

# 高速公路改扩建工程中既有控制点利用与加密策略

康卉

长春市公路规划勘测设计院有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i8.21635

**[摘要]** 高速公路改扩建工程具有线路跨度长、施工范围广、新旧结构衔接精度要求高、现场施工扰动性强等显著特点,测量控制网的稳定性与精准度是保障工程施工质量、实现新旧线形平顺衔接、规避施工偏差的核心基础。与新建高速公路工程不同,改扩建工程无法全新布设控制网,必须依托既有测量控制点开展施工基准搭建,但既有点位普遍存在损毁缺失、位移偏移、密度不足、精度衰减等诸多问题,难以直接满足高精度改扩建施工需求。基于此,本文结合高速公路改扩建工程施工特性,系统阐述既有控制点精度衰减与现场扰动机理,明确控制点利用与加密的核心原则,建立既有控制点普查、检测、分级复用体系,针对不同施工路段提出差异化控制点加密布设策略,构建全周期精度校核与动态优化管控体系,同时梳理工程应用难点并提出针对性优化对策。

**[关键词]** 高速公路改扩建; 既有控制点; 控制点加密; 测量控制网

**中图分类号:** U418.8 **文献标识码:** A

## Utilization and encryption strategy of existing control points in expressway reconstruction and expansion project

Hui Kang

Changchun highway planning survey and design institute co., ltd

**[Abstract]** The expressway reconstruction and expansion project has the remarkable characteristics of long line span, wide construction scope, high precision requirements for the connection between old and new structures and strong site construction disturbance. The stability and accuracy of survey control network is the core foundation to ensure the construction quality, realize the smooth connection between old and new alignment and avoid construction deviation. Different from the newly-built expressway project, the reconstruction and expansion project cannot completely lay out the control network, and it must rely on the existing survey control points to build the construction benchmark. However, there are many problems in the existing points, such as damage and loss, displacement deviation, insufficient density, precision attenuation and so on, which cannot directly meet the needs of high-precision reconstruction and expansion construction. Based on this, combined with the construction characteristics of expressway reconstruction and expansion project, this paper systematically expounds the mechanism of precision attenuation and site disturbance of existing control points, clarifies the core principles of control point utilization and encryption, establishes the system of general survey, detection and hierarchical reuse of existing control points, puts forward the encryption layout strategy of differentiated control points for different construction sections, constructs the full-cycle precision check and dynamic optimization management and control system, and combs the difficulties in engineering application and puts forward targeted optimization countermeasures.

**[Key words]** highway reconstruction and expansion; Existing control points; Control point encryption; Survey control network

### 1 引言

目前大多数改扩建工程对于既有控制点的使用都没有形成标准化核查评价体系,加密布设大多采用统一化的模式,没有结

合各个路段施工精度的需求进行差异化的设计,存在点位布设冗余、精度不够、管控不到位等问题。本文以公路测量规范和工程实践经验为依托,对改扩建工程既有控制点利用和加密策

略进行了系统的研究,建立分级复用、差异加密、动态管控的技术体系,为改扩建工程测量施工精度的提高和新旧工程的顺利衔接提供了技术支持。

## 2 高速公路改扩建工程控制点基础理论与扰动机理

### 2.1 改扩建工程控制网的核心特性

高速公路改扩建工程测量控制网不同于新建工程,有三个主要特点。第一,基准传承性,必须依靠原来的工程坐标、高程基准,保证新旧线形、结构的连续性和统一性,避免基准脱节;第二,工况复杂性,施工区域紧邻既有运营道路,机械作业、车辆荷载、路基开挖填筑容易引起点位扰动,同时地形地貌、周边构筑物限制点位布设;第三,精度差异性,普通路基路段精度要求相对常规,桥梁、隧道、互通立交、线形过渡段需要超高精度控制,需要差异化布设控制点位。

改扩建工程控制网整体分为平面控制网和高程控制网两种,平面控制网主要用于线形平面位置拟合、路基拓宽、桥梁平面定位,高程控制网用于路基标高、桥面高程、隧道纵坡控制,二者共同构成了工程施工的基准体系。

### 2.2 既有控制点精度衰减和扰动机理

控制点精度失效、点位偏移的主要原因可以分为自然扰动和人为扰动两大类。自然扰动,长期雨水冲刷、冻融循环、地质沉降会造成控制点桩体下沉、倾斜,山区路段容易受到滑坡、塌方的影响,平原路段容易因为软基沉降而造成整体位移,温度、湿度变化会造成测量观测误差的积累,造成点位精度逐年下降。

人为扰动方面,道路长期运行的车辆动载反复碾压会造成路基微小变形,引起控制点轻微偏移;沿线城镇化建设、管线施工、土方开挖会破坏点位周围地基的稳定性;早期施工留下的临时控制点存在埋设深度不够、桩体材质较差等问题,长时间使用之后容易出现损毁、位移,不能满足改扩建高精度施工的要求。

