DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.260874

丘陵地貌条件下城市道路平面线形分幅设计实践
——以揭阳理工学院配套道路为例

金 涛
(华南理工大学建筑设计研究院有限公司,广东 广州 510641)

摘 要: 针对丘陵地貌下山体、沟谷、基本农田及用地边界对城市道路的多重约束,传统整体式断面易引发深挖高填与生态破坏等问题。以揭阳理工学院配套道路大学路为例,提出“依山就势、上下分行、分幅错层”的平面线形分幅设计方法。通过上下行车道分别定线、错层布置,并结合平纵横协同优化、渐变过渡衔接及填挖方调配,使两幅道路分别贴合所在侧原地面。实践表明,该方法有效减少了深挖高填和石方开挖规模,降低了边坡支护需求,成功保留了沿线原石与植被,改善了道路与周边山体及景观环境的协调性,实现了道路功能、工程经济与生态保护的统一,可为同类丘陵地区城市道路设计提供参考。

关键词: 丘陵地貌;城市道路;平面线形;分幅设计
中图分类号: U412.3;TU997 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2026)11-0134-05

Practice of Urban Road Planar Geometry Layout Design under Hilly Terrain Conditions
Taking the Supporting Roads of Jieyang Institute of Technology as an Example

JIN Tao
(Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510641, China)

Abstract: Due to the multiple constraints of mountainous terrain, hillsides, gullies, basic farmland and land boundaries on urban roads, traditional integrated sections are prone to problems such as deep excavation and high filling, as well as ecological damage. Taking the university road, which is a supporting road of Jieyang Institute of Technology, as an example, a planar linear section partition design method of "following the terrain, arranging in layers up and down, and partitioning in staggered layers" is proposed. By separately determining the lines for the up and down car lanes, arranging them in staggered layers, and combining with the coordinated optimization of the horizontal, vertical and longitudinal aspects, gradual transition and connection, as well as the allocation of filling and excavation volumes, the two sections of roads can respectively fit the original ground of the adjacent side. Practice has shown that this method effectively reduces deep excavation and high filling, as well as the scale of stone excavation, reduces the demand for slope support, successfully retains the original stones and vegetation along the route, improves the coordination between the road and the surrounding mountains and landscape environment, and realizes the unity of road functions, engineering economy and ecological protection. It can provide a reference for the design of urban roads in similar mountainous areas.

Keywords: hilltop terrain; urban roads; planar geometry; sectional design

0 引 言

随着城市建设逐步向丘陵及山地地区拓展,道路工程面临地形起伏大、用地条件受限、生态环境敏感及土石方工程量较大等问题。传统整体式道路断面通常采用统一中线和设计高程,难以充分适应山坡、沟谷及岩体出露等复杂地形,容易引发深挖高填、边坡规模扩大和景观破坏[1-2]。平面线形分幅设计可利用自然高差,将上下行车道分别布设于不同地形平台,并通过线位、纵坡和横断面的协同调整,提高道路对原地貌的适应能力[3-4]。本文以揭阳理工学院配套道路大学路为研究对象,结合低缓丘陵地貌、基本农田边界、校园出入口及原石保护等控制

收稿日期:2026-08-07
作者简介:金涛(1985—),男,本科,高级工程师,从事路桥设计工作。

条件，分析分幅设计的总体策略、参数选取及关键技术，探讨丘陵地区城市道路平面线形优化与工程实施方法。与一般山区公路分离式路基主要解决地形高差问题不同，本工程还受到城市道路规划红线、交叉口衔接、非机动车系统、市政管线及景观空间等多重约束。本文的技术特点主要体现在：一是采用上下行分别定线的方式，使两幅道路平面位置与纵断面高程分别适应两侧地形；二是利用中央绿化带宽度及放坡共同消化两幅高差，形成平面线位—纵坡—横断面协同控制方法；三是在规划红线基本不变的条件下，通过分幅错层减少山体开挖及高填路基，为受限红线内丘陵城市道路设计提供工程参考。

