

双柱式花瓶墩施工技术控制要点探析

肖融和, 邹赛军

浙江交工宏途交通建设有限公司, 浙江 杭州 311305

DOI:10.61369/ADA.2026010065

摘 要 : 双柱式花瓶墩凭借造型美观、受力合理、通透度高、景观效果好等特点, 在城市高架桥、互通立交、快速通道等桥梁工程中得到广泛应用。由于其墩身呈曲线渐变形态, 顶部与盖梁平滑衔接, 且双柱并列、同步对称、相对位置精度要求极高, 施工精度、模板刚度、混凝土外观质量及线形控制要求远高于普通矩形墩、圆柱墩与单柱花瓶墩。施工过程中易出现线形不顺滑、墩身偏位、双柱间距超标、不对称扭曲、模板胀模、混凝土蜂窝麻面、裂缝、保护层厚度不足等质量通病。本文结合工程实践, 从施工准备、测量控制、模板工程、钢筋工程、混凝土工程、双柱同步对称与相对位置控制、线形与外观控制、安全文明施工等方面, 系统阐述双柱式花瓶墩全流程施工技术控制要点, 针对易出现问题提出专项防控措施, 可为同类桥梁花瓶墩施工提供技术参考与实践依据。

关 键 词 : 双柱式花瓶墩; 施工技术; 模板控制; 混凝土质量; 线形控制; 同步对称控制; 桥梁施工

Exploration of Key Technical Control Points in the Construction of Double-Column Vase-Shaped Piers

Xiao Ronghe, Zou Saijun

Zhejiang Provincial Hongtu Transportation Construction Co.,Ltd., Hangzhou, Zhejiang 311305

Abstract : Double-column vase-shaped piers are widely used in bridge projects such as urban viaducts, interchanges, and expressways due to their aesthetic appearance, rational load-bearing capacity, high transparency, and excellent landscape effect. Given their curved, gradually changing pier body, smooth connection between the top and the cap beam, as well as the extremely high precision requirements for the synchronous and symmetrical arrangement and relative positioning of the double columns, the construction accuracy, formwork stiffness, concrete appearance quality, and alignment control requirements are significantly higher than those for ordinary rectangular piers, cylindrical piers, and single-column vase-shaped piers. During construction, common quality issues such as misaligned alignment, pier body displacement, excessive spacing between double columns, asymmetric distortion, formwork bulging, honeycombing and pitting of concrete, cracking, and insufficient protective layer thickness are prone to occur. Based on engineering practice, this paper systematically elaborates on the key technical control points throughout the entire construction process of double-column vase-shaped piers, covering aspects such as construction preparation, measurement control, formwork engineering, reinforcement engineering, concrete engineering, synchronous and symmetrical control and relative positioning of double columns, alignment and appearance control, as well as safe and civilized construction. Special preventive measures are proposed for easily encountered problems, providing technical references and practical bases for the construction of similar bridge vase-shaped piers.

Keywords : double-column vase-shaped piers; construction techniques; formwork control; concrete quality; alignment control; synchronous and symmetrical control; bridge construction

前言

在实际施工中, 因模板刚度不足、加固不到位、浇筑不同步不对称、双柱相对位置失控、振捣不密实、养护不及时等原因, 常导致墩身线形偏差、外观缺陷、双柱不协调、结构受力不均、结构裂缝等问题, 不仅影响桥梁整体观感, 还会降低结构耐久性与安全储备。因此, 开展双柱式花瓶墩施工技术控制要点研究, 梳理关键工序、明确控制指标、优化施工工艺、强化过程管控, 突出双柱同步、对称、等距、同线形核心要求, 对提升工程质量、保障结构安全、打造精品工程具有重要现实意义。本文结合现场施工经验, 对花瓶墩施工全过程控制要点进行系统梳理与深化分析, 形成可直接应用于工程实践的技术体系。

