

# 乙烯基酯玻璃鳞片涂料在烟囱钢内壁防腐中的应用

陈建兵

(江苏省电力建设第一工程公司,南京市,210028)

**[摘要]** 某电厂 2 ×600 MW 超临界机组扩建工程烟囱钢内壁防腐材料选用乙烯基酯玻璃鳞片涂料。该涂料是一种厚浆型、玻璃鳞片加强的乙烯基酯漆,特别适合电厂脱硫烟道、烟囱内壁的防腐蚀。使用该涂料防腐可减小安全风险、减少施工工期、质量有可靠保证、工艺性较好、节约防腐费用。在防腐施工时,应进行管理策划准备、施工机械及检测仪器准备、施工原材料准备、施工场地准备等。施工方案包括表面处理、过渡、表面喷砂处理、喷涂施工等。

**[关键词]** 烟囱钢内壁 乙烯基酯玻璃鳞片涂料 防腐

中图分类号: TK224.9<sup>+</sup>3 文献标识码:B 文章编号: 1000-7229(2006)07-0054-05

## Application of Ethylene Basin Glass Scale Coating in Anti-corrosion of Inner Steel Cylinder of Stack

Chen Jianbin

(Jiangsu Provincial No. 1 Electric Power Construction Engineering Company, Nanjing City, 210028)

**[Keywords]** steel inner cylinder; ethylene basin glass scale; anti-corrosion

某电厂 2 ×600 MW 超临界机组扩建工程烟囱钢内壁防腐材料选用乙烯基酯玻璃鳞片涂料。该涂料是一种厚浆型、玻璃鳞片加强的乙烯基酯漆,用于高温、严酷化学腐蚀环境下,特别适合电厂脱硫烟道、烟囱内壁的防腐蚀。

### 1 乙烯基酯玻璃鳞片的特点<sup>[1]</sup>

乙烯基酯玻璃鳞片的拉伸强度 85 MPa;延伸率 3% ~ 4%;挠曲强度 130 MPa;收缩率 8~3%;热扭曲温度 150℃;分解温度 165℃;巴氏硬度 40。

#### 1.1 耐腐蚀性能好

由于玻璃鳞片加强乙烯基酯漆采用酚醛型 VE 分子结构中含有 2 个以上的乙烯基端,因而具有高交联密度。分子链中以酚醛结构为主,因而具有良好的耐酸、耐溶剂和耐高温性能。

乙烯基酯玻璃鳞片具有优良的耐腐蚀性能,这主要与玻璃鳞片组成有关。防腐蚀层的防蚀失效主要是玻璃基体受到腐蚀,玻璃基体产生失重、变色,之后材料鼓泡、分层、剥离或开裂等,最后导致整个材料失效。玻璃鳞片约 5 μm 厚,鳞片在涂层中与基体平行、叠压排列,象片片鱼鳞,如层层盔甲,形成致密、迷宫结构的防渗层。1 000 μm 的涂层中有约

100 层密封迷宫,使腐蚀介质扩散、渗透到基体的途径曲折,提高了涂层的抗渗透性及耐蚀寿命。

#### 1.2 较低的渗透率

玻璃鳞片用硅烷型偶联剂处理,可增加鳞片与树脂间的黏结力,有效增加涂层的抗渗性,降低涂层的吸水性。玻璃鳞片在树脂中的漂浮性好,有利于鳞片与基体间的平行排列,从而提高涂层的抗渗性。

#### 1.3 较强的粘结强度

不仅基体与玻璃鳞片间的粘结强度较高,而且玻璃鳞片与碳钢基材间的粘结强度也较高,与钢板的粘结强度不小于 6.8~7.8 MPa。因此,乙烯基酯玻璃鳞片涂层不易产生龟裂、分层或剥离,附着力和冲击强度较好,从而保证有较好的耐蚀性。

#### 1.4 耐温差(热冲击)性能较好

乙烯基酯玻璃鳞片涂层的线膨胀系数与钢相近,使其适合温度交变的环境。进行耐热冲击性能试验时,把涂有乙烯基酯玻璃鳞片的钢板交替放置在 100℃沸水和 0℃的水中各 1 h,经 100 次试验,未见异常。

