

# 基于 BIM 技术的浸水路基参数化设计应用研究

崔强 钟杰 肖彬 张炳楠 梁贤炜

(林同棧国际工程咨询(中国)有限公司,重庆 401121)

**【摘要】**为降低库水及河水对涉水路基的影响,保证路基边坡稳定性,设计中通常对浸水路基进行特殊加固处理。常规设计方法具有设计精细化程度低、设计效率低等缺点。根据浸水路基常规设计原则,提出了基于 BIM 技术的参数化设计 workflow,编写了以填方路基模型为执行对象的 Dynamo 参数化设计程序。依托于重庆两江协同创新区环湖路二期项目,验证了该技术路线和设计方法,参数化设计技术显著提升了浸水路基的设计质量和工作效率。

**【关键词】**道路工程;浸水路基;参数化设计;Dynamo;正向设计

**【中图分类号】**TU17 **【文献标识码】**A

**【版权声明】**文集数据被中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录,被本刊录用并在中国知网网络首发正式出版,严禁侵权转载。

## 引言

近年来,建筑信息模型(BIM)技术在我国基础设施建设领域得到了大量应用。道路、桥梁、隧道等专业对 BIM 技术的应用深度逐渐得到了提高,应用范围涵盖了工程项目设计、建造、运维等多个阶段<sup>[1]</sup>。

在公路及城市道路设计行业,已有众多采用 BIM 技术开展设计的项目案例。三维场景建模、三维地质建模等技术保证了基础数据的采集效率与精度<sup>[2-3]</sup>;主流软件平台成熟的廊道建模解决方案均已能满足常规的设计生产需求<sup>[4-5]</sup>;专业协同、碰撞检查、工程可视化等方面的应用降低了沟通协调难度、提高了设计成果品质<sup>[6-8]</sup>。但在当前,从业人员在利用 BIM 技术进行道路设计时,主要精力仍然聚焦于如何利用现有的软件功能来完成高精度的廊道模型建立,路基设计方面仍然采用传统的粗放式设计和算量方法。三维正向设计理念在路基设计方面并未得到有效的落地应用。

Dynamo 是 Autodesk 针对旗下 Revit、Civil 3D 等软件进行高效参数化设计而开发的一款可视化编

程工具。在桥梁及隧道工程设计中已经能够显著提升建模效率,实现复杂异形结构的参数化设计<sup>[9-10]</sup>;在道路设计方面,笔者也利用 Dynamo for Civil 3D 针对软土路基的参数化设计方法进行了研究,成果表明 Dynamo 在空间不规则分布的复杂路基设计中亦有较好的适用性<sup>[11]</sup>。本文将重庆两江协同创新区环湖路二期项目为例,基于 Dynamo for Civil 3D 对浸水路基的参数化设计技术展开研究。

## 1 工程概况

重庆两江协同创新区位于两江新区龙兴组团,规划范围 6.8km<sup>2</sup>,片区内六条次干路组成了本片区“三纵三横”的骨架路网。环湖路位于协同创新中心(图 1),环明月湖布置,是一条沿湖观光的城市支路。

本文以环湖路二期(K0 - 005.779 ~ K2 + 897.222)为研究对象,道路全长 2.9km,设计时速为 30km/h,为城市支路;标准路幅宽度为 16m,双向两车道设计。环湖路二期根据周边山体形态,走向依山就势。道路东侧的明月湖为新建水库,设计蓄水

