

# 基于 GIS 优化山地城市空间开发土石方应用研究

李志辉

(重庆市勘测院, 重庆市 401121)

**摘要:** 现提出 GIS 技术在优化山地城市地表及地下空间开发土石方的应用方法。GIS 技术不但可以直观展现城市地表空间与自然环境的衔接,还能实现不同设计曲面的土石方测算,结合地下空间土石方计算,得出城市立体空间土石方开发量并以此指导路网和用地竖向优化设计。以龙兴 RS 标准分区路网及用地土石方优化为例,经优化,为城市开发建设取得良好的经济效益和社会效益。

**关键词:** GIS 技术;山地城市;地下空间开发;土石方优化

**中图分类号:** TU5

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2023)08-0297-04

## 0 引言

近年来,我国经历了世界历史上规模最大、速度最快的城镇化进程,城镇化建设和城市发展取得了举世瞩目的成就。随着城镇化进程的逐步推进,城市地表空间和地下空间开发过程中产生大量的土石方,山地城市受独特的地形地貌影响,其土石方工程量尤为巨大,不但建设成本高,对自然生态环境也产生较大压力。

现阶段经济发展进入新常态,城市发展进入新阶段,“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念逐渐深入人心,城市生态文明建设和绿色发展有序推进。在习近平总书记“生态优先、绿色发展”理念引领下,基于 GIS 技术在城市开发建设中的研究与应用正在逐步发展,陈光<sup>[1]</sup>等提出了一种市政道路 BIM 设计模型与 GIS 集成方法,基于 CityGML 扩展框架,通过扩展道路设计模型,研究道路 BIM 数据与 GIS 数据的集成与表达。熊桂开<sup>[2]</sup>、罗睿<sup>[3]</sup>等研究了通过整合三维地理信息环境,集成 GIS 与 BIM 技术,在三维地理信息环境下开展工程设计工作,提高了在复杂环境下山地城市路网规划设计的科学性与可实施性,取得了良好的效益。

在生态优先及集约发展的背景下,国内专家学者不断研究利用新技术探索在城市规划前期阶段对用地布局、路网设计、生态保护进行协调规划,减少建设过程中整体土石方量,实现自然山水保护和可持续发展。

收稿日期: 2022-10-25

作者简介: 李志辉(1985—),男,硕士,高级工程师,从事市政道路设计及科研工作。

## 1 GIS 技术在土石方优化中的应用方法

GIS 技术在优化山地城市空间开发土石方的应用基本思路为基础数据建设、地表空间数据分析、地下空间数据分析、路网优化分析基本研究过程。在分析过程中引入 GIS 云分析大数据处理功能(GIS 云曲面表达),大幅提升大范围路网工程的数据处理能力和效率,实现城市开发空间土石方整体优化的实际运用。具体流程如图 1 所示。

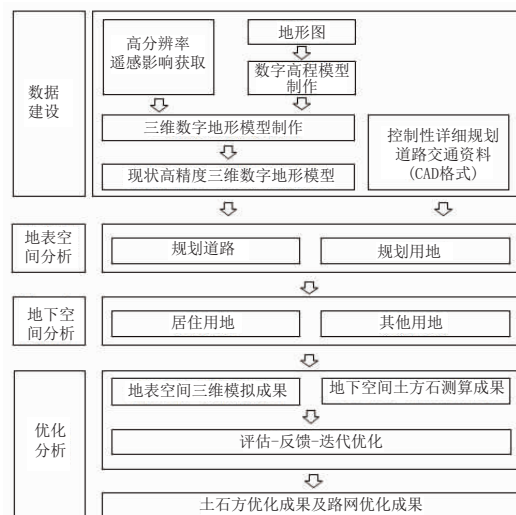


图 1 主要技术路线图

### 1.1 基础数据建设

通过采集获取研究范围的高程数据和现状影像,构建三维平台,集成现状数据形成高精度的三维数字地形模型,为地表空间和地下空间土石方数据分析提供基础平台<sup>[4]</sup>。

