

超大型机组湿法脱硫吸收塔喷淋系统设计优化

谭学谦

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510063)

摘要: 石灰石-石膏湿法烟气脱硫系统中, 喷淋层是吸收塔内最为核心的部件之一, 其设计直接影响到脱硫系统的性能参数和运行可靠性。对于超大直径吸收塔, 塔内喷嘴密布, 如何保证塔内高的脱硫效率, 同时又不会发生浆液喷穿塔壁和支撑梁的问题, 是大型吸收塔喷淋层设计的难题之一。文章对超大直径吸收塔喷淋层设计进行了研究和优化, 以便为国内同类型脱硫工程吸收塔的设计提供借鉴及参考作用。

关键词: 烟气脱硫; 吸收塔; 喷淋层; 喷嘴; 支撑梁; 设计

中图分类号: X773

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)S1-0098-03

Design Optimization of Spray Bank in Large-scale Wet FGD Absorber

TAN Xueqian

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: The spray bank is the most important system of absorber in wet limestone-gypsum FGD plant. The design will affect the performance data and operation reliability of FGD. For large-scale absorber, how to ensure the nozzles with high removal efficiency without slurry injecting and wearing absorber and support beam, is critical problem in the design of spray bank. This article introduces the process design principle of spray bank in order to provide reference experience for the similar FGD project in domestic.

Key words: FGD; absorber; spray bank; nozzle; support beaming; design

众所周知, 喷淋层是湿法脱硫吸收塔系统最为重要的部件, 烟气中 SO_2 的脱除主要是由喷淋层和喷嘴完成的。目前国内投运的湿法脱硫装置中, 有部分电厂出现脱硫效率偏低或脱硫效率虽然达到, 但又发生吸收塔壁或支撑梁被浆液喷穿的问题。这主要是由喷淋层设计不当造成的。不合理的喷淋层设计, 不仅无法使得吸收塔达到脱硫效率, 同时也容易出现浆液喷穿塔壁或支撑梁的问题, 影响塔体结构安全。对于脱硫效率要求高的超大型机组(如 1 000 MW 等级)吸收塔, 塔径一般设计较大, 达到 18 至 20 m。为了达到较高的脱硫效率($\geq 98\%$), 塔内需要布置更多的喷嘴和支撑梁, 这更容易发生塔壁或梁穿孔的情况。因此, 在喷淋层设计时更应慎重。

本文以 20 m 直径吸收塔设计为例, 重点对喷淋层系统的设计进行了研究, 提出了如下设计优化。

1 喷淋层设计优化

对于百万千瓦等级机组, 由于烟气量大, 所需的喷淋浆液量也较大, 一般单层喷淋层设计流量达到 11 000~12 500 m^3/h 。喷淋层多采用 4 层, 每层喷淋层需要设置两根喷淋母管。喷淋层的一侧是与循环泵出口管道连接, 通过循环泵将浆液均匀地输送到喷淋层上的每个喷嘴。每层喷淋层的母管和支管内介质设计流速在 1.5~3.0 m/s 范围之内。

大直径吸收塔一般采用双母管式喷淋层, 从而减少了每根喷淋母管的尺寸和下部支撑梁的荷载, 进一步降低支撑梁的截面大小。同时通过优化塔内喷淋层支撑梁的布置, 减少浆液喷淋到支撑梁的机会。图 1 和图 2 分别为 20 m 直径吸收塔喷淋层布置图和雾化效果图。

收稿日期: 2015-11-01

作者简介: 谭学谦(1974), 男, 广东广州人, 高级工程师, 学士, 主要从事电力行业烟气脱硫和脱硝技术研究和设计等工作(e-mail) tanxueqian@gedi.com.cn。

