

# 新型钢牛腿装置及利用其进行桥梁顶升施工技术

文 / 庄广倾 深圳市华晟建设集团股份有限公司

**摘要：** 本文将从深圳市某跨境桥的加固维修施工中应用的桥梁顶升施工技术及施工质量、安全控制等方面出发，详细阐述这种新型钢牛腿装置及利用其进行桥梁顶升施工技术。该装置及相关施工技术已经我司总结申请获得发明专利技术授权并经广东省建筑业协会科技评价委员会评价为“国内先进”。

**关键词：** 新型钢牛腿；桥梁加固；桥梁顶升；施工技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.051

## 引言

随着政府大力推动城乡建设的高质量发展及城市交通网络的更新，许多城市桥梁已服役多年，需要维修加固，其中桥梁使用的板式橡胶支座使用寿命为15年，许多城市桥梁的板式橡胶支座已经老化到必须更换的时候了，而众多桥梁位置城市建成区，地面交通繁忙、地下管线复杂、地铁密布。利用新型钢牛腿装置顶升桥梁施工技术及施工质量、安全控制等方面正好满足城市桥梁维修加固需要。该装置及相关施工技术已经我司总结申请获得发明专利技术授权并经广东省建筑业协会科技评价委员会评价为“国内先进”。

### 一、老旧桥梁支座破坏形式

支座作为桥梁受力体系中重要组成部分，对桥梁的受力承载起着承上启下的作用。它主要是将梁跨上的车辆荷载传递给桥墩，同时也完成梁跨结构因受力和温度变化所产生的变形。由于其结构特点支座通常也是桥梁结构中比较容易出现问题且病害的种类繁多，主要病害致因支座使用时间过长老化破损，而支座钢垫板锈蚀则进一步加剧支座破损，其次有安装质量，特别是安装平整度，安装不平整导致支座离空，支座局部偏压，容易出现剪切变形及空鼓。图1、图2为某桥梁桥墩的支座剪切、鼓包、离空、垫板锈蚀等橡胶支座破损病害照片。



图1 某桥梁支座剪切鼓包病害



图2 某桥梁支座垫板锈蚀、离空病害

### 二、传统顶升更换形式及存在问题

**钢支架法：** 钢支架法为传统的桥梁顶升施工工法，利用原桥墩的扩大基础或承台搭设受力平台钢支架实施顶升作业，顶升受力点靠近桥梁支座。若无可以利用的承台、基础，可通过浇筑承重平台基础作为钢支架受力平台，这种施工工法多应用在桥下施工条件良好，地表可以开挖且适合大型机械作业桥梁，城市桥梁及跨河桥梁应用较难。

由于桥墩高度不一致，钢支架要切割搭接，同时安装钢支架需要吊机、高空车配合作业，是众多施工中最保守，成本是最高的，同时不适用于桥梁下方管线密集或者地铁贯穿不具备开挖条件的城市桥梁。图3为钢支架法顶升施工实例照片。薄型千斤顶法：薄型千斤顶是将薄型千斤顶设置在梁体端头与墩顶之间的空隙内，直接加压顶升梁体，其控制系统与其他方法类似，能保证桥跨上的梁端同步受力均匀提升。该施工方法要求桥跨梁体与桥墩顶部之间的有合适的间隙空间安放千斤顶，由于早期桥梁设计出于抗滑移等原因考虑，多数桥梁设计将支座安放在墩顶设置的支座槽，支座槽有效地保护支座，桥跨梁体与桥墩顶部之间间隙，没有安放千斤顶的空间，如果没有安装空间则要打凿墩顶混凝土，部分业主不同意。同时由于薄型千斤顶行程、顶力偏小，行程不够要换顶；多数为单向顶，受力时无法回油易卡壳。所以薄型千斤顶法看似简单实用，实际在当前桥梁加固中适用性不强。图4为薄型千斤顶顶升施工实例。