### 1.2 地表空间数据分析

在三维数字平台基础上,运用 GIS 技术对规划道路和用地信息数字化,通过大范围高程曲面表达,与

自然地形地貌形成地表空间,计算地表空间开发土石方本底数据。

### 1.3 地下空间数据分析

分析国内外各城市地下空间专项规划以及相关学者对地下空间开发规模预测的研究,探索不同用地性质的容积率与地下空间开挖量的相关性,在规划设计前期阶段,常用有两种分析方法:经验系数法和车位配建系数法。

经验系数法:根据用地性质,通过以往用地建设开发经验总结得出测算系数,在规划前期阶段,可运用经验系数计算地下空间开发所产生的土石方量。运用该方法进行地下空间土石方测算,计算速度快,可粗略判断地下土石方开发规模,随着经济社会发展,经验系数已不能反映不同用地性质地下空间开发强度,仅适用于宏观层面估算。

车位配建系数法:根据规划管理规定中停车位配建标准,测算地下空间土石方量的方法。主要结合用地性质和容积率<sup>[5]</sup>进行计算,比较准确地测算地下空间开发强度,通过式(1)计算:

$$V=F \cdot S / 100 \cdot C \cdot A \cdot X \cdot H \quad (1)$$

式中: $V$ 为地下空间土石方量; $F$ 为建筑容积率; $S$ 为用地面积; $C$ 为用地面积系数,工业用地取值 0.3,其他用地取值 1; $A$ 为车均用地面积,取值  $35 \text{ m}^2/\text{辆}$ ; $X$ 为车位  $/100 \text{ m}^2$  建筑面积的指标; $H$ 为层高,取值 4 m。

在已确定用地建筑容积率的情况下,运用该方法测算地下空间土石方量较为准确。

### 1.4 综合分析优化

结合地表空间和地下空间土石方数据分析,在自然地形地貌环境基础上,对路网进行优化调整,再次运用 GIS 技术对优化调整方案进行数字化处理,构建优化成果曲面,与自然地形进行对比分析并评估,通过“分析-评估-优化”进行迭代调整,从而实现大范围路网用地的整体土石方优化,充分保护生态本底,为创建高品质城市提供基础支撑。

## 2 工程案例

### 2.1 山地城市背景

重庆是典型的山地城市,山水环绕、江峡相拥,是我国著名的“山城”、“江城”,江、河、山、谷既是重庆主城区发展的自然本底和城市特色,同时也对城市建设带来了制约和挑战。据统计,重庆主城区地形坡度小于  $7^\circ$  的坡地占比约 12.3%, $7^\circ \sim 15^\circ$  的坡地占比约 49%, $15^\circ \sim 25^\circ$  的坡地占比约 28.9%, $25^\circ \sim 35^\circ$  的

坡地占比约 7%,大于  $35^\circ$  的坡地占比约 0.6%。独特的地形地貌导致了城市交通设施、建设用地土石方工程量大,建设成本较高。

### 2.2 项目概况

龙兴 RS 分区位于重庆市两江新区龙兴组团北部石船镇,规划面积约  $9 \text{ km}^2$ 。主要以工业用地、科研教育用地、居住和商业商务用地为主。

项目所在区域位于铜锣山与明月山之间,为丘陵地貌。现状地形起伏较大,整体地形呈中部高、西侧和东南侧低,高程范围  $190 \sim 310 \text{ m}$  之间,如图 2 所示。

