

# 船厂龙门起重机塔架顶升与大梁提升技术

李兴奎 甘秋萍 刘 文 朱廷志 肖朝辉

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

**摘 要:** 本文以介绍青岛北海船厂200吨龙门起重机安装施工为例,总结液压提升技术在重型设备安装中的应用,进一步完善了液压提升施工工艺。

**关键词:** 液压提升系统 龙门起重机 塔架

液压提升技术实际上是一项新颖的建筑构件提升安装施工技术,它一反传统的提升方法,采用柔性钢绞线或刚性立柱支承、提升千斤顶集群、计算机控制、液压同步提升新原理,结合现代化施工工艺,将成千上万吨的构件在地面拼装后,整体(或分节段)提升到预定高度安装就位。采用此技术可实现大吨位、大跨度、大面积的超大型构件超高空整体同步提升与下放。此技术在青岛北海船厂200吨龙门起重机安装中得到了成功应用,顺利完成了工程。

## 1. 工程概况

青岛北海船厂座落于青岛市黄岛区薛家岛海滨,其200吨×131米造船龙门起重机为单主梁、中吨位、大跨度门式起重机。该起重机主要由门架结构、上小车、下小车、起重行走机构、维修吊等组成,其中门架结构主要由梯形单梁、单柱箱型刚性腿、人字型圆管柔性腿和行走机构四大部件组成,大梁与刚性腿采用焊接连接,而柔性腿与大梁采用铰接连接,刚性腿与柔性腿下端均采用铰轴与行走台车横梁连接。其主要部件重量如下:

序号	部件名称	重量(吨)
1	大梁	766.00
2	刚性腿	320.00
3	柔性腿	121.30
4	上小车	68.50
5	下小车	82.70
6	行走机构	159.27
7	维修吊	28.34

## 2. 施工方案

龙门起重机按其结构、起重量和跨度不同,其吊装方法也不同,中吨位单梁门式起重机在早期施工方法是采用桅杆、卷扬机、滑轮组联合吊装。该方法滑轮组复杂,不易实现自动同步控制,精确调整就更难,而且钢丝绳对电火花比较敏感,吊装过程中不能焊接,另外卷扬机悬吊重物不能长时间停留于空中,因此早期施工方法难以实现倒装法施工,龙门起重机的大型结构件只能在工地加工,加大了施工难度,且难以保证质量。

到了20世纪90年代,随着国内液压提升技术的兴起,大中吨位的龙门起重机的安装也采用了液压同步提升技术。起初该技术应用比较单一,工艺比较复杂。它的施工方法是预先要设置门式塔架,把提升千斤顶安置在塔架上,之后门式塔架必须向刚性腿轨道侧倾斜,才能吊装刚性腿,从而实现刚性腿的竖立;然后再将塔架上的提升千斤顶及液压泵站、控制系统拆除,移至刚性腿上端工作平台安装,作为龙门起重机主梁的提升设备,接着才将门式塔架移至柔性腿侧,作为主梁提升的设备安装、承重平台,主梁两端同时起吊从而完成龙门起重机安装。此方法提升千斤顶要安装、调试两次,且在吊装刚性腿节段时,塔架必须倾斜,加大了施工中不安全因素,增加了高空作业和施工周期。

随着液压同步提升技术和施工技术的不断发展,青岛北海船厂200吨龙门起重机安装,采用两幅提升能力达5200吨的塔架作为支承,塔

架为自升式桁架结构,每幅塔架均装有顶升千斤顶,其顶升的液压动力和控制均采用液压同步提升系统中的液压泵站和控制系统,控制系统运行程序为顶升程序,先将塔架顶升,逐次安装塔架的标准节段,塔架安装完成后,再在塔架大梁上安装提升千斤顶,然后采用快速接头与泵站和控制系统相连,短时间内就组成了龙门起重机主梁提升的液压同步提升系统,通过控制台实现远程操作控制,在提升龙门起重机主梁过程中用倒装法拼接刚性腿和柔性腿节段、行走机构、下小车,从而完成龙门起重机的安装。此吊装方法具有占地少、设备利用率高、施工工期短、安全、平稳、容易保证安装质量等优点。