一、双柱式花瓶墩施工前期准备与总体流程

（一）施工准备控制要点

1. 技术准备：熟悉施工图纸与设计规范，复核墩身坐标、高程、曲线半径、双柱中心距、平行度及钢筋布置参数，编制专项施工方案并进行技术交底；对双柱整体线形进行三维建模，确定模板分段尺寸与双柱联动控制点坐标，避免线形偏差与相对位置偏差。

2. 测量控制：采用全站仪、水准仪建立平面与高程控制网，精确测设墩身中心位置、双柱中心距控制线、平行度控制线、立柱边线、盖梁轴线及标高控制点，做好标记与复核，确保双柱定位与相对位置一次成型。

3. 原材料控制：钢筋、水泥、砂石、外加剂等进场需具备合格证与检测报告，按规范抽检复试；混凝土配合比根据墩身高度、截面形式及外观要求专项设计，保证和易性、流动性与保水性，满足清水混凝土外观标准。

4. 场地与设备准备：平整施工场地，合理布置钢筋加工区、模板堆放区与混凝土浇筑作业面；检查调试塔吊、双泵/双管路泵送系统、振捣器、养护设备等，确保工况稳定。

（二）总体施工工艺流程

施工准备→测量放线（双柱中心距与平行度同步放线）→桩基/承台顶面凿毛与处理→双柱钢筋同步绑扎→双柱模板整体支设与联动加固→模板验收→双柱对称同步混凝土浇筑→振捣密实→养护→拆模→盖梁施工→成品保护→验收。双柱式墩身必须对称施工、同步浇筑、同步监测，严禁单柱先行、单侧滞后，避免受力不均导致双柱偏位、间距超标、整体扭曲。

二、双柱式花瓶墩关键工序施工控制要点

（一）模板工程控制核心要点

模板是决定花瓶墩线形、尺寸精度与外观质量的核心工序，双柱式还需控制双柱相对位置与整体稳定性，也是最容易出现问题的环节。花瓶墩曲面渐变、截面不规则，双柱并列要求模板刚度与整体性更高，必须采用双柱配套定型钢模板，严禁使用普通组合钢模或木模，避免出现拼缝不严、变形漏浆、线形不顺、双柱不对称等问题。

模板设计与加工应满足强度、刚度、稳定性要求，面板厚度不宜小于6 mm，背肋采用槽钢或方钢管，间距按混凝土侧压力计算确定，一般不大于30 cm。双柱模板同厂加工、同批试拼、同套参数，确保曲面半径、分段高度完全一致。模板分段应结合墩身高度与曲线形态，尽量减少拼缝，拼缝处设置高密度橡胶条，保证拼接严密、不漏浆。模板出厂前应进行双柱整体试拼，检查平整度、拼缝高差、曲面顺滑度、双柱中心距与平行度，整体线形偏差不得大于2 mm。

模板安装前必须进行打磨除锈，清除浮锈、油污、混凝土残渣，然后均匀涂刷专用脱模剂，双柱脱模剂涂刷工艺与用量完全一致，严禁使用废机油、柴油等易造成混凝土色差、起皮的材

料。安装时按照测量放线位置就位，双柱同步就位、同步调整，先安装柱身直线段，再安装花瓶渐变段，最后安装顶部与盖梁衔接段，确保上下对接顺直、曲线流畅、双柱对称一致。模板对接缝应避开曲线拐点位置，减少外观缺陷。

模板加固是控制胀模、偏位、双柱外撇/内收的关键，应采用**“双柱对拉+整体抱箍+水平连接杆+斜向支撑”联合加固体系**。对拉螺栓应设置套管，保证拆模后可抽出，孔眼整齐美观。双柱抱箍间距、拧紧力矩完全一致，防止局部受力不均。双柱间设置水平连接杆与剪刀撑，形成空间稳定框架，模板外侧设置斜向支撑与揽风绳，保持整体稳定。安装完成后采用全站仪与垂线双向校正，轴线偏位 $\leq 10\text{ mm}$ ，墩身垂直度偏差 $\leq H/1000$ 且 $\leq 5\text{ mm}$ ，双柱中心距偏差 $\pm 5\text{ mm}$ ，双柱平行度偏差 $\leq 3\text{ mm/m}$ ，截面尺寸偏差控制在 $\pm 5\text{ mm}$ 以内。