1　工程概况与地形特征分析

1.1　工程概况

揭阳理工学院配套道路位于揭阳市惠来县揭阳滨海新区粤东新城，主要承担校园对外交通、市政管线接入及景观衔接功能。外部道路包括大学路、科教西路和景观路，总长约 6 445.409 m。其中，大学路为城市主干路，长 2 857.48 m，红线宽 36 m，双向 4 车道并设置非机动车道，设计速度 40 km/h，局部限速 30 km/h；科教西路为城市次干路，红线宽 24 m，设计速度 30 km/h。设计贯彻“保护山体、贯通水系、优化绿植、顺应肌理”理念，通过线位优化和局部分幅，降低山体开挖与生态扰动。项目地理位置如图 1 所示。

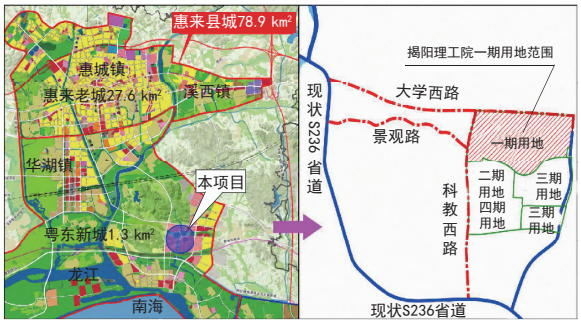


图 1　项目地理位置图

1.2　项目区丘陵地貌特征

项目区属低缓丘陵地貌，场地位于山体之间，地形起伏较明显，现状标高 5.67 ~ 50.65 m，山坡坡度多为 5° ~ 20°。沿线微丘、缓丘与沟谷交错分布，局部花岗岩裸露，植被较为茂密，现状边坡总体稳定。地下水以孔隙水和基岩裂隙水为主，主要接受大气降水及周边地表水补给，水位受季节变化影响明显。受丘脊、沟谷及水系分布制约，道路选线需顺应山势，合理避让陡坡、冲沟和岩体出露区，减少深挖高填及植被破坏。

1.3　地形对道路线形设计的影响与约束

项目区山体、沟谷及基本农田相互交错，道路平面线位可调整空间有限，既要衔接校园出入口和现状道路，又需避让原石、坟墓及陡坡地段。沿线高差较大，部分路段纵坡接近控制值，平纵组合难度较高。标准横断面宽度较大，在临山、临沟路段布置较为局促，若采用整体式断面，容易形成大面积挖方、高边坡或高填路堤，增加支护和排水工程。与此同时，沿线植被、山体和农田保护要求较高，道路线形设计需在通行能力、工程造价与生态影响之间进行协调[5]。

2　平面线形分幅设计的总体策略

2.1　分幅设计的核心理念与原则

本文所述“分幅设计”是指在城市道路规划红线及总体交通功能基本确定的条件下，将上下行车道分别设置独立设计线，并根据两侧地形分别确定平面位置和设计高程，其与山区公路采用完全独立路基的分离式布设存在一定区别。城市道路分幅除满足地形选线要求外，还需同时考虑规划红线、交叉口、慢行系统、市政管线及景观空间。为更清晰地区分本工程分幅设计与一般山区公路分离式路基的差异，从断面形式、用地控制、管线敷设、适用场景等维度进行对比，如表 1 所示。

表 1　分幅设计与分离式路基的主要区别

对比维度	本工程分幅设计（城市道路）	一般山区公路分离式路基
断面形式	两幅路共用红线，中央绿化带变宽放坡，人行道及非机动车道连续	两幅路基完全分离，中间无统一绿化带或仅留自然间隔
用地控制	受规划红线约束，中线偏移量有限，新增征地需专项协调	用地相对灵活，可大幅绕避地形
管线敷设	市政管线（给排水、电力、通信等）需统筹穿越两幅之间或绿化带内	管线主要沿单幅路基布设，交叉较少
适用场景	城市建成区或规划区，需兼顾慢行交通、景观、出入口衔接	山区公路，以机动车通行为主，附属设施简单

因此，其应用不仅适用于地形高差明显路段，也可用于地质条件差异较大、生态敏感目标集中或局部构筑物需要避让的路段。丘陵地区城市道路分幅设计应以“依山就势、上下分行、分幅错层”为基本思路，在满足道路等级、交通功能和安全要求的前提