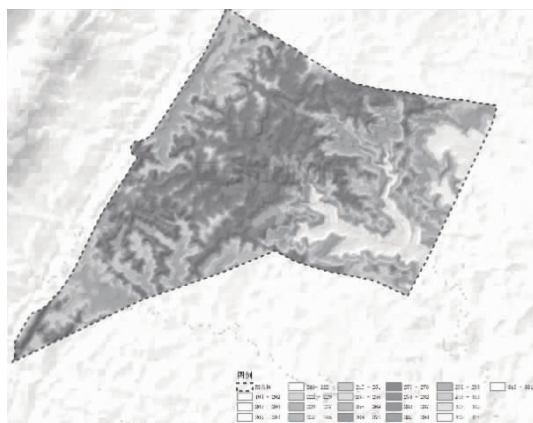


图 2 项目区域高程分布图

### 2.3 建立基础数据模型

该项目采用无人机对规划范围低空航空摄影,并集成构建高精度三维数字模型平台,如图 3 所示。

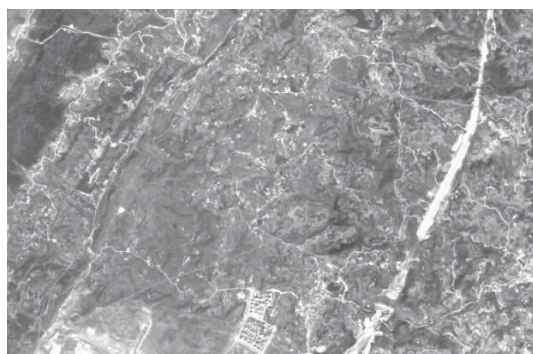


图 3 三维数字模型

### 2.4 地表空间土石方分析

规划研究范围路网总长约  $47.29 \text{ km}$ ,规划用地约 60 个地块。将规划路网平面及高程等信息参数用 GIS 表达,导入三维数字模型中,分析地表空间土石方开发工程量,如表 1 所列。

通过 GIS 技术分析,受地形起伏影响,整体挖方区域较多,规划范围总挖方 3 905 万方,总填方 3 641 万方,弃方 264 万方。地表空间开发土石方已呈现挖余状态。



表 1 地表空间土石方开发工程量一览表 单位:万 m<sup>3</sup>

| 项目 | 挖方    | 填方    | 弃方(缺方) |
|----|-------|-------|--------|
| 路网 | 658   | 819   | 缺方 161 |
| 用地 | 3 247 | 2 822 | 弃方 425 |
| 合计 | 3 905 | 3 641 | 弃方 264 |

2.5 地下空间土石方分析

地下空间土石方计算分别采用经验系数法和车位配建系数法进行测算。

经验系数法:居住用地按 1 层、科研用地按 0.5 层、商业商务用地按 2 层、工业用地的 30%按照 0.5 层计算,地下空间土石方如表 2 所列。

表 2 地下空间土石方工程量表(经验系数法)

| 用地性质 | 占地面积 / 万 m <sup>2</sup> | 层数       | 土石方量 / 万 m <sup>3</sup> |
|------|-------------------------|----------|-------------------------|
| 工业   | 355                     | 30%按 0.5 | 213                     |
| 科研   | 143                     | 0.5      | 286                     |
| 居住   | 35                      | 1        | 140                     |
| 商业商务 | 15                      | 2        | 123                     |
| 合计   |                         |          | 769                     |

车位配建系数法:根据《重庆市城市规划管理技术规定》中停车位配建标准表,各类用地停车位配建有一定的指标要求,按式 1 计算地下空间土石方如表 3 所列。

表 3 地下空间土石方工程量表(车位配建系数法)

| 用地性质 | 占地面积 / 万 m <sup>2</sup> | 容积率 | 土石方量 / 万 m <sup>3</sup> |
|------|-------------------------|-----|-------------------------|
| 工业   | 355                     | 2.0 | 224                     |
| 科研   | 143                     | 2.0 | 281                     |
| 居住   | 35                      | 1.5 | 102                     |
| 商业商务 | 15                      | 2.0 | 52                      |
| 合计   |                         |     | 659                     |

上述两种方法计算地下空间土石方量有一定差距,该研究项目已确定容积率,地下空间土石方量按车位配建系数法计算更为准确,因此取值为 659 万方。

2.6 地表及地下空间综合分析及优化

根据上述测算,地表空间及地下空间整体土石方总弃方量大,达 923 万方。结合现状自然地形地貌条件,通过三维数字模型对路网和用地与地形地貌结合不佳的区域,开展科学合理的优化调整。运用 GIS 技术分析优化片区路网节点竖向高程,在满足现行规范和路网交通功能前提下,统筹路网、用地、地