预留预埋必须在模板封闭前完成，包括泄水孔、检查孔、防雷接地、支座预埋件、监测元件等，双柱预埋件位置、高度统一，采用定位架固定牢固，位置准确，防止浇筑过程中移位、偏斜。模板验收合格后方可进行混凝土浇筑。^[1]

（二）钢筋工程控制要点

钢筋工程直接影响结构受力安全，双柱钢筋骨架尺寸、间距、垂直度需保持一致，必须严格按图施工，确保尺寸、间距、连接、保护层厚度满足规范要求。

钢筋加工应在专用场地进行，按图纸尺寸下料、弯曲、成型，弯钩角度、平直长度符合规范要求。箍筋、拉筋应方正，曲线段钢筋应按花瓶线形提前放样加工，双柱曲线段钢筋同批次、同模具加工，避免现场强行弯曲造成应力集中。钢筋接头宜采用机械连接或焊接，接头质量必须满足验收标准，同一截面积接头数量不超过50%，错开距离不小于35d。

钢筋安装时，先对承台预埋钢筋进行校正、除锈，然后双柱同步绑扎立柱竖向钢筋与箍筋，形成整体骨架。骨架应具有足够刚度，必要时设置内撑筋，防止绑扎过程中倾斜、变形。双柱钢筋间距、保护层厚度、骨架垂直度保持一致，钢筋绑扎间距均匀，扎丝朝内，不得外露，避免后期锈蚀影响外观。^[2]

保护层控制是钢筋工程重点，应采用高强度混凝土垫块或塑料垫块，强度不低于墩身混凝土强度，按梅花形布置，间距不大于1 m。曲线段、拐角部位适当加密，确保保护层厚度偏差在 $\pm 5\text{ mm}$ 以内，防止露筋、裂缝。双柱垫块数量、位置、厚度统一，避免外观差异。

预应力管道、预埋件、防雷设施等应与钢筋同步安装，定位准确、固定牢固，避免与钢筋发生冲突。钢筋安装完成后，重点检查骨架尺寸、垂直度、间距、保护层、预埋件位置、双柱相对位置，验收合格后方可进入下道工序。

（三）混凝土工程控制要点

混凝土施工是保证花瓶墩结构密实、外观光洁、无裂缝的关键工序，双柱式必须严格执行双柱同步、对称、等速、等高浇筑原则，必须严格执行分层、对称、匀速、振捣到位的原则。花瓶墩多为外露结构，通常按清水混凝土标准控制，对浇筑、振捣、养护、拆模全流程提出更高要求。

浇筑前应彻底清理模板内杂物、灰尘与积水，用高压水枪冲洗干净并润湿模板表面，不得存在明显积水。混凝土到场后，现场专人检测坍落度、扩展度、入模温度，夏季入模温度不宜高于35℃，冬季不宜低于5℃，不符合要求的混凝土坚决退场，严禁现场加水调整。浇筑采用双泵/双管路对称泵送施工，当混凝土自由下落高度超过2m时，必须安装串筒、溜管或溜槽，防止混凝土下落过程中骨料分离、出现离析，造成墩身蜂窝、麻面、露骨等缺陷。^[3]

双柱式花瓶墩必须坚持双柱对称、同步浇筑，严格控制两侧浇筑高差不大于30cm，双柱浇筑层厚、推进速度完全一致，避免单侧混凝土侧压力过大导致模板整体偏移、墩身倾斜、双柱间距与平行度失控。分层厚度严格控制在300~500mm，分层均匀向上推进，在花瓶渐变段、倒角、拐角等特殊部位适当放缓浇筑速度，保证气泡充分排出。浇筑过程中设专人观测模板、对拉螺栓、抱箍及支撑体系，每30cm高度复核一次双柱垂直度、中心距、轴线偏差，发现变形、松动、漏浆等情况立即停止浇筑，采取加固、堵漏、校正等措施，处理完成后方可继续施工。^[4]

