

# 桥梁顶升多液压缸同步系统分析

杨万东

(含山县公路管理服务中心, 安徽 含山 238100)

**摘要:**近年来,我国桥梁改造工程逐渐增加,桥梁同步顶升技术开始被普遍利用。为解决桥梁同步顶升问题,需要完善多液压缸同步顶升系统。这一系统综合工控机和可编程控制器以及液压控制系统等,可以同步升降多液压缸,同时可以实时监控各个顶升点的压力、位移以及应力等。本文主要分析桥梁顶升多液压缸同步系统,通过工程实例验证桥梁顶升多液压缸同步系统的各项性能,希望能对相关人士提供参考。

**关键词:**桥梁改造工程;桥梁顶升;多液压缸同步;控制系统

**中图分类号:**TH137.51 **文献标识码:**A

公路建设(特别是改建、扩建)过程中经常需要改造桥梁顶升,例如在增加桥梁高度或者更换桥梁橡胶支座等项目中,都需要将原有桥梁顶升。当前桥梁同步顶升过程中主要是利用手动操作方式。这种方式需要耗费较多的劳动力,同时具有一定的危险性,并且在工作中因协调不合理将延长整体工期。近些年我国不断增多桥梁顶升改造工程,利用传统的工作模式无法满足工作要求,因此需要完善桥梁顶升多液压缸同步系统,在桥梁同步顶升施工中,需要利用负载、位移以及应力监测控制线等。

## 1 桥梁顶升对多液压缸同步系统的要求

### 1.1 顶升力控制

当前桥梁结构具有多样性,质量分布不均,布置的液压缸承载力具有较大的差异,液压系统可以自动化调整各液压缸压力,因此满足上部负载需求。在称重阶段需要合理地控制顶升力,同时需要开展桥梁试顶升工作,有效地控制桥梁内应力<sup>[1]</sup>。

### 1.2 位置同步控制

在桥梁顶升阶段,为了避免梁体发生开裂和扭曲等问题,在负载不均的情况下,需要保持各顶升点位置的同步。

### 1.3 实时监控压力和位移以及应力

落实压力监控工作有利于控制顶升力,监控位移有利于同步顶升位置,监控应力有利于避免集中内应力,以此保护梁体结构。在桥梁顶升过程中,各顶升点的应力和位移共同作用下,将产生梁体结构的内应力,因此应力监控工作可以通过实时监控压力和位移,保障梁体结构应力始终处于允许值范围内<sup>[2]</sup>。

## 2 桥梁结构整体顶升施工技术的工序和要点

### 2.1 技术准备

在技术准备过程中,需要结合实际工程情况,根据原有桥梁结构图纸制定桥梁结构顶升施工方案,并需要明确不同的施工参数。随后切割处理桥梁结构伸缩缝,在合适的位置设置观测点,可以实时检测桥梁结构顶升高度和角度等,如果发生施工问题还可以及时提供信息,快速开展纠偏工作。在此过程中需要结合实际情况,合理地选择脚手架等辅助设备和顶升设备等,在脚手架上铺设跳板,并且利用专业施工材料绑扎处理脚手架结构,从而提高脚手架的稳定性和安全性。在伸缩缝切割处理过程中,需要利用合适的施工机械设备,保障伸缩缝的平整性。在凿缝阶段需要定期清除缝隙中的杂质,完成切割工作后,需要及时修复桥台帽,同时需要在桥梁结构表面和垫块等部位布置观测点。

### 2.2 选用顶升千斤顶

在顶升施工中需要利用千斤顶,通常千斤顶中配置液压锁,避免出现失压问题,以利于稳定支撑荷载,顶升到位后需要拧紧顶升的螺旋装置,避免松动失稳而出现事故。在安装千斤顶的过程中,需要保持轴线的垂直性,避免在施工中发生歪斜问题,在加力点位置需要计算千斤顶和梁、台帽的接触面积,要控制这一面积在原结构混凝土强度范围内,从而保护整体结构<sup>[3]</sup>。

可以将帽梁作为反力基础,在布置千斤顶帽梁的过程中,需要控制边缘距离超过10cm,在相邻板的肋板部位需要设置顶升托换系统,可以利用钢垫板作为托架。

### 2.3 设备安装

根据工程实际情况合理选择液压装置、顶

升系统以及传感器等,提高后续施工的便利性。在设备安装过程中,需要在液压装置中提前配置螺旋装置和液压销等,避免液压装置运行中引发失压等问题。工作人员需要提前找平液压装置摆放部位,同时需要采取措施提高桥梁结构受力均衡性。组建顶升系统后,注意及时调试系统部件和各类装置。在不同施工区域需要配置专业的监测设备。例如在不同的监测点中需要配置位移传感器,负责监测桥梁顶升高度和角度等。

#### 2.4 试顶升

为减小施工问题的发生概率,需要提前开展试顶升工作,及时发现试顶升中的问题,从而采取有效的预防措施。在试顶升过程中需要控制顶升高度,为提高梁体结构的稳定性,工作人员需要加强控制荷载增加的速度和顶起时间,并且根据施工规范卸掉荷载。经过检查发现问题后,需要优先解决问题,再组织二次试顶升工作。

