

预应力技术在钢结构 安装及承载方面的应用

罗明贵 孙长军 翟玲 汪孝龙

【摘要】 本文以广州白云机场飞机库屋架工程项目为例,介绍了预应力技术在钢结构中安装成形作用和承载作用的有机结合,并说明两种作用的转换过程。

【关键词】 机库钢结构 安装成形 体外索承载

一、前言

传统预应力技术在我国源远流长,但受材料和技术等方面的限制,直到80年代我国才出现了现代高效预应力混凝土。随后预应力技术的发展十分迅速,在桥梁、建筑结构等领域中广泛应用,对预应力技术的认识不断深入。预应力从单纯作为抵消全部或部分载荷应力的一种措施,衍生出了拉索、提升(或转体、顶推)等多方面的技术应用,并且出现了一种技术在同一结构中多种作用的有机结合。本文所述广州白云机场飞机库屋架安装承载工程,介绍了预应力钢绞线在屋架安装成形的作用及安装后成为预应力钢结构一部分的承载作用。

二、工程概况

广州市白云国际机场GAMECO飞机库为国内首座采用STRARCH钢结构建筑。该结构跨度为50m×72m,建筑面积3600m²,共有9榀钢桁架,9个开间,1-8榀钢桁架轴距7925mm,8-9榀钢桁架轴距为7950mm,该飞机库可同时容纳一架波音737、一架波音757进行维护。该钢结构为澳大利亚STRARCH INTERNATIONAL公司设计专利,预应力体外索施工由柳州欧维姆工程有限公司负责。机库平面图见图1。

三、钢结构

(一) STRARCH钢结构的特点:

罗明贵、孙长军、翟玲、汪孝龙:柳州欧维姆工程有限公司 助工

- 1、可一次组装完成,整体同步、连续张拉。
- 2、钢桁架下弦杆受力后可以自由伸缩。
- 3、钢桁架的腹杆节点可以转动,为转动节点。
- 4、钢结构组装对支架的拼装要求不严,不要求有预拱度,钢结构组装过程不用塔吊。
- 5、钢结构的成形通过张拉体外索来完成,钢结构成形后,体外索则变为钢结构的受力筋,与钢桁架一起承受荷载。

整个结构除钢桁架、支撑系统外还附有屋面板、管道、电气照明等。所有飞机库构件均在马来西亚生产完成后运抵国内。飞机库屋面板为预压成型金属板轻型屋盖,钢桁架上弦杆为方管,下弦杆用方管及圆管组合焊接成型,腹杆及支撑系统为圆管。整个结构非常轻巧,可在支架上一

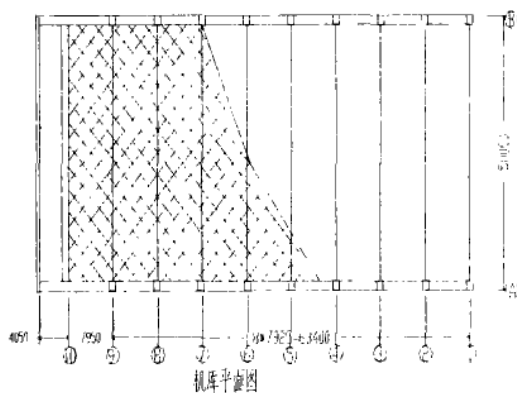


图1 机库平面示意图

次组装完成。

(二) 钢桁架组装后未加预应力之前的状况如图2所示:

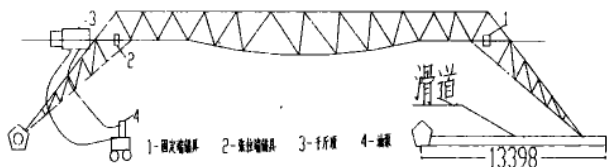


图2 张拉预应力之前结构示意图

钢桁架成形前数据:

上弦长度: 53.158m; 每榀钢桁架柱脚跨径: 62.959m; 预应力钢绞线跨度: 66.000m; 钢桁架高: 3.000m; 预应力钢绞线下料长: 66.362m; 千斤顶夹持钢绞线长度: 54.332m; 预计钢绞线伸长量: 2.821m。

(三) 施加预应力成形后的钢桁架如图3所示:

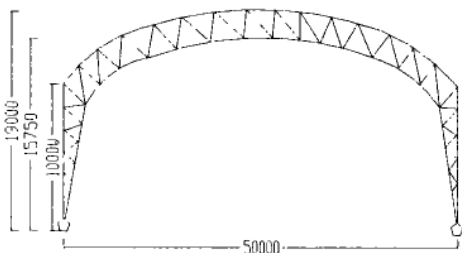


图3 张拉成形后的钢结构示意图

钢桁架成形后的数据:

拱跨度: 49.200m; 矢高: 19.000m; 边墙高: 10.000m; 支腿长: 9.777m; 半拱长: 26.579m; 支腿夹角: 29.3420。