**【作者简介】** 崔强(1992 - ),男,硕士,工程师,主要研究方向:市政道路设计、BIM 技术应用、自动化设计技术。

标高为 206m,环湖路二期局部路段位于水库水位影响范围内。为保证路堤在库水作用下仍具有良好的整体强度和边坡稳定性,需对浸水路基进行特殊设计。

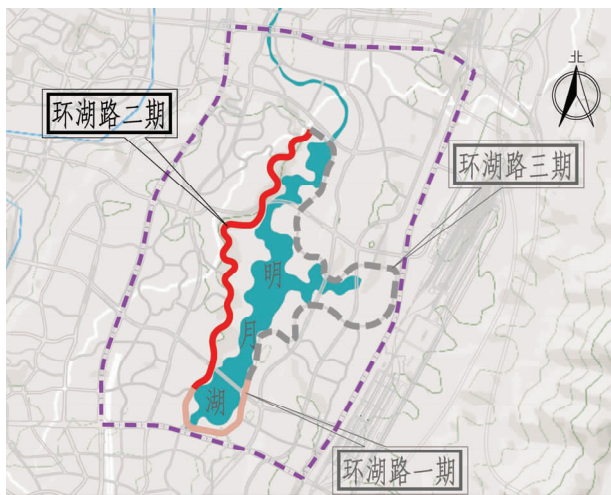


图 1 项目区位图

## 2 浸水路基常规设计方法

### 2.1 基本设计原则

针对浸水路基段落,如图 2 所示,本项目在设计水位(蓄水标高)以下部分(浸水区域)采用填石路堤的方式进行处理;考虑库水浸泡、渗透、水位升降、波浪侵袭、水流冲刷和地下水壅升等情况,设计水位以上一定高度范围内(壅水区域,本项目取值 0.5m)采用水稳性好的填料(砂岩、砂砾土等)进行填筑;浸水坡面采用浆砌片石护坡,护坡基础为浆砌片石镇脚。

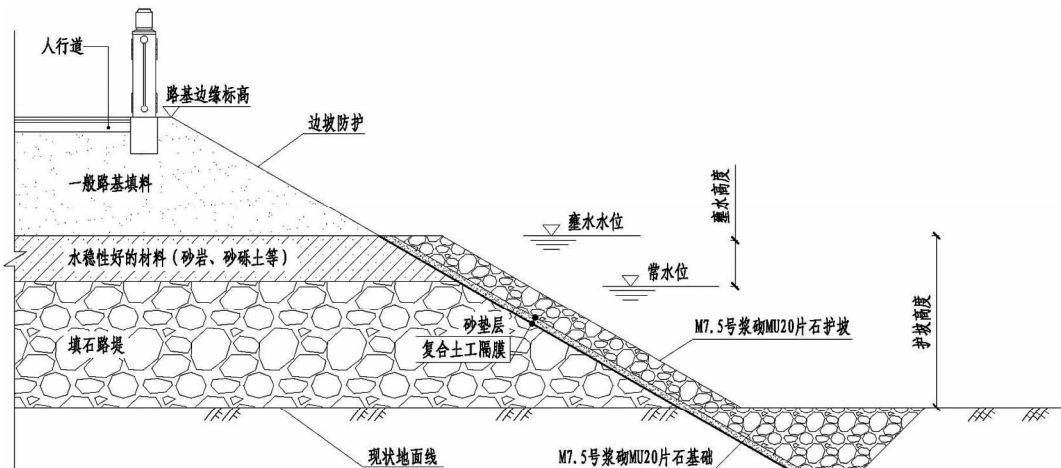


图 2 浸水路基设计示意

### 2.2 常规设计方法缺点

#### 1) 设计精细化程度低

常规设计方法只能通过查看逐桩横断面图、根据坡脚标高与设计水位的高差关系,来判断该断面是否存在浸水情况,从而确定浸水路基的大致范围,桩号范围精度取决于横断面图采样步长;修建浸水路基所需材料只能通过逐桩横断面图确定浸水材料的填筑面积、利用平均断面法来粗略计算工程量。传统方法已经无法满足日益增长的精细化设计及算量需求。

#### 2) 设计效率低

常规的路基设计方法均只能通过读取逐桩横断面图来开展相关的细部设计和工程量统计,横断面图的精细化表达也只能通过设计人员手工进行逐桩绘制和标注。采用常规设计方法进行长距离的道路设计时,设计人员将会把大量工作时间耗费在简单重复的制图和统计工作上,严重降低了设计效率。

基于以上因素,本项目在设计阶段采用基于 BIM 技术的参数化设计方法对沿线浸水路基进行设计。

## 3 浸水路基参数化设计技术

### 3.1 参数化设计总体 workflow

本项目基于道路三维设计软件 Civil 3D 及内嵌 Dynamo 工具,对环湖路二期所有浸水路基段落进行参数化设计,并通过 Civil 3D 和 Excel 分别以图形和表格形式输出设计成果。总体 workflow 如图 3 所示。