#### 2.5 桥梁结构正式顶升工作

在正式顶升过程中,需要提前做好垫块辅助工作,并且需要分析桥梁结构的特征,从而确定桥梁重心和顶升发力点,注意高度重合桥梁重心和顶升发力点,避免在顶升过程中桥梁结构发生位移偏差和扭曲变形等问题,同时工作人员要不断调整顶升设备工作参数。为了避免发生横向偏移问题,需要提前布置纵横限位块。完成单次顶升工作后,需要及时设置垫块,并开展施工检查工作,随后开展后续顶升工作。施工单位需要根据实际情况控制桥梁结构顶升速度,及时纠偏顶升的角度。

#### 2.6 同步监测和放置临时垫块

完成桥梁结构顶升作业后,不仅需要加设垫块,还需要开展检查工作,并根据传感器的数据信息分析实际施工情况,针对检测出的施工问题,立即分析问题成因,制定有针对性的解决措施。如果施工参数偏差较大,要及时中断施工,避免引发严重的质量问题和安全事故。

#### 2.7 落梁

顶升超过标准5~10cm后,可以凿除支座垫石位置,随后铺设水泥砂浆,并且放入钢筋混凝土预制垫块。在落梁前要做好准备工作,例如调平支座垫石、安装新支座等。同时需要审核顶升数据,将临时支撑拆除。在支点位置落梁后,需要观测压力传感器的监测数值,注意统一减速和位移。如果数值相差较大,需要及时解决问题。

### 3 桥梁顶升多液压缸同步系统概述

#### 3.1 系统总体方案

在桥梁同步顶升工程中分散布置执行机构,因此多液压缸同步系统需要满足这一特征,利用分布式计算机控制系统(DCS),发挥出执行机构分散控制和集中操作的优势,同时可以动态化实时监控压力和位移以及应力等。多液压缸同步系统主要包括液压动力系统和实时监控系统两部分。

#### 3.2 液压动力系统

在多缸同步升降动力系统中主要包括4组相同的泵站,而每组泵站中分别包括8个并联液压缸,同时根据工程实际需要自由配置泵站和液压缸,可以实现重构使用。为了同步控制多缸施力,需要在每个液压缸配置电液比例减压阀和压力传感器,从而形成闭环调压回路,利用电液比例减压阀控制每个液压缸的施力状态。为提高桥梁升降过程的稳定性和安全性,需要降低升降速度,控制最大速度在10mm/min左右,同时结合液压缸运行参数控制最大流量在0.804L/min范围内。因为此液压系统是高压小流量系统,利用流量控制元件很难同步控制位置。结合液压系统的特征,需要发挥出电液比例减压阀的作用。将电液比例减压阀出口和液压缸之间的高压软管作为细长孔,需要根据下式确定流量: $q = d^4 / 160 \mu l (P_A - P)$ 。在式中 $l=35\text{m}$ ,以此作为高压软管的长度。 $d=10\text{mm}$ ,以此作为高压软管的孔径, $\mu$ 代表动力黏度; $P_A$ 代表电压比例减压阀出口压力, $P$ 代表负载产生的液压缸内部压力,也就是所谓的平衡压力。

改变电液比例减压阀出口压力,有利于调整高压软管的两端压差,实时改变高压软管的流量,从而保障液压缸速度控制效果。如果电液比例减压阀出口压力大于负载产生的液压缸内部压力,当 $q$ 为正时,利用液压缸的大腔供油,并且伸出活塞。当电压比例减压阀出口压力小于负载产生的液压缸内部压力,在 $q$ 为零的阶段,液压缸将停止运行。调整流量的过程中要始终处于电液比例减压阀的额定流量范围内,虽然这种方法具有局限性,但是可以满足工程需要。

#### 3.3 桥梁同步顶升工作原理

在桥梁同步顶升过程中需要经历称重、顶升、保持、下降四个步骤。在顶升前,工作人员需要完成桥梁称重工作,确定所有顶升点的负载压力。在称重过程中,需要根据各个顶升点负载压力估算值,有效控制不同电压比例减压阀的出口压力。如果各个液压缸的出口压力超过顶升点

的负载，伸出活塞后将产生顶升点位移，利用压力和位移传感器向主控电脑中传递压力和位移的变化数据。如果经过位移传感器的检测确定微小位移，关联的液压缸将会停止运行，因此停止提高电液比例减压阀出口压力，平稳所有电液比例减压阀出口压力后，由液压缸承载桥梁的质量，这时桥梁进入悬浮状态，从而结束承重工作。在这一阶段需要平衡各个顶升液压缸的出力和桥梁负载，这时压力传感器将传回平衡压力。

在顶升阶段需要合理地调整电压比例减压阀，确保出口压力以平衡压力 $P$ 为基础增加 $\Delta P$ ，因为不同电液比例减压阀出口压力 $P_A$ 通常在平衡压力 $P$ 以上，并且差值相同，因此可以同步上升各个液压缸，结合工程实际要求，实时调整 $\Delta P$ 的大小即可满足顶升速度的要求。