图3 钢支架顶升施工实例



图4 薄型千斤顶顶升施工实例

### 三、新型钢牛腿适用背景

新型钢牛腿装置是一种专门为Y型桥墩而设计用于桥梁单墩同步顶升施工的辅助装置，包括顶升控制单元及顶升受力单元，单元构思见图5。该装置主要包括若干个特别制作的新型钢牛腿结构、双拼工字钢梁。其中，钢牛腿结构可拆卸式连接在桥墩前后两侧，双拼工字钢梁套螺栓安设钢牛腿上，墩侧再短横系梁把两侧钢横梁连成一个顶升受力平台，若干个串联的千斤顶均布在双拼工字钢梁上且与梁体抵接，进而加压将梁体顶起。

这种设计具有多个优点：

①：施工成本低：由于钢牛腿装置采用可拆卸式设计，可现场根据顶力制作，可以重复周转使用，不需要开挖承台或者浇筑受力平台，不需要用钢管搭设平台，从而有效降低了施工成本。

②：施工效率高：钢牛腿装置锚固在桥墩两侧，减少对地面扰动，能够实现快速安装、拆卸快速周转使用，减少施工工作量，有效提高了顶升施工效率。

③：受力均匀：通过在顶升钢横梁上均匀布置顶升千斤顶，均衡受力，可以确保桥梁在顶升过程中受力均匀，桥梁荷载沿原传导路线沿桥墩、桩基传导至地基基础，没有增加额外荷载，从而减少了桥梁损坏的风险。

④：施工方便：该新型钢牛腿装置容易取料、现场制作方便，顶升工人容易操作和维护，降低了施工难度，从而保证施工安全及质量。

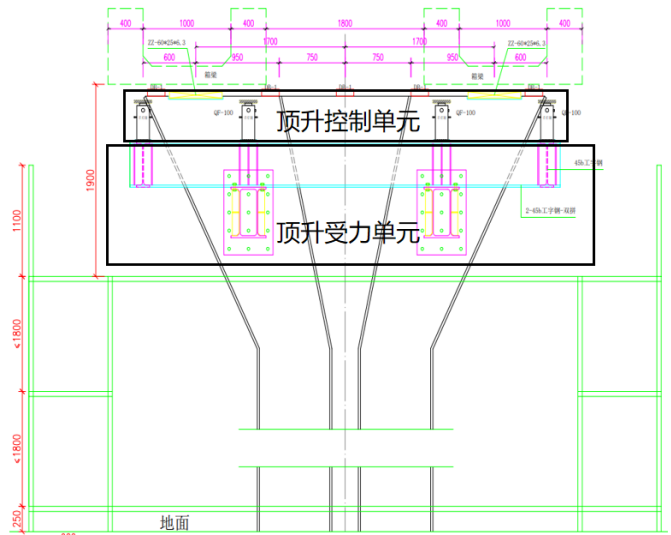
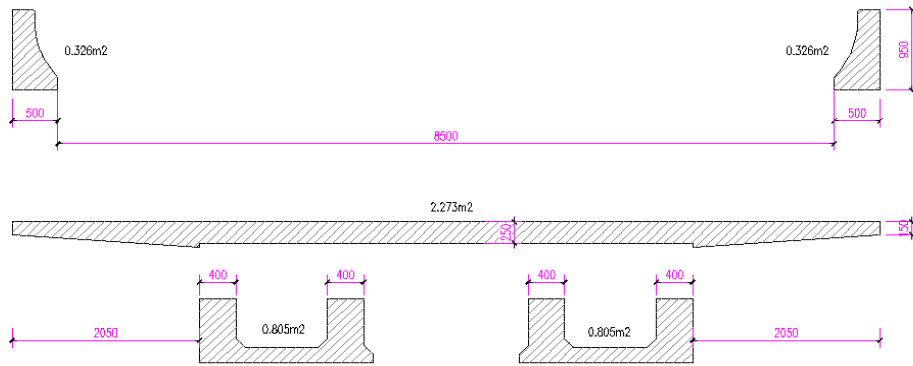


