

PKOP 炼厂 RFCC 主风机安装技术

王 栋

中国石油天然气第七建设有限公司, 山东 青岛 266300

[摘要] 哈萨克斯坦 PKOP 奇姆肯特炼油厂, 是中哈“一带一路”重点工程。PK 炼厂新建 200 万 t/a 重油催化装置为改造装置中最大、最核心的装置, 该装置中核心设备主风机工程中施工难度之最, 通过精心论证、筹划和组织实施, 严格按既定工序施工, 保证施工过程控制以及施工质量, 保证了主风机一次投产成功。文中详细阐述了主风机安装程序、本体安装、单机试运、联动试车全过程以及安装要点等做了具体介绍, 本次主风机安装完成后, 一次投产成功。经实践证明, 此改造技术切实可行, 可推广到以后类似的工程中。

[关键词] RFCC; 主风机; 安装

DOI: 10.33142/aem.v3i3.3885

中图分类号: TE96

文献标识码: A

Installation Technology of RFCC Main Fan in PKOP Refinery

WANG Dong

The Seventh Construction Company of CNPC Ltd., Qingdao, Shandong, 266300, China

Abstract: The one of the key projects one of the "the belt and road" in Kazakhstan is PKOP's Shymkent refinery. PK refinery's newly built 2 million T / a heavy oil catalytic unit is the largest and most core unit in the revamped unit. The construction of the main fan, the core equipment of the unit, is the most difficult. Through careful demonstration, planning, organization and implementation, the construction is carried out in strict accordance with the established procedures to ensure the construction process control and construction quality and the main fan is successfully put into operation at one time. In this paper, the main fan installation procedure, body installation, single machine test run, linkage test run and installation points are described in detail. After the installation of the main fan, it is put into production successfully. The practice shows that the transformation technology is feasible and can be extended to similar projects in the future.

Keywords: RFCC; main fan; installation

1 概述

哈萨克斯坦 PKOP 项目 200 万吨/年催化裂化装置有主风机组一套, 机组由陕鼓成套供应, 设备位号 CK-1001, 机组主撬 120t。主风机组成套设备主要包括: 轴流式压缩机、凝汽式汽轮机、润滑油站及高位油箱、压缩机附属设备(顶升油泵、静叶调节机构、电动盘车器、进口过滤器、放空消音器、防喘振阀、单向阻尼阀、出口电动阀)、汽轮机附属设备(集液箱、热井、两级抽气器、空冷器)、配套电气仪表设备(就地仪表盘、压力/差压变送器、温度仪表、液位仪表、转速仪表、本特利轴系仪表、控制阀、电动阀、操作柱)、配套工艺(管线、法兰、阀门、膨胀节)等。

轴流式压缩机采用西安陕鼓动力股份有限公司设计的 AV71-14 型水平剖分轴流式压缩机, 汽轮机采用杭州汽轮机股份有限公司的 NK50/63/28 型凝汽式汽轮机。润滑油系统油站及高位油箱由常州华立液压润滑设备有限公司成套供应。空冷器系统由杭州汽轮机辅机有限公司供应。由于国外运输条件限制, 主风机、汽轮机、空冷器均散件到货现场组装及调试。

主风机组主体部分采用双层布置, 润滑油站等布置在一层, 轴流式压缩机和汽轮机主撬布置在二层, 轴流式压缩机和汽轮机采用单独底座。

2 主风机组基础验收

(1) 由总包单位组织监理单位、安装单位、土建单位联合验收, 按土建施工图纸与动设备技术资料对基础尺寸、预留孔位置进行复测检查, 其允许偏差符合规范要求。

(2) 验收时设备基础上已明确标出标高、纵横中心线, 安装时以轴流压缩机和电机中心线为基准分别设置中心标板和基准点标板。标高基准标板设置位置距离底座 150mm。

(3) 对基础外观检查时, 没有裂纹、孔洞、漏筋等缺陷, 基础表面和地脚螺栓预留孔中没有碎石、泥土、积水等。

(4) 需要二次灌浆的基础表面应铲出麻点, 麻点深度不应小于 10mm, 密度为 3-5 个/m²为宜, 同时将表面疏松层铲掉。

3 轴流式压缩机安装

(1) 轴流式压缩机结构型式: 本工程主风机压缩机采用了 AV71-14 轴流式压缩机, 此型号压缩机是一种全静叶可调式压缩机, 主要由机壳、叶片承缸、调节缸、转子、进口圈、扩压器、轴承箱、油封、密封、轴承、伺服马达、底座等组成。由汽轮机拖动, 采用膜片联轴器连接, 止推轴承和机壳死点设置在排气侧, 从轴流压缩机进气端向排气端看其旋转方向为顺时针。

