

⑮ 48-51

·新技术应用·

陶瓷玻璃钢耐磨复合管道的性能及应用

上海电力学院(上海200090)

王政雄

TM621.9

文 摘 火电厂输煤、输渣、输灰管道的耐磨问题是影响发电厂安全经济运行的重要课题,新型的 Al₂O₃作内衬的玻璃钢耐磨复合管道具有优良的力学物理性能、耐化学腐蚀性能和优异的耐磨性能,且重量轻、造价低、运输安装方便、运行维护费用低、设计灵活,已在上海闵行电厂试用。

关键词 精细陶瓷 } 玻璃钢 } 耐磨 灰渣管道 发电厂

火电厂中输煤、输渣、输灰管路大量需要耐磨材料,而其中水力输送灰渣管道尽管它的工作温度不高,但它的磨损却很严重,应急抢修不断,这不仅影响火电厂的安全运行,增加了维修费用,而且常常造成环境污染,影响火电厂文明生产。因此解决灰渣输送过程中长期安全经济运行问题是火电厂十分迫切的现实问题。灰渣管道要安全经济运行,首先要解决管材问题,不但要求管材质量好、耐磨,而且价格要便宜,维修要方便。

60、70年代在火力发电厂水力输灰渣管路中铸石内衬起过主导作用,但其笨重、质量不稳定、脆性大、运输中易破碎,损坏时成块堵管,同时损坏机泵,因此80年代逐步被离心铸造的耐磨合金钢管所代替,直到现在耐磨合金铸钢管仍是灰渣管道的首选材料。

90年代中,出现了陶瓷钢管,是国家“863”计划的研究成果,并已在一些火电厂灰渣管道、煤粉管道中投入使用^[1]。

针对火电厂水力输灰管道输送介质是灰渣水,其中水所占的重量比例大,且工作温度

不高(一般为常温),但磨损严重的特点,我们研制开发了以 Al₂O₃精细陶瓷作内衬的新型玻璃钢耐磨复合管道,并已在上海闵行电厂投入工业性试验运行半年,从闵行电厂用户报告看,该试验十分成功。Al₂O₃精细陶瓷玻璃钢耐磨复合管道(以下简称陶瓷玻璃钢管)是最新型的灰渣管道,其技术经济综合性能是卓越的,要优于现行的陶瓷钢管灰渣管道和耐磨合金铸钢灰渣管道。

1 陶瓷玻璃钢耐磨复合管道的结构

1.1 内衬

管道内衬为精细陶瓷材料,是一种 Al₂O₃含量大于90%的 Al₂O₃精细陶瓷。

1.2 外壳

管道承力外壳为玻璃钢材料,这是一种以玻璃纤维及其制品(布、毡等)为增强材料,以合成树脂为基体材料的复合材料,即为纤维增强塑料,英文缩写为 GFRP。其成型方式可为手糊、纤维缠绕或模压。我们采用的增强

* 陶瓷玻璃钢复合管申请专利已被中国专利局受理,专利申请号为97 2 34846.8。并获得中华人民共和国专利局主办的第六届中国专利新技术、新产品博览会银奖(1997.8.10)。

材料为玻璃纤维或玻璃布,合成树脂基体材料为不饱和聚酯树脂、环氧树脂或乙烯基树脂等。

2 技术特性

2.1 具有优良的力学物理性能

陶瓷玻璃钢管具有玻璃钢固有的轻质高强的特点。玻璃钢密度为 $1.6\sim 1.9\text{g/cm}^3$,约为钢材的 $1/4\sim 1/5$;比钢材、铸铁的比强度高。对内径为250mm、耐压小于3.0MPa的工况,玻璃钢管壁厚只要大于或等于10mm就行,与一般耐压钢管厚度差不多,但由于玻璃钢密度小,因此相对来说管子轻得多,性能比较见表1。

表1 玻璃钢与其它材料力学性能比较

项目	纤维缠绕 玻璃钢	钢	铸铁	PVC
比重	1.6~1.9	7.84	7.34	1.4
抗拉强度 /MPa	160~320	380	187	50~60
比强度 /MPa	100~168	48.5	25.5	36.8

陶瓷玻璃钢管的热膨胀系数与钢大体相当,热传导系数只有钢的0.5%,是一种相当突出的热和电的绝缘体,而其使用温度一般可达到90℃,见表2。

表2 玻璃钢与其它材料热物理性能比较

项目	纤维缠绕玻璃钢	钢管	PVC
热膨胀系数 / $10^{-5}\cdot\text{C}^{-1}$	11.2	12.3	60~80
热传导系数 / $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$	0.23	54	0.18