#### 1.5 耐磨性好

乙烯基酯玻璃鳞片固化后的硬度较高,耐磨性较好。当受机械损伤时,玻璃鳞片是局部破坏,其扩

散趋势小,易修复。

## 2 用乙烯基酯玻璃鳞片防腐的优越性

### 2.1 减小了安全风险

采用乙烯基酯玻璃鳞片涂料对钢内筒进行防腐施工,全部为地面作业,减少了施工的风险。

### 2.2 减少了施工工期

乙烯基酯玻璃鳞片涂料施工和钢内筒制作、提升同步施工,钢内筒提升结束时,防腐施工完成,比钢内筒耐酸混凝土防腐缩短工期约 7 个月。

### 2.3 质量有可靠保证

因其施工为常规涂料作业,施工简单方便,施工质量有保证。因其在地面作业,方便了质量检验,保证了质量。

### 2.4 工艺性较好

由于乙烯基酯玻璃鳞片的固体成分较高,可一次形成较厚的涂层。可喷涂、滚涂、刷涂,可当场配制和室温固化。该工程选用原浆量为 95%,涂刷 2 ×600 μm,采用无气喷涂施工技术。涂层使用 15 年后,若出现损坏,只需在该处简单处理即可修复,修补性好。

### 2.5 节约防腐费用

采用乙烯基酯玻璃鳞片对钢烟囱内筒防腐,每座钢烟囱内筒可节约 300~500 万元。

## 3 有关烟囱钢内筒防腐设计的标准

我国国家和电力行业烟囱的现行设计标准中,均未对烟囱脱硫防腐设计做出规定,只是从烟气的腐蚀性等级对烟囱的防腐设计进行了要求<sup>[2]</sup>。

国家标准《烟囱设计规范》GB 50051—2002 和电力行业标准《火力发电厂土建结构设计技术规定》DL5022—93(修),收集了一些国外烟囱设计标准和资料,对烟囱烟气温度低于 150℃、且燃煤含硫量大于 0.75% 时,对钢内筒防腐结构形式做了规定。

防腐结构(从外到内)为保温层—钢内筒—防腐涂料是标准规定的形式之一。

## 4 乙烯基酯玻璃鳞片防腐施工方案<sup>[3]</sup>

### 4.1 施工准备

#### 4.1.1 管理策划准备

根据该工程的特点,抓好施工准备工作。建立相应的施工组织和管理制度,对该工程的施工全过程进行控制和管理。

开工前,组织施工人员学习有关工艺规范、技术标准;进行工种培训;加强质量教育,使每个施工人

员能自觉按规范和标准作业。

### 4.1.2 施工机械及检测仪器准备

检查检测仪器,符合要求才能使用。投入该工程的设备有:(1)2 台空气压缩机。压力为 0.588~0.784 MPa,配备后冷却器、油水分离器、砂罐等。(2)手提环保砂除锈机、电动砂轮。进行焊缝和焊伤处喷砂处理。(3)2 台高压无气喷涂机。气漆体积比 65:1,同时去除所有的滤网;喷嘴压力 15~25 MPa;喷嘴可使用反转喷头,喷孔直径 0.86~1.14 mm、喷幅 40°~80°;小面积区域或者预涂区域使用喷孔直径 0.50 mm 的喷头。(4)防爆风机。保持施工环境的空气流通。(5)加热器。冬季施工时,将烟道内的温度加热到施工最低温度 15℃,平均温度应达到 20℃ 以上。(6)除湿机。雨季施工时,降低烟道内的湿度。(7)高压水清洗机。(8)真空吸尘器。喷砂后、喷涂前,彻底清理钢管内表面的灰尘。(9)强力搅拌机。材料混合、搅拌。(10)检测仪器。测厚仪、钢材粗糙度仪、电火花检测仪、温湿度仪、湿膜卡。(11)其他。打磨机、吸尘器,漆膜保护材料,500 ml 量杯 4 个,红外温度计,苯已烯,丙酮,湿膜卡,电动搅拌器,5~10 L 的清洗小桶 2 个;施工人员保护设备;盖全脸的防毒面具。

### 4.1.3 施工场地准备及施工原材料准备

根据现场施工需要,准备并保管好施工材料。喷砂涂装施工基地必须建在施工现场,场地应平整空旷,面积约 400 m<sup>2</sup>,管材堆放、倒运、吊装应方便;电、水设施齐全。