### 3. 施工工艺

在整个吊装过程中采用液压同步提升技术有两种工况:门式塔架顶升、龙门起重机主梁提升。

#### 3.1 门式塔架顶升

门式塔架结构如图1,标准节为4米(长)×4米(宽)×6米(高),顶升到位后塔架提升大梁相对地面标高为82米。该塔架为液压自升式,每幅塔架配有四台HSGL-280/20016-3200千斤顶,其行程为3200mm,额定顶升力为80吨,额定油压为16MPa,一台LSDB105液压泵站安装在提升大梁上,一套LSDKC-16控制系统放置在离塔架约60米的地面作为远程控制,采用激光测距仪检测塔架顶升过程中的每台千斤顶活塞伸缩位移,PLC控制,比例多路阀调节每一千斤顶的顶升速度,实现塔架同步顶升。其工艺为:

(1) 利用汽车吊安装底节、两标准节、顶节、导架、提升大梁;

(2) 千斤顶伸缸,带着导架、顶节、提升大梁上升3.1米;

(3) 以导架临时支承板支承着导架,千斤顶空载缩缸;

(4) 千斤顶再次伸缸,带着导架、顶节、提升大梁再次上升3.1米;

(5) 利用大梁上的卷扬机吊装第1节标准

节段,进行安装就位;

重复上述(2)~(5)完成共8节标准节段的安装,即完成塔架安装工作。

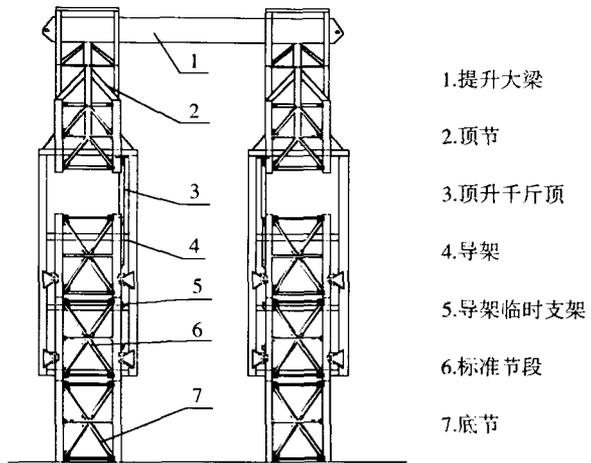


图1 门式塔架结构图

#### 3.2 龙门吊大梁提升

应用于青岛北海船厂200吨龙门起重机安装的液压提升系统是综合了上世纪末龙门起重机吊装工艺优点的基础上开发出的大流量、比例多路阀驱动、集中管理、分散控制的液压同步提升系统。主要包括12台LSD200-300提升千斤顶,两台LSDB105液压泵站,两台泵站扩展阀组,一套LSDKC-16控制系统。

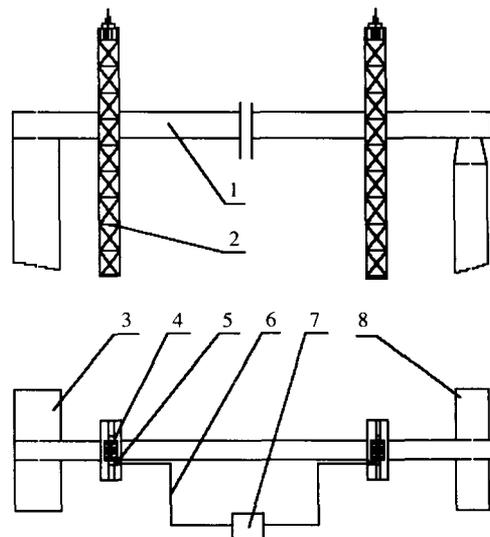


图2 龙门起重机主梁提升示意图

1. 龙门起重机主梁 2. 门式提升塔架 3. 刚性腿 4. 提升千斤顶  
5. 液压泵站 6. 通讯电缆 7. 控制柜 8. 柔性腿

在两幅塔架的提升大梁上分别布置6台提升

千斤顶、一台LSDB105液压泵站、一台泵站扩展阀组、一套LSDKC-16控制系统,如图2所示。该系统采用激光测距仪直接检测构件的绝对位移,用编码仪检测千斤顶活塞相对位移,用压力传感器检测其负载大小,用位置传感器检测提升千斤顶的工作状态,这些信号实时送入现场控制器,上位机与现场控制器进行通讯、控制,控制系统采用同步提升算法,时时调整液比例阀阀口大小,从而调整每一台提升千斤顶的流量、速度,实现吊点的实时同步,确保提升过程中构件的平稳且完好。

