

关于桥梁同步顶升技术研究

孙剑隆 王 雪 白铭宇

中国建筑土木建设有限公司 北京 100000

【摘要】：随着我国社会经济的快速发展，桥梁工程建设项目建设速度加快，部分已有的大型桥梁特别是海河桥梁已不能满足当前社会经济发展的需要。一些老旧桥梁因长期负荷使用出现基础沉降、损坏、支座老化、脱空、梁体高程位移等问题，或者航道净空不能适应当前交通量变化。而对旧有桥梁进行拆除重建不仅成本高，还容易造成环境污染、周期长还影响当地生产生活，因此采用先进的桥梁同步顶升技术解决桥梁支座老化、沉降和桥下净高提升等问题已成为当前桥梁改造的主要选择。本文通过对桥梁同步顶升技术的原理、施工工艺要点进行分析，探讨桥梁同步顶升技术相关应用，以促进桥梁同步顶升技术的应用效率提高。

【关键词】：桥梁；同步顶升技术

随着我国社会经济的快速发展，桥梁建设和升级改造的社会需求也越来越大，一些年限长的桥梁特别是大型海河桥梁已经无法满足当前的交通运输需要，特别是桥跨下部净高不能满足船舶通行需求。部分桥梁则出现支座变形老化、基础沉降、损坏、脱空、梁体高程位移等问题。这些问题桥梁如果直接拆除重建的话成本极高还污染环境、影响交通。而同步顶升技术在不改变破坏桥梁结构的情况下，通过相关控制系统利用同步顶升设备在刚性立柱支撑部位设置千斤顶，将桥梁结构如桥墩和柱承受的上部荷载进行抬高移位操作，然后对桥墩进行切割，垫入高强材料或更换支座，最后拆去千斤顶，从而实现桥梁的顶升。与传统桥梁拆除改造相比，桥梁同步顶升技术在资金投入上大大减少，工期也缩短，对资源消耗和交通影响大为减小。

1 同步顶升技术的原理分析

桥梁同步顶升技术是在不破坏桥梁结构特别是超静定结构的整体性和使用功能，特别是桥梁的上部结构受力情况只和支撑的约束边界相关，滑动铰支座和固定铰支座不受支撑高度的影响且固端约束支座受到的影响较小的前提下，使用千斤顶和同步顶升设备将临时结构支撑在原支座附近，对桥梁结构进行抬高或降低移位操作，然后对桥墩进行切割，垫入高强材料或更换支座，最后拆去千斤顶，从而实现桥梁的顶升。目前桥梁顶升实际操作中用到的是PLC技术，即利用计算机可编译程序控制器进行操作。该技术主要有液压系统和计算机自动控制系统两部分组成。液压系统里包含有检测传感器，传感器对整个顶升过程进行精准检测，并将数据反馈传输给计算机控制系统，计算机控制系统对相关数据进行分析处理再传回液压系统。液压系统根据数据对千斤顶油压进行控制，使液压千斤顶群实现顶升。该项技术的核心就是通过计算机控制系统来控制液压系统，从而实现同步位

移的自动完成。其中还覆盖了对位移、位移误差、顶升速度、负载压力等方面监控，还兼具故障报警、紧急停止等功能。PLC顶升技术可以控制梁体在顶升过程中的姿态，实现多点同步、同比例和反坡顶升，还可以实现梁体在空中长期滞留和梁体姿态的微调。其对同步顶升的精准控制在2mm以内，避免了顶升点不同步所引发的剪切和扭曲现象。

2 同步顶升施工工艺方法

2.1 施工准备

2.1.1 做好现场调查，制定科学的顶升技术方案

一是做好桥梁改造技术和经济可行性分析及论证。在对桥梁进行顶升工程设计前，设计人员要到现场进行勘察，对桥梁病害问题具体情况做到熟悉掌握，收集该桥梁如设计图、竣工图、使用情况与环境条件勘察报告等资料，并对地基特别是需要更换的支座、桥梁墩柱处的伸缩缝及其他补充结构、抗震能力等进行勘察和检测。调查过程中，应记录各类设施的规格、产权单位等信息，作为编制施工组织设计的依据。

二是制定科学的顶升技术方案。设计人员应根据力学模式对桥梁结构进行计算，计算出顶、落梁的位移量、需要更换支座的批次、顶升总吨位和绝对重量系数，做好墩柱支座位置的桥梁结构受力分析。设计人员根据相关力学计算做好合理组合配置千斤顶数量、加千斤顶安全保障系数、顶升设备选择、顶升高度、顶升梁体临时支架的数量、强度、刚度、稳定性等要求、原支座和新支座高度差等方面的设计，确保顶升技术设计方案科学合理，保障桥梁顶升过程中桥梁结构质量安全。

