

奥里油电厂 210 m 烟囱钢内筒气顶升倒装施工技术

高自强

(广东省电力一局, 广州市, 510735)

[摘要] 湛江奥里油电厂一期工程 210 m 烟囱钢内筒施工采用气顶升倒装法施工工艺。气顶升倒装法施工工艺是根据钢内筒等直径的特点, 在筒内设置临时封头和密封内底座形成 1 个可伸缩的套筒, 在其内充入压缩空气后, 形成向上的顶升力来提升钢内筒。在烟囱混凝土筒首安装支承梁, 配合钢平台来安装和钢内筒气顶升助吊。在施工过程中, 根据工艺流程, 制定科学合理的关键工序和技术要求来指导施工。

[关键词] 烟囱 钢内筒 气顶升倒装法 支承梁 悬吊平台

中图分类号: TK223.28 文献标识码: B 文章编号: 1000-7229(2005)06-0013-04

Reverse Construction Technique with Pneumatic Lifting for Steel Inner Cylinder of 210 m Stack in Aoli Oil Power Plant

Gao Ziqiang

(Guangdong Provincial No. 1 Power Bureau, Guangzhou City, 510735)

[Keywords] stack; steel inner cylinder; reverse erection with pneumatic lifting; supporting beam; suspension platform

1 烟囱钢内筒的结构和施工特点

1.1 湛江奥里油电厂烟囱钢内筒的结构

湛江奥里油电厂一期 2 × 600 MW 机组外烟囱为钢筋混凝土结构, 内设 2 根钢内筒的双筒烟囱。其外筒高 205.0 m, 出口外径 15.14 m。烟囱中心设 2 个钢内筒, 高 210.0 m, 每个出口外径 6.5 m, 直筒段直径 5.7 m, 钢内筒及钢附件约 948 t。在高 35 ~ 203 m 间设置 6 层钢结构检修平台, 各层平台处每个内筒均设置 4 个止晃点, 平台、扶梯、栏杆约 326 t。在高 0 ~ 203 m 间设置之字形钢爬梯, 钢内筒内壁砌高德防腐砖。烟囱内有不锈钢结构 52 t。

烟囱钢内筒除顶部 10 m 为不锈钢外, 其余为 Q235 钢。烟囱内钢平台的钢构件为 300 ~ 1 000 mm 的 BH 梁与烟囱外筒的牛腿连接, 平台面上满铺钢格栅。0 ~ 35 m 处钢内筒的钢板厚 16 mm; 35 ~ 141 m 处钢板厚 14 mm; 141 ~ 171 m 处钢板厚 12 mm, 171 ~ 210 m 处钢板厚 10 mm。

1.2 湛江奥里油电厂烟囱的施工特点

该电厂烟囱的施工特点是: 烟囱钢结构施工高度高、钢板厚、焊接量大; 平台多、平台梁单根重量

大、吊装困难; 超高空作业、操作面狭小、施工工种和工序多、施工要求连续作业、工期短、循环快、施工技术和配合复杂、施工难度大。

2 烟囱钢内筒的施工方案

气顶升倒装法施工工艺是参考油罐钢筒结构的施工工艺, 结合钢内筒烟囱的结构和施工条件, 自行研究开发的钢内筒气顶升倒装法施工工艺。

2.1 气顶升倒装法施工工艺的原理与方法

2.1.1 气顶升倒装法施工工艺的原理

气顶升倒装法组装钢内筒, 就是利用钢内筒等直径的特点, 按倒装顺序, 先组焊内筒顶端, 把顶端段组装到一定高度, 上设临时封头, 下设密封内底座, 使在已组焊的内筒段与密封内底座构成一组可以伸缩的套筒(见图 1)。

在密封内底座的底部有从气源来的进气管道, 气源装置能提供气压顶升必需压力和气量的压缩空气。通入压缩空气后, 作用在上封头的气体压力的合力构成向上顶升力, 此顶升力的数值应大于上封头重、筒段重量和各摩擦力大小。当该筒段向上滑移使筒段底口超过后续筒节高度后, 关闭进气阀, 使