振捣作业实行定人、定位、定序，双柱振捣人员、设备、工艺一致，采用插入式振捣器，快插慢拔，振捣至混凝土表面泛浆、不再明显下沉、无气泡溢出为止。振捣点按梅花形布置，间距控制在振捣器作用半径的1.5倍以内，一般为300~400mm。重点加强墩身边角、曲线渐变段、钢筋密集区振捣，防止漏振产生空洞、蜂窝；同时避免过振造成砂浆上浮、石子下沉、表面泌水，影响外观质量。振捣器不得直接触碰模板、钢筋及预埋件，防止模板变形、钢筋移位、预埋偏位。

混凝土浇筑至顶部时，需进行二次振捣与二次收面，消除表面沉降裂缝，双柱顶面高程统一控制，顶面高差 $\leq 3\text{mm}$ ，保证顶面平整、密实、标高准确，为后续盖梁施工提供良好界面。浇筑完成后及时做好施工记录，包含浇筑时间、方量、坍落度、天气、作业人员等信息，便于质量追溯。

养护与拆模直接决定混凝土强度增长与外观质量。花瓶墩混凝土浇筑完成后3~6小时内开始养护，先覆盖土工布、保湿棉或塑料薄膜，洒水保持持续湿润，养护时间不少于7天，掺用缓凝型外加剂或有抗渗要求时不少于14天。双柱养护方式、覆盖材料、洒水频率完全相同，夏季高温施工采取遮阳、降温、间断补水措施，避免暴晒干裂；冬季施工采取覆盖保温棉被、蓄热养护，防止受冻。

拆模时间依据同条件养护试块强度确定，非承重侧模强度达到2.5MPa后方可拆模，一般为浇筑后1~2天，具体以现场试块为准。双柱同步拆模，遵循先支后拆、后支先拆、自上而下、轻撬慢拆原则，严禁暴力敲击、硬碰硬砸，防止损伤墩身棱角、破坏混凝土表面。拆模后立即继续养护，并对墩身进行全面外观检查，发现气泡、砂线、微裂缝等小缺陷及时用同配比砂浆修补，双柱外观色泽、光洁度保持一致，保证整体外观色泽一致、光洁顺滑。^[5]

三、施工质量通病防治与安全文明施工控制

（一）常见质量通病及防控措施

双柱式花瓶墩施工中易出现线形不顺、胀模、偏位、双柱间距超标、平行度超标、外观不协调、蜂窝麻面、裂缝、保护层不足、外观色差等通病，需针对性采取预控措施。

1. 墩身线形不顺、曲面折角、双柱线形不对称：主要原因是模板加工精度不足、拼接不顺、加固不牢、双柱模板不一致。防治措施为采用双柱配套定型钢模、工厂预制、整体试拼；安装时逐点校准，加密抱箍与支撑，双柱同步调整，浇筑过程动态监测。

2. 模板胀模、漏浆、跑模、双柱外撇/内收：多因对拉螺栓间距过大、抱箍松动、面板刚度不足、双柱未整体加固。防治措施为按侧压力计算确定螺栓间距，抱箍均匀加固，双柱力矩一致，拼缝设橡胶条，设置双柱连接杆与整体抱箍，使用前全面检查紧固度。

3. 墩身垂直度超标、轴线偏位、双柱间距/平行度超标：多由测量误差、不对称浇筑、支撑失效造成。防治措施为执行双检制，精准放线；双柱对称同步浇筑，高差不大于30cm；设置风缆与斜向支撑，双柱间设剪刀撑，保证体系稳定。

4. 混凝土蜂窝、麻面、空洞：主要因漏振、下料过高离析、模板漏浆。防治措施为严格分层振捣，控制下料高度，串筒导流；模板拼缝密封，加强钢筋密集区振捣。

5. 表面裂缝、干缩裂缝：多因养护不及时、拆模过早、内外温差大。防治措施为浇筑后及时覆盖保湿，严格按强度拆模，高温与低温季节采取温控措施。

6. 保护层偏差、露筋：主要因垫块不足、钢筋移位。防治措施为高强度垫块梅花形布置，间距 $\leq 1\text{m}$ ；钢筋骨架设置内撑，保证整体刚度。

7. 外观色差、色斑、双柱外观不一致：主要因原材料不一致、脱模剂不均、养护不到位、双柱不同步养护拆模。防治措施为固定料源、固定配合比；专用脱模剂均匀涂刷；双柱同工艺养护、同步拆模，全程保湿养护。