下，充分利用现状地形高差布置上下行车道[6]。设计中不宜简单采用统一标高的整体式断面，而应结合山坡走向、沟谷位置及沿线控制点，对两幅道路的平面线位和设计高程分别进行调整，使其尽量贴近原地面。线位选择应避开陡坡、原石及生态敏感区域，减少大挖方、高填方和高边坡设置。分幅范围及高差还应兼顾交叉口衔接、排水组织、管线布置和施工条件，保证分离与汇合段过渡平顺。通过平面、纵断面与横断面的统筹调整，使道路建设与原有山体、植被及水系相协调[7]。

2.2 平面分幅的总体方案

结合大学路北侧临山、南侧受基本农田及校园用地边界限制的实际条件，分幅设计主要布置于 K0+240.00—K1+060.00 和 K1+700.00—K2+240.00 路段。方案利用沿线自然高差，将上下行车道分别设置在不同高程平台，并通过中央绿化带放坡形成错层断面，使两幅道路尽量贴近原地面。分幅路段两端设置汇合过渡段，与整体式路段平顺衔接，避免线位和高程突变。

平面布置中，上下行车道分别顺应山坡与沟谷走势，适当绕避山体、冲沟及原石出露位置，并保留条件较好的植被[8]。K1+960.00 和 K2+340.00 附近结合原石位置调整中央分隔带及车道布置，以减少开挖。分幅方式的确定还需兼顾双向交通组织、非机动车通行、交叉口衔接、排水管线布置及征地范围，在满足道路功能的同时控制高填深挖和边坡工程规模[9]。对于局部两幅中线间距增加的路段，设计优先通过压缩无效边坡宽度、调整中央绿化带形态及优化车道线位解决空间矛盾，不以突破规划道路红线作为常规处理方式；确需局部调整时，则结合道路用地条件进行专项协调，从而控制新增征地范围。道路平面分幅总体方案如图 2 所示。

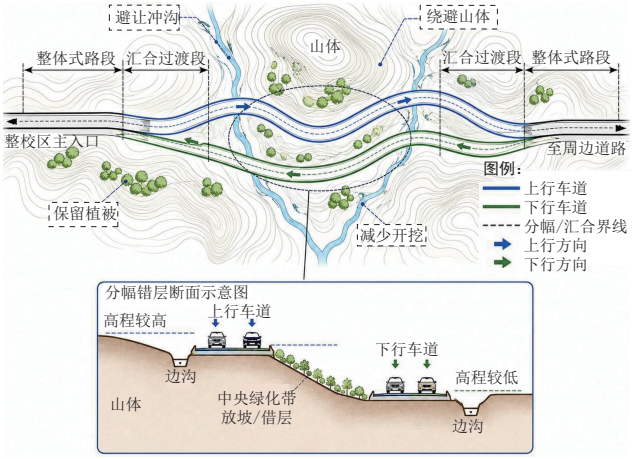


图 2 道路平面分幅总体方案示意图

2.3 平面线形关键设计参数

丘陵地区道路平面线形受山脊、沟谷及用地边界影响，具有直线段较短、平曲线占比较高和曲线连续布设等特点。本工程依据大学路 40 km/h 的设计速度，结合分幅路段地形高差，分别确定上下行道路中线及曲线参数。线形设计优先采用较大圆曲线半径，在受山体、原石和基本农田限制的局部路段，通过适当调整曲线半径、偏角及缓和曲线长度，使车道边缘贴合自然等高线。直线与圆曲线之间设置回旋线，以渐变横向加速度和超高，避免车辆进入曲线时产生突变；相邻曲线则根据转向关系采用基本型、S 形或复曲线组合，减少短直线和反向曲线突变[10]。《城市道路工程设计规范》（CJJ37—2012）（2016 年版）规定，直线与圆曲线以及不同半径圆曲线之间应按条件设置缓和曲线；本工程参数均高于相应最低控制要求。分幅路段两幅线形不作机械平行布置，而是在保证视距、车道宽度及中央分隔带渐变连续的基础上分别拟合地形，实现道路安全性、舒适性与地形适应性的统一。大学路典型分幅路段平面线形设计参数如表 2 所示。