#### 1) 通过 Civil 3D 建立项目场地模型及道路三维

模型。

2) 运用 Dynamo 完成数据输入、设计水位模拟、浸水段落确定、工程量计算等工作。

3) 根据设计成果文件需求,将平面分布图及路基横断面图自动输出至 Civil 3D,将设计数据输出至 Excel 形成浸水路基处理工程量清单。



图 4 场地及道路基本模型

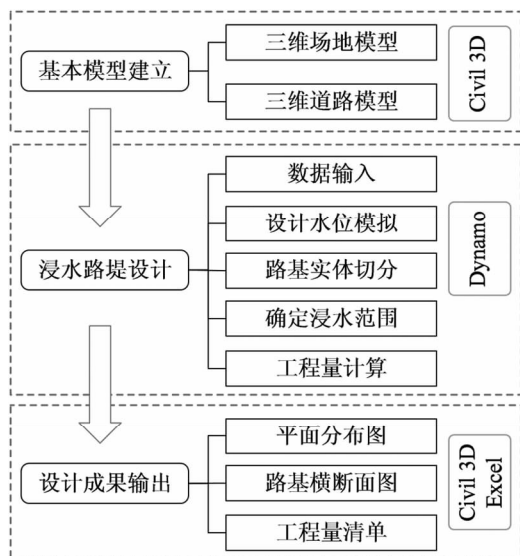


图 3 浸水路基参数化设计总体 workflow

## 3.2 参数化设计过程

### 3.2.1 基本模型建立

利用现有基础资料,在 Civil 3D 中创建地形曲面,搭建三维场地模型;根据相关控制条件和规范要求,经过多次推敲调整后完成环湖路二期路线平纵设计;通过部件编辑器编写常用道路部件,根据已定的标准横断面图创建横断面装配,灵活选用装配对道路全线进行横断面戴帽设计,最终完成三维道路模型的建立。三维场地模型及三维道路模型共同组成了项目基本模型(图 4)。

Dynamo 对 CAD 三维实体对象(solid)具有极强的创建及编辑能力。通过三维道路模型创建道路设计曲面,并通过道路设计曲面与三维地形曲面提取三维路基实体,Dynamo 即以此作为浸水路基参数化设计的执行对象。

### 3.2.2 浸水路基参数化设计

在 Dynamo 的可视化的编程环境下,灵活利用相关原生节点、以模块化的编程思路,编写了浸水路基参数化设计程序,程序主要由基本数据输入、设计水位模拟、浸水区域路基实体切分、浸水范围确定、主要工程量计算等五部分组成。

#### 1) 基本数据输入

根据 Civil 3D 对象的数据类型特点和浸水路基设计的基本原则要求,输入 Dynamo 的基本数据由模型基本数据和设计控制参数两大类组成(图 5)。模型基本数据包含路线桩号数据、廊道模型数据、路基实体数据等,Dynamo 通过对象名称或对象所在图层实现数据的读取和输入;设计控制参数包含设计水位标高、壅水高度、桩号计算精度等,通过 Number Slider 及 Number 等节点实现数据输入和参数化控制。

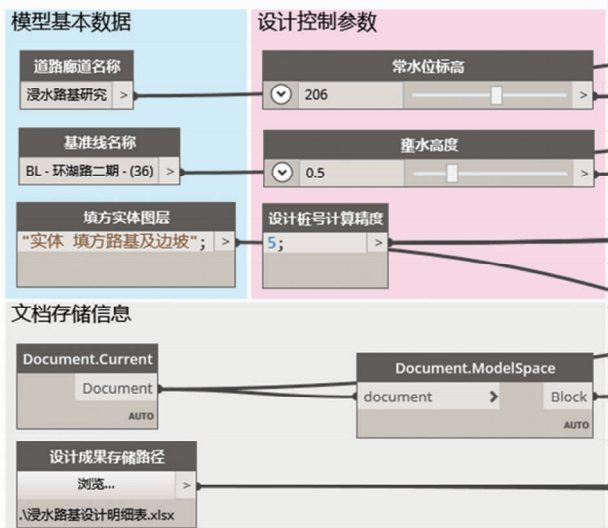


图 5 基本数据输入

#### 2) 设计水位模拟

一般认为水库水面是在任意点处标高均等于设计水位的平面。在 Dynamo 中模拟设计水位,即是创建相应标高的平面对象(Plane)。以路基实体包围盒底面为基准创建路基最低点平面,根据常水位及壅水位标高与该平面的相对高差,在 Z 方向对