### 4.2 乙烯基酯玻璃鳞片涂料的施工工序

施工工序如图 1 所示。

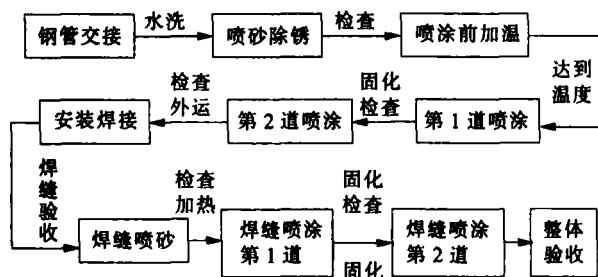


图 1 乙烯基酯玻璃鳞片涂料的施工工序

### 4.3 乙烯基酯玻璃鳞片涂料的施工方案

#### 4.3.1 表面处理要求

##### 4.3.1.1 表面处理执行标准

采用 ISO 8501—1、ISO 8502—6、ISO 8502—3 和 ISO 8503—2。

#### 4.3.1.2 表面预处理

(1)喷砂前,用高压洁净水冲洗基材表面,将污染物如盐分、油污、油脂清洗干净;(2)喷砂前,用电动工具打磨底材表面的钻孔边缘、气割面及边缘、焊缝突起部分、焊渣及飞溅的焊点。这些部位应表面平整、圆滑过渡,以保证油漆能均匀覆盖钢表面。钢材的边角及边缘喷涂时,不能达到设计的漆膜厚度,必须用电动工具打磨成圆角(半径至少为2 mm)。

#### 4.3.1.3 表面喷砂处理

采用钢丝切丸进行表面喷砂,步骤如下:

(1)施工环境温度宜15~30℃,空气相对湿度小于85%,基体金属表面温度应大于露点温度3以上。(2)钢结构表面及焊缝喷砂除锈时,要求除锈等级达到GB8923—88标准中规定的Sa2.5级,即喷砂后应无可见的油脂、污垢、焊渣毛刺、氧化皮、铁锈和油污、涂层等附着物,任何残留的痕迹应是点状或条纹状的轻微色斑;同时表面粗糙度为85~130μm。(3)喷射处理工艺参数。压缩空气工作压力为0.6~0.7 MPa;喷射角,即磨料喷射方向与工作表面法线间夹角15°~30°;喷嘴离工件距离要求100~300 mm;磨料粒径为0.5~1.5 mm。(4)喷射所用的压缩空气必须经冷却装置及油水分离器处理,保证压缩空气清洁、干燥、无油。压缩空气应检查合格后方可使用,可将喷嘴对着白纸吹30 s,不见油和水的痕迹,则可认为符合要求。(5)喷砂除锈后,喷涂前,用吸尘器清除表面浮尘和碎屑。清理后的表面不得用手触摸。涂装前,如发现钢板表面污染或返锈,应重新处理。

#### 4.3.1.4 清洗油污及粉尘和喷涂底漆

油污及粉尘用稀释剂清洗,清洁度达ISO 8502—3中规定的2~3级以上。喷砂后,应及时喷涂底漆。因处理后的钢材表面容易返锈,一般应在4 h内完成涂装底漆;潮湿环境下,应在2 h内完成底漆。潮湿环境下,采用除湿机或加热器,以保持空气湿度符合标准(RH小于85%)。

#### 4.3.2 喷涂施工要求

##### 4.3.2.1 喷涂施工方法

采用无气喷涂施工方式,施工方法如下:

(1)涂装前,应将涂料各组分按涂料说明书配比、搅拌,搅拌均匀后方可喷涂。(2)对于边、角、焊缝、切痕等部位,喷涂前,应先人工涂刷1道,然后再进行大面积的涂装,以保证凸出部位的漆膜厚度。(3)喷涂厚度应均匀一致,该工程计划喷涂2道漆,干膜厚度为1200 μm。在涂层未干实前,需防止浸水或雨淋。(4)喷雾扇面应尽量狭窄,喷涂距离通

常为300~500 mm,距离太小操作困难,容易出现流挂和皱皮;距离太大会造成涂膜表面粗糙且涂料损失增大。另外,喷枪与被涂表面应保持垂直。喷枪应在被涂表面平行移动,避免弧形移动。开始喷涂时,用湿膜测厚仪边测、边喷,确定移动速度,喷枪的移动速度以膜厚达到规定标准、又不出现流挂为宜。