表 2 大学路典型分幅路段平面线形设计参数

代表性路段	设计速度/(km·h⁻¹)	圆曲线半径/m	缓和曲线长度/m	平曲线组合形式	两幅中线最大偏移量/m
K0+240.00—K0+520.00	40	350	50	直—缓—圆—缓—直	6.8
K0+520.00—K1+060.00	40	280	55	S形曲线	9.5
K1+700.00—K1+960.00	40	220	60	基本型曲线	8.2
K1+960.00—K2+240.00	40	300	50	复曲线	10.4

2.4 分幅设计与平纵横协同

本工程平面分幅设计并非单独确定线位，而是结合纵断面和横断面进行反复调整。大学路沿线地形起伏较大，若上下行车道采用同一设计高程，临山侧易形成深挖边坡，临沟侧则需设置较高填方。通过两幅道路分别定线，可根据各自所处地形条件调整设计高程和纵坡，使车道尽量贴近原地面，并减小局部纵坡变化幅度[11]。横断面设计则结合山坡方向采用非对称布置，利用中央绿化带放坡消化两幅高差，局部调整人行道、非机动车道及边坡宽度。横断

面宽度和高差变化又会影响两幅中线间距及平曲线位置,因此在 K0+240.00—K1+060.00、K1+700.00—K2+240.00 等路段,对平面线位、纵坡及断面形式进行了多轮校核。最终使分幅道路在满足视距、排水和交通组织要求的同时,减少高填深挖,并保证分离、错层和汇合段过渡平顺。

3 分幅设计关键技术与实践

3.1 平面线位优化与地形自适应

本工程依托 1∶1 000 地形图及无人机实测数据,对沿线山体、沟谷、原石及植被分布进行分析,提取等高线、坡度与地形起伏信息,进行多方案比选与优化。优化过程中以“贴地走线、少挖少填、保护生态”为原则,结合山体走向和等高线走势调整平曲线位置与线形组合,使道路中线尽量贴合自然地形,避免大开挖和高填方。在丘陵沟壑地段,采用“避让冲沟、绕行山岭”的选线策略:一方面通过加大圆曲线半径、调整偏角和缓和曲线长度,顺应山脊和缓坡布线,减少对山体的切割;另一方面对深切冲沟、陡坡及岩体出露区主动绕避,保持必要安全距离,减少跨沟构造与边坡支护工程[12]。结合现场踏勘与三维地形建模,对 K0+520—K1+060、K1+960—K2+240 等路段的平面线位进行微调,使道路与既有地形之间的高差最小,填挖边坡高度控制在合理范围内,既满足道路功能,又尽量保留原有植被与地形肌理,实现道路与自然的和谐共生。平面线位优化与地形自适应示意图如图 3 所示。

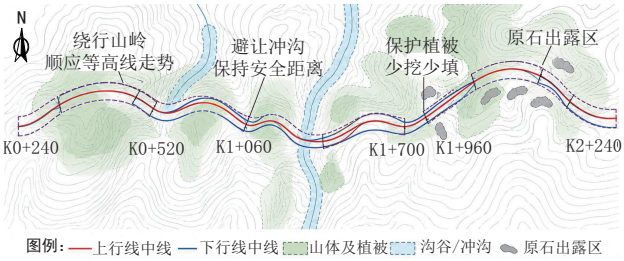


图 3 平面线位优化与地形自适应示意图

3.2 上下行分幅的线形衔接与过渡

本工程在 K0+240.00—K1+060.00 及 K1+700.00—K2+240.00 路段采用上下行分幅布置,并在分幅起终点设置渐变过渡段,实现与整体式断面的平顺衔接。平面上,两幅道路中线由整体式路段逐渐向两侧分离,通过调整缓和曲线长度、曲线半径及中线偏移量,控制车道边缘和中央分隔带宽度连续变化,避免出现突变、折线及短距离反向弯曲。汇合段则采用相反的渐变方式,使两幅中线逐步靠拢,并与整体式道路中心线顺接。纵断面设计结合山坡自然高差分别拟定上下行车道高程,在分幅段形成错层布置,最大限度贴近原地面;在分离和汇合位置采用缓坡渐变控制两幅高差,避免纵坡突变影响行车舒适性。中央分隔带根据两幅中线间距采用变宽度设计,错层较大处利用绿化放坡、挡墙或局部支护消化高差,过渡段逐渐收窄至标准宽度。同时统筹设置截排水设施、管线通道及防护构造,保证分幅路段线形连续、排水顺畅及交通运行安全[13]。