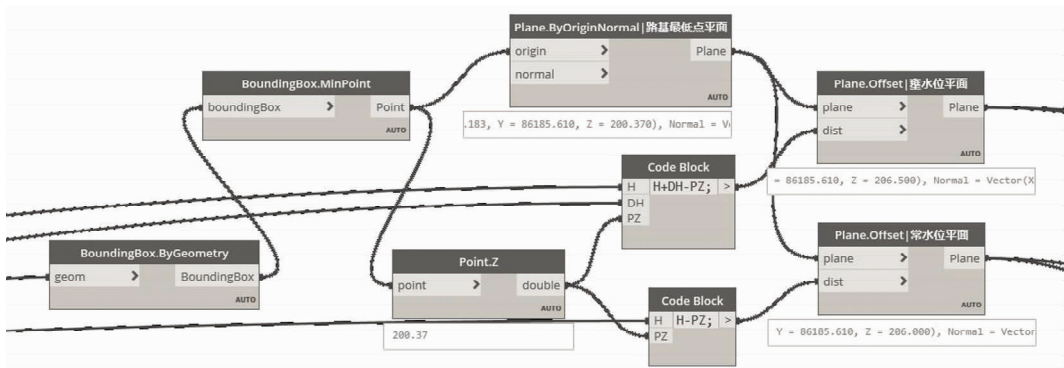


图 6 设计水位模拟

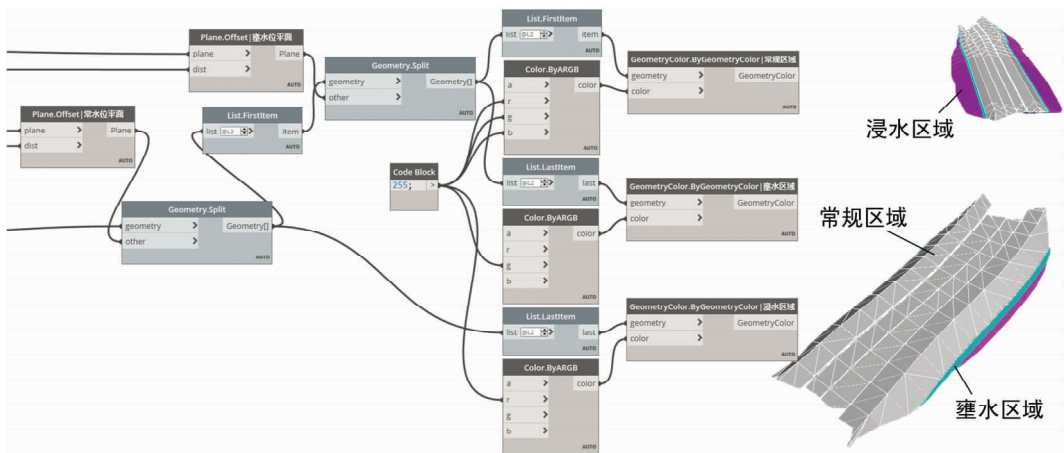


图 7 路基实体切分

最低点平面进行偏移变换即得到常水位及壅水位平面,完成对水库设计水位的模拟(图6)。

### 3) 浸水区域路基实体切分

利用 Geometry.Split 节点,先后通过常水位平面和壅水位平面将填方实体切分成三个区域,从上至下分别为常规区域、壅水区域和浸水区域。为各个区域赋予不同颜色,动态、直观地展示水位与路基的位置关系(图7)。

### 4) 浸水路基范围确定

根据输入的设计桩号计算精度要求,沿路线等步长创建空间直角坐标系并获取 Z-X 坐标平面编组。如图 8 所示,利用 Geometry.DoesIntersect 节点判断坐标平面编组与壅水区域实体是否相交,若判断结果为真(true),则表示该桩号位于浸水路基处理范围以内。根据与壅水区域实体相交的全体 Z-X 平面和路线桩号的映射关系,即可得到浸水路基的设计桩号范围。

### 5) 主要工程量计算

浸水路基主要构成单元包括路基填筑体、护坡坡面及护坡基础等,分别用三维实体、三维曲面及三维多段线在 Dynamo 中简化表达。主要工程量统计可简化为分别计算这三类空间几何对象的体积、面积及长度,再根据设计大样图即可快速计算相关材料数量。