#### 4. 液压同步提升施工的技术关键

##### 4.1 提升设备的确定

一个大型的液压提升工程,其提升构件重量必须明确,根据提升构件荷载分布并且考虑避免构件产生大的变形,确定吊点数和每一吊点所需提升力,然后根据每一吊点所需提升力确定该吊点配置提升千斤顶规格和数量。以青岛北海船厂200吨龙门起重机安装为例:

(1)塔架顶升总重250吨,采用4台额定顶升力为80吨的千斤顶,能力储备系数为: $80\text{吨} \times 4 \div 250\text{吨} = 1.28 > 1.25$ ,具有一定的起重能力储备。

(2)龙门起重机提升,青岛北海船厂200吨龙门起重机提升过程中最大负载为1470.625吨,能力储备系数为:

$$200 \times 12 \div 1470.625 = 1.63 > 1.5$$

提升采用钢绞线承重,每台提升千斤顶装有18根 $\phi 15.24$ 钢绞线,每根钢绞线破断力为25.4吨,钢绞线的安全系数为

$$18 \times 12 \times 25.4 \div 1470.625 = 3.73$$

具有足够的安全性。

##### 4.2 速度、同步精度确定

在施工中,速度越快施工周期越短,同步精度越高越好,然而提升(顶升)速度和同步精度是受到多种因素限制的。

(1)液压泵站流量大小直接影响千斤顶活塞伸缸(缩缸)速度,泵站流量大小受设备成本的制约并与大流量液压技术难度系数有

关,即与工程成本控制有关。

(2)提升速度与同步精度又是相互制约的两个参数,同步精度要求高,受同步调控的反应时间的影响,其提升速度就受到了限制,相反提升速度要求高,高精度的同步性就难以实现。

(3)施工环境,如果是在河道上施工,牵涉到封航的问题,这就要求提升速度要快,如广州新光大桥拱肋提升;对于大型建筑结构提升,其同步精度要求比较高,而其提升速度要求相对较低,如北京西客站钢门楼提升。

总之合理的提升速度和同步精度才能使液压同步提升技术发挥到最佳。下面以青岛北海船厂200吨龙门起重机安装过程中的塔架顶升和主梁提升为例分析速度与同步精度参数控制。

塔架顶升,尽管塔架设计时允许偏差50mm也能保证塔架的稳定,经试验如果同步误差达20mm,其导架滚轮与导轨之间的摩擦力就达到近100吨,再加上顶升大梁的重量250吨,即总负荷达350吨 $> 320$ 吨,超出了顶升千斤顶额定顶升力,实际上是无法顶升的,最后经反复论证顶升前4节速度控制在6~8mm/s,同步提升精度控制在17mm;而顶升后4节控制参数需要改变,因为整个塔架在顶升过程中,不方便设缆风绳,其塔架顶升到第4节时塔架高度已达60多米,而塔架的变形和顶升的不同步性,又引起导架与标准节之间的摩擦力增加,加上没有缆风绳,塔架稳定性受到威胁,通过科学的计算与论证,在后4节顶升过程中,其提升速度调整为4~5mm/s,其同步误差调整为15mm,此方案在现场施工应用,顶升非常平稳、安全,一个台班可完成4节的安装,两天就可以完成塔架的安装,大大解决了工期紧张的难题,降低了各种施工成本。

龙门起重机主梁提升,由于塔架顶升到位后,全部采用钢绞线作缆风绳,其预紧力大,塔架稳定性好,主梁提升过程中提升速度可以采用液压泵站全流量输出,提升速度6米/小时,在此提升速度下,其同步误差设为16mm,完全可以实现实时平稳同步调节。整个提升过程按