3.3 填挖方平衡与生态保护

本工程结合大学路沿线丘陵地形起伏及临山、临沟分布特征,通过上下行车道分幅错层布置,使两幅道路设计高程分别贴近所在侧原地面,降低整体式断面统一开挖或填筑造成的土方集中[14]。对于 K0+240.00—K1+060.00 和 K1+700.00—K2+240.00 路段,临山侧车道适当抬高或外移,减少山体切坡;临沟侧车道则根据沟谷高程降低填筑高度,并利用中央绿化带放坡消化两幅高差。设计过程中结合纵断面反复调整变坡点和坡长,将局部挖方用于低洼路段填筑,尽量实现分段土方内部调配,减少弃方、借方及运输距离。同时,通过平面线位微调避让原石、陡坡和植被密集区,缩小边坡开挖范围,降低高边坡支护与坡面防护工程量。中央分隔带及道路边坡优先采用自然放坡和植被恢复方式,保留原有乔灌木和山体轮廓,并结合截水沟、排水沟及生态护坡控制水土流失[15]。上述措施在满足道路通行和结构安全的基础上,实现了填挖方协调、工程扰动减小及丘陵生态景观延续。

3.4 实施效果分析

大学路局部分幅方案实施后,上下行车道分别贴合山坡两侧原地面,减少了整体式断面统一高程条件下形成的集中挖方、高填路堤及大范围边坡支护。分幅段利用 4 m 宽中央绿化带放坡消化高差,其中 K0+240.00—K1+060.00 段最大高差为 2.7 m,K1+700.00—K2+240.00 段最大高差为 1.0 m。

为客观评估分幅设计的工程效益,选取常规整体式断面方案作为比选基准。该方案采用与分幅方案完全相同的规划红线(36 m)和设计速度(40 km/h),线位段落桩号范围一致(K0+240.00—K1+060.00 及 K1+700.00—K2+240.00),按统一中心线高程进行平纵设计,横断面采用标准对称形式,未针对两侧地形进行上下行分别定线;边坡按常规 1∶1.5 放坡处理,未考虑原石避让、中央绿化带变宽放坡等特殊措施。

工程量按该假定线位及断面进行估算。结合设计阶段工程量统计，对常规整体式断面与分幅方案进行技术经济比较，结果如表3所示。

表3　常规整体式断面与分幅方案主要工程量对比

指标	常规整体式断面	分幅方案	降幅（%）
土石方总量/万 m^3	18.60	15.20	18.3
石方开挖量/万 m^3	6.40	4.70	26.6
边坡防护面积/万 m^2	3.15	2.42	23.2
征地面积/hm^2	6.82	6.34	7.0

注：表3中常规整体式方案工程量为按统一中心线高程、标准对称横断面及常规放坡条件下的估算值，未计入避让原石及生态敏感点等特殊措施。

由表3可见，分幅方案实施后，土石方总量减少18.3%，其中石方开挖量减少26.6%，边坡防护面积减少23.2%，征地面积减少7.0%，说明分幅错层布置对控制山体开挖和边坡工程规模具有较明显作用。通过调整中央分隔带及道路平面位置，还保留了K1+960.00、K2+340.00附近原石。两幅道路分别进行平纵设计后，分离与汇合段衔接连续，交叉口、非机动车道及排水设施均能顺利接顺。综合来看，分幅设计在保证道路通行功能的同时，降低了土石方及边坡防护工程量，减少了对原有地形和植被的扰动，具有较好的工程经济性和地形适应性。