### 2.3 控制点利用和加密的理论原则

基于改扩建工程特性以及扰动机理,控制点利用与加密要遵循四大核心理论原则。第一,基准统一原则,所有复用点位、加密点位都必须与原有工程坐标系、高程系统统一,严格求解新旧坐标转换参数,杜绝基准偏差。第二,择优复用原则,优先保留稳定性好、精度达标、通视条件优良的既有控制点,最大限度节约资源、保障线形连续性。第三,按需加密原则,根据不同路段施工精度要求、点位密度缺口、通视条件差异化布设加密点位,避免冗余布设与精度不足问题。第四,动态可控原则,建立复测校核机制,实时监测控制点稳定性,及时修正位移偏差,保障全施工周期基准可靠。

## 3 既有控制点分级核查评估与复用体系

### 3.1 既有控制点资料梳理和现场普查

既有控制点利用的前置工作是资料整合和现场普查。首先系统收集原有高速公路竣工测量资料、控制网成果文件、历年养护改造测量记录,梳理全线原有平面控制点、水准点的点位坐标、高程、埋设规格、布设间距等基础信息,核查点位原始精度

等级。随后开展全线现场实地普查,逐一核对应点现状,排查点位丢失、桩体破损、覆盖掩埋、周边扰动等情况,标记有效点位、破损点位与失效点位,形成完整的既有控制点现状台账。

同时检查点位周围的环境,重点排查施工扰动范围、通视条件、地基稳定性,剔除施工开挖区、临时占地、车辆通行区域的点位,保留稳固区域的合规点位,为后续精度检测和复用筛选打下基础。

### 3.2 既有控制点分级精度检测与评价

依照《公路工程测量规范》的规定,对普查筛选后得到的有效点位做高精度的复测,使用GNSS静态测量、全站仪闭合导线测量、精密水准测量等方法来完成平面和高程的检测工作。按照复测偏差值、点位稳定性、布设位置的不同,将现有的控制点分为三个等级,并形成分级评价体系。

一级可用点位,点位完好,无位移扰动,平面坐标偏差、高程偏差都在规范允许的高精度范围内,地基稳固,通视良好,远离施工扰动区域,可以直接作为改扩建工程控制网的核心起算点位,适用于全线基准控制、关键结构施工定位。

二级整改点位,点位完好但存在轻微精度偏差,或者点位周围存在轻微扰动,偏差值可以通过数据修正、平差处理消除,经过精度校正、稳固处理后可以作为普通路段施工控制点位,用于路基拼宽、普通路面施工等常规工序。

三级失效点位是点位损毁严重、丢失严重或者坐标、高程偏差超过规定标准而且无法修复,地基沉降、位移持续存在,稳定性差,直接认定为废弃点位,不进行复用,全部使用加密点位代替。

### 3.3 既有控制点规范化复用流程和修正方法

基于分级评估结果,建立标准化复用流程:资料梳理、现场普查、精度复测、分级判定、点位整改、数据修正、成果入库。对二级整改点位采用专业测量数据平差算法,结合点位位移规律、路段线形特性,进行坐标和高程偏差修正,消除系统误差和偶然误差,使修正后的点位精度满足改扩建施工要求。

与此同时,所有的复用控制点都要同沿线国家高等级控制点一起测量校核,统一坐标、高程基准,解决新旧控制网衔接误差问题。复用的点位要做好标志和防护围栏以及警示牌,在施工中防止人为破坏,保持整个施工过程点位的稳定。

## 4 差异化控制点加密布设策略和技术标准

### 4.1 加密布设总体要求

控制点加密的主要目的就是补齐现有控制网密度上的不足,提高局部区域测量的精度,做到改扩建施工区域全面覆盖、没有盲区。加密点位要按照选址标准来设置,优先布设在通视良好、地基稳固、地势开阔、远离施工扰动区和重型机械作业范围的地方,用混凝土桩或者岩石嵌固桩埋设,保证桩体的稳定性与耐久性。平面加密控制点布设间距、高程水准点加密密度要根据路段类型、施工精度要求的不同而不同,不能统一化、同质化布设。

### 4.2 分场景差异化加密策略

#### 4.2.1 常规路基拼宽路段

常规路基拼宽路段施工精度要求适中,以线形平顺、路基标高可控为主要内容。在已有合规控制点的基础上,平面控制点加密间距控制在400~700m之间,均匀分布形成闭合导线控制网,保证路基拓宽线形拟合精度。高程加密水准点间距不大于1km,均匀分布在路线两侧,满足路基填筑、路面铺装的高程控制需求。该路段可以采用GNSS-RTK动态加密测量,提高布设效率,数据经过闭合校核、平差处理之后才能使用。

#### 4.2.2 桥梁和特殊结构路段

桥梁改建扩建、桥梁拼接、旧桥加固等路段精度高,是加密控制点的重点区域。桥梁进出口、桥台、桥墩施工区要加设专用加密控制点,用闭合导线的方式加密布设,不允许连续使用支导线,困难地段支导线边长不得超过300m。每座大中型桥梁两端至少布置2组平面加密点和1组精密水准点,加密点位间距减小到200~300m,保证桥梁平面定位、高程控制、支座安装的高精度要求。对于黄河特大桥这样的大型跨河桥梁,要在河道两岸布置对称的加密点位,按照二等GNSS精度标准进行测量,从而达到跨河精准基准传递的目的。

