

高速公路桥梁支座安装偏位对结构受力的影响

刘德任

云南省曲靖市设计研究院有限责任公司腾冲勘察分院 云南 腾冲 679100

【摘要】：高速公路作为区域交通网络的核心枢纽，桥梁结构的安全稳定性直接关系到路网通行效率与公众出行安全。桥梁支座是衔接梁体与墩台的关键受力构件，其安装精度对结构受力传递、变形协调及耐久性具有决定性作用。在实际施工中，受多重因素影响，支座安装偏位现象时有发生，可能导致梁体受力失衡、局部应力集中，甚至引发支座过早损坏、结构耐久性下降等连锁问题。因此，本文将简要分析高速公路桥梁支座安装偏位的关键诱因，聚焦支座安装偏位对桥梁结构受力的影响机制，探析高速公路桥梁支座安装偏位的防控路径，以期提升高速公路桥梁施工质量。

【关键词】：高速公路；桥梁支座；安装偏位；结构受力；影响

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.024

引言

桥梁支座是指在桥跨结构与桥墩或桥台的支承处设置的传递力的装置。桥梁的支座不仅要承受和传递很大的荷载，而且还能够保证桥跨结构可以产生一定程度的形变。因此，必须深入探究高速公路桥梁支座安装偏位对结构受力的影响，设计合理的传力方式，才能使得支座传力比较通畅，避免发生过度的应力集中，从而保障桥梁结构安全稳定。

1 高速公路桥梁支座安装工艺概述

高速公路桥梁支座安装是衔接桥梁上部梁体与下部墩台的核心环节，其流程规范性与操作精度直接决定支座受力传递效能及结构整体稳定性。安装前需完成支座型号核对、墩台支座垫石处理及测量放线等准备工作，其中垫石顶面需进行凿毛处理并采用高强砂浆找平，确保平整度误差控制在 2mm 以内，同时通过全站仪精准标定支座中心轴线与高程基准。安装过程中，依据支座类型选择适宜工艺，板式橡胶支座采用水平吊装就位，利用撬棍微调至设计位置后及时固定；盆式支座则需先完成下支座板锚固，通过钢楔块调整水平度后再进行上支座板与梁体的连接。灌浆作业作为关键工序，需采用自流平无收缩灌浆料，从支座一侧匀速注入至另一侧溢出，确保灌浆密实无空鼓。整个过程需同步做好温度监测与沉降观测，规避环境因素对安装精度的影响，通过工序间的层层把控，实现支座安装质量与结构受力需求的精准匹配。

2 高速公路桥梁支座安装偏位的关键诱因

2.1 测量基准失真

测量控制体系的精准度是支座安装的基础，其偏差往往成为偏位的源头。部分施工中，测量仪器未按周期完成计量校准，精度衰减后仍投入使用，直接导

致数据误差。野外作业时，温度骤变、气压波动干扰仪器读数，而测量人员未及时采取修正措施，进一步放大偏差。在山区等复杂地形路段，若未构建多级复核的测量控制网，仅依靠单次放样数据指导施工，墩台轴线、支座中心坐标及高程基准极易出现偏差，使支座安装从初始阶段就偏离设计轨道，为后续结构受力问题埋下隐患。

2.2 施工操作失范

施工环节的操作规范性直接决定安装精度，诸多不规范行为成为偏位的核心诱因。支座吊装阶段，吊点设置未契合梁体重心，起吊后梁体倾斜，就位时无法精准对位。部分施工人员仅凭经验调整支座位置，未使用专用仪器进行精细化微调，导致支座中心偏离设计点位。垫石处理工序中，凿毛不彻底、高强找平砂浆铺设厚度不均，会使凝固后表面平整度超标，支座安装后易发生侧向滑移。灌浆作业时，灌浆料注入速度忽快忽慢，或单侧压力过大，会推动支座发生水平位移，加剧安装偏位程度。

2.3 构件质量存在缺陷

支座及配套构件的质量问题，常以隐性方式诱发安装偏位。支座生产环节若质量管控不严，几何尺寸超出允许偏差，或橡胶支座胶片与钢板黏结不牢固出现鼓包变形，会导致支座无法与垫石、梁体精准贴合，安装后受力不均引发位移。运输与存储过程中，未采取防挤压、防碰撞措施，支座则易出现边角变形或内部结构损伤。而配套的锚固螺栓可能存在长度不足、螺纹磨损等问题，预埋钢板安装时未精准定位出现偏移，导致支座固定不牢固。在后续施工荷载及运营荷载作用下，这些缺陷会使支座逐渐产生位移，最终形成安装偏位。