此参数设置，顺利完成了龙门起重机的主梁提升。

#### 4.3 提升注意事项

(1) 钢绞线应采用左、右捻，均匀交错地布置于每台提升千斤顶，以互相抵消钢绞线受力后产生的扭转。

(2) 每根钢绞线初始预紧力应控制在1.5~2.5吨，采用手拉葫芦预紧较好。

(3) 第一次启动时应采用分级加载，手动提升，使每台提升千斤顶的受力自由平衡，然后采用自动同步提升方式正常提升，完成整个施工任务。

#### 5. 结论与展望

青岛北海船厂200吨龙门起重机的成功吊装说明LSD液压同步提升系统在龙门起重机安装及塔架顶升工程应用是行之有效的，在整个施工中再一次显示了液压同步提升的优越性：该系统占地小，安装简单，适应能力强、容易实现

同步控制，还可以远程控制。采用此技术大大减小了高空作业量，提高了施工效率和施工安全性，而且控制系统采用了集中管理，分散控制的方式，在主控制台就能了解到提升（顶升）各种动态参数，方便管理。液压同步提升技术特别适宜于大型构件吊装及采用倒装法施工的工程，如：大中型龙门起重机，电厂锅炉、发电机，化工反应塔等等。

通过这项工程，进一步完善了重型设备吊装的施工工艺，相信液压同步提升技术在未来的大型龙门起重机及其它重型设备安装施工中将会发挥出更大的作用。

#### 参考文献

- 1 液压同步提升施工指南，OVM论文集
- 2 液压提升技术在构件倒装法施工中的应用，1999.4 OVM通讯
- 3 液压提升系统简介 2002(11) 建筑机械

#### · 简 讯 ·

## 核工业建设用OVM锚固体系 通过专家评审

由我公司研究开发的用于核工业建设的OVM锚固体系7月12日下午通过了专家评审，这标志着我公司取得了被国外产品一统天下的核电领域的“准入证”。

核电站安全壳所用预应力锚固体系的安全性、稳定性要求极高，在我国已建核电工程中，采用的全是国外预应力厂商的产品。据了解，2020年前，我国将建约30座核电机组，市场潜力巨大，而国外产品价格高昂，核电建设国产化率日显重要。我公司针对核工业建设的应用特点，在成熟的OVM锚固体系基础上，经过认真的专项研究分析和大量的测试检验，开发出安全性和稳定性更高、适用于核工业建设的OVM15R系列产品。

来自中铁大桥勘测设计院、清华大学、广西交通厅、上海核工程研究设计院、核工业第二设计研究院、同济大学、核电秦山联营公司、核电三门联营公司、中国核工业华兴建设公司等单位的11名专家组成了评审委员会。中铁大桥勘测设计院方秦汉院士担任评审委员会主任，广西交通厅郑皆连院士、上海核工程研究设计院夏祖训设计大师任副主任，清华大学陈肇元院士等任委员。

评审会由柳州市科技局组织。王柳平总经理介绍了公司生产经营及科研情况，项目负责人向评审委员会做项目

研究报告。评审委员会认真听取了报告，仔细审阅了相关技术资料，考察了公司生产、管理体系，现场观看了产品试验，通过认真的质疑、讨论后，一致同意通过评审。评审委员会认为：OVM锚固体系各项性能指标均符合国际预应力混凝土协会（FIP）《后张预应力体系验收建议》（1993版）和中华人民共和国标准GB/T14370-2000《预应力筋用锚具、夹具和连接器》以及美国混凝土协会ACI359《混凝土反应堆容器及安全壳规范》的相关要求；评审资料齐全，数据翔实可信；技术可靠，生产工艺、工装和检测手段可行；公司高效的企业管理制度和质量保证体系，能保证批量生产的产品质量。因此，OVM锚固体系能满足核电工程的要求，可应用于核工业工程的实际建设。

用于核工业建设的OVM锚固体系通过评审，填补了国内空白，打破了国外垄断，可替代进口，能显著降低工程造价，节约成本，对提高核电工程的国产化率具有重要意义。正如评审会后公司副总经理龙跃接受柳州电视台记者采访时所说——这实际上代表了一个国家的水平，是欧维姆公司的光荣、柳州的光荣、广西的光荣，也是我们中国的光荣！

（编辑部）