筒段稳定在此高度。在它的下方组焊下一段待装筒节,按上述过程不断重复,直到筒体达到设计高度。最后拆除上封头和密封内底座等施工附件,钢内筒即组装完成。

2.1.2 气顶升倒装法施工的气顶压力及安全系数

2.1.2.1 气顶升压力的计算

气顶升时,钢内筒处于悬浮状态。由力的平衡可知,气顶升力 F 应大于等于最大重力 Q 与各摩擦力之和。本装置的 Q 为 445 801 kg;钢内筒充气腔截面积 A_1 为 255 046 cm^2 ;筒体内压缩空气的压力 P 可根据 $F = A_1 \times P + f(\text{各摩擦力之和})$ 算出。计算时,各摩擦力之和可在留有一定裕量下计算出。由 $P = Q/A_1$ 得 $P = 0.175 \text{ MPa}$ 。然后,由钢内筒内径 D ($D = 5\,700 \text{ mm}$)、筒壁有效厚度 δ_0 ($\delta_{0\min} = 10 \text{ mm}$),根据 $\sigma_x = PD/(2\delta_0)$,计算气顶升时钢内筒的应力 σ_x 。因为 Q235 钢的允许应力 $[\sigma] = 215 \text{ MPa}$,取焊缝系数 $\psi = 0.9$,得钢内筒的应力 $\sigma_x = 49.9 \text{ MPa}$ 。

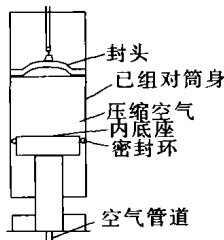


图1 气顶升原理图

2.1.2.2 自重应力的计算

由自重 Q 和最薄段筒壁截面积 $A_2 = 1\,793.8 \text{ cm}^2$,根据 $\sigma_y = Q/A_2$ 计算得: $\sigma_y = 24.9 \text{ MPa}$ 。

2.1.2.3 安全系数的计算

由 $\sigma_{\text{合}} = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^{1/2} = 55.8 \text{ MPa}$,得安全系数 $k = [\sigma]\psi/\sigma_{\text{合}} = 3.5$ 。由上可知,当受最大压力时,气顶升系统是足够安全的。

2.2 气顶升倒装法施工辅助起重提升系统

为满足烟囱内钢平台和钢内筒的安装工艺要求,在烟囱混凝土外筒施工到顶后,在混凝土筒首顶安装 1 根支承梁,支承梁上装有滑轮组。在地面布置 2 台 10 t 卷扬机提升系统,由滑轮组来提升悬吊操作平台,以供各层钢平台安装和在钢内筒气顶升时助吊用。见图 2 所示。

2.3 气顶升倒装法施工顺序

气顶升倒装法施工顺序为:混凝土外筒施工到顶→支承梁安装→滑模平台拆除→悬吊平台安装→钢平台及爬梯安装→悬吊平台拆除→气顶升装置安

装→钢内筒气顶升→止晃点及钢附件安装→气顶升装置拆除→烟道口及导流板安装→宾高德防腐内衬施工→支承梁拆除。

3 施工关键工序及相关技术要求

3.1 支承梁的设计要求

根据具体的钢平台安装及气顶升施工荷载,支承梁设计成缀式桁架结构梁。支承梁高 6.7 m,横跨混凝土外筒首顶,要求承重 25 t。为方便安装和拆除,各构件分段制作(重量不大于 0.5 t/件),分段之间用螺栓连接。单件焊接接头应符合 GB985—80 标准,主梁采用高强螺栓连接,支承梁在烟囱筒首安装前,需在地面预装并进行 1.2 P (P 为额定载荷)加载试验,合格后方可使用。