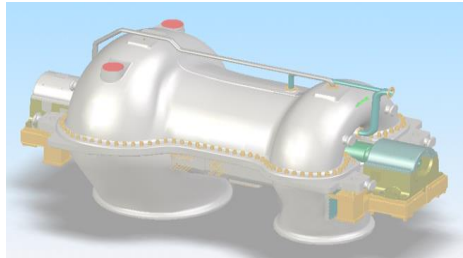


图 1 主风机 3D 模型图

3.2 轴流式压缩机底座安装:

主风机底座单件到货, 长 6.88m×宽 3.76 m×高 0.94 m, 重 15.26 吨。底座使用无垫铁方法进行安装调整。无垫铁安装使用的垫板采用座浆法, 灌浆材料使用高强度无收缩自流灌浆料 (M400), 保证了垫板与基础及设备底座的严密无缝隙接触。主风机底座就位前对底座各机加工表面清理干净, 经现场技术质量人员检查合格后, 使用厂房内桥式起重机吊起底座, 底座就位时先使用临时垫铁支撑住底座, 保证底座不偏斜。然后旋转顶丝顶住垫板, 撤出临时垫铁组, 进行安装地脚螺栓及顶丝。主风机底座找正调整以轴瓦瓦窝、轴承箱中分面为基准进行水平度初找平, 找平以水平仪上泡为宜, 轴流压缩机底座的调整采用底座上顶丝进行。主风机底座灌浆: 一次灌浆和二次灌浆在联轴器对中完以后进行, 联轴器对中完毕检查合格后 24 小时内灌浆完成。一次灌浆时地脚螺栓孔内填灌干砂, 二次灌浆采用 M400 高强度无收缩灌浆料, 灌浆连续进行。

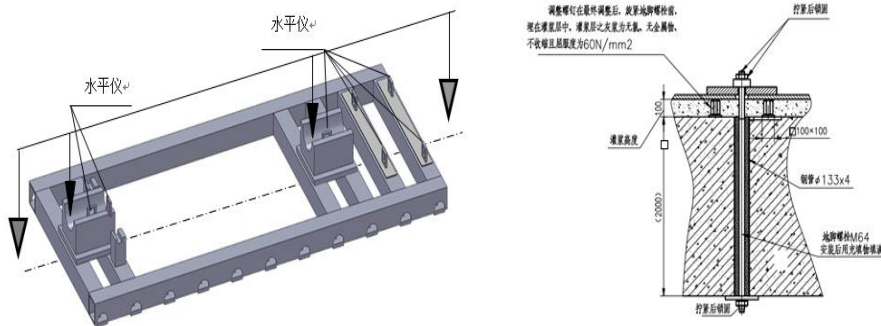


图 2 主风机底座使用无垫铁安装过程图

3.3 轴流式压缩机下机壳安装:

主风机下壳体长 5.98m×宽 3.46 m×高 1.81 m, 重 23.44 吨。由于主风机组到货滞后原因, 主风机厂房在主风机组到货前已经安装完成, 厂房顶部预留吊装孔, 所以主风机下壳体采用 400T 履带吊从预留孔吊装至厂房内一层地面, 再利用厂房内桥式起重机对下机壳进行吊装就位。就位前对下机壳、底座之间的配合表面进行清理, 并经技术质量人员检查合格。

3.4 轴流式压缩机下静叶承缸与调节缸安装

下静叶承缸与调节缸安装前检查静叶承缸和调节缸的各接合面光洁度和有无损伤、锈蚀情况, 各联接螺栓要轻松拧入, 各静叶、曲柄、滑块要转动灵活, 联接和锁紧可靠, 能够停留在任一角度。检查驱动环有无扭曲变形及内表面光洁度、有无锈蚀, 外表面涂层情况, 做好端面标记。各驱动环与滑块要接触良好, 各静叶栅叶顶高度要符合要求。

