

北京西客站预应力钢结构整体提升安装方法

韩学广 龙廖乾

摘要 北京西客站主站房钢门楼预应力钢结构,自重 1800t,加承载共 6000t,钢桁架的上弦和下弦分别设置有预应力束,分两次进行张拉。钢门楼的提升安装采用液压整体提升装置一次提升就位。

关键词 预应力 钢结构 整体提升

一、前言

预应力钢结构由于它改善了结构体系的静、动力特性,从而具有用料省、自重轻、刚度强、造价低等优点。自 1953 年第一座预应力连续钢桁架——布鲁塞尔飞机库大门建成以来,预应力钢结构得到了较大的发展,其计算理论、设计方法及可行性、可靠性、经济性均得到了很好地验证。北京西客站主站房钢门楼是我国 90 年代建造的又一项大型预应力钢结构工程。该项工程通过合理布索,分两批引入预应力,省钢率达到 15%。钢门楼采用液压提升千斤顶和计算机控制的液压整体提升方法进行吊装,与传统的卷扬机滑轮组提升散件在高空拼装工艺相比,具有施工安全、经济、可靠和控制准确等显著优点。

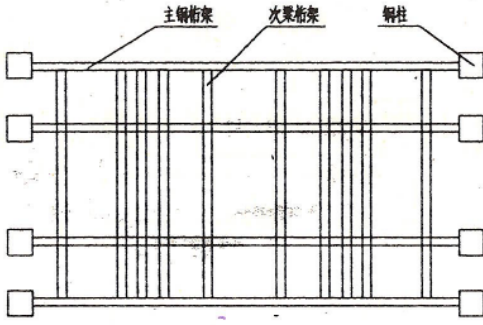
二、钢门楼结构及预应力施工

北京西客站主站房预应力钢门楼由四榀钢桁架和钢亭两大部分组成。钢桁架高 8m,每榀钢桁架之间由 30 榀横向桁架及工字钢梁组成空间桁架结构,总重约

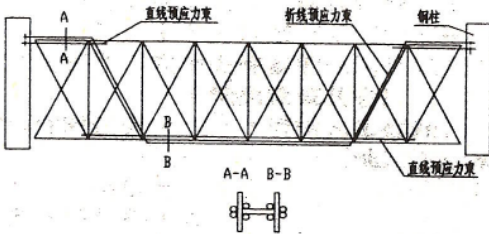
1200t,实际长度为 43.8m,四榀桁架间距分别为 8.4m、12m、和 8.4m,组成 43.8m × 28.8m 的空间桁架结构。图一为钢桁架平面图。钢亭平面尺寸为 27m × 27m,高 38.07m,由大小 64 根钢柱支撑,具有仿天坛祈年殿的民族建筑特征,为三层飞檐,四坡曲面钢网壳结构。钢门楼总高为 48.978m,钢亭钢结构总重量约 600t,全部钢结构总重约 1800t,建成后加承载共重约 6000t,安装后钢桁架下弦支点底标高为 52.31m。

在四榀钢桁架的下弦中部,配置了 4 束直线预应力束,参见图二。每一榀钢桁架的上弦两端,各配置 4 束直线预应力束。在每一榀钢桁架的下弦中部至上弦两端,各配置了 4 束折线预应力束。其中下弦中部直线预应力束在提升安装前张拉完毕,其余预应力束待钢门楼提升就位后张拉,使之与门洞两侧的劲性混凝土柱及钢筋混凝土墙连为一体。由于钢亭集中在钢桁架的中部,因此中间两榀钢桁架承受荷载较大,故选用较大承载力的

韩学广:柳州欧维姆建筑机械有限公司副总经理、OVM 工程有限公司总经理、高级工程师
龙廖乾:柳州 OVM 建筑机械有限公司技术中心助理工程师



图一 钢桁架平面图



图二 钢桁架预应力束配置图

OVM15-9型锚具；边上两榀钢桁架承受荷载较小，选用OVM15-6型锚具。两种锚具均满足I类锚具要求。所有无粘结预应力筋采用强度等级为1860MPa的低松弛高强度钢绞线。无粘结预应力筋外包PE护套，较普通的厚，为1.2mm。并且所有预应力筋均布置在预先安装好的钢管内，张拉后喇叭管及钢管内灌浆保护，以提高防腐能力。张拉时采用小吨位千斤顶单根张拉，便于高空作业。