(5)喷涂设备连续喷涂1 h后,应停止喷漆。需用专用稀释剂,在空载压力工况下,循环清洗喷涂机、高压软管、喷枪及喷嘴。(6)喷涂施工前,在每节钢管两端的管内壁预留出约150~200 mm的焊接缝(实际宽度做实验后确定)。热影响区用胶带纸粘贴。

(7)高压无气喷涂时,应保证喷涂机安全使用,最高进气压力不准超过0.7 MPa。喷涂过程中会产生静电,喷涂操作时,应将喷涂机接地,以防静电。喷涂过程中,当喷嘴不喷漆时,应清洗、更换喷嘴;这时,应及时将喷枪板机的保险装置锁住。在任何情况下,喷枪枪口不能朝向自己或他人,以免误压板机,喷出高压涂料击伤人体。(8)只有在小面积预涂装或修补时,才可采取刷涂或辊涂。采用刷涂或辊涂时,漆膜厚度往往达不到设计要求。在一次涂装不能达到规定的干膜厚度时,必须采用多道施工方法,最终达到规定的漆膜厚度。

##### 4.3.2.2 施工的其他事项

(1)监控空气、油漆、压力泵的温度;每次混合后,都要用清洗剂清洗、搅拌叶片;(2)清洗剂可采用丙酮、17号稀释剂或23号稀释剂;(3)施工将结束时,每次只准备1桶涂料待用。(4)如果在长期使用后,无气喷涂机反应迟缓或喷幅变小,此时应将已添加引发剂的油漆用完,再使用干净稀释剂清洗压力泵、喷管和喷枪。

##### 4.3.2.3 施工时发生堵塞的处理

(1)由于不完全雾化的油漆积在枪头表面,在喷枪头上引起堵塞时,用抹布或硬毛刷子沾些溶剂去擦洗枪头。(2)如果施工过程中,玻璃鳞片或不完全雾化的油漆在枪头后面引起堵塞,应取下枪头,放入盛有干净溶剂的容器内,换上干净的枪头,继续施工。(3)安装新枪头前,应先喷出少量的油漆,以保证管内油漆平滑流动。(4)如果缓冲器堵塞或流速缓慢,将泵减压后,取下缓冲器清洗。缓冲器取出后,压出少量的油漆,保证管内油漆流出正常。如果油漆流动缓慢或油漆较干,则继续泵压油漆,直到油漆流出正常。(5)如果油漆流出正常,可用稀释剂清洗喷枪连接接口,更换新的缓冲器和枪头后继续施工。(6)如果油漆流出不正常,应立即清洗压力泵、流管和喷枪。(7)如果连续使用后,出现喷雾

表1 基料、促进剂、阻聚剂及引发剂在不同温度下的配合比

项目	钢材和油漆配比温度 /									
	30~35		25~30		20~25		15~20			
体积比 /%	0.60	1.40	2.20	0.60	1.75	2.20	0.60	2.00	2.50	0.60
体积 /mL	100	225	350	100	280	350	100	320	400	100
使用材料名称	促进剂	促进剂	引发剂	促进剂	促进剂	引发剂	促进剂	促进剂	促进剂	引发剂
	9826	9802	1号/11号	9826	9802	1号/11号	9826	9802	1号/11号	9826

注:混合后油漆的清洗剂为丙酮或佐敦17号/23号稀释剂;稀释剂为苯乙烯。

上、下晃动或喷气泵不发生敲击声,表明压力泵、流管和喷枪都需清洗。

#### 4.3.2.4 设备的清洗

移开油漆存放桶,洗刷干净吸漆管,将吸漆管放入一个盛满干净溶剂的清洁容器内,调低泵的压力,取下喷头后,将泵和流管内的剩余油漆泵出。当干净的溶剂流出后,换上喷头、继续压出,直到干净的溶剂流出。停止泵运转,将盛有溶剂的容器放在压力泵阀的下面。慢慢打开泵阀减压,启动泵,使溶剂循环流动约5 min左右,直到泵发出均匀的敲击声。停止泵运转,关闭泵阀。从喷枪上取下枪头和缓冲器,放入溶剂中清洗。将喷枪放入溶剂桶内,慢慢重新启动压力泵,使溶剂回流循环。当溶剂循环流出物干净、顺畅时,停止压力泵运行。检查喷头和缓冲器是否干净,应没有玻璃鳞片粒子。在喷枪上重新装上缓冲器和枪头,所有连接接口应干净。启动压力泵,喷出油漆,保证整个施工系统清洁、没有粘连物。