从电厂现场工业性试验情况来看,承力的玻璃钢外壳没有任何裂缝,其强度足够承受灰渣泵出口的灰水压力、冲击和振动,玻璃钢复合管道结构合理可靠。

2.2 耐化学腐蚀性能优良

不管是玻璃钢管道壳体还是 Al_2O_3 陶瓷内衬,其耐化学腐蚀性能都是优良的,在这方面寿命比普通钢管长几倍至几十倍^[2]。

2.3 Al_2O_3 陶瓷内衬耐磨性非常优越

玻璃钢的最大缺点是耐磨性差,但由于陶瓷玻璃钢管道内衬为耐磨 Al_2O_3 精细陶瓷,从而使陶瓷玻璃钢管具有优良的耐磨性,这是玻璃钢管道制品性能上的重大改进。

Al_2O_3 精细陶瓷的硬度大于一般金属,高出近一个数量级,比超硬金属还硬,因此 Al_2O_3 陶瓷耐磨性比金属高的多,而且在液体环境下使用比在气体环境下还要好。

从参考文献1、2、3可看到 Al_2O_3 (含量>90%)精细陶瓷耐磨性很优越。1995年9月在中国电力企业联合会标准化部主持召开的鉴定会上,专家的鉴定意见为:精细陶瓷片可以广泛用作电站燃煤锅炉制粉系统中的易磨损设备和管道内衬、烟道弯头及水膜除尘器等易蚀部位。它与通常采用的花岗岩、铸石或优质合金内衬相比具有重量轻、结合缝隙小、严密性好、价格适中和使用寿命长等优点,其耐磨防腐效果显著,可在电厂推广应用。

从参考文献4可看到 Al_2O_3 精细陶瓷的耐磨倍率是普通碳钢的40到50倍,而我们在上海闵行电厂所进行的工业性试验的条件为:管内径250mm,灰水流速3.2m/s,灰水比1:40,灰水压力0.4MPa,管道内衬是 Al_2O_3 含量为95%的精细陶瓷。试验结果:弯头处 Al_2O_3 陶瓷内衬最大磨损厚度为0.1~0.2mm,而同样工况下,壁厚10mm的A₃钢的弯头在半年内就磨穿了。可见 Al_2O_3 精细陶瓷的耐(冲蚀)磨损倍率是A₃钢(普通碳钢)的50至100倍。很明显在有大量水润滑、缓冲和冷却的情况下, Al_2O_3 精细陶瓷耐磨性有很大的提高,因此在用水力输送灰渣的管道中,选用 Al_2O_3 精细陶瓷作管道内衬将能极大地提高耐磨管道的磨损寿命。

3 陶瓷玻璃钢管重量轻造价低

对1m长,内径为250mm、耐压力在3.0MPa以下的各种耐磨灰渣管道(直管)的重量进行了计算:

① 耐磨合金铸钢管,其厚度一般得取16mm,则其管道的重量为102kg/m左右。

② 陶瓷钢管,其无缝钢管厚取10mm,Al₂O₃陶瓷内衬取4.2mm,过渡层铁厚0.8mm,则其管道重量为81kg/m。

③ Al₂O₃陶瓷钢管,其玻璃钢外壳厚取10mm,耐磨的Al₂O₃陶瓷内衬取5mm,则其管道重量为29kg/m。

很明显 Al₂O₃陶瓷玻璃钢管的重量最轻,其重量分别是前二种管道的1/3~1/2。

至于每米工程的造价,由于市场竞争激烈,价格波动十分剧烈,据最新调查,耐磨合金铸钢(直管)价格为1.5~1.7万元/t,我们取低价位1.5万元/t,则其管道工程造价为1500元/m左右。

陶瓷钢管(直管)造价为1.8万元/t,最低价降至1.23万元/t,因此管道价格在1460~1000元/m波动。

陶瓷玻璃钢管(直管)的计算价格为980~1120元/m。因此尽管市场竞争激烈,但Al₂O₃陶瓷玻璃钢管在工程造价方面也是有竞争力的。

4 安装运输方便,维护费用低

由于 Al₂O₃陶瓷玻璃钢管化学稳定性好,不像钢管那样在外表面需作特殊防腐处理,而且由于其导热系数低,因此保温层可以减薄,甚至可以不做。如前所述,陶瓷玻璃钢管重量轻,吊装设备简单,人力与动力消耗少,支承结构也可简化,这些都会大大降低安装运输和维护费用。由于陶瓷内衬表面光滑,流体压力损失小,如采用相同内径的管子,运行时泵的功率和能源可节约1/3以上。