2.4 环境荷载受到干扰

环境变化与荷载作用的不当干扰，是支座安装偏位的重要外部诱因。施工期间，突发强风会使吊装中的梁体产生晃动，导致支座就位偏差。昼夜温差过大时，梁体与墩台热胀冷缩变形量不同，此时进行支座安装或固定作业，易使安装位置随结构变形而偏移。部分施工中，支座未完成灌浆固定或锚固螺栓未拧紧时，就提前施加施工荷载，或荷载分布不均导致支座局部受力过载，进而发生偏移。另外，桥梁所在区域若存在地形沉降、地基不均匀变形等地质问题，会长期对墩台产生附加应力，使支座安装位置逐渐偏离初始设计状态，形成后期偏位。

3 支座安装偏位对桥梁结构受力的影响机制

3.1 改变竖向力传递路径，引发局部应力集中

设计状态下，支座需均匀承接上部结构传来的竖向荷载，并将其平稳传递至墩台基础。当支座出现安装偏位时，竖向力的作用点偏离设计中心，导致支座自身受力不均。部分支座承受超出设计限值的压力，而相邻支座可能处于受力不足状态，形成“偏压效应”，以此使梁端底部出现局部应力集中区域，打破了梁体原有的弯矩分布规律，原本受力均匀的截面出现应力峰值，长期作用下易引发混凝土开裂等损伤。

3.2 诱发水平附加力，破坏结构抗侧移体系

桥梁支座不仅承担竖向荷载，还需通过合理约束引导水平力传递，保障结构在温度变化、车辆制动等工况下的稳定性。支座安装偏位会使支座与梁体、墩台的连接面产生初始挤压，形成额外的水平附加力。这种附加力超出了结构设计的水平受力储备，可能导致支座滑动面磨损加剧，甚至使固定支座失去抗侧移约束功能。同时，水平附加力会传递至墩柱，改变墩柱的剪力和弯矩分布，使墩柱在水平方向的受力接近或达到极限状态，降低结构的抗地震、抗风等综合承载能力。

3.3 扭曲梁体受力形态，引发结构整体变形

连续梁、刚构桥等桥梁结构的受力依赖于支座群的协同工作，各支座的受力状态相互关联、相互制约。当某一或多个支座出现偏位时，梁体的受力平衡被打破，引发梁体产生扭转变形。这种扭转会使梁体截面产生附加扭矩，导致梁体腹板出现斜向应力，破坏混凝土的整体性。同时，扭转变形会进一步加剧其他支座的受力偏差，形成“恶性循环”，使桥梁整体线形发生改变，不仅影响行车舒适性，还会导致桥面铺装出现不规则裂缝，缩短桥梁服役寿命。

3.4 加速支座疲劳损伤，降低结构耐久性

支座的疲劳寿命与受力状态直接相关，设计状态下的支座通过合理的材料选型和结构设计，可承受长期往复荷载作用。支座安装偏位后，其内部的橡胶垫、钢件等组件受力状态发生改变，部分区域承受反复的剪切应力和挤压应力，超出了材料的疲劳极限。这种非正常受力会导致支座橡胶老化速度加快、钢件锈蚀加剧，使支座的刚度和承载能力逐渐下降。随着支座性能的劣化，其对上部结构的约束和缓冲作用减弱，进一步放大结构的受力偏差，形成“损伤累积效应”，最终降低桥梁结构的整体耐久性和安全储备。

4 高速公路桥梁支座安装偏位的防控路径

当前，随着高速公路建设向复杂地质区域延伸，支座安装面临的施工环境愈发复杂，偏位防控难度不断加大。基于此，从技术优化、人员管理、过程管控、设备保障、协同联动五个维度构建科学防控体系，对提升桥梁工程质量具有重要现实意义。

4.1 保持技术方案精准化，筑牢偏位防控源头防线

技术方案作为支座安装的核心指导文件，其精准度直接决定施工方向的正确性，是防控偏位的首要环节。在方案编制阶段，需全面整合桥梁结构特性、支座位学性能及现场地质水文条件，开展多维度技术研讨，摒弃通用化模板，针对不同桥型的受力差异明确坐标控制精度、高程允许偏差等关键参数。施工前必须完成技术交底的全链条传递，将设计意图转化为具体操作标准，确保一线施工人员精准掌握技术要求。同时，可引入数字化技术构建支座安装三维模型，通过模拟施工预判空间布局问题，提前优化工序衔接。建立技术方案动态调整机制至关重要，施工中若出现基础沉降、预埋件偏差等突发情况，需立即启动技术复核流程，通过专业计算制定调整方案，杜绝经验主义施工带来的偏位风险。

4.2 实施人员能力提升，强化偏位防控执行效能

支座安装的精细化操作依赖于施工人员的专业素养，构建完善的人员管理体系是防控偏位的关键保障。相关部门应建立“岗前培训—岗中考核—持续提升”的全周期培养机制，岗前培训需覆盖技术规范、操作流程、质量标准及安全要点，采用理论教学与实操演练相结合的方式，重点提升施工人员对测量仪器的使用能力和支座安装的实操技巧。并实行严格的上岗准入制度，新进场人员必须通过理论与实操双重考核，合格后方可参与施工。岗中考核应常态化开展，通过现场操作检查、技能测评等方式及时发现操作漏洞，