四、预应力体外索设置

白云国际机场计划五年后要进行搬迁, 预应力筋束的设计要考虑到今后飞机库搬迁时能够放索, 因而设计采用无粘结预应力体外索的形式。

预应力钢绞线设置在每榀钢桁架的下弦杆内, 每榀钢桁架设6根 $\Phi 15.2$ 预应力钢绞线。每

束钢绞线设计张拉控制应力为700KN。

每榀钢桁架的下弦杆中间段为圆管, 一共设有17个可伸缩的钢套管, 每个钢套管可伸缩120-193mm。近锚固端为方管, 工作锚板与千斤顶工作处有1.25m长, 张拉预应力钢绞线时可不用限位装置, 千斤顶直接支撑在钢桁架上。张拉端和固定端锚具采用柳州欧维姆建筑机械有限公司生产的OVM15-1单孔工作锚具。

锚固段结构如图4所示:

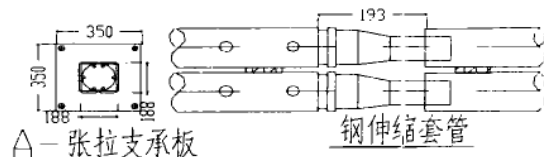
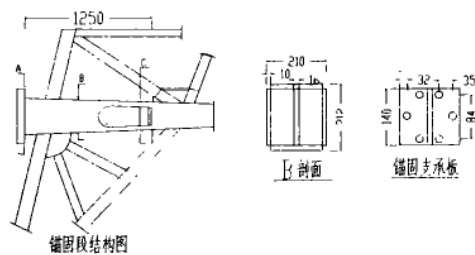


图4 锚固段示意图

钢桁架一端柱脚为固定脚, 以铰接方式和基础连接, 预应力钢绞线的张拉端设在固定柱脚一端; 另一端柱脚为活动脚, 预应力钢绞线的固定端设在活动柱脚一端。活动柱脚搁置在用A₃钢板制作的滑道上, 滑道长度为13398mm, 滑道上涂抹建筑油脂。在给千斤顶不停地进油, 进行张拉预应力钢绞线过程中, 钢桁架的活动柱脚沿滑道移动, 钢桁架逐渐受压, 钢桁架下弦杆中的伸缩套管从张拉端向固定端逐个收缩闭合, 在下弦杆长度渐渐缩短的同时, 腹杆产生转动, 向上顶起, 钢桁架的上弦杆逐渐弯曲变形, 最后整个屋架成形为拱形屋盖。

五、预应力体外索施工

(一) 材料

本工程起到起重与张拉作用的钢绞线采用上海申佳金属制品有限公司生产的直径 ϕ 15.2低松弛镀锌钢绞线,钢绞线外包两层防护层,内层黑色PE及外层天兰色PE均为柳州东方缆索有限公司加工,预应力钢绞线级别为270K,标准抗拉强度为1770MPa,其性能参数符合ASTM(A4.6—886)标准要求,共用OVM15-1锚具108套。

(二) 张拉设备

柳州OVM公司具有自动控制连续张拉系统,为一台液压泵站可同时控制多台千斤顶的同步连续张拉,包括YCW150-200千斤顶7台,YCW180-200千斤顶2台,ZB4—500高压油泵5台。张拉前将千斤顶和油泵进行全面检查和维修,对千斤顶和压力表进行配套标定,从标定表上确定千斤顶摩阻较接近的两台顶与同一台高压油泵相连接。第五榀钢桁架即钢结构中部单独采用一台千斤顶和一台油泵进行张拉。

(三) 下料

下料前,地上要铺垫厚帆布,以免预应力钢绞线外包PE破损。按设计长度下料,剥除预应力钢绞线工作段外包PE,清洗干净上面的防腐油脂。

(四) 编束

为避免预应力钢绞线在穿束过程中交叉缠绕,将每三根钢绞线为一束进行编束,每隔一段用铅丝进行绑扎。将导向帽套在钢绞线束端头以利于穿束。

(五) 穿束

穿束前再次仔细检查钢绞线热挤PE套,如有少许破损,则用PE焊枪进行修补,如有较大面积破损则重新下料更换钢绞线。

采用人工穿束,穿束顺序:固定端→张拉端。

穿好钢绞线后,依次将固定端和张拉端锚具

安装上,然后在张拉端安装千斤顶,连接好油管。

(六) 张拉

张拉前先对预应力钢绞线进行预紧,每台千斤顶都打几个行程直到压力表指针开始上升后卸荷,然后用YDCS160-150手提千斤顶对钢绞线逐根进行预紧调直,使每束预应力筋中的每一根预应力钢绞线都承受同样的拉力,以满足张拉时各根钢绞线均匀受力的要求。

在每一个行程的张拉过程中,都要对钢桁架各主要杆件和接点的内力及其位移进行测定,当测定资料和分析结果确定没有问题且得到设计人员和监理工程师的认定、批准后方可进行下一次行程的张拉。