5 制造工艺可靠,设计灵活性大

玻璃钢管成型工艺相当成熟可靠,我国能大量生产不同规格、不同性能的玻璃钢管道,并已有大批出口海外。

Al₂O₃陶瓷玻璃钢管中,Al₂O₃陶瓷片采用干压法高温烧结成型,Al₂O₃陶瓷烧结工艺在我国也已精确掌握。

Al₂O₃陶瓷片的化学成份与外形尺寸完全可以据设计需要精确控制,特别在弯管部分磨损厉害,国外火电制造厂商生产的Al₂O₃陶瓷内衬,有厚度达25.4mm的,如采用陶瓷钢管的生产方法即自蔓延高温合成——离心法,其Al₂O₃陶瓷内衬要达到这一厚度是很困难的,因为该方法生产的Al₂O₃陶瓷厚度只能在3~4mm左右,而且要精确控制其厚度和质量往往有一定难度。而对我们采用的干压法烧结技术是完全不成问题的。按目前工艺水平,陶瓷钢管只能做成短的直管,尚不能做成弯管,因此弯管部分要采用虾米弯焊接而成,钢管焊接处陶瓷内衬间缝隙较大,严密性不好,是形成磨损和腐蚀的薄弱环节,该处常常因磨损或腐蚀现象造成泄漏,而新型陶瓷玻璃钢管内衬陶瓷片间接合缝隙小,严密性好,无此问题。

对内径为250mm的耐磨铸钢灰渣管(直管)设计厚度一般取16mm,但由于浇铸厚度的控制有困难,故实际厚度达17mm~18mm,有的甚至更厚,因此使得灰渣管道内径不一致,导致管道阻力增加,影响管道正常运行。陶瓷钢管同样也有此问题,即内径尺寸大小不能保证。但新型的陶瓷玻璃钢复合管内径由模具保证,故没有此问题。

至于不少用户担心陶瓷片脱落问题(这也是陶瓷片粘附技术不能在电厂很好推广的原因之一),作者认为这种问题只有那种在金属表面用环氧树脂粘附陶瓷片来进行耐磨防护时才会发生,因为这种方法对金属工作表

面除污、除锈、除油、拉毛等处理要求很严格,稍不慎,就会造成粘附陶瓷片的脱落。而陶瓷玻璃钢复合管中的 Al_2O_3 陶瓷片内衬是被玻璃钢基体材料(合成树脂)直接固化在玻璃钢管内表面上的,与玻璃钢管成为一个整体,因此不存在 Al_2O_3 陶瓷片粘附于另一表面的现象,从而使得由于被粘附表面在打磨、清洗、拉毛等处理中的不慎而造成陶瓷片的脱落可能性下降为零,只要该处基体材料性能得到保证,那么 Al_2O_3 陶瓷片是不会轻易脱落的。何况与 Al_2O_3 陶瓷片相连那部分基体材料,我们特别选用了韧性好、剪切强度大的基体材料,以确保 Al_2O_3 陶瓷片不脱落^[2]。

通过新型陶瓷玻璃钢复合管在上海闵行电厂的工业性试验,厂方认为:陶瓷片没有任何脱落或松动现象,陶瓷和玻璃钢的粘接强度高,完全能承受灰渣泵出口处灰水压力、冲击和振动,整个管道没有泄漏现象,这说明我们提出的陶瓷片与玻璃钢外壳之间新的粘结技术和成型工艺是可靠的。

6 结束语

综上所述, Al_2O_3 陶瓷玻璃钢耐磨复合管道这一新型的水力输送灰渣管道具有轻质高强、耐磨防腐的鲜明特点,工艺可靠,在技术经济综合性能方面优于我国现行的耐磨合金铸钢管和陶瓷钢管,是电厂理想的耐磨灰渣管道,再经过一定的完善工作,完全可以在我国火电厂中推广应用,这将大大减少停机时间和检修工作量,对提高火电厂运行的安全性与经济性,确保火电厂文明生产将是十分有益的。

参考文献

- 1 胡恒康. 陶瓷钢铁复合管在火电厂的应用. 中国电力, 1997. 2
- 2 王政雄. 精细陶瓷材料在火电厂中的应用展望. 华北电力技术, 1997. 3
- 3 王政雄. 氧化铝精细陶瓷喷射磨损试验. 华北电力技术, 1997. 1
- 4 王振. 陶瓷复合衬板的超耐磨特性. 华东电力, 1997. 6

(收稿日期:1997-08-26)

(上接第41页)

4.2 数据分析

根据测试数据分析,距底部弯头2m及1m高度的烟温水平一般在600℃左右,低于设计值655℃,但是弯头前下方(P点)的烟温水平一般在740℃左右,高于设计值85℃,较A、B点高140℃。由此得出结论:高温烟区在底部弯头及底部水平管段部分。

5 采取的主要技术措施

为了根治再热器爆管事故,该厂决定提高材料等级,将两台200MW机组的高温再

热器后半部钢102管,外3~4圈部分改为美国的不锈钢材料SA-213TP347H。

鹤壁火电厂2号机组高温再热器后半部换管工作,于1997年3月22日开始,至1997年3月27日结束,现场安装焊口356道,探伤比例100%。

1号机组高温再热器后半部换管工作,于1997年4月14日开始,至1997年4月27日结束,共换管38排,现场安装焊口304道,探伤比例100%。

(收稿日期:1997-07-21)