通过 Solid.Volume 节点直接获取浸水区域及壅水区域的路基体积。

通过 PolySurface.BySolid 获取护坡高度范围内路基实体的外表面并炸开成多个单元面。根据单元面的单位法向量 Z 坐标特征(图 9)对单元面进行筛分,仅保留 Z 坐标在 [0,1) 区间内的单元面,重新连接即得到护坡曲面,利用 Surface.Area 获取护坡面积(图 10)。

通过 Surface.PerimeterCurves 提取护坡曲面的边缘曲线,通过 Geometry.Intersect 计算壅水平面与护坡曲面的布尔交集(坡顶线)。边缘曲线与坡顶线的长度之差为护坡交地线长度(图 11),即护坡基

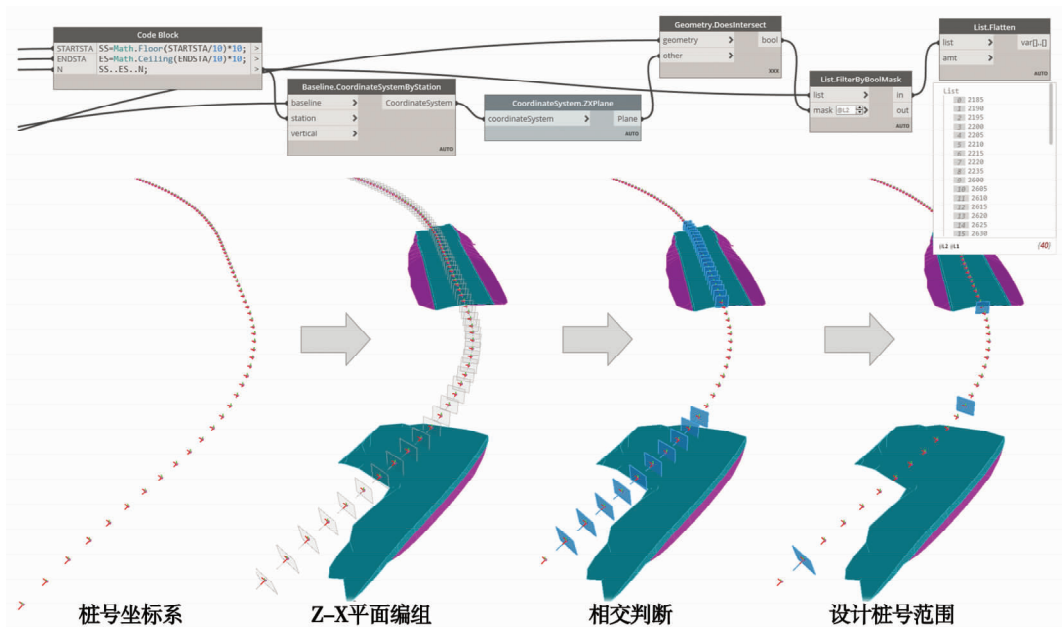


图 8 浸水路基设计范围确定过程

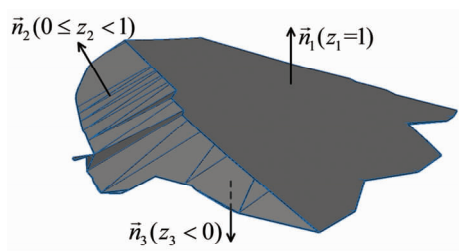


图 9 单元面单位法向量示意

样源添加进横断面图,即可在逐桩横断面图中自动、精确绘制浸水断面(图 12)。

2) 工程量清单

根据设计文件编制要求,将浸水路基设计范围、浸水及壅水区域填方体积、护坡面积、护坡基础长度等数据通过 Data.ExportExcel 节点输出至 Excel,生成工程量清单(图 13)。

3.3 设计效果分析

本项目基于 BIM 正向设计理念,采用上述参数化设计方法对道路沿线涉及的 3 段浸水路基进行了自动判断和设计。

参数化设计以路基三维实体为设计对象,真实模拟水库水位与路基的相对位置关系,准确判断和切分出浸水路基段落,精确统计相关工程数量。相对于传统的基于横断面边坡高度的人工设计方法和基于平均断面法的工程量计算方法,参数化设计技术极大地提高了设计精细化程度。

基础长度。

3.2.3 设计成果输出

1) 图纸成果

设计水位平面与路基实体进行布尔交集计算得到的不规则空间曲面即为设计水位在路基内的理论分布形态。将该曲面边缘以三维多段线(Polyline3D)形式输出至 Civil 3D 的模型空间内,得到浸水路基平面分布图;将三维多段线作为曲面特征线和曲面边缘创建成 Civil 3D 的曲面对象,并作为采