形相协调,优化节点高程。

结合三维模拟分析(见图 4 和图 5 所示)、纵断面设计,对研究区范围内道路竖向优化调整,共优化 58 处节点。优化后地表空间土石方开发工程量如表 4 所列。

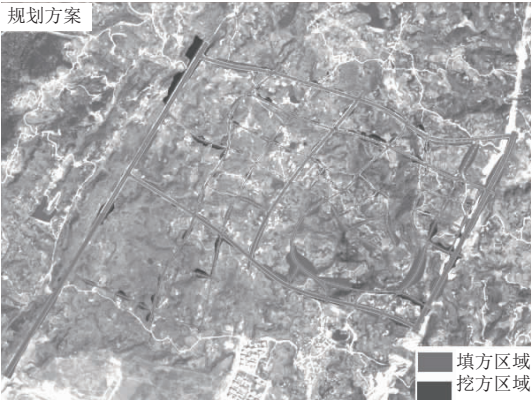


图 4 规划方案竖向优化及生态环境适应性对比图

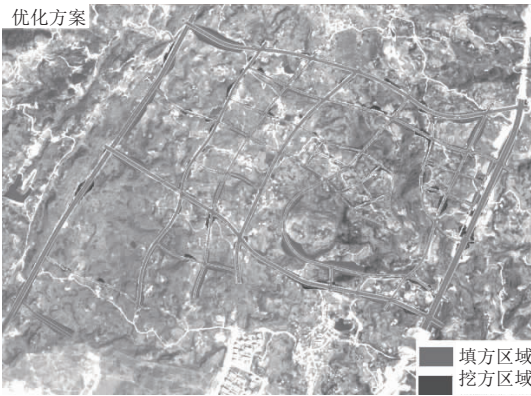


图 5 优化方案竖向优化及生态环境适应性对比图

表 4 地表空间土石方开发工程量表(优化后) 单位:万 m<sup>3</sup>

| 项目 | 挖方    | 填方    | 弃方(缺方) |
|----|-------|-------|--------|
| 路网 | 601   | 940   | 缺方 339 |
| 用地 | 2 501 | 2 980 | 缺方 479 |
| 合计 | 3 102 | 3 920 | 缺方 818 |

考虑地下空间土石方量 659 万方,仅缺 159 万方,片区开发土石方趋于平衡,填缺略有富余,城市开挖土石方量大幅减少,同时避免了土石方的外弃调运,缓解了渣土运输对城市生活品质的影响,降低了土石方开发成本。优化方案有利于后期城市立体空间的开发建设,与现状结合更优,满足城市与生态环境的可持续发展。

3 结 语

城市的高品质发展与生态环境息息相关,现提

出了 GIS 技术在优化山地城市地表及地下空间开发土石方的应用方法, GIS 技术在大片区规划范围中能快速直观地展现城市地表空间与区域地形地貌的衔接情况, 结合地下空间土石方的准确测算, 为片区路网优化明确了研究方向。通过三维数字模型平台动态调整优化, 实现城市立体空间土石方开发经济合理。最后以龙兴 RS 标准分区路网及用地土石方优化为例, 验证了该方法的科学性、准确性、合理性, 为城市开发建设取得良好的经济效益和社会效益, 实现城市发展与自然生态环境取得和谐共生的良好局

面。

#### 参考文献:

- [1] 陈光, 薛梅, 刘金榜, 等. 一种市政道路 BIM 设计模型与三维 GIS 数据集成方法[J]. 地理信息世界, 2018, 25(3): 82-90.
- [2] 熊桂开, 朱丽丽, 薛梅. GIS-BIM 技术在山地城市路网优化设计中的应用[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2017, 36(4): 90-95.
- [3] 罗睿, 黄凯. 基于 GIS 的 BIM 技术在路网优化设计中的应用研究[J]. 城市勘测, 2019(5): 42-46.
- [4] 何兴富, 谢征海. 基于地理设计的三维道路设计系统研究与实现[J]. 地理信息世界, 2013, 20(6): 72-76.
- [5] 刘俊. 城市地下空间需求预测方法及指标相关性实证研究[D]. 清华大学土木工程系, 2009: 39-43.

## 《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴, 为您提供平台, 携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: [cdq@smedi.com](mailto:cdq@smedi.com)