#### 4.2.3 隧道改扩建路段

隧道改扩建、围岩加固、洞口拓宽路段通视条件差、测量难度大,需要针对性地加密布设。隧道进出口必须布设永久性加密控制点和精密水准点,构建洞口闭合控制网;隧道内部采用全站仪中继测站加密方式,分步完成洞内点位布设,解决洞内通视盲区问题。动静态结合的GNSS差分定位技术被使用来对加密点的数据进行零偏校正,对温差、地质扰动引起的坐标偏差进行修正,使隧道线形、纵坡、断面尺寸的施工精度得到保障。

#### 4.3 加密测量技术与数据处理标准

加密测量优先采用GNSS静态测量和全站仪精密测量相结合的方式,常规路段用RTK动态测量辅助作业,关键结构路段必须用静态高精度观测。所有的加密控制网都要形成闭合环路,严格按照观测精度指标来操作,平面控制网角度闭合差、坐标较差,高程控制网高差闭合差都要符合公路测量规范一级精度标准。

测量数据用专业的平差软件做整体的平差处理,去掉偶然误差和系统误差的影响,使得点位坐标、高程成果更加精确。建立加密点位成果台账,记录点位位置、埋设规格、测量数据、精度指标,实现点位可追溯、数据可复核,为后续施工放样、质量验收、竣工测量提供可靠依据。

### 5 控制网精度校核和动态优化管理体系

#### 5.1 新旧控制网衔接精度校核

既有控制点和加密点位组合成新的控制网,在全域范围内进行连接精度校核,重点检查新旧点位坐标一致性、线形连续性、高程平顺性。选取全线均匀分布的核心控制点进行交叉校核,对比原有竣工线形与改扩建拟合线形的偏差值,保证平面线形偏差、高程偏差在规范允许范围内。对线形过渡段、桥梁拼接段、互通衔接段等关键部位增加校核频次和校核点位密度,避免局部精度超标。

#### 5.2 施工全过程动态复测机制

高速公路改扩建工程施工周期长,交叉作业多,施工过程中土方开挖、填筑、机械碾压容易引起控制点的二次扰动,因此要建立动态复测优化机制。制定阶段性复测计划,在路基施工、桥梁施工、路面施工各阶段结束后,对全线控制点进行复测校核,重点监测施工扰动区域点位的稳定性。对出现轻微偏移的点位及时修正精度,对损毁、失效点位及时补设加密,保障施工全周期控制网精度稳定。

#### 5.3 误差来源与精度优化措施

控制网误差主要来源于点位埋设稳定性、环境扰动误差、测量观测误差、数据处理误差四类。根据各种误差源,制定相应的优化措施,改善点位埋设工艺,加深桩体埋设深度,使用高强度混凝土浇筑,提高点位的稳定性;避开高温、暴雨、大风等恶劣天气进行高精度观测,减少环境误差;严格按照测量操作规程操作仪器,按照观测顺序进行观测,从而减小人为观测误差;改进数据平差算法,剔除异常数据,提高成果精度。

### 6 结语

高速公路改扩建工程的最主要施工难点就是新旧工程精准平顺的衔接,而测量控制网的稳定性以及精度是保证衔接质量的重要基础。本文系统研究了改扩建工程控制点工作特征和扰动机理,明确了控制点复用和加密的基本原则,形成了由资料普查、精度检测、分级评价、规范复用构成的一整套既有的控制点处置办法,并对各种路基、桥梁隧道、互通立交等不同的施工场景分别制定出相适应的控制点加密布设方式和技术规范,从而建立起全生命周期精度校准、全过程动态监管系统来发现和解决工程实施过程中出现的各种问题。

本文提出的技术体系解决了改扩建工程中既有控制点利用率低、加密布设同质化、精度控制不到位、新旧衔接偏差等行业常见问题,既最大程度地保留原有的工程基准体系,节省了施工成本,又提高了测量控制网的适配性与准确性,可以完全满足各种路段、各种结构的高精度施工要求。在之后的工程项目实践中可以根据项目的地形地质情况、施工状况、改造规模来优化控制点布设以及管控方式,不断健全完善改扩建工程测量控制技术体系,为高速公路改扩建工程高品质建设给予坚实的支撑保障。

#### [参考文献]

- [1]牛成博.公路改扩建工程路基路面拼接施工工艺[J].时代汽车,2026,(16):196-198.
- [2]赵立宁.高速公路路面加宽施工技术应用研究[J].散装水泥,2026,(7):22-24.
- [3]曹昌军.高速公路改扩建工程路面拼宽与接缝耐久性控制技术研究[J].价值工程,2026,45(22):67-70.
- [4]李通.高速公路改扩建工程路堤临时支护施工方案优化[J].交通世界,2026,(20):31-33.

#### 作者简介:

康卉(1993—),女,汉族,吉林省人,本科,工程师,测绘专业。