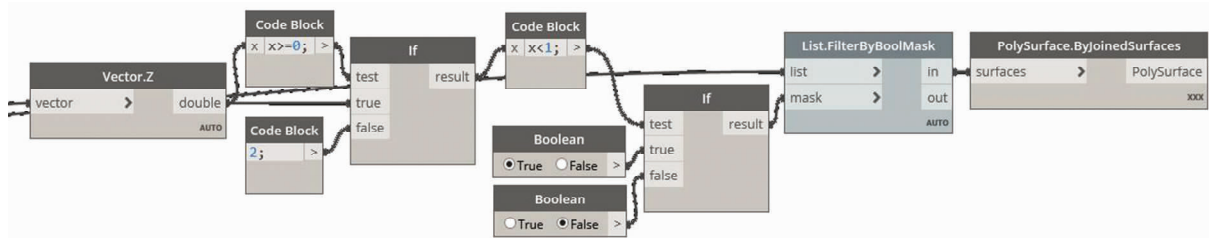


图 10 护坡曲面筛分及面积计算

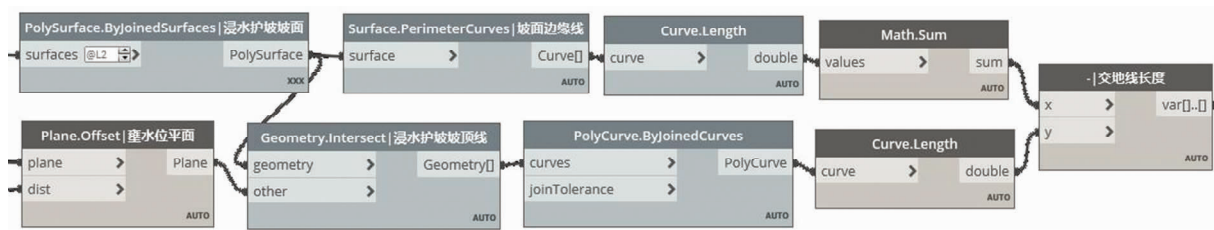


图 11 护坡基础长度计算

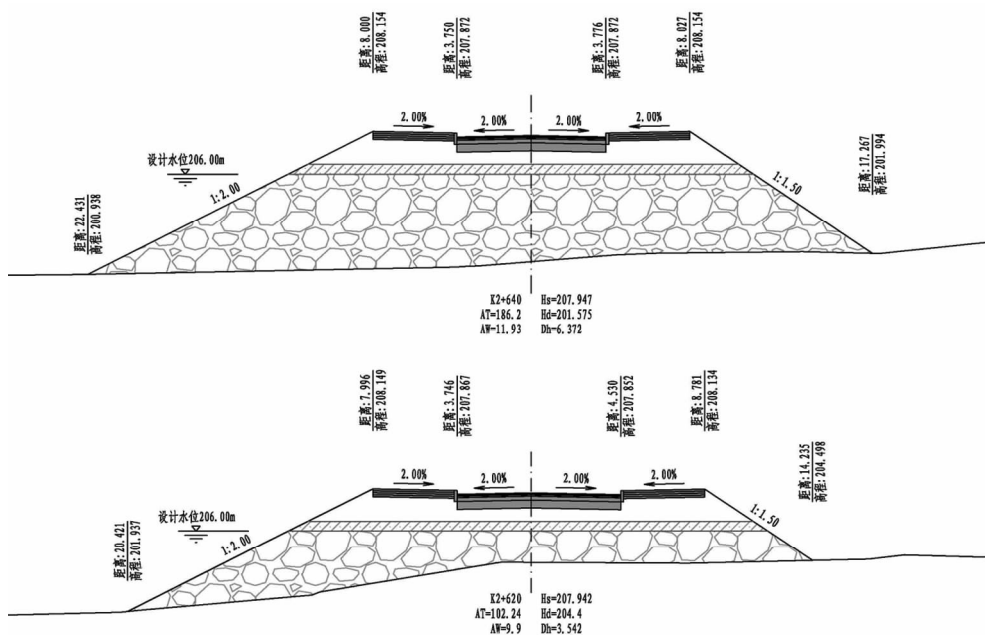


图 12 路基逐桩横断面图

序号	起点桩号	终点桩号	块片石填料 /m <sup>3</sup>	砂砾土填料 /m <sup>3</sup>	浆砌片石护坡 /m <sup>2</sup>	护坡基础 /m
1	2180	2225	0	104	34	51
2	2595	2705	10781	1132	1068	119
3	2765	2820	157	288	88	53