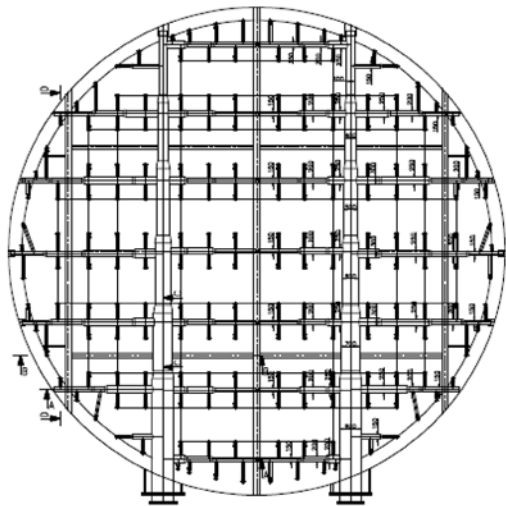


图 1 20 m 直径吸收塔喷淋层布置图

Fig. 1 Spray Bank Diagram for 20 m Diameter Absorber

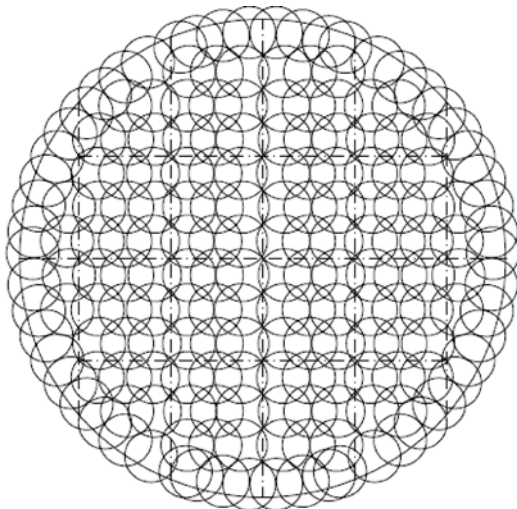


图 2 20 m 直径吸收塔喷淋雾化效果图

Fig. 2 Spraying Atomization Effect Diagram for 20 m Diameter Absorber

为了方便工作人员检修和维护，每层喷淋层之间的间距为 1.8~2.0 m。由于喷淋层在塔内跨度很大，且支管上布置有较多的喷嘴，荷重较大。因此，在塔内设有支撑梁固定喷淋层。支撑梁采用空心梁结构，表面衬有橡胶内衬。喷淋层支管是通过 FRP 管卡固定在支撑梁上，母管则通过管座安装在支撑梁上。安装结构形式见图 3。

2 喷嘴选型优化

为了保证浆液雾滴充分均匀地分布在吸收塔断面上，喷淋层管道上布置有足够数量合适的喷

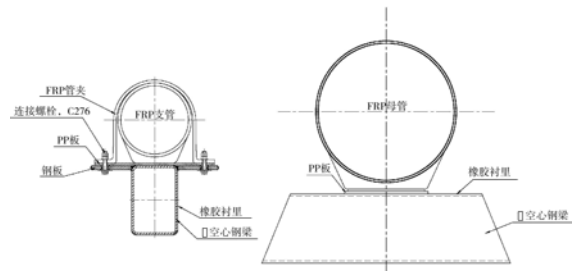


图 3 喷淋层安装结构形式

Fig. 3 Construction Type of Spray Bank

嘴。喷嘴的密度是由喷淋层的喷淋重叠率确定的。根据计算，直径为 20 m 的百万机组吸收塔每层喷淋层至少需 212 个喷嘴。为了保证吸收塔较好的喷淋效果，在喷淋重叠率不高的地方适当增加了喷嘴。经优化过的塔内喷嘴个数为 224 个。喷嘴流量值根据循环浆液量和喷嘴密度计算得出。喷嘴材料采用 SiC，能有效地抵抗浆液的磨损及腐蚀。喷嘴通过直接粘结方式固定在喷淋层支管上。浆液的雾化程度是影响吸收塔脱硫率的主要因数，其取决于喷嘴的种类和运行压力。

对于超大直径吸收塔，喷嘴的选型及布置一般遵循如下原则。

1) 吸收塔壁区，采用实心喷嘴布置，以避免未脱硫的烟气从塔壁短路排走。

2) 吸收塔中心区，采用空心喷嘴布置。由于空心喷嘴在塔中心区产生的压力较小，可使未脱硫的烟气集中在塔中心进行充分脱硫。

3) 喷嘴布置时应确保避免将浆液喷淋到支撑梁和喷淋管道上。

由于吸收塔处理烟气量较大，为了达到较高的浆液喷淋雾化效果，可混合使用了如下三种型式的大流量切线型喷嘴：单向实心喷嘴、双向空心喷嘴和双侧向空心喷嘴（见图 4）。有效的喷嘴设计，保证塔内达到 98% 的脱硫效率。

上述三种型式喷嘴的特点如下：

单向实心切线型喷嘴能使浆液从切线方向进入喷嘴的旋涡室内，然后从与入口方向成直角的喷孔喷出。此类喷嘴内部无任何分离件，可允许自由通过的浆液颗粒尺寸大约是喷孔尺寸的 80% 以上。单向实心切线型喷嘴最大流量的使用范围约为 1 200 L/min，压损约为 0.8 bar。其优点在于喷嘴内部通道很大，能有效地防止结垢堵塞。此外，此类实心喷嘴浆液雾化效果均匀，特别适合布置在吸收塔壁

