超高烟囱钛钢内筒自动液压顶升施工技术及应用

李福林

(华能沁北发电有限责任公司,河南 济源 454650)

摘要:华能沁北发电有限责任公司一期工程烟囱钛钢内筒安装采用自动液压顶升施工技术,筒体钛面上无需加焊止滑块,可有效保证打磨、钛贴条焊缝质量。介绍了自动液压顶升系统组成及施工方案,校核了系统的安全性。该技术可有效缩短施工工期、节约施工成本并保证工程质量。

关键词:超高烟囱;钛钢内筒;自动液压顶升系统;施工;受力

中图分类号:TU 271.1 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2018)01-0053-02

0 引言

为满足国家现行环保排放标准的要求,排放烟气结露对烟囱的耐腐蚀性提出了更高的要求。钛钢内筒烟囱是现代大型火力发电厂排放烟气的新型高效烟囱,具有能耗低、自重小、耐腐蚀、寿命长等优点,完全满足改造后防腐防渗的要求。

目前,钢内筒安装有液压顶升倒装法、气压顶升倒装法和液压提升倒装法等^[1-10]。气压顶升倒装法对烟囱外筒及基础无附加荷载,但采用该方法需要把钢内筒顶端做成一个密闭容器,顶升完毕后密闭容器顶盖的拆除需在筒内进行,存在着很大的风险;液压提升倒装法由于液压提升设备布置在混凝土外筒筒首上,检查和维修均为高空作业,需要事先对钢筋混凝土外筒进行加固,对提升设备、钢绞线及吊索的质量要求高。

本研究采用自动液压顶升技术,结合长安大学钛钢与橡胶摩擦试验得到的摩擦因数数据,在原始施工方案中将胀圈加宽至1.1 m,2 000 kN水平千斤顶从原有的8台加至16台,增大了胀圈与钢内筒间的最大摩擦力,安全系数成倍提升,避免了钛面止滑块的焊接,从根本上解决了大吨位顶升过程中筒体滑落和钛面破坏问题。相较于气顶、外挂式液压顶升法而言,该技术具有设备安装速度快、顶升速度快且平稳、操作简单、设备拆卸方便、可多次利用等特点。该技术与上述两种方法相比,具有无高空操作作业、工效高、工程质量和施工安全容易控制、施工成本低、施工工期短等优点。

1 自动液压顶升系统组成

华能沁北发电有限责任公司一期工程为我国首座国产化600 MW超临界燃煤机组。自动液压顶升系统由液压系统、金属结构与电气控制系统3个主要部分构成,是一种集液压、机电于一体的自动化设备。液压顶升系统是根据人体结构和动作从仿生学的角度设计的,设备工作时仿佛一个忙碌的工人,手脚并用地将烟囱的各个零部件送到施工位置。随着近几年机器人技术的飞速发展,液压顶升系统的自动化程度逐步提高,施工精度和质量也有巨大提升。液压顶升系统的安全性是整体施工质量和施工安全可靠的保障。

2 施工方案

该工程钢内筒安装采用液压顶升倒装法。钢内筒安装时先用倒链倒装法把顶端段组装到4~6 m高,然后在钢内筒内部约3 m高处安装一液压胀圈(具体高度由底部竖向液压千斤顶的高度决定)。液压胀圈用8台2 000 kN液压千斤顶控制,张开时靠摩擦力与钢内筒筒体连成一体,松开时可脱离钢内筒筒体。顶升钢内筒时,用千斤顶将液压胀圈涨开,紧密顶在钢内筒内壁上,然后用竖向液压千斤顶顶升液压胀圈,使钢内筒筒体随之上升至一定高度(约2.1 m)。在下方空旷处围成一个钢内筒筒体,并与原筒体进行组对焊接;同时,在筒体外部的施工平台上安装加强圈等附件并补刷防腐涂料,在筒体内部的施工平台上贴焊钛条。上述工作完成后,松开液压胀圈,放下液压千斤顶。不断重复以上工序,直至筒体达到设计高度。最后拆除液压胀圈和液压千斤顶等施工附件,交给后续工序施工。

3 主要受力计算

该钢内筒顶升由 2 套油泵分别向 16 台 2000 kN 水平千斤顶和 8 台 2000 kN 垂直千斤顶同步供油。涨圈高 1.1 m, 液压涨圈与钢内筒的接触面积为 28.574 m², 钢内筒采用 Q235 钢板。

3.1 涨圈水平顶力

液压涨圈最大动力 = 2000 kN × 8 = 16000 (kN) 时, 对钢内筒产生的局部压力为 0.548 75 MPa, 远小于 Q235 钢板的屈服强度 σ_s (215 MPa), 故该涨圈施涨时不会对钢板产生任何损伤。

3.2 涨圈水平合力对钢板垂直焊缝的压力

该钢内筒钢板对接焊缝为二级焊缝, 焊缝抗拉、抗压、抗弯应力等同于母材, 最薄板厚为 12 mm 的钢板对接焊缝可以承受的压力 = $\sigma_s A = 215 \times 0.024 = 5.16$ (MPa), 式中: A 为对接焊缝面积, 0.024 m²。