下静叶承缸和调节缸组装: 利用 25 吨汽车吊吊装, 首先进行下静叶承缸与导向环组装, 然后进行下静叶承缸与调节缸组装, 组装调节缸时装上导向环上的导向销, 组装完毕后, 拆下导向销, 并将调节缸内导向环的联接螺栓穿入不锈钢丝以防松。组装完成后翻转 180 度, 水平吊装就位。

3.5 轴流式压缩机转子安装

轴流压缩机的转子是由主轴、各级动叶等组成。在下静叶承缸与调节缸安装前,先进行主风机转子初步吊装及初对中。在下静叶承缸与调节缸安装完成后,进行转子的正式安装。转子吊装使用专用平衡梁,吊装过程应保持轴向水平,严禁发生碰撞。拨动调节缸,把静叶栅角度调整到最小开度;转子装入后,盘动时应无碰擦现象,转子圆跳动允许值应符合规定。

3.6 轴流式压缩机上静叶承缸与调节缸安装

上静叶承缸和调节缸组装前,在上静叶承缸的水平剖分面涂抹高温密封胶,利用厂房内行吊先吊装就位上静叶承缸并组装导向环,再组装调节缸。组装调节缸时装上导向环的导向销,组装完毕后将其拆除,盘动转子无碰擦现象。

3.7 轴流式压缩机上机壳安装

主风机上机壳长 5.55m×宽 3.46 m×高 1.81 m,重 18.46 吨,上机壳组装要求同下机壳。上机壳落入定位销后拧紧水平剖分面联接螺栓。螺栓紧固时先从两侧中部开始对称拧紧,紧固应依次为对角紧固。

4 蒸汽轮机安装

4.1 汽轮机结构型式:

汽轮机主要包括内缸、外缸、转子、前支座、后支座、导叶持环、前轴承座、后轴承座、速关阀、盘车装置等。外缸有水平及垂直中分面,上、下缸之间用螺栓连接,外缸借助猫爪支承在支座上。速关阀在外缸上半进气室右侧,高压调节阀装置在外缸前端。平衡管、漏气管接在汽缸下部。汽轮机配置有手动和液压盘车装置,手动盘车装置装在后轴承座上,在汽轮机启动或停机后利用盘车装置使转子低速转动以防止汽轮机转子弯曲。

4.2 汽轮机底座和下内汽缸安装:

汽轮机底座、下汽缸、前轴承座和后轴承座一体到货,长 5.05m×宽 4.42 m×高 2.72m,重 31.67 吨。底座使用无垫铁方法进行安装调整,安装要求与轴流压缩机底座相同。

4.3 汽轮机转子安装

采用转子吊装专用工具将转子整体吊装放入下缸体,起吊时应保持轴向水平,就位时扶稳转子,严禁发生碰撞。当转子轴颈离轴瓦 150mm 时,在轴瓦上浇以干净的汽轮机油,转子由径向轴承支承后,装入推力轴承,盘动转子,检查有无卡涩、碰擦。转子落下后,装入推力轴承,检查各轴承装配间隙及转子的跳动。

4.4 汽轮机上内汽缸及外缸安装

利用行吊将上汽缸吊起,并用道木垫平。检查上汽缸缸体,活塞汽封等,检查方法同下缸体。安装好中分面的横销,将上内缸吊装就位,把紧中分面的螺栓,中分面螺栓紧固从中间开始,对角紧固。紧固时涂抹螺栓防咬合剂,并将螺栓完全拧入丝孔中,螺栓紧固时应至少分三次预紧,直至到规定力矩。螺栓紧固后盘车检查转子转动是否灵活。

4.5 汽轮机初找中与一次灌浆

汽轮机为单独底座,根据机组配置情况与厂家要求需以汽轮机为基准进行轴向、横向定位,对汽轮机进行水平度初找平找正,找正基准轴向汽轮机转子轴颈、横向轴承箱中分面。机组联轴器初对中数值及轴间距检查后,对汽轮机地脚螺栓孔进行一次灌浆,详细灌浆过程与压缩机侧地脚螺栓灌浆相同。

