

复杂场地条件下市政道路竖向设计方法研究

摘要：复杂场地中的市政道路竖向设计受到起伏地形、既有道路、建筑出入口、桥涵节点、地下管线及排水系统等多重条件制约，单纯依据道路纵坡指标进行拉坡，易产生局部积水、衔接突变、土方失衡和管线埋深不足等问题。本文从基础资料整合、控制点分级、纵横断面协同和多专业校核出发，提出面向复杂场地的竖向设计方法，并讨论交叉口、低洼段和沿线出入口等关键节点的处理方式。研究表明，将道路高程设计由单线拉坡转化为道路、场地、排水与管线协同的三维控制过程，能够在满足行车安全和排水要求的同时降低工程调整成本，提高设计方案的适应性与可实施性。

关键词：复杂场地；市政道路；竖向设计；控制点；排水组织

引言

市政道路竖向设计承担着组织车辆运行、衔接沿线用地、引导地表径流和控制工程土方的重要任务。平坦新建区域的道路高程通常可依据规划标高和技术指标顺向确定，但旧城改造、山地组团、滨水低洼区及多工程交叉地段往往存在地形突变、控制标高密集、建设时序不一致等特征。若设计阶段仍采用“先定道路纵断面、后协调其他专业”的线性流程，容易使局部设计满足规范而整体系统失配。依据《城市道路工程设计规范》CJJ 37—2012（2016年版），道路竖向设计应兼顾行车舒顺、排水通畅及周边竖向条件[1]。因此，有必要建立以约束识别为起点、以关键控制点为骨架、以多专业联合校核为闭环的设计方法，使有限的高程调整空间得到合理分配。

1 复杂场地市政道路竖向设计的约束分析

1.1 自然地形与既有建成环境的复合约束

复杂场地的首要特征是自然高差与人工建成界面相互叠加。山地道路沿线可能连续出现陡坡、冲沟、台地和边坡，若纵断面机械追随地形，会导致纵坡变化频繁、竖曲线长度不足及驾驶视距受限；若过度削峰填谷，又会增加高边坡、挡墙和地基处理工程量。旧城区则受到既有道路标高、建筑室内外地坪、商铺门槛、院落出入口及历史街巷排水方向的限制，道路抬高可能造成雨水倒灌，降低又可能使管线覆土不足。因此，勘察阶段不能仅取得道路中线地面高程，还应形成覆盖道路红线外一定范围的数字地形模型，并测定门槛、围墙、台阶、地下车库坡道、桥涵端部及挡墙顶底等特征点。对于沉降区、填方区和软弱地基，还应预估施工后高程变化，将地基变形量纳入竖向控制，防止设计高程在运营阶段失效。

1.2 道路交通、排水与地下空间的耦合约束

道路竖向并非独立的几何设计，其结果同时决定交叉口运行、雨水汇流路径和地下管线布置。交叉口范围既要保证主要道路纵向连续，又要控制支路接坡、横坡过渡和无障碍通行；桥梁、隧道、铁路及综合管廊节点则受到净空、结构厚度和覆土要求约束，通常属于不可随意调整的刚性控制点。排水方面，道路最低点、变坡点、超高过渡段和凹形竖曲线可能形成汇水集中区，若雨水口位置与纵断面不同步，容易出现路面积水。现行排水要求强调雨水管网、源头减排和排涝除险设施的协同[2-3]，因此竖向设计应预先识别地表行泄通道及受纳水体标高。地下管线则要求在道路高程、管顶覆土、重力流坡度和交叉净距之间取得平衡，尤其污水管和雨水箱涵受下游出口标高控制，常会反向限定道路可调整范围。