3.2 悬吊平台的结构与要求

悬吊平台是一圆形、网式、反撑圆形、活动式钢结构操作平台(见图 3),主要承担钢平台、钢梯的安装。它分 2 层,下层放机具,上层放待装工件。悬吊平台上升、下降靠滑轮组、支承梁、钢丝绳、地面 10 t 卷扬机完成,可在 0~205 m 做垂直升降运动。由于混凝土外筒上小下大,故操作平台应在 $\phi 14\,000 \sim \phi 22\,600 \text{ mm}$ 间做径向变幅。悬吊平台最大自重限制在 12 t 以内,悬吊平台径向变幅应灵活、方便。制造、组装按 GB50205—2001 验收,并进行 1.2 P (P 为额定载荷)加载试验,合格后方可使用。

3.3 钢平台、钢梯的安装

安装钢平台、钢梯时,悬吊平台降至烟囱内地面上。将 203.0 m 平台上用的 H 型梁及其他钢构件由烟囱外吊至悬吊平台上,将施工机具随悬吊平台由卷扬机提升到 203.0 m 钢平台处。清除筒壁预埋件上的杂物,检查预埋件的偏差。利用 205.0 m 上的烟囱的轴线,用线锤挂至 203.0 m 上。先安装钢牛腿,然后用葫芦将 2 根 BH 主梁吊至规定位置,用水平仪测平,大梁各间距间的水平度控制在 10 mm 内,然后安装其他次梁,铺设压型板。将悬吊平台降至 199.0 m 钢梯平台,安装 199.0 m 休息平台及爬梯,同时安装好栏杆。悬吊平台下降,逐步安装至 170.9 m 平台。同理,安装 0~170.9 mm 的各钢平台及爬梯,同时安装各层平台的格栅板、栏杆。

3.4 钢内筒气顶升装置的安装

3.4.1 钢内筒的预制

3.4.1.1 排版放样

钢内筒钢板预制按每节 1.8 m,每节内筒沿圆周方向每圈由 3 片钢板围成,根据钢内筒施工图及

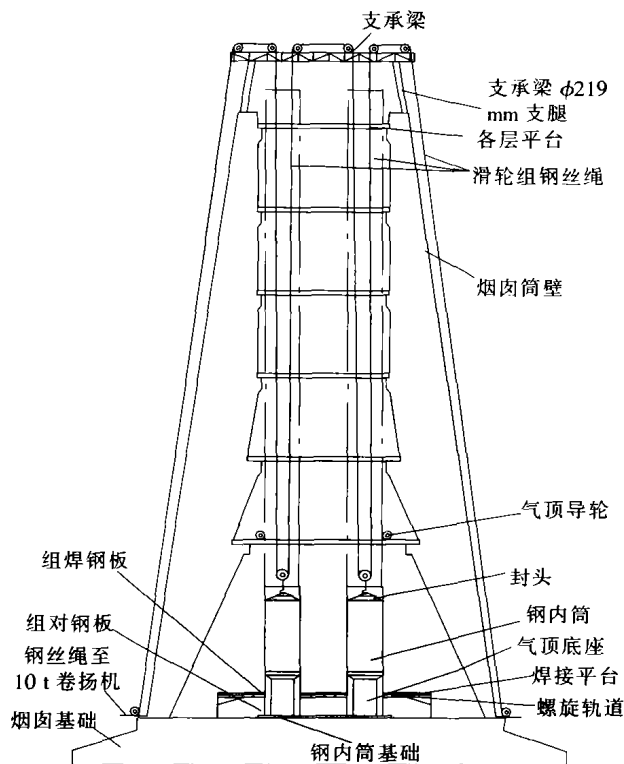


图2 钢内筒安装示意图

材料的宽度及长度进行合理排版。

3.4.1.2 下料坡口

钢内筒内直径为 5.7 m, 厚度分别为 10 mm (39 m 处); 12 mm (30 m 处); 14 mm (106 m 处), 16 mm (35 m 处)。根据钢内筒直径算出每节的展开长度, 并按周长进行 3 等分, 切割下料。

用半自动火焰切割机下料、坡口, 坡口应符合图纸要求。下料后, 必须复核并做记录。在钢板的角端用钢印和油漆标出位号、标号, 如: A-N-M (A 为烟囱位号; N 为第 N 节; M 为第 M 块)。