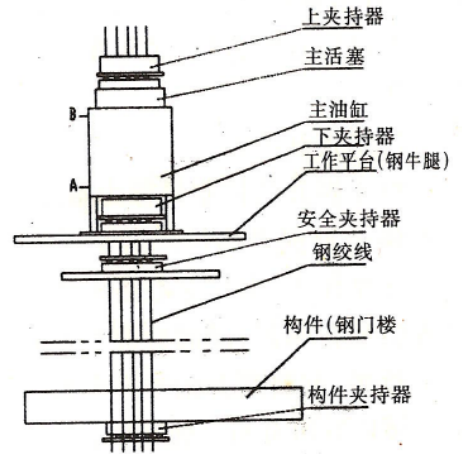
整个预应力筋施工顺序为：钢桁架制作拼装→安装直线束钢管和部分折线钢管→穿预应力筋→安装下弦处张拉端喇叭口→张拉下弦直线束预应力筋→钢门楼整体提升就位→安装折线束钢管并穿

入预应力筋→安装上弦处钢结构梁柱节点张拉端喇叭口→张拉上弦直线束及折线束预应力筋→封闭钢管→灌浆→封裹锚头。

三、钢桁架液压整体提升

(一)提升原理

整个液压提升系统由提升千斤顶、液压泵站和计算机控制系统组成。被提升的构件用高强钢绞线与提升千斤顶的夹持器连接起来，提升千斤顶主活塞的上下动作带着构件一起上升或下降。提



图三 提升千斤顶与构件连接示意图

升千斤顶与构件的连接如图三所示。

由夹片、锚板、压板组成的构件夹持器将钢绞线与被提升的构件连起来，钢绞线依次往上穿过安全夹持器、提升千斤顶的下夹持器、主油缸和上夹持器。提升千斤顶安装在工作平台上，工作平台利用建筑本身结构临时搭建。所有夹持器均为三瓣式带螺纹的夹片与锚板组成，将钢绞线牢牢地“夹住”。上下夹持器有专门的液压油路，由相同的液压泵站控制其松开或夹紧。安全夹持器的作用是只允许钢绞线向

上走而不能往下滑,防止千斤顶万一出现故障或其它原因引起的构件坠下的可能。当需要下放构件时,安全夹持器可由人工打开。

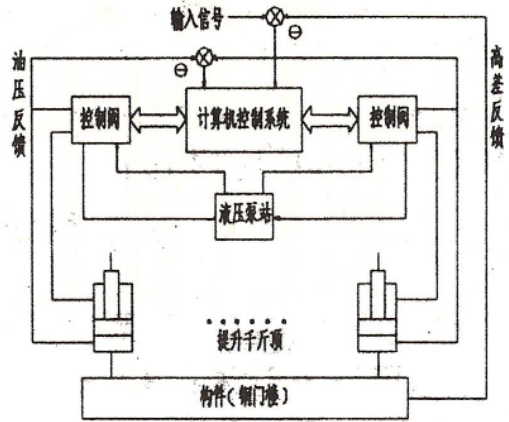
当提升时, A 油口进油, B 油口回油, 主活塞往上运动, 此时上夹持器夹紧, 下夹持器松开, 主活塞带着钢绞线连同被提升构件一起往上移动。到达千斤顶行程极限时, 下夹持器夹紧, 上夹持器松开, 同时 B 油口进油, A 油口回油, 主活塞空载回程, 为下一个提升行程作准备。如此反复动作, 直至将构件提到所需高度。提升的全过程可以自动进行, 也可单步运行或手动操作。

