

# 浅谈山区高速公路高桥墩施工垂直度多变量控制技术 研究

王将伟

中交中南工程局有限公司 湖南 长沙 410000

**摘要：**贵州境内桥梁桥位地形陡峭、复杂，所处地势起伏极大，桥梁跨越峡谷沟壑多采用高度较高的薄壁空心墩，垂直度是高桥墩施工中关键的控制要点、难点，高桥墩垂直度也是评价墩柱施工质量好坏的重要指标，本文结合贵州德余高速公路桥梁高墩施工垂直度过程控制工艺，对高桥墩施工垂直度的影响因素进行分析。

**关键词：**薄壁空心墩；垂直度；多变量控制

## 1 引言

随着中国交通网线的不断完善，山区高速公路建设规划数量越来越多，山区桥梁修建数量也大量增加；山区高速由于山势起伏大，桥梁高度普遍高于平原地区，为保证桥梁跨越峡谷沟壑，多采用高度较高的薄壁空心墩。

垂直度是桥墩施工中关键的控制要点，高桥墩垂直度也是评价墩柱施工质量好坏的重要指标。作为支撑桥跨主体结构的桥墩，如发生较大倾斜将造成桥墩出现偏心矩，严重者造成桥梁倒塌等安全事故，为社会造成巨大的生命、财产损失。

## 2 工程背景

德余高速公路位于贵州境内，地属典型山区地貌，地无三尺平。项目线路长、结构物多、沿线地形复杂，山高坡陡，桥梁所处地势起伏极大。为跨越峡谷沟壑，桥梁下部结构采用了大量的薄壁空心墩，德余项目高度在40m以上的高桥墩共计79根，项目高墩集中在60-75m之间，施工过程中高桥墩的垂直度控制是桥梁墩柱施工控制的关键要点、也是控制的难点。



图1 德余项目高墩群

德余项目作为贵州省唯一公路项目入选“平安百年品质工程”创建示范项目，为提高高墩施工品质，项目部针对高桥墩施工垂直度影响因素及过程控制开展了技

术研究。

## 3 高墩垂直度影响因素分析

桥墩垂直度的受多变量控制影响，其主要原因可总结为两个方面，一是受多变量影响造成的断面几何尺寸偏差，二是高墩垂直度过程控制精度及其受周边环境的影响。通过分析查找末端原因，可将高墩垂直度的施工过程影响因素归纳为四个：人的因素，施工工艺技术，过程测量控制方法，环境的影响。

### 3.1 人的因素

影响高墩垂直度人的因素主要为从事高墩施工作业的一线施工工人。施工人员是墩柱施工的

直接作业人员，其对高墩垂直度的影响可分为两个方面：一方面在于作业人员意识是否到位，主要体现在是否接受针对性培训考核，是否接受技术交底，是否具有责任心；其次在于操作层面，施工人员进行高墩施工时，操作是否合规，是否采取合理措施对模板进行校正，混凝土浇筑振捣是否操作正确，以及是否人为造成墩身模板出现偏载等。

### 3.2 施工工艺技术影响

高墩施工工艺繁多，常采用的施工工艺有爬模、滑膜和辊模，随着近年来对质量要求的不断提高，高墩滑膜施工工艺已被列入为淘汰工艺；辊模作为高墩施工的新兴工艺，相比于高墩爬模工艺，具有施工进度快的优点。不同的施工工艺对高墩施工垂直度的影响也有着显著的差别，就以德余项目为例，德余项目高墩施工同时采用爬模和辊模施工工艺，从施工过程测量数据反馈，爬模施工工艺下的高墩垂直度明显优于采用辊模工艺的高墩垂直度。其原因在于，爬模工艺每节段施工高度为4.5m，辊模工艺每节段高度为1.2m，节段高度越小，进行模板校正难度越大，在单位高度上的垂直度偏差也就

越大。

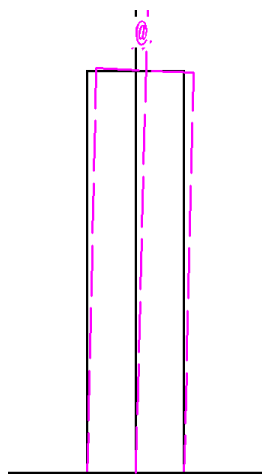


图2 墩身竖向偏移

### 3.3 过程测量控制方法

目前,高速公路桥墩垂直度过程控制方法主要有悬吊垂线法、全站仪测控法和激光垂准仪法,其中,尤以全站仪测控法居多。悬吊垂线法在高桥墩施工过程中仅能起到对单一节段模板安装过程控制的作用,由于测量精度低,无法对整个墩柱垂直度进行控制,施工中,仅用于辅助施工。