（二）施工安全控制要点

双柱式花瓶墩多为高空作业，双柱协同作业风险叠加，安全风险突出，必须落实全方位安全管控。

高空作业安全：墩身作业平台满铺脚手板，设置1.2m高防护栏杆与18cm高挡脚板，外挂密目安全网；人员佩戴安全带、安全帽、防滑鞋，安全带高挂低用；严禁抛掷工具、材料。

模板与支撑安全：模板吊装设专人指挥，吊点牢固，双柱模板整体吊装时均衡受力，严禁斜吊、超载；支撑体系连接可靠，风缆绳拉紧固定，防止大风倾覆。^[6]

用电与机械安全：施工现场实行“三级配电、两级保护”，振捣器、电焊机等设备绝缘良好；塔吊、泵车、振捣设备定期检查，专人持证操作，严禁违章作业。

防汛防风与应急：高温、大雨、大风（六级及以上）天气停止高空与吊装作业；制定模板坍塌、高空坠落、触电等应急预案

案，定期演练，配备应急物资。

（三）文明施工与环保控制

施工现场硬化处理，材料分区堆放，钢筋、模板码放整齐；混凝土浇筑时设置沉淀池，废水经处理后排放；施工垃圾及时清理，做到工完场清。减少噪声、扬尘污染，合理安排浇筑时间，提升城市桥梁工程文明施工形象。

四、双柱式专属质量验收双控指标

双柱中心距： $\pm 5\text{mm}$

双柱平行度： $\leq 3\text{mm/m}$

双柱顶面高差： $\leq 3\text{mm}$

双柱线形顺直度： $\leq 2\text{mm/全长}$

双柱外观色差：无色差、无明显明暗差异

结语：双柱式花瓶墩是集结构安全、线形精度、外观质量、双柱同步对称与相对位置精度于一体的城市桥梁典型结构，施工控制核心集中在模板工程、钢筋工程、混凝土工程、双柱协同控制、线形控制、外观保护六大关键环节。其施工难度远高于普通墩柱与单柱花瓶墩，必须以技术方案为引领、以过程管控为核心、以精细操作为保障，严格执行规范标准，落实对称施工、同步浇筑、整体加固、动态监测、全程养护、双控验收等关键措施，才能有效预防线形偏差、胀模、蜂窝、裂缝、双柱偏位、间距超标、外观不协调等质量通病。

在实际工程中，应结合墩身高度、曲线形式、双柱间距、现场条件不断优化工艺，推广定型化、标准化、数字化施工技术，强化工序验收与过程监督，全面提升双柱式花瓶墩施工质量，确保结构安全耐久、外形流畅美观、双柱协调统一，为打造高品质城市桥梁工程提供坚实技术支撑。

参考文献

- [1] 中交第一公路工程局有限公司. 公路桥涵施工技术规范 (JTG/T 3650-2020) [S]. 北京：人民交通出版社股份有限公司，2020.
- [2] 叶见曙. 结构设计原理（第四版）[M]. 北京：人民交通出版社，2018.
- [3] 李一鸣. 城市高架花瓶墩施工工艺与质量控制 [J]. 交通世界，2023（12）：112-114.
- [4] 王健. 双柱式花瓶墩模板施工与线形控制技术 [J]. 工程技术研究，2022，7（8）：135-136.
- [5] 张磊. 桥梁墩柱混凝土外观质量控制要点探析 [J]. 四川建材，2021，47（5）：156-157.
- [6] 刘辉. 高架桥梁花瓶式墩身施工技术研究 [J]. 智能城市，2020，6（18）：178-179.