#### 4.3.3 涂装质量控制

##### 4.3.3.1 油漆的准备

(1)油漆放置一段时间后,会有不同程度的沉淀和分层。所以,开罐后,应电动搅拌,将其完全搅拌均匀后再使用,否则,将影响油漆的成膜品质。双组分油漆的主漆和固化剂混合后,有规定的使用时间。超过使用时间后,油漆会难以施工或不能施工。因此,要用多少漆就混合多少,以免造成浪费。

(2)该产品混合后的使用时间较短,在23℃的条件下只有45 min。只有在所有的准备工作就绪以后,才能加入、混合引发剂和促进剂。

##### 4.3.3.2 施工时的操作步骤

(1)提前将2~3桶基料(如果用量许可)搅拌均匀,以保证基料供应的平稳持续性。(2)该阶段不要加入添加剂。(3)确保混合机干净,以保证在搅拌纯基料时,不受促进剂或杂质的影响。(4)测量气温、基漆以及压力泵体的温度,评估平均温度(要考虑压力泵摩擦产生的热量使温度增高)。(5)在确定平均温度后,准确计算促进剂、阻聚剂的数量。(6)监控正使用的漆桶,当桶内油漆用掉全桶

的3/4时,向准备的另外一桶漆内加入所需数量的1号引发剂。不要将新混合好的油漆直接加入正在使用的油漆中。(7)当桶内的油漆使用完后,迅速地将吸管抽出,插入准备的下一漆桶内。(8)将吸料管插入新漆桶内上、下各处,这样可避免空气阻塞。

**4.3.3.3 基料、促进剂、阻聚剂及引发剂的配合比**  
经过严格计算和实际测试,得出最佳配合比、材料的混合比及混合后的使用时间,见表1。

##### 4.3.3.4 涂装施工的环境条件控制

施工前,前道涂层的表面要清洁、干燥,且底材温度要高于露点温度3℃以上,以免底材结露影响涂料的附着力。雨雪天施工时,用防雨布覆盖管口,避免雨雪淋湿防腐层,特别是已安装的37 m钢内筒,施工时,上口一定要用防雨布遮盖。施工环境条件应满足以下标准:(1)ISO 8502—4规定。油漆施工前,钢材表面可能发生结露的评估指导。底材温度应为15℃以上,最适合的温度为23℃(不能超过40℃),相对湿度在85%以下,应在施工区域内测量;底材温度至少高于空气露点温度3℃。(2)ISO 2808规定。油漆膜厚的确定。(3)NACERPO 188—88规定。400 V/100 μm,推荐用电子针孔探测仪在第1道油漆后检测。

考虑到环境温度达不到涂料固化对环境温度的要求,所以,在涂料喷涂施工前,需在钢管内部进行加热,温度升至35℃左右,且该温度要一直保持到所有涂层固化为止。加热器采用3~4台安全系数高的油式电加热器(2 000 W)。为了达到更好的加热效果,钢管上口加热时需用防火布覆盖。

##### 4.3.3.5 漆膜厚度的控制

(1)施工时,必须检查湿膜的厚度,做到对所喷的干膜厚度可进行大致的预测。施工各道油漆时,要注意使漆膜均匀,并达到规定的漆膜厚度。(2)用湿膜卡、干膜测厚仪检测漆膜的厚度。(3)湿膜的检测方法:油漆喷涂后,应立即用湿膜测厚仪垂直按入湿膜,直至接触到底材,然后取出湿膜卡,读取数值。(4)湿膜厚度与干膜厚度的相应值为干膜厚度600 μm;湿膜厚度625 μm;理论涂布率为1.6 m<sup>2</sup>/L。

涂装的膜厚度标准要求达到  $1200 \mu\text{m}$ 。膜厚控制应遵守 2 个 90% 的规定,即 90% 的测点应在规定膜厚以上,余下的 10% 的测点应达到规定膜厚的 90%。测点密度根据施工面积定。

#### 4.3.3.6 涂装间隔期

一道漆涂装完毕后,在进行下道漆涂装之前,要确认是否已达到规定的涂装间隔时间,并且在涂装间隔时间内,否则就不能进行涂装。不同温度下的涂装间隔时间见表 2。

表 2 在不同温度下的涂装间隔时间

底材温度 /	最短覆涂 间隔 /h	最长覆涂 间隔 /h	表干时间 /h	硬干时间 /h	固化时间 天
15	8	36	8	8	8
23	4	24	4	4	4
40	2	12	2	2	2