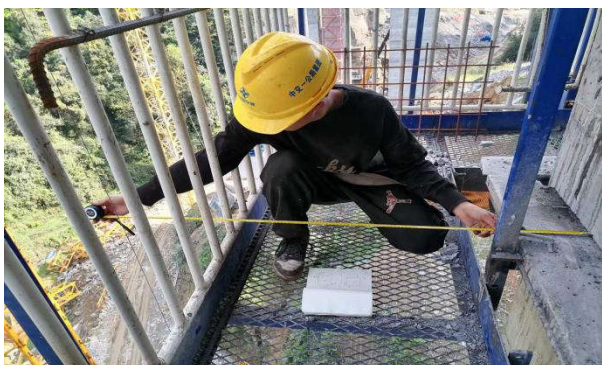


图3 铅锤现场测量控制

全站仪测控法是目前用的最多的控制高墩垂直度的方法,全站仪是通过测量角点坐标,并计算与设计坐标的实际偏差起到控制垂直度的作用,能比较直观的反应正在施作的墩柱与第一模墩柱的偏差;其劣势非常明显,控制精度受测站位置影响较大,测站必须选在较高的位置,否则一站难以测量墩柱4个角点,甚至可能会出现架设两次仪器的情况。第二,全站仪测量受仪器精度、天气等因素影响,综合测量误差会达到±5mm左右,并且控制点在墩柱施工过程中会少量变化等。第三,测量效率低,模板有偏差时调整模板需要多次测量,操作复杂。

激光垂准仪法在桥墩垂直度测控中使用的越来越

多,其基本原理是在控制点上安装激光垂准仪,通过先后向下、上发射激光束,精确对中调平垂准仪,经过任意方向调节垂准仪精平。通过调节模板内边缘与激光靶中心十字线的水平距离,调节墩身垂直度。利用激光垂准仪对空心墩施工中垂直度进行测量,确定偏移的方向并准确测量出偏移值的大小,为施工人员及时修正偏移量提供参考,可以较大程度减少误差。



图4 激光垂准仪测高墩垂直度

### 3.4 环境的影响

环境对高桥墩垂直度的影响主要体现在风荷载、日照温差。高桥墩断面尺寸一般都较大,随着墩高的不断增加,墩身承受的风荷载也在不断增加,考虑高墩在风荷载下的垂直度变化时,可将高墩看做悬臂结构,承受荷载值沿悬臂不断增加的非均布荷载,通过查询《建筑结构静力计算手册》,墩顶即悬臂端部的变位值可通过式(1)进行计算:

$$f = \frac{11ql^4}{120EI} \quad (1)$$

由式(1)不难看出,其变形值沿与墩柱高度成四次抛物线相关,在实际施工中,由于沿墩高方面风荷载并非呈简单的线型增大,采用上式计算会存在一定偏差。

日照温差是山区高墩桥梁产生温度效应的主要原因之一,在日照下,墩身向阳侧与背阳侧会产生温度梯度;有学者通过模拟对高墩墩身施加日照温差和寒潮陡降工况,发现墩壁沿温差方向的应力及应力梯度变化较为明显。目前,国内外对于高墩施工过程中温度场分布和温度效应对高墩垂直度的影响方面的研究还较少,但不可否认日照温差对高墩垂直度的影响,在施工中应引起足够的重视。

## 4 总结

精确测量施工过程垂直度是控制墩身整体垂直度的基础,此外为了更加精确的控制垂直度,消除施工误差,在桥墩施工过程中,采取主动控制措施,做好施工人员岗前技术交底及教育培训,明确过程控制标准,提

高施工人员质量意识。现场人员做好事前控制，避免由于人员操作不当造成模板偏压，引起垂直度偏差。

在施工过程中，选择合适的时间（早晨太阳未出来之前且风力较小时）进行墩身模板校正，消除校模时由于向阳侧与背阳侧由于日照温差及风荷载作用引起的垂直度偏差。采用全站仪与激光垂准仪相互校核测量，提高墩身模板校正测量精度，减小施工中不可避免的误差。

高桥墩垂直度受多变量控制影响，施工中无法消除过程控制中存在的垂直度误差，只能采用控制措施，减小多变量控制因素对垂直度的影响，从而达到提高垂直

度的目的，提高高墩施工质量。

#### 参考文献

- [1]何义斌.混凝土空心高墩温度效应研究[J].铁道科学与工程学报, 2007(02): 63-66.
- [2]林国涛, 苏波.山区桥梁超高墩日照温度效应数值分析[J].土木工程与管理学报, 2018, 35(04): 116-120.
- [3]杨维华, 杜向, 徐春靖.DZJ3激光垂准仪在空心桥墩墩身施工测量中的应用[J].铁道标准设计, 2000,3(11): 28-29.
- [4]《建筑结构静力计算手册》[M].北京: 中国建筑工业出版社, 1998.