2 复杂场地条件下的道路竖向设计方法

2.1 基于控制点分级的纵断面设计

纵断面设计宜先建立“刚性—弹性—协调性”三级控制体系。桥面高程、隧道净空、铁路交叉、既有重要管渠出口、防洪控制水位及不可改造建筑门槛可列为刚性控制点；交叉口中心、一般建筑出入口和规划支路标高属于允许小幅调整的弹性控制点；普通地面、绿化带和待开发地块则作为协调性控制区。设计时先锁定刚性点，再按照道路等级、设计速度和地形条件拟定纵坡区段，通过竖曲线连接变坡点，并检查最大、最小纵坡、坡长及停车视距。对于高差集中区，不宜用单一陡坡一次消化高差，可通过平面线位微调、分段展线、设置挡墙或局部抬降相邻场地分散处理。纵断面方案应至少形成安全优先、土方平衡和排水优先等比选工况，以总挖填量、边坡高度、结构物规模、拆改工程量和运行风险为指标进行综合评价，避免仅以最小土方量确定方案。

2.2 纵横断面协同与关键节点精细化处理

道路中线高程确定后，应同步生成道路边线、路缘石顶、非机动车道、人行道及红线边界的三维高程面，避免以统一横坡简单外推。直线路段可按路拱组织横向排水，超高段应重点检查低侧汇水和超高过渡区反坡；沿街建筑密集段应利用路缘石高差、树池带或线性排水设施，协调道路排水与门前接顺。交叉口宜采用网格法或三角网法布设控制点，保持主要道路纵坡趋势，并通过路脊线、谷线和等高线推演确定各进口道及转角高程，防止中心平顺而角点积水。低洼段应首先判断能否通过纵坡微调取消封闭汇水区；无法取消时，需将凹点位置与雨水口、调蓄设施和应急排水通道共同设计。建筑出入口应校核车辆底盘通过性及人行道连续性，管线密集节点则采用综合断面复核道路结构层、管线覆土和交叉净距，使地上、地下空间共享同一高程基准。

3 设计校核与方案优化

3.1 排水安全、土方平衡与工程可实施性校核

竖向方案完成后，应开展从常规降雨到超标准降雨的分层校核。常规工况下，根据道路高程面划分汇水分区，检查每个最低点是否具有明确的雨水入口和下游出路；强降雨工况下，则应识别水流越过路缘石后的路径，检验下穿通道、地下车库和重要公共设施是否处于受淹方向。在滨水或低洼区域，还需将受纳水体顶托和泵站停运等不利条件纳入校核。工程经济方面，应利用三维地形与设计面计算分段挖填量，区分可利用土、弃方及特殊土处理量，并综合比较挡墙、边坡防护、地基处理和管线迁改成本。施工可实施性校核应关注分期交通导改、临时排水和新旧路面接缝，避免设计高程只能在一次性封闭施工条件下实现。

3.2 数字化迭代与多专业协同复核

复杂场地竖向设计宜建立“资料建模—控制点赋值—方案生成—冲突检测—指标评价—反馈修正”的数字化迭代机制。通过道路三维模型关联测量点、地质信息、管线模型和排水设施，可自动提取纵横断面、识别异常坡段，并以高程差、净距不足和封闭汇水区作为冲突规则。设计评审不应停留在二维图纸会签，而应由道路、排水、管线、桥梁、景观及规划专业共同核对统一模型；当某一控制点调整时，及时追踪其对相邻路口、管渠坡度、土方量和出入口接顺的连锁影响。施工图阶段还应建立控制点成果表，明确点位坐标、设计高程、允许偏差、责任专业及复核依据，并结合现场复测更新模型。由此可将竖向设计从一次性出图转变为贯穿勘察、设计与施工的动态高程管理过程。

结语

复杂场地条件下，市政道路竖向设计的核心并不是寻找一条满足纵坡指标的中线，而是在交通安全、场地衔接、排水防涝、地下空间与工程经济之间建立可验证的高程秩序。采用控制点分级能够明确调整边界，纵横断面协同可减少局部突变和积水风险，多工况校核及数字化迭代则能及时发现专业冲突。实际工程中还应根据道路等级、建设时序和场地敏感程度确定控制精度，并通过现场复测、模型更新和施工反馈形成闭环，最终提高竖向设计的系统性、适应性与落地质量。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市道路工程设计规范：CJJ 37—2012（2016年版）[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2016.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 室外排水设计标准：GB 50014—2021[S]. 北京：中国计划出版社，2021.

[3] 中华人民共和国住房和城乡建设部，国家市场监督管理总局. 城乡排水工程项目规范：GB 55027—2022[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2022.