图5 新型钢牛腿顶升施工单元构思图

### 四、新型钢牛腿的设计及受力计算

本文以广东省深圳市福田区市中区某城市跨境桥为例，依据原设计图纸构建计算模型，作为单墩同步顶升实例：为单跨16米双片小箱梁桥，桥面宽9.5米，下部结构为Y形桥墩，双桩基础，该桥梁已投入使用30年，支座已严重老化待更换。单跨计算分析模型如下图6：



依据上述数据推算16米跨单跨结构钢筋砼理论重量约为：180t  
 铺装层（含附属等）理论重量约为：32t  
 由此估算，该型桥单跨桥（16m）理论自重约212t，此数据是顶升施工的基本数据依据。

图6 桥梁荷载分析计算模型

根据原设计图纸建立计算模型，简支梁横断面面积4.5m<sup>2</sup>，跨径16m，钢筋混凝土约2.5t/m<sup>3</sup>。梁体重=4.5×16×2.5=181.4吨，铺装沥青铺装层9.5×16×0.1×2.5=38吨，计算重量为219.4吨。双边8个千斤布置顶力为219.4/8=27.5吨。

①：按2.0系数选用千斤顶，27.5×2=54.85吨；

②：效用系数0.8，54.85/0.8=68.56吨，故选用100吨的千斤顶。

考虑均衡布置，经施工团队多次讨论后最终定稿下面两份钢牛腿装置设计图，见下图7：

③：还需进行钢结构的焊缝验算及钢梁挠度验算，可以计算软件验算，由于篇幅限制，本文省略焊缝验算及钢梁挠度变形验算。

### 五、钢牛腿顶升桥梁施工技术

依据上面计算结果现场这种尺寸的新型钢牛腿装置及钢横梁，采购满足顶力需求的千斤顶及控制油泵，要用同一批次并经顶力校核过的千斤顶及油泵，桥墩安装钢牛腿前要提前利用钢筋探测设备扫描钢筋分布，提前测量划线避开钢筋定位锚栓孔。