当钢桁架的活动柱脚就位后,用高强螺栓固定好。再逐个对千斤顶按标定曲线进行加荷,使预应力索的索力达到设计要求。将张拉端锚具上所有的工作夹片全部更换后,装上新的工作夹片后放张锚固。

(七) 防腐

屋架成形后,张拉端和固定端的钢绞线有三米多长,考虑到以后要放索,没有将其切除。故对外露的已剥除了PE的钢绞线要采取措施防腐。

锚具的防腐采用开有孔的塑料盒将锚具罩住,塑料盒内灌注防腐油脂。钢绞线的防腐先在每一根钢绞线上涂抹一层防腐油脂,然后套上一根与外露钢绞线等长的塑料软管,将钢绞线扎成束,再涂一层防腐油脂后用聚脂带进行缠绕,最后外刷环氧树脂。

六、结束语

STRARCH钢结构设计巧妙,预应力体外索一次安装在结构中起到两个作用,第一是使结构起重成拱,第二是作为结构受力筋与钢桁架一起

(下转第24页)

易于理解和接受。有关预应力筋应力增量的计算方法及应力增量对提高结构极限承载力的影响还有待进一步研究。

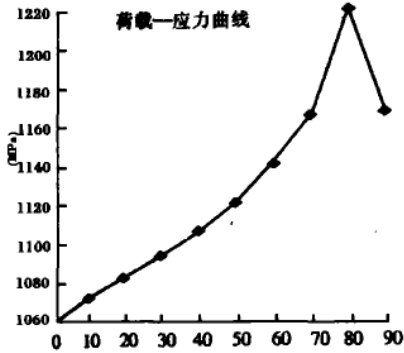


图5 实测的应力曲线

参考文献

- 1 乔墩 体外预应力技术及其在桥梁工程中的应用。重庆交通学院学报, 1992.9.
- 2 单成林 体外力筋简支梁的配筋极限强度和使用阶段应力计算。华东公路, 1995 (4)。
- 3 林同炎 NED.H.BURNS著 预应力混凝土结构设计。中国铁道出版社, 1983。
- 4 孙训方等 材料力学。高等教育出版社。

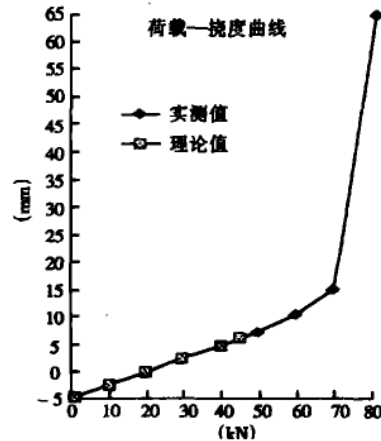


图6 实测的挠度与理论

- 5.FIP.State of the Art Report. Materials and Systems for Externally Prestressing. May 1996.
- 6.P.Srinivasa Rao and George Mathew. Behavior of Externally Prestressed Concrete Beams with Multiple Deviators. ACI Structural Journal. v.93.No.4.
7. Azez Hindi etc. Enhancing Strength and Ductility of Post-Tensioned Segmental Box Girder Bridges. ACI Structural Journal V.92.No1.
- 8.F.M.Alkhairi and A.E.Naaman. Analysis of Beams Prestressed with Unbonded Internal or External Tendons. ASCE Journal of Structural Engineering. Vol.119.No.9.

(上接第28页)

承受永久荷载，其优越性十分显著。

1、该钢结构利用预应力体外索张拉使屋架成形，预应力筋的张拉仅用11个小时钢结构就整体到位成形，与传统施工方法相比较，利用预应力体外索张拉技术进行起重，简单易行，效率高，经济性好。

2、设计要求九台千斤顶同时进行工作，要保证各台设备加载同步，以便各索张拉后屋架的形状能满足设计和后继施工的要求，避免出现局部屋架变形过大及各张拉单元之间出现过大的相对变形，即九束预应力筋在张拉过程中每一束的张拉伸长值要等长，每一台千斤顶的活塞要同步工作，每一台油泵进油的速度要尽量相同，以及

张拉系统稳压时的稳定性要好。正是如此严密的施工工艺，才能保证这种一举两得的起重与承载相结合的施工方法的成功。工程实践表明，我们采用的OVM品牌的预应力配套设备及其施工方法完全可以达到上述严格要求。

3、STRARCH钢结构在国外已广泛采用，其最大跨度达120m，GAMECO飞机库利用预应力体外索起重和张拉施工的圆满成功，为今后国内更大跨度钢结构的快速施工提供了良好的范例。

通过本次预应力技术的新应用，为预应力技术的发展方向提供了一个新的思路，如何更广泛地拓展预应力技术的新用途，将多种用途有机结合，以带来更大的经济、技术、社会效益，成为预应力工作者很值得深入研究的课题。