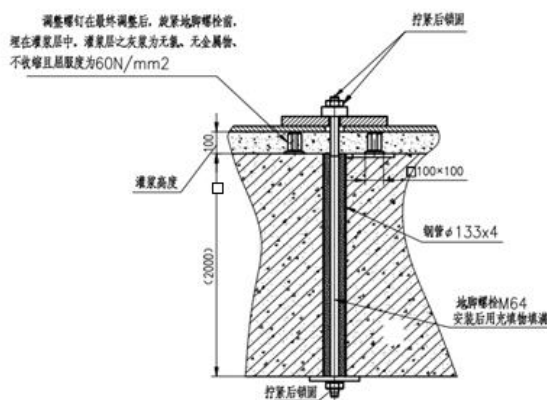


图3 汽轮机一次灌浆图片

4.6 汽轮机精找中与二次灌浆

汽轮机一次灌浆达到设计强度后，需采用厂家自带的调整螺栓对汽轮机进行水平度精找平，找平基准与初找平时相同。精找合格后，进行二次灌浆。

5 机组联轴器安装

为保证汽轮机定位后，主风机轴向、横向有足够的调整余量，要在汽轮机二次灌浆前，对整套机组进行联轴器冷态对中检查、定轴间距，保证主风机侧有足够的调整余量。联轴器对中检查合格后，进行联轴器的安装。安装后盘车并复查对中数据。

6 单机试运和联动试车

机组试运前成立机组试车小组，试车小组由各专业工程师、钳工、电工、仪表、管工、机组厂服、MCS 工程师等组成。试车过程中统一指挥、各负其责，严格按照主风机组单机试运和联动试车方案进行。

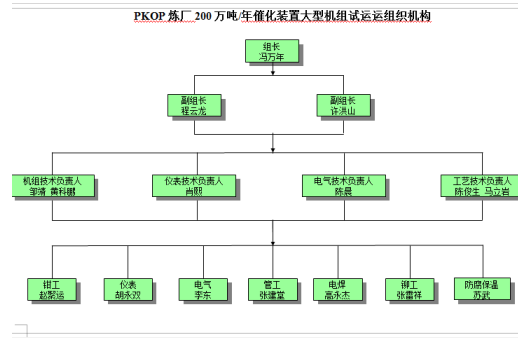


图 4 机组试运组织机构

7 主风机组联动试车

7.1 试车前准备

试车前，试运小组人员进行联合检查：将主风机入口管道进行检查，确认管道的清洁度，确认合格后封闭管道，检查主风机所有管道支吊架是否完好，管道膨胀节临时固定装置拆除。公用工程蒸汽管线、冷却水管线、净化风管线、氮气管线应吹扫或冲洗合格，满足设备试车要求。安装机组联轴器及护罩，机组所有的联锁保护投用，打开各冷却系统进、回水阀门。启动润滑油系统主油泵，将备用油泵操作旋钮置于远程位置，检查并确认各润滑点的回油情况，检查高位油箱回油情况，调节静叶角度在最小开度角 22° ，防喘振阀（即放空阀）全开，排气管道上的逆止阀（即止回阀）关闭，排气管道上主闸阀关闭，按主风机组气体流程，导通试车流程。

7.2 主风机启动

主风机组出口管线逆止阀、闸阀处于关闭状态；启动主风机顶升油泵，确认主风机转子托起后，启动盘车器进行盘车；蒸汽轮机开机与蒸汽轮机单机试车程序相同。

暖机完成后，根据升速曲线调整蒸汽轮机转速至额定转速；升速过程中，应快速通过轴流压缩机转子临界转速区域（一阶水平临界转速 1199r/min，二阶水平临界转速 2964r/min，一阶垂直临界转速 1838r/min）；机组达到正常工作转速后，轴流压缩机静叶处于最小启动角（第一级静叶角 $\nu = 22^\circ$ ），防喘振阀全开，逆止阀关闭，排气管道上主闸阀关闭，即轴流压缩机进入“安全运行”。

检查轴流压缩机、蒸汽轮机以及附属设备各项参数正常。将轴流压缩机的防喘振阀置于远程控制状态。逐渐打开轴流压缩机静叶角度，流量也随之增加，通过远程控制调节防喘振阀开度，调节出口流量、压力达到额定值。

