中，线路左线几何图形集下需要用到左线三维线位、左线平面线位及断链表。

骨架线生成流程，如图 6 所示。(1) 骨架线起终点里程在对话框内获取以后，读取断链表内信息，计算出起终点里程的实际位置；(2) 由于铁路工程中的里程长度为平面线位的长度，因此计算出的里程点应该首先生成在平面线位上；(3) 有平面线位上的起终点向 Z 方向延伸与三维线位相交生成三维起终点；(4) 采用三维起终点截取左线三维骨架线，并结合版本号生成隧道专业骨架线。

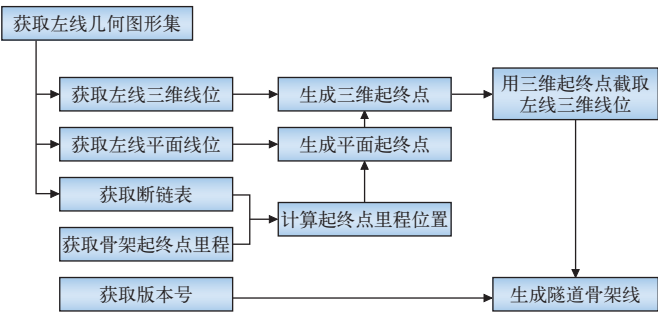


图6 骨架线生成流程

由于该自定义特征将所有属性信息都存储在 Catalog 当中，可以通过自定义特征本身的更新适应输入元素及属性的修改。与传统 UDF 骨架线相比，极大地减少了设计人员工作量。

3.3 批量生成骨架线

批量生成骨架线所需的属性信息存储在 Excel 当中，通过程序逐行读取 Excel 内数据。结合对话框中读取的左线几何图形集，循环调用 Feat.m 内的功能，批量生成隧道专业骨架线。批量生成骨架线流程，如图 7 所示。

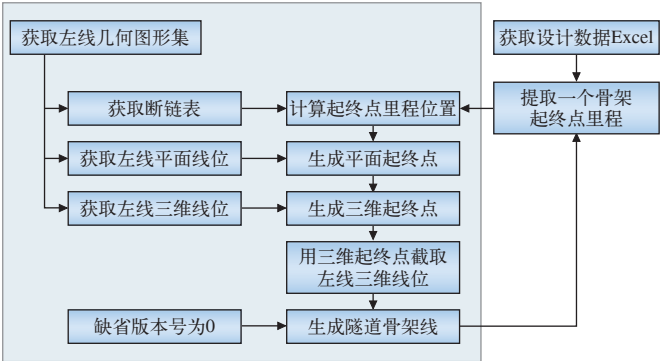


图7 批量生成骨架线流程

在程序内部，生成每根骨架线的具体功能（图 7 中蓝色背景部分内容）直接调用生成单根骨架线部分函数，因此，在修改过程中直接调用单根骨架线修改功能，可以方便地实施修改。

3.4 起终点位置里程计算

在达索平台中，点在线上的定位通常采用点到曲线起点的距离。由于断链的存在，铁路线路上里程点间的距离并不一定等于两个里程点之间的差值。因此，在获取里程点信息之后需要结合断链表信息进行计算，确定里程点在线路上的实际位置。

在使用 UDF 作为隧道专业骨架线的方法中，由于 UDF 无法存储断链表信息，也无法包含复杂计算，因此，计算里程点实际位置的工作必须由设计者手动完成，不但工作量巨大、容易出现错误，也没有办法在线路或断链表信息发生变化的时候通过自我更新来进行修改。而采用自定义特征作为骨架线由于存储了断链表信息和里程点实际位置的计算方法，以上问题均不会出现。断链表示意图，如图 8 所示。

通常，断链序号 0 为线路起点里程。在从对话框内得到里程点信息后，要判断里程点位于哪个区间。由于断链序号前里程和后里程之间的里程是不存在的，因此里程点必然会位于两个断链序号之间的区间，即前一断链序号后里程以后，后一断链序号前里程之前。确定里程点位置区间后，即可确定

| 断链序号 | 前里程                   | 后里程                   | 前标注 | 后标注 | 字头  |
|------|-----------------------|-----------------------|-----|-----|-----|
| 0    | 1 400.000 000 000 0   | 1 400.000 000 000 0   |     |     | DK  |
| 1    | 14 160.969 941 854 9  | 14 200.000 000 000 0  |     |     | DK  |
| 2    | 46 198.276 801 510 7  | 46 200.000 000 000 0  |     |     | DK  |
| 3    | 68 291.067 708 156 2  | 68 300.000 000 000 0  |     |     | DK  |
| 4    | 90 980.000 000 000 0  | 90 980.000 000 000 0  |     |     | DIK |
| 5    | 115 812.760 182 261 0 | 122 300.000 000 000 0 |     |     | DIK |
| 6    | 139 200.000 000 000 0 | 139 200.000 000 000 0 |     |     | DK  |
| 7    | 170 786.409 773 518 0 | 172 000.000 000 000 0 |     |     | DK  |
| 8    | 243 904.677 326 243 0 | 258 000.000 000 000 0 |     |     | DK  |
| 9    | 280 906.570 236 492 0 | 281 000.000 000 000 0 |     |     | DK  |
| 10   | 327 886.372 168 738 0 | 327 920.000 000 000 0 |     |     | DK  |
| 11   | 339 784.010 470 914 0 | 340 200.000 000 000 0 |     |     | DK  |
| 12   | 379 083.373 682 417 0 | 379 100.000 000 000 0 |     |     | DK  |
| 13   | 390 995.156 767 093 0 | 390 995.156 767 093 0 |     |     | DK  |

