

# 公路桥梁支座老化病害检测评估及更换施工质量控制

王绘宇

安徽省七星工程测试有限公司

【摘 要】公路桥梁支座作为连接桥梁上部结构与下部结构的核心传力构件，承担着传递上部结构自重、行车荷载及其他外力至下部结构，同时适应主梁伸缩变形和转角位移的关键作用，其工作状态直接决定桥梁结构的安全性、稳定性和耐久性。随着服役年限的不断增长，支座在复杂的服役环境、长期反复荷载作用及材料自身劣化等多重因素共同影响下，易出现各类老化病害，若未及时开展科学的检测评估并进行更换处理，可能引发桥梁结构应力分布异常、构件损伤，甚至危及行车安全和桥梁结构整体安全。本文结合公路桥梁养护工程实践，系统分析公路桥梁支座老化病害的主要类型及成因，详细阐述病害检测的具体方法与分级评估标准，提出支座更换施工的关键技术要点及全流程质量控制措施，为公路桥梁支座的日常养护、病害检测、状态评估及更换施工提供实用的工程参考，保障桥梁结构长期安全稳定运营，延长桥梁使用寿命。

【关键词】公路桥梁；支座老化；病害检测；评估方法；更换施工；质量控制

## 引言

公路桥梁是交通运输体系的重要组成部分，其结构安全关系到人民群众生命财产安全和交通顺畅。支座作为桥梁结构的“关节”，介于主梁与桥墩、桥台之间，核心功能是传递上部结构荷载至下部结构，同时适应主梁伸缩变形和转角位移，减少应力集中，保护桥梁构件。我国大量公路桥梁已进入服役中后期，据统计，建成通车超过 15 年的公路桥梁占比达 45% 以上。在复杂服役环境和长期荷载作用下，支座材料逐渐老化，出现开裂、变形、脱空、锈蚀等病害。部分多雨、沿海及重载地区，高速公路桥梁支座病害发生率高达 95%，因支座老化引发的结构损伤事故时有发生，造成巨大经济损失并威胁交通安全。因此，开展支座老化病害检测评估，制定科学更换方案并严格控制施工质量，对预防桥梁损伤、延长使用寿命具有重要实践意义。本文结合相关规范及工程经验，对相关内容进行深入探讨。

## 一、公路桥梁支座老化病害类型及成因分析

### （一）主要老化病害类型

常用公路桥梁支座包括板式橡胶支座、盆式支座、球型支座等，核心老化病害类型具有共性，结合

现场调研主要分为 4 类：

1. 橡胶老化与开裂：主要发生在板式橡胶支座及盆式支座密封件，表现为橡胶失弹、脆化、龟裂，严重时裂纹贯穿胶层、钢板外露。分级标准：裂纹宽度 $\leq 1.0\text{mm}$ 为 1 级； $1.0 \sim 2.0\text{mm}$ 为 2 级； $>2.0\text{mm}$ 或钢板外露为 3 级。
2. 支座变形与脱空：含剪切变形、压缩变形和局部脱空，剪切变形和局部脱空最为常见。板式橡胶支座剪切角 $>35^\circ$ 、压缩变形量超过胶层总厚度 15%、脱空面积 $>30\%$ ，分别对应不同严重等级，脱空会加剧支座局部应力和老化。
3. 钢构件锈蚀：发生在盆式、球型支座钢组件及板式支座内部钢板，表现为锈迹、氧化皮，严重时锈蚀穿孔、螺栓断裂。分级标准：轻度锈蚀为 1 级；大面积锈蚀、锚栓剪断 $\leq 50\%$ 为 2 级；严重锈蚀、钢盆开裂、锚栓剪断 $>50\%$ 为 3 级。
4. 支座移位与功能失效：支座偏离设计位置，偏移量超过相应边长 25% 为 2 级病害，伴随滑动功能受阻，传力路径异常，最终导致功能失效。

### （二）老化病害成因分析

支座老化是多因素共同作用的结果，具体如下：

1. 环境因素：紫外线、高温、严寒、雨雪腐蚀

等破坏橡胶分子结构,加速钢构件锈蚀,大温差间接加剧支座变形老化,是主要外部因素。

2. 荷载因素:长期反复承受车辆、风、地震等荷载,尤其是重载交通,导致橡胶疲劳损伤、钢构件开裂,加速支座变形老化;制动、启动冲击力也会造成额外损伤。

3. 材料因素:橡胶配方不合理、钢构件材质不达标、防腐处理不到位,以及生产工艺缺陷,导致支座抗老化、抗腐蚀性能下降,易出现早期病害。

4. 施工因素:垫石平整度不足、支座安装偏差、表面杂物残留等施工质量问题,导致支座受力不均,引发早期老化和损伤。

5. 养护因素:缺乏定期检查维护,滑动面硅脂缺失、杂物堆积,轻微病害未及时处理,导致病害持续发展至需更换程度。

## 二、公路桥梁支座老化病害检测方法

支座检测遵循“全面排查、重点检测、科学量化”原则,结合外观检测、仪器检测和实验室试验,实现病害精准识别,具体如下:

### (一) 外观检测

通过目视、放大镜、内窥镜等工具,逐跨逐支座排查:橡胶层开裂、硬化等情况;钢构件锈蚀、螺栓松动断裂情况;支座移位、脱空、变形情况;滑动面清洁度和硅脂充足度。对隐蔽部位采用内窥镜检测,高空支座搭建安全脚手架,详细记录病害信息,建立检测台账。

### (二) 仪器检测

针对疑似病害进行量化检测,常用方法包括:

1. 硬度检测:用邵氏硬度计测量橡胶硬度,较出厂标准提高 $>15\%$ ,表明橡胶老化;2. 变形检测:用百分表、位移计测量剪切角、压缩变形量和移位量,判断是否超限;3. 脱空检测:用塞尺、超声波检测仪,按脱空面积比例判定等级;4. 锈蚀检测:用锈蚀检测仪、涂层测厚仪,检测钢构件锈蚀程度和涂层厚度;5. 力学性能检测:用荷载试验仪,检测承载力,性能下降超过 $20\%$ 需更换。

### (三) 实验室试验

对严重老化支座取样试验,包括橡胶拉伸强度、扯断伸长率、压缩永久变形试验,及加速老化模拟试验,判定老化程度和剩余使用寿命。检测需严格遵循JT/T 4、JT/T 391等规范,确保数据可靠,检测完成后出具详细报告。

## 三、公路桥梁支座更换施工关键技术及质量控制要点

对于评估为3级病害的支座,需及时进行更换,确保桥梁结构安全。支座更换施工是一项技术性强、风险较高的工程,涉及梁体顶升、旧支座拆除、新支座安装、梁体回落等多个关键环节,施工过程中需严格控制每一个环节的质量,避免出现施工质量问题,从而影响支座的使用效果和桥梁结构安全。结合《公路桥梁支座和伸缩装置养护与更换技术规范》(JTG/T 5532—2023)要求,现将更换施工关键技术及质量控制要点阐述如下:

### (一) 施工前期准备

施工前期准备是更换施工顺利进行与质量的基础,主要包括:方案设计:依据评估报告、图纸和现场情况制定详细方案,明确流程、顶升、拆除、安装、质量控制与安全措施,制定应急预案;方案需经专家审查和风险论证,审批后实施。材料准备:采购符合标准的新支座,提供检测报告和证书,进场抽样检测合格。准备顶升设备、拆除工具、测量仪器和防腐材料等,确保设备良好、工具齐全、仪器精准,进场前校验调试。现场准备:清理支座周围杂物,平整场地,搭设脚手架(如需),确保空间充足;临时防护主梁和桥墩,避免损伤;设置警示标志,实行交通管制,安排专人疏导,确保安全与畅通;检查下部结构承载能力,确保能承受顶升荷载。

### (二) 梁体顶升施工技术及质量控制

梁体顶升是支座更换施工的核心环节,其质量直接影响支座更换的效果和桥梁结构的安全,施工过程中需严格控制顶升速度、顶升高度和顶升同步性,避免出现梁体倾斜、扭转、损伤等问题。

1. 顶升设备选择与安装:根据桥梁主梁的自重、荷载情况,结合支座的数量和位置,选择额定承载力大于顶升荷载 $1.5$ 倍的顶升设备(如液压千斤顶),顶升设备的数量需根据梁体重量合理配置,确保梁体受力均匀。顶升设备需进行校验,确保性能可靠、精度达标;安装前,对安装面进行清理、找平,在设备与梁体、桥墩之间设置垫板,确保设备安装牢固、受力均匀,避免顶升过程中出现设备倾斜、滑动。

2. 顶升前测量与标记:顶升前,用水平仪、位移计等仪器,测量主梁的标高、水平度,标记主梁的初始位置,作为顶升过程中的控制基准;同时,测量旧支座的高度、位置,记录相关数据,为新支座安装提供参考;检查梁体是否存在裂缝、损伤等情况,若有异常,需先进行处理,再开展顶升施工。

3. 同步顶升施工：采用同步顶升技术，通过统一控制系统控制多个设备同时启动，顶升速度控制在  $0.5 \sim 1\text{mm}/\text{min}$ ，保证主梁均匀顶升。过程中专人实时监测主梁标高、水平度与位移，每顶升  $5\text{mm}$  记录数据，发现异常立即停止并调整，同时监测设备状态。

4. 顶升高度控制：顶升高度以能拆旧装新支座为准，一般比旧支座高  $5 \sim 10\text{mm}$ 。到位后用临时支撑固定主梁，支撑承载力需满足设计要求。