在带载下降过程中，以平衡压力 $P$ 为基础，减小 $\Delta P$ 即可确定各电液比例减压阀出口压力。在带载运行过程中，三位四通换向阀处于供油状态中，这时电液比例减压阀的入口压力都是系统压力。因为系统利用先导流量稳定性，在此工况下通常是关闭主阀芯的单向阀，液压油通常是经过细长先导油流道流回油箱，这样有利于提高带载下降过程的稳定性。

液压缸主要是通过高压软管进油和回油，如果软管出现破损问题，将引发严重的安全事故，为了提高运行过程的安全性，需要在液压缸的缸体上安装液控单向阀，这样可以提高整体运行的安全性和顶升工作的便利性，在实际工作中可以在任意位置停留液压缸。

### 3.4 压力、位移、应力监控系统

监控系统主要包括上、下两层，上层的核心为总控柜，而动力监控系统的核心是工控机，主要负责加工监控信息，同时需要负责发送工作命令。32路的I/O（输入/输出）卡负责输入具体操作执行，同时可以指示工作状态。3轴正交编码器负责采集位移量，利用A/D（模拟/数字）采集卡采集应力信号，在下层泵站和上层工控机双向通信过程中主要是利用4端口高速RS-422/485卡。利用ISA（工业标准体系结构）总线实现各办卡和工控机的通信，可以根据实际功能需求再拓展。下层包括4组欧姆龙PLC（可编程逻辑控制器），负责采集压力信号，同时可以有效地控制液动力系统，不同PLC之间属于相互独立的关系，利用上层工控机可以交换不同PLC之间的数据。

## 4 工程实际应用

省道S226改建工程K25+156.7鲁河中桥跨径为 $3\text{m} \times 16\text{m}$ ，角度为 $10^\circ$ ，上部结构采用预制空心

板，下部结构采用柱式墩、U台、扩大基础。桥面全宽 $17.0\text{m}$ ，断面布置为 $0.5\text{m}$ （护栏）+ $16.0\text{m}$ （行车道）+ $0.5\text{m}$ （护栏），上部梁板及下部桥台状况良好，外侧护栏为钢筋混凝土墙式护栏，伸缩缝为毛肋式伸缩缝，附属设施锥坡完好，泄水孔堵塞。

根据S226纵断面改建方案，老桥桥面需抬高，抬高高度约 $1.15\text{m}$ ，路线中心线与老桥中心线重合。改建方案为老桥上部结构顶升利用，下部桥墩盖梁及桥台台帽加高利用。老桥两侧拼宽，拼宽部分上部采用 $16\text{m}$ 预应力简支T梁，下部桥墩采用柱式墩、摩擦桩，桥台为U台扩大基础。拼宽部分盖梁与老桥加高盖梁整体浇筑。上部T梁与老桥空心板浇筑湿接缝连接。拼宽后桥面全宽 $24.5\text{m}$ 。

根据设计图纸要求，需要将K25+156.7鲁河中桥梁板与桥墩、桥台的连接构件拆除后，采用PLC控制液压同步顶升系统将全桥梁板整体顶升至设计标高以上 $50\text{cm}$ （超顶升 $50\text{cm}$ ，作为施工操作空间），凿毛原桥盖梁，露出盖梁钢筋，在凿毛后的盖梁上整体浇筑加高部分，通过加高盖梁方式，将梁板抬高至设计位置，混凝土达到强度后，进行落梁的施工，拆除顶升系统及支撑体系。

## 5 结束语

桥梁同步顶升工作具有复杂性和危险性的特征，因此在桥梁顶升过程中需要采取安全措施。为了顺利开展桥梁顶升工作，本文分析了桥梁顶升多液压缸同步系统，利用这一系统可以同步升降不平衡负载的液压缸，同时可以实时监控顶升过程中不同顶升点的压力、位移以及应力等。利用桥梁顶升多液压缸同步系统，操作人员通过操控中央控制室即可控制和监测各个液压缸，从而实现梁体顶升操作。此外在更换桥梁支座等工作中，也可以利用桥梁顶升多液压缸同步系统。利用桥梁顶升多液压缸同步系统，要保证同步升降速度最大在 $10\text{mm}/\text{min}$ 左右，同时需要控制位置同步误差在 $\pm 1.5\text{mm}$ 范围内，控制压力误差在 $3\%$ 范围内。

## 参考文献

- [1] 武玉林.钢筋混凝土大坡率桥梁同步顶升施工技术研究[J].洛阳理工学院学报(自然科学版), 2021, 31(4): 53-57.
- [2] 宋小峰, 钱野, 张强.同步顶升法修复桥梁支座调平块实例分析[J].工程质量, 2021, 39(12): 68-71.
- [3] 安宏飞.浅谈同步顶升技术桥梁支座更换中的研究与应用[J].中国建材科技, 2021, 30(5): 138-140.