2.1.2 相关施工准备

一是做好顶升主要设备的准备。桥梁顶升设备主要有千

斤顶，按照顶升施工设计方案要求根据型号、吨位、数量等进行准备。同时还有高压油泵、发动机、高压油管、空压机、对讲机、电动圆盘磨光机、磁座钻、氧焊设备、风枪、百分表、冲击钻等。施工人员必须对设备进行出厂检验是否合格进行验证，确保设备资质合格。同时按照施工方案要求做好橡胶支座、钢护筒、钢板垫块、脚踏竹板、水泥、砂石、环氧胶泥、环氧砼、环氧砂浆等施工主要材料的准备，相关材料必须符合施工要求规范，送检合格。

二是做好垫石预制工作。根据设计方案，垫石尺寸、砼强度、数量的设计标准施工人员在进行垫石预制时需严格执行。在选择好的场地施工人员先做好场地整平，浇筑砼底模，底模表面要平整，这样才能保证垫石浇筑出来上、下表面都平整。浇筑拆模后施工人员还需要对垫石进行浇水保养，防止出现干裂，影响垫石的强度。

三是做好施工现场交通安全管制工作。施工方应对施工现场内外做好交通安全管制。场外做好交通疏导、引流指示标志，方便其他车辆通行。施工场内应做好桥上交通安全防范措施，按照交通安全标准规范做好施工安全标准牌、车辆引向牌等标识物的设置，并配备专职安全引导员进行施工交通安全工作。

2.2 桥梁顶升

桥梁顶升施工工艺基本流程一般分为：施工平台搭设——千斤顶三角钢板支撑架、平台的安装——千斤顶、油泵、监控监测设施的安装——解联——梁体顶升——支座、垫石更换——加高挡块——卸载和梁板回落复位——千斤顶、三角钢板支撑架及施工平台拆除——安装伸缩缝、接顺引道路面。在千斤顶、油泵和监测监控系统安装后，施工人员要对千斤顶是否漏油、监测系统是否调试正常进行确认，桥梁是否真正解联和三角钢板支撑架是否存在松动等都要认真检验，以免造成后面顶升施工造成不良影响。

2.2.1 顶升反力体系、支撑体系及施工平台的搭建

一是顶升反力体系的搭建。顶升抱住梁抬高法主要是将顶升着力点设在抱住梁底面，再将墩柱切断后，通过顶升抱柱梁来改变桥面标高，顶升完成后连接并加强墩柱。顶升反力体系主要有系梁、上抱柱梁、下抱柱梁。整个顶升反力系统必须满足强度、刚度、稳定性及局部承压的要求。施工人员需做好桥墩处支架的搭设，根据支座的更换来确定顶升的高度，在避免损坏桥面铺装或伸缩缝，相邻桥墩之间的顶升高度应在顶升过程中进行监控，高度差小于或者等于 2mm，一般支点位置顶升在 8mm 可满足支座更换空间的要求。

二是支撑体系搭建。主要是临时支撑设备的搭建。临时

支撑设备由厚度钢垫板、钢垫盒、钢立柱等组成。厚度钢垫板、钢垫盒的尺寸、厚度需要与顶升施工标准相符合。千斤顶支撑体系一般是钢筋混凝土结构，主要是对墩柱进行浇筑，用抱柱梁结构呈钢筋混凝土结构作为反力基础。基础应采用 C40 快硬早强砼浇筑然后进行钢管柱无缝组品、通过地脚锚栓使无缝钢管柱进行对角紧固，使立柱顶端平台水平保持稳定。

三是做好施工平台的搭建。施工平台由钢管支架、木垫板和防护网等组成。铺设平台顶部的木板宽度应符合施工需要，并用钢丝与搭架捆绑固定。并在周围安装安全防护网、防护栏，架设夜间施工警示灯等。

2.2.2 顶升准备

一是做好刻度标线的制作和监测。刻度线一般在桥台、盖梁上各画一条，刻度线与梁板底高度之间的距离为顶升初始高度，每个盖梁取 5 个点在顶升过程中做好初始高度的量测对比，确保顶升高差控制在规定范围。

二是做好顶升位置的处理。主要是对千斤顶布置位置进行处理。千斤顶布置在墩台上，需要对墩台布置位置上表面浮浆层进行凿除、打磨，保证平整。并对支座位置上方的预埋钢板、支座垫石混凝土病害等做好修复处理。预埋钢板应进行除锈防腐处理，找平预埋位置。对于支座垫石出现的蜂窝、孔洞病害可以用环氧砂浆混凝土进行表面修复。

三是安装千斤顶及油泵。在桥梁台帽及盖梁上边板两侧及两块空心板中间铰缝位置找好放置千斤顶的位置。千斤顶安装必须在同一水平位置，用钢板在千斤顶顶面上、梁底下不能出现空隙、松动的垫平、垫实。每个千斤顶之间、每片梁板地面中间需做好临时支撑安装工作。千斤顶安装后设置好高压油泵对千斤顶的控制台数，一般是 1 台高压油泵控制 8 个千斤顶，并在离千斤顶 1m 处安装一个控制阀，以免出现千斤顶漏油回落等现象。