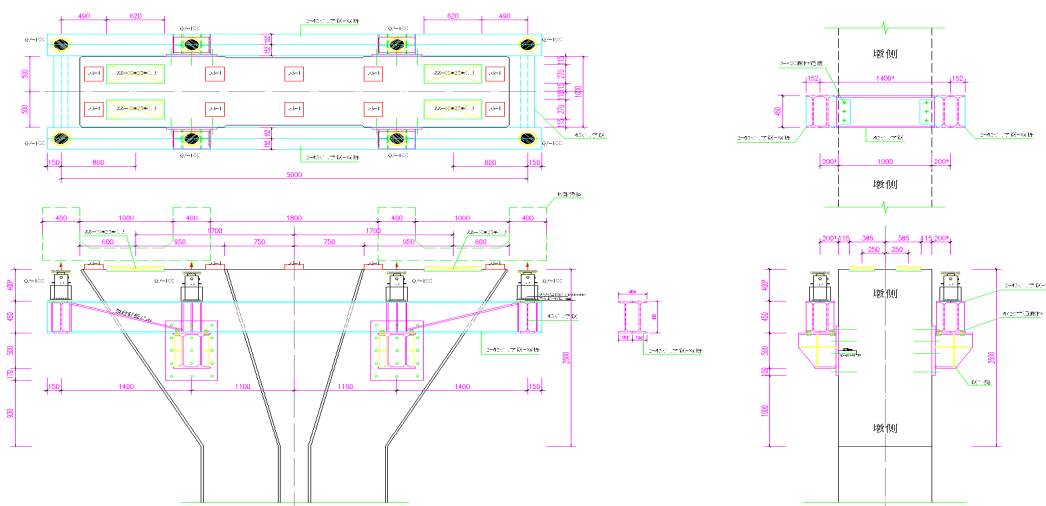


图7 新型钢牛腿安装布置图

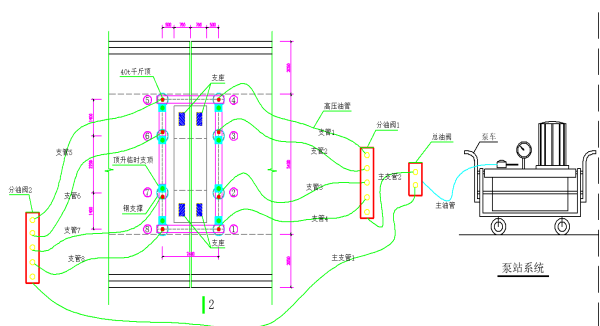


图8 新型钢牛腿单墩同步顶升系统图

具体单墩顶升工艺流程如下：

工艺流程：施工准备→钢牛腿制作→钢筋分布扫描→定位锚栓孔→钻孔植入锚栓→安装钢牛腿→安装双拼钢横梁→安装侧向小系梁→均布安装千斤顶→串联千斤顶到泵站→调试顶升系统→试顶升→泵站控制分阶顶升→安装保险垛→拆除旧支座→安装新支座→分阶落顶→拆除顶升装置→转移到下一桥墩施工。



图9 钢牛腿法顶升施工实例

### 六、顶升施工保证控制措施

桥梁顶升施工属于超过一定规模的危险性工程，施工前要按住建部41号文编制专项施工方案并组织桥梁专家论证，在施工过程中，应建立完善的质量管理体系和检查机制，对顶升施工过程进行全程监控和旁站管理。同时，应加强对施工人员的培训和管理，顶升施工前对

作业人员做详尽的安全交底，提升其技术水平和质量意识。对于顶升施工出现的问题及隐患，应及时进行处理和整改，确保施工质量和安全。

施工过程要安全保证措施：应严格遵守安全操作规程，确保施工人员和设备的安全；技术保证措施：顶升过程中应严格控制顶升力和位移，应分阶顶升，切勿贪图方便一次顶升到位，确保桥梁能够准确地同步升高到设计高度，顶程不能偏差过大；要有稳定性保证措施：钢牛腿装置和顶升系统应具有足够的稳定性和承重能力，以应对桥梁顶升过程中可能出现的各种情况。

### 结语

新型钢牛腿顶升装置及顶升施工成功应用后，能实现1天放线安装，1天顶升、更换支座及拆除流水作业，单墩顶升工期由5天缩减至2天，若制作多套钢牛腿按流水施工组织顶升，更是可以进一步缩减工期；单墩两侧起顶高度约35mm，桥面交通没有明显落差感，桥面可以正常通行车辆；由于没有改变原受力体系，实现了免地面开挖、减少施工占道，实现了复杂环境条件（因地铁、管线不能开挖、维持通行）下的顶升任务，实施效果明显，经济、轻便、重复利用率高；同时减少了施工成本，取得良好社会效益。

新型钢牛腿装置及利用其顶升桥梁施工技术对于类似城市桥梁维修加固施工，具有显著的优势和具有广泛的推广应用价值，能够在保证安全、质量、稳定和精确的前提下，亦起到了降本增效的高质量可持续发展效果。

### 参考文献

[1] 庄广倾, 邱传彬, 张亚林. 多跨独柱墩连续梁桥加固施工技术探讨与应用[J]. 城镇建设, 2024(24): 25-27.  
 [2] 庄小专, 庄广倾等. 钢牛腿装置及利用钢牛腿装置进行桥梁顶升的施工方法: CN202310940688.0[P]. 中国专利文献, 2023年7月27日.  
 [3] 深圳市华晟建设集团股份有限公司. 大跨度超高梁式钢构件滑移提升施工方法: CN202410144794.2[P]. 2024-05-24.