针对性开展整改培训。同时，强化质量责任教育，建立“个人责任追溯”机制，明确施工人员在支座安装各环节的职责，通过案例分析让施工人员充分认识偏位危害，从思想上树立“质量第一”的意识，确保每一道操作工序都符合精度要求。

4.3 加强过程精细化管控，守住偏位防控关键节点

支座安装是多工序衔接的系统过程，每一个环节的偏差都可能累积导致最终偏位，因此全过程精细化管控不可或缺。测量放线作为基础环节，需严格执行“双重复核”制度，由专业测量小组完成初始放线后，交由独立复核团队进行坐标与高程校验，确保基准数据与设计完全一致。支座进场时需建立严格的验收流程，核查产品资质、性能指标及外观尺寸，杜绝不合格产品流入施工环节。在核心施工阶段，需对找平层施工、支座就位、临时固定、灌浆固化等关键工序实施重点管控：找平层施工前需做好基层处理，保障混凝土结合度；支座就位时采用专用设备平稳吊装，避免外力碰撞干扰；临时固定采用多点刚性支撑，抵御施工过程中的外力影响；灌浆环节精准控制材料配比与浇筑速度，确保密实度达标。建立“工序验收”机制，每道工序完成后必须经过质量检测，合格后方可进入下一道工序，形成环环相扣的管控闭环，有效规避累积偏差。

4.4 开展设备精度保障，提升偏位防控技术支撑

施工设备的精度性能是支座安装质量的重要支撑，建立科学的设备管理体系可显著降低偏位风险。对于全站仪、水准仪等核心测量设备，需严格遵循计量检定规范，制定定期校准计划，确保测量数据的准确性，未通过检定或校准不合格的设备严禁投入使用。设备使用实行“岗前检查、岗中维护”制度，操作人员在使用前需全面核查设备运行状态，清除设备表面的灰尘、油污等干扰因素；使用过程中做好实时维护，避免施工环境对设备精度造成影响。针对支座吊装、调平等专用设备，需根据支座重量、安装高度等参数

精准选型，确保设备负载能力与操作精度匹配，避免因设备选型不当导致的安装晃动或位置偏移。积极引入智能化施工设备，利用自动化控制系统实现支座安装的精准定位，减少人为操作误差，通过技术赋能提升安装精度与施工效率。

4.5 建立协同联动机制，凝聚偏位防控整体合力

支座安装质量管控涉及多参建单位，构建高效协同的联动机制是确保防控措施落地的关键。项目启动阶段需组织设计、施工、监理、检测等单位召开协同会议，明确各方职责边界，建立统一的信息共享平台，实现设计文件、施工方案、检测数据等核心信息的实时传递与同步更新。设计单位需派驻现场技术代表，及时响应施工中的技术疑问，根据现场实际情况优化设计细节。施工单位作为实施主体，需严格执行施工方案，主动向相关单位反馈施工进度与潜在问题。监理单位需履行全过程旁站监理职责，对关键工序实施重点监督，发现违规操作立即制止并督促整改。检测单位需精准开展支座性能检测与安装质量监测，及时出具权威检测报告，为质量评估提供依据。另外，还需建立定期协调会议制度，定期汇总工作进展、分析问题成因、制定解决措施，形成多方联动、齐抓共管的质量管控格局。

总而言之，高速公路桥梁支座的精准安装，既是工程建设的“毫米之争”，更是道路安全的“底线守护”。支座偏位看似细微的偏差，实则会引发结构受力的连锁反应，轻则加剧构件损耗、缩短桥梁寿命，重则埋下安全隐患、影响通行保障。从设计图纸的精准标注到施工现场的毫米把控，从技术标准的严格执行到质量监管的全程闭环，每一个环节都承载着工程人的责任与担当。只有将“精准施工”理念深植于心、落实于行，以精益求精的工匠精神筑牢质量防线，才能让桥梁支座真正发挥传力、减震、变位的核心作用，让每一座桥梁都成为经得起时间检验、让人民放心的平安工程，为交通强国建设筑牢坚实根基。

参考文献：

- [1] 贾廷轩.厚淤泥层地质条件下高速公路桥梁施工技术研究[J].建筑技术开发,2025,52(05):113-115.
- [2] 秦东伟.高速公路桥梁支座病害检测及维修处治分析[J].工程建设与设计,2023,(04):199-201.
- [3] 皇甫凡飞.山区高速公路桥梁支座设计研究[J].黑龙江交通科技,2022,41(07):148+150.
- [4] 陈广强.新建高速公路桥梁支座建设与养护技术研究[D].暨南大学,2022.
- [5] 李民.高速公路梁式桥支座问题分析研究[J].科技传播,2022,6(08):54-55.