7.3 主风机组运行与监测

主风机组安全运行：轴流压缩机出现逆流，自控系统发出安全运行信号，信号发出后有以下动作：静叶角度关闭到 22° ；主风机组防喘振阀全开；主风机组出口逆止阀全关。

主风机组防喘振控制：主风机组正常运行，防喘振控制系统处于自动控制状态。当主风机组运行工况点位于性能曲线的防喘振区域时，防喘振阀必须自动全开，避免机组出现喘振。

轴流压缩机的运行检查、记录：主风机组单机试车 4 小时，主风机组正常运转过程中，对各个监测点做好检查，

并做好运转记录。每半小时的检查项目：蒸汽轮机检查项目主要包含以下项目：进口压力，进口温度，轴承温度、振动、位移、相位、转速，润滑油压力以及配套附属设备运行状况。

轴流压缩机检查项目主要包含以下项目：进口压力、进口温度、排气温度、工作转速、轴承温度、振动、位移。

润滑油系统检查项目：进油压力，进油温度，回油温度，油泵运转状态，油雾风机运转状态。

凝结水系统：凝结水泵压力、温度、振动、位移、温度。

其他项目检查：入口过滤器压差，高位油箱液位，空冷器风机运行状态，凝气系统运行状态等。

7.4 机组停机

机组正常停机：机组正常运行 4 小时后，机组正常停机。缓慢关闭轴流压缩机静叶角度到最小运行角度（第一级静叶为 22° ），全开防喘振阀，主风机组停机后投用电动液压盘车器进行盘车，待轴流压缩机排气侧蜗壳与轴承箱盖之间的温度低于 50°C 停止盘车，主风机组进油总管温度 $\leq 35^\circ\text{C}$ ，主风机组轴瓦回油温度 $< 40^\circ\text{C}$ ，润滑油系统停止工作。

紧急停机：轴流压缩机运行出现以下情况时机组紧急停机，按下急停开关：轴承温度过高而无法排除、油温过高无法排除、机组突然发生强烈震动或机壳内部有磨擦声、轴振动或轴位移过大而保安装置没有紧急停机。

8 安装要点和注意事项

8.1 安装要点

8.1.1 机组启动之前同心度复查，偏差过大

原因分析：冬季同心度检查气温为零下 10°C ，复查同心度气温为 25°C ，温差变化过大，管道热膨胀应力，使机组产生位移。

解决方案：松开主风机进出口管道，同心度重新调整，重新合口。

8.1.2 两级抽汽器抽真空过量，发生异响

原因分析：启动抽汽器抽真空时间过长，引起启动抽汽器过载，发生喘振式异响。

解决方案：紧急关闭启动抽汽器阀门，关闭两级抽汽器蒸汽入口阀门，检查抽汽压力，检查合格后小开度开启阀门，检查异响是否消除。

8.2 注意事项

(1) 主风机组进出口管道合口时应在机组周围设百分表监测机组位移，防止机组位移，同心度偏差，合口后及时拆除弹簧支吊架、膨胀节的限位及临时支撑。

(2) 按升速曲线进行逐级升速时，必须在前级转速运转正常后，再升速。

(3) 升速过程中和升速后，检查轴承温度、振动、位移是否在允许范围内。

(4) 通过汽轮机临界转速（3800rpm）、轴流压缩机一阶水平临界转速（1199 rpm）、轴流压缩机二阶水平临界转速（2964 rpm）、轴流压缩机一阶垂直临界转速（1838rpm）不要停留，快速。

9 结束语

主风机为重油催化裂化装置核心设备，设备外形尺寸大、质量要求高，我们经过精心筹划、提前准备，通过过程中严格的控制和管理，一举功成。

该工程所处项目正是我国倡导的核心路线“一带一路”上，工程的建设受到两国政府和人民的高度关注，主风机一次投产成功为今后同类设备的安装施工提供了宝贵经验，特别是在克服国外运输条件受限、人员签证受限、当地资源贫乏的情况下尤为难得，较好的保证了工程的质量、安全和进度，体现中国石油跨国大公司的实力，同时也必将为我国在海外的主风机组核心工序施工上添上浓墨重彩的一笔。

[参考文献]

[1] 中华人民共和国工业和信息化部. 化工机器安装工程施工及验收规范:HGJ203-83[S]. 北京: 中国化学工程集团公司, 2017.

[2] 中华人民共和国国家经济贸易委员会. 石油化工设备安装工程质量检验评定标准:SH3514-2001. [S]. 北京: 中国石化集团有限公司, 2001.

作者简介：王栋(1982-)，男，山东青岛人，2004年毕业于长江大学机械设计制造及其自动化专业，学士学位，毕业至今一直在石油工程建设中从事施工技术管理工作，工程师。