#### 4.3.3.7 漆膜的完全固化

漆膜表干、硬干后,尚不能使用,必须完全固化后,才能使用。烟道内应避免机械碰撞或机械擦伤等损伤漆膜。环境温度越高,完全固化时间越短;反之,环境温度越低,完全固化时间越长。

#### 4.3.4 安装焊缝处的喷涂及缺陷修补

(1)涂装缺陷、针孔、漏涂、焊缝和碰伤、擦伤等应修补。(2)修补的区域应干燥,无油脂、无杂质。(3)待修补区域应除去防腐层的松散部位,表面除去修补区域的焊瘤、毛刺和其他污物,补口处应保持干燥,然后采用手提式喷砂机处理,质量应达到 GB/T8923—1988 规定的 Sa2.5 级。(4)根据涂料固化对环境温度的要求,在环境温度达不到要求时,焊缝处及修补区域需加热,采用红外线加热,即喷涂钢管外壁缠绕红外线加热绳(6 道),使钢管壁温度加热达到 30 左右,并持续恒温 2 h 至涂层实干。(5)在焊口清根时,要对防腐层实施保护,避免焊接火花烧伤防腐层。(6)由于焊缝处的喷涂及缺陷修补在高空进行,所以该处施工是该工程的安全隐患之处。经研究,决定采用吊篮代替普通脚手架进行高空作业。吊篮制作和安装由专业人员进行。

## 5 质量检查

成品管的检验应严格执行 ST/Y0414—98 标准和国际油漆企业施工标准,检验项目包括防腐层外观、厚度、电火花检漏。

#### 5.1 防腐层外观检查

逐根检查防腐层的外观质量,表面应平整、搭接均匀、无皱折、无凸起,不允许有破裂点。应检查补

口、补伤处,防腐层表面应无永久性气泡和破损。

#### 5.2 防腐层厚度检测

采用磁性测厚仪逐根检查,随机测量 1 处,每处按圆周方向均匀分布测量 4 点,每个补口、补伤处随机抽查 1 处。

#### 5.3 电火花检漏

在制作场应逐根检查,在现场全线检查管线,补口、补伤处应逐个检查。检漏探头移动速度不大于  $0.3 \text{ m/s}$ ,检漏电压  $400 \text{ V}/100 \mu\text{m}$ ,以不打火花为合格。对所有放电处应做好记号,并用胶带修补。做好缺陷形状、性质及位置、修补工艺等检测记录。

## 6 材料验收与储存

原材料应在规定期限内接收,不得超过有效期。材料验收必须确认生产厂家、产品说明书、生产日期、有效日期、产品批号及供应商提供的试验数据、检测报告和合格证书。材料包装必须完好,无受潮、破损现象。每一批原材料,均应有性能检测报告,报告应由国家认证的检验机构出具,按技术标准进行检测。

该涂料储存期较短,在  $15 \sim 23$  的环境下,储存期为 4 个月。随着温度的升高,其储存期限会大大缩短。该涂料储存时,要储存在阴凉、干燥( $10 \sim 23$ )处,保持通风、远离火源,油漆包装要密封,并放置室内。

## 7 结束语

采用乙烯基酯玻璃鳞片涂料对烟囱钢内筒防腐,只需在每节钢内筒制造完成、验收结束后进行。提升前,对钢内筒内壁去除表面油污,再进行除锈。在锈面清理干净后,涂刷乙烯基酯玻璃鳞片涂料并达到规定厚度。在每节钢内筒两端,预留  $10 \sim 15 \text{ cm}$  长的不涂刷乙烯基酯玻璃鳞片涂料段。在钢内筒提升后,管端对口焊接完成即可对此段进行除锈、涂刷乙烯基酯玻璃鳞片涂料。该防腐方法在该电厂超临界机组的烟囱钢内筒的施工进展顺利,效果良好,质量优良。

## 8 参考文献

- 周至祥. 湿法 FGD 湿烟囱工艺的问题及对策. 电力环境保护, Vol 19 (1)
- 陆卯生. 火力发电厂高烟囱设计的回顾与展望. 电力建设, 1998(7)
- Randolph W. Snook 杜振华译. 高烟囱的改造关键在内衬. POWER, 1992(2)

(责任编辑:王莘志)