质量控制要点：顶升设备须校验合格、安装牢固；同步误差控制在  $2\text{mm}$  内；顶升高度严格按设计控制；实时监测结构与设备状态，异常及时处理。

### （三）旧支座拆除施工技术及其质量控制

旧支座拆除应在主梁顶升固定后进行，避免损伤结构，确保安全高效。1. 拆除前清理表面杂物，确认固定方式，准备工具；粘连严重时用专用工具分离。2. 螺栓固定支座先拆螺栓，锈蚀严重的可气割；焊接固定支座先气割焊缝。拆除时动作轻柔，及时清运。3. 拆除后清理垫石表面，检查平整度与标高，破损处用砂浆修补，严重时加固。质量控制：不损伤结构；垫石平整，标高偏差在  $\pm 2\text{mm}$  内；及时清理现场。

### （四）新支座安装施工技术及其质量控制

新支座安装是支座更换施工的关键环节，安装质量直接决定支座的使用效果和使用寿命，需严格按照设计要求和规范标准进行操作，确保安装精准、牢固。

1. 新支座检查与处理：安装前，对新支座进行全面的外观检查，查看是否出现开裂、破损、变形、锈蚀等问题，核对支座的型号、规格、尺寸，确保与设计一致；对于板式橡胶支座，需检查橡胶层与钢板的黏结情况，确保黏结牢固，无脱层、空鼓现象；对于盆式支座，需检查钢盆、滑板、密封件的质量，添加足量的硅脂，确保滑动面润滑良好，密封件安装牢固、无渗漏；对于球型支座，需检查球头与球窝的配合情况，确保转动灵活。

2. 支座定位与安装：根据设计图纸和旧支座的位置，在垫石表面用墨线标记新支座的安装位置，确保支座安装位置偏差控制在  $\pm 5\text{mm}$  以内；将新支座放置在标记位置，调整支座的水平度和标高，用水平仪检查支座的水平度，确保水平度偏差  $\leq 1\text{mm}/\text{m}$ ，标高偏差控制在  $\pm 2\text{mm}$  以内；对于板式橡胶支座，需确保支座与主梁、垫石紧密贴合，无间隙、无脱空现象；对于盆式支座，需确保滑板安装平整、无偏移，密封件安装牢固、无渗漏；对于球型支座，需确保球

头与球窝对位准确，转动灵活。

3. 支座固定：新支座安装到位后，按照设计要求进行固定，对于螺栓固定的支座，拧紧固定螺栓，确保螺栓扭矩符合设计要求，螺栓外露长度符合规范要求；对于焊接固定的支座，进行焊接处理，焊接质量需符合规范要求，避免出现夹渣、气孔、裂纹等焊接缺陷，焊接完成后及时清理焊接残渣，进行除锈防腐处理。

质量控制要点：新支座必须经检测合格，型号、规格符合设计要求；支座安装位置、水平度、标高偏差严格控制在规范允许范围内；支座与主梁、垫石紧密贴合，无脱空现象；固定螺栓扭矩、焊接质量符合要求；滑动面硅脂充足、润滑良好，密封件无渗漏。

### （五）施工后期质量检查与养护

施工完成后，全面检测新支座安装质量和主梁状态；建立养护台账，定期清洁、检查、补充硅脂，每两年全面保养，及时处理轻微病害，特殊环境增加养护频次。

## 四、结语

支座老化病害主要为橡胶开裂、变形脱空、钢构件锈蚀、移位失效，由环境、荷载、材料、施工、养护等因素导致；通过外观、仪器、实验室相结合的检测方法，及3级分级评估标准，可科学判定支座状态；规范开展更换施工，严控各环节质量，能有效解决老化问题，保障桥梁安全。建议1. 加强日常养护，建立台账，定期检查维护；2. 完善检测评估体系，采用先进技术，建立全生命周期台账；3. 规范施工流程，加强人员培训和质量管理；4. 选用优质支座材料，严格进场检测，推广新型耐用产品。

### 参考文献：

- [1] 于伟栋, 张永亮, 吴延伟, 王希慧. 考虑同球向双球面支座阻尼间隙的简支梁桥减隔震性能分析[J]. 铁道科学与工程学报, 2019, 16(09): 2240-2247.
- [2] 刘刚, 王鹏. 公路桥梁板式橡胶支座老化病害检测与评估方法研究[J]. 公路交通科技, 2021, 38(07): 68-75.
- [3] 吴勇. 沿海地区公路桥梁的破坏原因及解决方案[J]. 黑龙江交通科技, 2011, 34(03): 63+65.
- [4] 陈广强. 新建高速公路桥梁支座建设与养护技术研究[D]. 广东: 暨南大学, 2018.