3.4.1.3 压头卷圆

利用三棍卷板机进行铲头和卷圆, 卷制过程中用弦长 1.5 m 的内卡样板检查曲率, 其间隙不大于 3 mm。卷制后应按位号依次放置, 便于以后吊运、安装。

3.4.2 对钢内筒顶端段的组装

顶端段的组装是在预制场地上先组焊成若干整圆的筒体, 逐个吊入内筒基础附近。利用支承梁及 25 t 滑轮组, 从筒首往下逐节组对焊接至 15 m 高, 并在预定位置安装上封头。将 1, 2 号气顶升底座就位在 1, 2 号钢内筒基础内, 并安装地面组焊平台及气顶升管路。随后把组焊好的顶端段分别吊至密封内底座上, 使顶端段的下口套在内密封底座的外周, 徐徐放下, 应避免碰伤密封环, 直至下口接触组焊平台, 然后安装组焊平台。

3.4.3 组装螺旋轨道

为方便钢内筒组合板分片就位, 在组焊平台下面布置环形螺旋轨道。根据钢内筒钢板的安装位置, 将预制好的螺旋轨道安装完毕, 并在螺旋轨道上安装 6 个可移动的锚头吊, 以供钢板组对就位。

3.4.4 钢内筒 3 片组对

将钢内筒的筒体板依次用运输小车送至烟囱内, 利用螺旋轨道上的锚头吊将筒体板吊起, 送至预定位置 (每块板至少用 2 只锚头吊)。将它们合围在初始顶端段的外围, 把相邻筒体板间的 3 条纵缝中的 2 条焊固, 留下最后 1 条纵缝圈围在已组装筒节的外圈, 并留有适当的间距。在此间距两侧的适当位置上, 分别焊上由 2 对钢板制造的索具眼板, 用手动葫芦把相邻两板收紧, 并点固周围卡板。检查筒体周围, 清除可能影响其顶升的障碍物。

启动空压机, 并开启进气阀, 当气压室的压力达到额定顶升压力时, 启动 10 t 卷扬机在顶端牵引, 使筒段缓慢上升。当顶端段顶升到高于后续筒节 50 ~ 200 mm 时, 关停卷扬机, 关闭进气阀。将顶端段稳住在确定的位置, 用 2 支手动葫芦同步收紧, 使后续筒的最后 1 条纵缝靠拢, 并组对焊固。然后, 拆除手拉葫芦, 割去索具眼板, 将其打磨光滑。缓慢开启排气阀, 并同时松开卷扬机, 使顶端段缓缓下降, 使它与后续节靠拢, 最后组焊两者的对接环缝。

3.5 钢平台和钢内筒的焊接管理

3.5.1 焊接施工工艺

钢平台和钢内筒的主材大部分选用 Q235 B 钢, Q235B 钢具有良好的焊接性, 几乎所有的焊接方法都可采用。钢内筒板厚 10 ~ 16 mm, 焊接工作量大, 施工现场的环境复杂, 故选用 CO₂ 气体保护焊和手工焊。CO₂ 气体保护焊具有变形小、焊接速度快等优点, 所以, 除不锈钢的焊接外, 其他都采用 CO₂ 气体保护焊。

3.5.2 焊接过程中焊工位置的布置

焊环缝时, 可把环缝分成 6 小段, 6 个焊工对称分布。开始施焊时, 应以 6 等分点为起点, 逆时针方向焊接。焊接时, 对称 2 人应保持相同或相近的焊接规范, 避免因人为因素造成焊接变形。焊机的设置应就近分布, 焊机与焊工距离不超过 20 m, 避免导线过长引起焊接参数不稳。

3.5.3 现场施工环境的布置

因为 CO₂ 气体保护焊受外界影响大, 而施工现场环境条件差, 时有风、雨, 为此, 设计、制造了 8 个 CO₂ 气体保护焊防风小棚。组焊筒体时, 应将烟道口及施工预留孔用蓬布密封。