图8 断链表示意图

线路起点与里程点位置之间的断链数量。然后循环执行，用里程点里程值线路起点里程的差值依次减去里程点前断链后里程与前里程的差值，公式如下。

$$L = D_f - D_s - \sum_1^n (D_{i1} - D_{i2})$$

式中：

$L$ —里程点距离线路起点的距离；

$D_f$ —里程点里程值；

$D_s$ —线路起点里程值；

$n$ —里程点前断链数量；

$D_{i1}$ —断链序号  $i$  前里程值；

$D_{i2}$ —断链序号  $i$  后里程值。

计算结果可直接采用达索平台点到曲线起点距离定位的方式确定里程点实际位置。

需要注意的是，骨架线自定义特征内由数据生成自定义特征过程函数定义在 *TunnelESKBuild::Build()* 函数中，该函数在自定义特征生成或输入属性值发生改变时自动调用。但是由于骨架线自定义特征存储的是线路左线几何图形集，并没有直接存储断链表内的数据信息，因此，修改断链表内信息并不能触发 *TunnelESKBuild::Build()* 函数的执行，在断链表信息更改后，需要修改骨架自定义特征的版本属性触发更新。

4 结束语

通过 C++ 语言进行 CAA 二次开发将骨架线作为自定义特征，实现了将线路信息、里程信息、断链信息和计算方法等存储于骨架线当中。实现了设计信息从人为记录计算到计算机存储计算的转变，提高了 BIM 模型的信息化程度。成功解决了此前骨架线建立速度慢、前期计算量大易出错、后期修改复



杂的缺点。与传统骨架线建立方法相比，其优势主要体现在以下几个方面：

(1) 前期计算由计算机代替设计人员完成，减轻了设计人员工作并减少了人工计算错误的可能。

(2) UDF 由于自身原因，生成速度较慢，采用自定义特征方式加快了骨架线建模速度。

(3) 骨架线包含更多设计信息，方便后续建模的使用，加强了信息的统一性和准确性。

(4) 面对上游数据的修改，可以更好地实现自我更新，减少了建模工作量，避免了依赖骨架线建立的模型因为骨架线的修改而需要进行的修改工作。

#### 参考文献

- [1] 孙泽昌. BIM技术在沪通铁路线路专业的应用[J]. 铁路计算机应用, 2018, 27(5): 51-54.
- [2] 段熙宾. 大型铁路工程BIM设计的探索及实现[J]. 铁打标准设计, 2016, 60(12): 124-127.
- [3] 姚 杰, 兰 渊. BIM技术在张呼铁路站房建设中的应用[J]. 中国铁路, 2018(5): 13-17.
- [4] 王鹏飞, 王广斌, 谭 丹. BIM技术的扩散及应用障碍研究[J]. 建筑经济, 2018, 39(60): 12-16.
- [5] 赵飞飞. 铁路工程信息模型数据存储国际标准框架研究[J]. 铁道工程学报, 2018, 35(2): 90-95.
- [6] 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.
- [7] 赵伟兰, 李远富. 某大桥基于Revit软件的桥梁BIM模型参数化设计探析[J]. 公路工程, 2018, 62(4): 36-41.
- [8] 刘彦明. 基于Bentley平台的铁路桥梁BIM设计系统[J]. 铁路技术创新, 2018(1): 12-14.
- [9] 王 浩. BIM技术在高速铁路隧道设计中的应用[J]. 铁路技术创新, 2016(3): 75-79.
- [10] 李健刚, 张 涛, 李 易, 等. “骨架+模板”技术在工程设计中的应用[J]. 特种结构, 2017, 34(6): 89-98.
- [11] 李健刚, 杨 冰, 徐志宏, 等. BIM技术在永定河特大桥项目中的参数化应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(3): 62-67.
- [12] 齐成龙, 冯 沛, 宋树峰, 等. 基于达索3D体验平台的预应力混凝土连续梁桥建模方法[J]. 铁道建筑, 2015(10): 64-69.
- [13] 何朝良, 杜廷娜, 张 超. 基于CAA的CATIA二次开发初探[J]. 自动化技术与应用, 2006, 25(9): 37-40.
- [14] 孟晓健. 铁路车站BIM设计实施标准研究及应用[J]. 铁道标准设计, 2018, 62(6): 120-124.
- [15] 杨陈相. 基于BIM技术的地铁车站协同设计及结构计算研究[J]. 铁道标准设计, 2017, 61(12): 105-109.

责任编辑 徐侃春