4　结　语

丘陵地貌条件下，城市道路平面线形设计需突破整体式断面统一布设的传统思路，充分考虑山体走向、沟谷分布、用地边界及生态保护要求。揭阳理工学院配套道路通过采用“依山就势、上下分行、分幅错层”的设计方法，对上下行车道分别进行平面定线和纵断面控制，并结合中央绿化带放坡、变宽分隔带及渐变过渡段，实现了平面、纵断面和横断面的协同优化。工程实践表明，该方案能够有效减少山体切割、高填深挖、石方开挖及边坡支护规模，较好保留原石、植被和自然地形轮廓，同时保证线形连续、交通安全、排水顺畅及交叉口衔接。需要指出的是，本工程实践表明，分幅设计适用于两幅道路原地面高差在1.0～3.0 m、分幅路段长度不小于200 m的情形；超出此范围时，需结合挡墙设置或分离式路基进行经济技术比选。该设计方法兼顾道路功能、工程经济与生态景观，可为类似丘陵地区城市道路选线及分幅设计提供参考。

参考文献：

[1] 张照霞. 多模式交通融合背景下市政道路设计技术研究[J]. 中国建筑金属结构，2026，25（14）：127-129.
[2] 阮三桂. 道路工程设计及施工要点分析[J]. 低碳世界，2025，15（4）：154-156.
[3] 杨卫彬. 隧道进出口段光环境与道路线形协同设计方法[J]. 灯与照明，2026，50（4）：91-93；96.
[4] 蒲星宇. 基于功能提升的山地城市道路更新设计分析[J]. 低碳世界，2026，16（4）：143-145.
[5] 任春宁，宋帅，王佐，等. 基于调整缓和曲线参数的中间带宽度变化分幅过渡研究[J]. 公路交通科技，2021，38（9）：25-32.
[6] 王续博. 复杂地形下公路平面展线设计方案[J]. 大众标准化，2026（13）：54-56.
[7] 朱奕文. 分离式路基在高差衔接道路设计中的应用[J]. 住宅产业，2026，（4）：25-27.
[8] 富志鹏，林宣财，任春宁，等. 高速公路中间带宽度变化过渡段过渡方式的研究[J]. 公路交通科技，2021，38（12）：28-36.
[9] 彭军，王永庆，谢亦红，等. 分离式路基在堤防道路中的应用[J]. 工程技术研究，2024，9（3）：110-112.
[10] 崔节雪. 整幅与分幅高架设计方案研究[J]. 城市道桥与防洪，2024（3）：24-27.
[11] 穆凡. 分离式路基设计方法[J]. 科技创新与应用，2022，12（17）：88-91.
[12] 张亚鹏，刘兆奇，杨卫涛，等. 曲线分幅共墩T构纵横向不平衡分析控制研究[J]. 公路，2025，70（6）：243-251.
[13] 刘敏，马天奕，熊文磊. 多车道高速公路内外分幅条件下互通最小间距研究[J]. 公路交通技术，2022，38（3）：151-156.
[14] 林庚钗. 城市道路平面几何线形优化设计研究[J]. 交通科技与管理，2023，4（18）：63-65.
[15] 孙策. 山区公路路线方案设计研究[J]. 交通世界，2023（18）：98-100.

（上接第96页）

809-831.
[12] 罗斌，彭文兵. USP低温环保改性沥青在城市道路的应用研究[J]. 山西建筑，2022，48（12）：93-95.
[13] Ziari H, Nasiri E, Amini A, et al. The effect of EAF dust and waste PVC on moisture sensitivity, rutting resistance, and fatigue performance of asphalt binders and mixtures[J]. Construction and Building Materials, 2019, 203: 188-200.
[14] AMELI A, NAEINI A F, BABAGOLI R, et al. Effects of anti-stripping agents on performance of binder and stone matrix asphalt (SMA) mixtures containing polyphosphoric acid/styrene butadiene rubber composite polymer blends and warm mixture additives[J]. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2020, 36(1): 5-56.
[15] 朱沅峰，吴超凡，张继森，等. 3种添加剂温拌沥青混合料使用性能比较[J]. 公路，2011（7）：202-206.