(二)控制原理

整个提升的控制目标为吊点位置, 即力求保持被提升构件的各个吊点始终在同一水平面上。办法是在各个吊点位置上设置位移传感器, 随时检测和比较各吊点高度位置, 并将高差信号反馈回计算机系统, 经计算机分析、处理后, 发出控制信号, 调节相应液压泵站的控制阀, 即调节输出液压油的流量, 实质上是调节该吊点的提升速度, 力图使构件各吊点的提升高度比差趋向于零。属于一种位移反馈的数模混合闭环控制系统。同时在各吊点设置油压传感器, 随时监测各吊点的油压变化, 并将该油压信号也反馈回计算机系统, 进行双因素配合调控。图四为控制示意图。

控制系统设置有系统误操作闭锁、重要参数如高差等的冗余检测、计算机系统的电磁兼容性等安全保护措施。

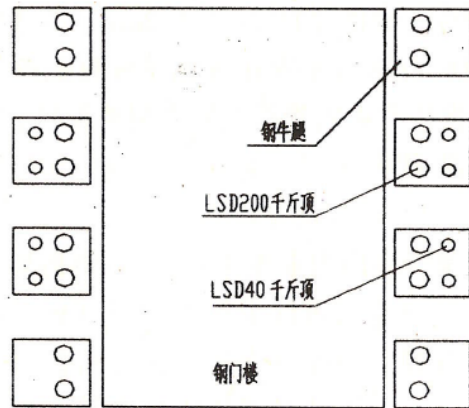
(三)提升作业



图四 控制系统示意图

1、千斤顶的布置

由于整个钢门楼中间部分较重, 因此 8 个吊点的千斤顶数量不一样。边上四个吊点各设置 2 台 LSD200 - 300 型提升千斤顶, 中间四个吊点各设置 2 台 LSD200 - 300 及 2 台 LSD40 - 300 型提升千斤顶。其中 LSD200 - 300 型千斤顶的额定提升力为 2000KN, 行程为 300mm; LSD40 - 300 型千斤顶的额定提升为 400KN, 行程也为 300mm。图五为千斤顶布置示意图。



图五 千斤顶布置示意图

布置示意图。千斤顶安装及工作时要保持水平，并且要求千斤顶的穿心孔与操作平台上的预留孔同心。

2、操作过程

当千斤顶、液压泵站和控制系统均安装好并检查无误后，开始穿钢绞线，要求每一台千斤顶上的钢绞线左右捻间隔布置，并对每一根钢绞线用相同大小的力进行预张拉。一切就绪后进行试提升，将门楼提起离地时，再次进行全面检查，主要针对千斤顶、锚具、液压泵站、控制系统、钢结构、临时牛腿等进行检查。正常后转入正式提升，一直提升至稍高于设计标高停下。待钢牛腿焊接并通过验收后，将门楼下放至钢牛腿上，整个提升作业结束。

四、结束语

北京西客站主站房钢门楼采用预应力结构，节省钢材 15%，再次说明预应

力技术在大型钢结构工程上的运用是成功的。有效地减少结构自重，同时提高了刚度，节省了大量钢材，其应用前景可观。此次液压整体提升是继上海东方明珠广播电视塔天线桅杆整体提升后的又一成功范例，提升重量达到了 1800t，由于钢门楼系在已建艰的东西两侧高层建筑中挂升，钢门楼左右摆动不得大于 40mm，对提升平稳性要求很高。液压整体提升安装工艺精度高，容易保证施工安全，提高工程质量，有利于质检工作，因此液压整体提升技术必将得到进一步的推广和发展，将成为今后提升超重、超大、超高构件的发展方向。

参考文献：

- 1、陆赐麟，《预应力空间钢结构在我国的实践与展望》（《建筑结构》1998 第 1 期）
- 2、杨嗣信，《北京西客站北站房钢门楼制作提升技术》（《施工技术》1995 第 10 期）

征 文 启 事

《OVM 通讯》自创刊以来得到了广大读者的热心支持和帮助。为进一步适应读者的需要，推动预应力技术的交流，诚向广大专家、学者、工程技术人员和读者长期征集以下内容的稿件：

- 一、预应力技术、产品的研制开发及理论研究稿件；
- 二、预应力技术、产品的工程应用实例分析；
- 三、预应力工艺施工方法及经验体会；
- 四、预应力技术产品发展的趋势分析及预测；
- 五、应用 OVM 产品的总结体会；
- 六、有关预应力工程、专利、会议等信息介绍。