图 13 浸水路基工程量清单

参数化设计仅需设计人员建好相关基础模型，输入相关参数后即可通过运行 Dynamo 程序自动完成相关设计和算量工作，在道路方案反复调整和水位工况变化的条件下亦可以实现设计成果的联动更新，显著提高了浸水路基的设计效率。同时编写的自动设计程序具有极强的复用性，适用于其他类似项目设计。

## 4 结语

本文结合重庆两江协同创新区环湖路二期项目，提出了浸水路基的参数化设计技术路线和实现方法。BIM 正向设计技术提高了本项目的设计成果质量和设计工作效率。研究成果对于类似项目设计具有一定的参考价值。

道路工程 BIM 正向设计技术相对于二维设计方法具有显著价值，以 BIM 模型为核心、Dynamo 为工具的参数化设计方法能够解决路基工程中的部分设计难点，能够满足日益提高的高品质、高效率设计需求，对道路工程正向设计技术的推广和应用具有重要意义。

## 参考文献

[1] 夏诗画,施彦. 基于 BIM 的山地城市隧道工程三维设计及应用研究[J]. 公路交通技术, 2019, 35(6):

- 73-80.
- [ 2 ] 相詩堯,趙杰,徐潤,等. 無人機傾斜攝影與 BIM 技術結合在市政道路設計中的應用[J]. 公路,2019,64(7): 192-195.
- [ 3 ] 劉莉,李國杰,喬偉剛. 基於 Civil 3D 的三維地質建模方法及其應用[J]. 水運工程,2018(8):140-144.
- [ 4 ] 李冰,高紅梅,徐行軍. BIM 技術在公路勘察設計中的應用方案探究[J]. 公路工程,2017,42(6): 132-136.
- [ 5 ] 周游,陳建豐,范宇豐,等. BIM 技術在市政立交設計階段的應用研究[J]. 重慶交通大學學報(自然科學版),2019,38(7): 60-65.
- [ 6 ] 劉相法. BIM 技術在提升公路勘察設計質量中的應用研究[J]. 公路工程,2016,41(6): 164-168.
- [ 7 ] 歐佳佳,戴瑋. BIM 技術在公路工程設計階段中應用研究[J]. 土木建築工程信息技術,2020,12(4): 119-123.
- [ 8 ] 漆亮,鄒雲. BIM + VR 技術在道路設計中的實現方法及應用[J]. 公路交通技術,2019,35(4): 8-13.
- [ 9 ] 王茹,權超超. 公路立交 BIM 參數化快速精確建模方法研究[J]. 圖學學報,2019,40(4): 766-770.
- [10] 林金華,林武,吳福居. 可視化編程在 BIM 參數化建模中的應用技術[J]. 工程建設與設計,2018(22): 276-278.
- [11] 崔強,鍾杰,肖彬,等. Dynamo 參數化設計在軟土路基處理中的應用研究[J]. 重慶建築,2021,20(2): 24-27.

## Application Research on Parametric Design of Soaking Embankment Based on BIM Technology

Cui Qiang, Zhong Jie, Xiao Bin, Zhang Bingnan, Liang Xianwei

(T. Y. Lin International Engineering Consulting (China) Co., Ltd., Chongqing 401121, China)

**Abstract:** In order to decrease the impact of reservoir or river water on the soaking embankment, and improve its slope stability, some special reinforcement measures are usually taken to the design of soaking embankment. Low accuracy and efficiency are the main shortages in traditional design method. According to the conventional design principle of soaking embankment, the BIM-based parametric design workflow was proposed, and the dynamo program taking the filling embankment model as the executive object was compiled. Relying on the Huanhu Road Project(Phase II) in Chongqing Liangjiang Collaborative Innovation Zone, this technical route and design method were validated, the parametric design method of soaking embankment can significantly improve the design quality and working efficiency.

**Key Words:** Road Engineering; Soaking Embankment; Parametric Design; Dynamo; Forward Design