四是做好监控检测设施的安装和控制系统调试。在桥梁底面安装百分表、在盖梁处前后端梁与梁接处贴玻璃片或薄纸片来监测梁板竖向位移、梁板间是否实现同步顶升。同时做好调试控制系统工作，位移及顶升控制是主控，外部需要通过电子传感器传递位移数据、压力传感器传递压力数据。通过对 PLC 液压控制装置传感器信号状态是否正常、传输是否正确要进行确认，确保每个顶升断面两侧都各布置一个位移传感器，使顶升姿态监测效果更好。

2.2.3 梁体顶升

一是完全上部结构联系的解除。根据现场实际与原竣工图，对梁端与背墙之间的桥面伸缩缝之间的铺装层进行凿

开、切缝作业，切断钢筋解除联系。

二是对顶升设备以及主体结构、其他结构的连接进行全部拆除确认。对液压系统、千斤顶、油泵及相关配件是否存在漏油现象、钢垫板是否出现松动和受无力等情况进行确认。

三是做好试顶工作。试顶作用于整个主梁还没正式顶起的阶段，主要是为了测试千斤顶是否达到同步状态，消除支撑本身的非弹性变形。试顶顶至每个千斤顶受力时要保持每个千斤顶稳定受力，油压控制在一定压力范围，一般为4MPa，工作人员要控制千斤顶顶心不再上升，同时观察桥下梁体是否出现变化、是否有裂缝、桥梁基础是否有异常形变、油泵、油管、千斤顶等是否出现漏油、接头是否紧密等。在试顶一定时间内工作人员通过控制系统相关数据做好记录，确定无异常后可进行正式整体顶升。

2.2.4 主梁同步顶升

施工队伍严格按照荷载实时控制施工方案进行局部油缸并联，全局位移同步的主梁同步顶升操作。现场指挥组按照监测组、控制组、液压组、作业组等职能分组做好分组操作。顶升初始阶段针对简支梁各段的顶升位移不完全相同，在进行整体同步顶升后到位的分段停止顶升，未到位的继续顶升，实行分段到位。连续桥梁顶升则根据桥头到桥尾高度的不同按比例设定顶升高度。在同步顶升过程中，工作人员需要通过监测系统对油压做好控制，注意观察千斤顶分级整体提升的速度和时间、梁体与原橡胶支座的距离，在确保梁体结构无异常后才继续顶升。分级顶升过程工作组对各项测量点数据特别是位移传感器的数据进行记录、收集和整理，确保同步位移误差不能超过规定范围。同时每一级顶升完成后，指挥组要对计算机系统显示的各油缸位移和压力情况进行整理分析，确保各顶升位移差值、总梁体顶升高度都控制在规定范围，为桥台支座更换的顺利更换打好坚实基础。此外，顶升过程中要注意千斤顶垫块的检查，防治垫块接触不

全面、负载下降等现象出现。

2.2.5 支座和垫石更换

顶升结束后通过临时支座将桥梁进行支撑，工作人员对就支座的垫石砼进行检查，如有破损需要更换则通过机械进行桥墩、台帽盯破损位置进行凿除、清理碎渣、平整表面。并用环氧树脂砂浆对预制垫石位置进行找平，待砂浆强度达到设计要求后，工作人员对各主梁支座的底梁标高进行测量，然后进行新支座安装和新梁底标高测量，确保新标高和原标高的差值符合顶升设计要求。

2.2.6 卸载、梁板回落复位

支座更换完成后千斤顶同步顶升至梁体适合临时支撑撤出高度，按顺序撤出临时支撑，并按照回落顺序将梁体回落到安装好的支座上。回落后要对梁板和支座、垫石之间的受力情况、结合进行检查，如出现支座松动或无受力，需要防锈薄钢板涂刷环氧树脂来垫实缝隙。同时对梁体高程、轴线位置、桥面标高等进行复核，看是否符合设计要求。同时同一桥的台帽、盖梁的垫石之间需要浇筑一定高度的水泥砼以连成整体。以上工序确认无误后可以拆除千斤顶和施工操作平台。

2.2.7 其他收尾工作

顶升到位后为了方便通车和防止梁板在背墙和梁之间的孔隙内滑动，桥面两端的横向缝隙要用方木进行封堵，等施工伸缩缝施工了再拆除。由于桥梁顶升后与原路面会有一定的高差，因此要修筑水泥砼或沥青砼将桥梁两端路面进行桥面接顺，并接高档版、安装伸缩缝。竣工质量验收合格后开放通行。

综上所述，桥梁同步顶升技术操作过程需要多方紧密合作，在科学严谨态度下使用液压PLC控制系统做好桥梁同步顶升施工，在工期使用上具有快速优势，同时成本降低，施工效益和经济效益得以有效提高，在桥梁改造建设领域具有良好的应用前景。

参考文献：

- [1] 肖宏宇,刘薇.桥梁整体同步顶升及监测技术[J].公路与汽运,2021(5):123-127.
- [2] 张超.桥梁同步顶升技术在公路改建中的应用[J].工程机械与维修,2021(4):224-225.
- [3] 聂金龙,李广,刘兴峰.同步顶升技术在桥梁工程中的研究与应用[J].工程技术研究,2020,5(12):80-81.
- [4] 施维.同步顶升技术在桥梁工程中的研究与应用[J].门窗,2019(19):233.