涨圈最大径向受力 16000 kN, 折合成水平直角受力为 5660 kN, 对钢内筒或焊缝产生的压力为 2.164 MPa, 12 mm 厚钢内筒焊缝可以承受的压力为 5.160 MPa。因此, 该项目焊缝强度可以满足液压顶升工艺的要求。

3.3 涨圈摩擦提升力

8 台 2000 kN 水平千斤顶同时顶开涨圈对筒内壁产生正压力, 而后涨圈通过摩擦力顶起内筒。最大摩擦力 $F_{\max} = Nf = 16000 \times 0.8 = 12800$ (kN), 式中: N 为钢内筒内壁径向受力, 最大值为 16000 kN; f 为摩擦因数, 0.8。

实际钢内筒重力 G 为 8885 kN < $F_{\max}$, 故摩擦力大于钢内筒实际顶升重力。

3.4 8 台液压千斤顶垂直顶升力

该系统单个千斤顶理论顶升力 F 为 2000 kN, 经查手册, 千斤顶安全使用荷载率 α 为 0.60 ~ 0.80, 本次取 0.75。钢内筒实际重力 G 为 8885 kN, 因烟道口和导流板是顶起后安装, 所需垂直千斤顶的数量 $n = G/(F\alpha) = 8885/(2000 \times 0.75) = 5.92$ 。

因此选取 6 台千斤顶即能保证安全基本要求, 为进一步保证施工安全, 本施工选取 8 台千斤顶, 能够顶升载荷 16000 kN, 安全系数 $\beta = Fn/G = 2000 \times 8/8885 = 1.8$, 远大于 0.8 的要求, 单个千斤顶的最大荷载率 $\alpha = G/(nF) = 0.56$, 符合要求。

此次施工考虑烟囱基础的抗压强度, 为缓冲基础压力, 确保顶升质量, 由 8 台 2000 kN 垂直液压顶升来顶升排烟系统是安全合理的。

4 施工效果

自动液压顶升施工技术对现场环境、原有结构

等都无特殊要求, 环保、无噪声、安全稳定, 所有施工在地面进行, 降低了劳动强度, 减少了施工费用, 同时加快了施工进度。全程无高空作业、工效高、工程质量和施工安全容易控制、施工成本低、施工工期短, 安全系数成倍提升。

该工艺顺利应用于二期烟囱的施工, 相较于外挂式液压顶升工艺, 节约工期近 100 d, 多发电 801.81 GW·h。截至目前, 一、二期烟囱通烟状况良好, 无缺陷。从材料、人工、机械排班等几个方面考虑, 该工艺较外挂式液压顶升工艺节约施工费用约 280 万元, 同时还为后续类似工程提供了丰富的施工经验。

5 结束语

自动液压顶升施工新技术保证了一期烟囱顶升施工安全及工程质量, 一期烟囱 33 d 顺利顶升到位且无缺陷。

根据目前运行情况, 该技术能充分满足施工条件和要求, 适用于发电厂烟囱脱硫改造中钢内筒内置液压顶升施工以及脱硫塔新建、改造施工。

参考文献:

- [1] 陈国华, 束廉阶. 240 m 钢内筒烟囱液压顶升施工技术 [C] // 中国电机工程学会. 中国电机工程学会土建专委会施工分专委会第四次年会论文集, 2001: 32 - 43.
- [2] 丁小明. 珠海电厂 240 m 烟囱设计和施工技术 [J]. 电力建设, 2001, 22(1): 20 - 22, 27.
- [3] 彭孝雄. 火电厂烟囱钢内筒的几种施工方法 [J]. 建筑技术, 2000, 31(7): 447 - 449.
- [4] 吴留恩. 扬州第二发电厂 240 m 多管烟囱施工 [C] // 中国电机工程学会. 中国电机工程学会土建专委会施工分专委会第四次年会论文集, 2001: 48 - 51.
- [5] 陆玉明, 楼海英, 束廉阶, 等. 240 m 烟囱钢内筒顶升技术 [J]. 上海电力, 2003, 16(5): 378 - 380.
- [6] 吴留恩, 邵勤. 镇江电厂三期 240 m 烟囱钢内筒液压提升倒装法施工技术 [J]. 武汉大学学报 (工学版), 2007, 40(S1): 459 - 464.
- [7] 高自强. 奥里油电厂 210 m 烟囱钢内筒气顶升倒装施工技术 [J]. 电力建设, 2005, 26(6): 13 - 16.
- [8] 徐鸣谦, 乌建中, 肖子渊. 钢内筒烟囱液压顶升施工 [J]. 建筑机械化, 1993, 14(1): 14 - 16.
- [9] 彭孝雄. 烟囱钢内筒气顶倒装施工 [J]. 电力建设, 2000, 21(8): 49 - 51.
- [10] 刘建强, 姜宇. 浅谈大型火电厂锅炉烟囱钢内筒施工方法 [J]. 神华科技, 2014(2): 53 - 56.

(本文责编: 刘芳)

作者简介:

李福林 (1973—), 男, 陕西渭南人, 工程师, 从事电力建设方面的研究 (E-mail: wds648927589@163.com)。