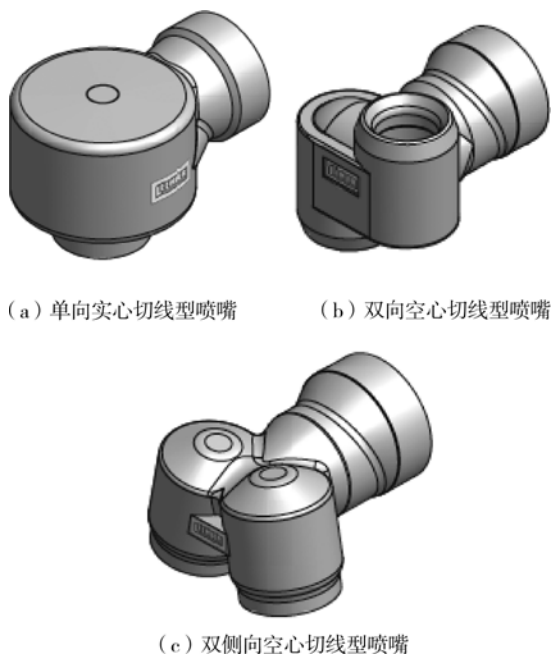


图4 大流量切线型喷嘴
Fig. 4 Large Flow Tangential Type Nozzle

区域。

双向空心切线型喷嘴是由两个不在同一个中心轴上的上下对开的单个切线型喷嘴构成，其在喷淋时能同时产生上下两个喷淋区。双向空心切线型喷嘴最大流量的使用范围为 $\leq 1\ 600\ \text{L}/\text{min}$ ，压损为 $0.8\ \text{bar}$ ，向上喷淋量/向下喷淋量 = $50 : 50$ 。该类型喷嘴特别适用于大直径的吸收塔和较高的浆液流量。

双侧向空心切线型喷嘴配置有两个单独的切线喷嘴，能形成两个同时向下的喷淋区域。比起单方向的喷嘴，此类喷嘴具有如下优点：适用于较大的浆液流量，通过两个喷嘴开孔能将喷淋浆液分布均匀。每一个开孔相当于一个单个的切线喷嘴。同时能将浆液液滴分布得更为细小，更利于 SO_2 吸收反应。双侧向空心切线型喷嘴适用于直径大于 $15\ \text{m}$ 的吸收塔。其最大流量的使用范围亦为 $\leq 1\ 600\ \text{L}/\text{min}$ ，压损为 $0.8\ \text{bar}$ 。

表1为超大型吸收塔各层喷淋层所配置的喷嘴类型。

3 喷嘴布置优化

由于塔内设置有支撑梁，因此在进行喷淋层设计时，应注意如下细节。特别是对布置在吸收塔壁和喷淋层母管附近的喷嘴更应该注意，以避免磨损

情况的发生。

表1 超大型吸收塔喷淋层喷嘴配置
Table 1 Spray Bank Nozzles Configuration in Super-large Scale Absorber

项目	塔壁区			塔中心区		
	喷嘴型式	喷淋角度	喷淋方向	喷嘴型式	喷淋角度	喷淋方向
第一层喷淋层(底层)	单向实心切线型	90°	朝下	双向空心切线型喷嘴	110° 或 120°	上下
第二层喷淋层	单向实心切线型	90°	朝下	双向空心切线型喷嘴	110° 或 120°	上下
第三层喷淋层	单向实心切线型	90°	朝下	双向空心切线型喷嘴	110° 或 120°	上下
第四层喷淋层(顶层)	单向实心切线型	90°	朝下	双侧向空心切线型喷嘴	110° 或 120°	朝下

- 1) 塔壁区喷嘴的布置，见图5。
- 2) 喷淋母管附近喷嘴的布置，见图6。

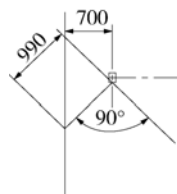


图5 塔壁区喷嘴的布置
Fig. 5 Nozzles Arrangement Nearby Absorber Wall

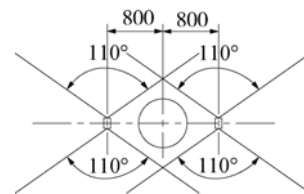


图6 喷淋母管附近喷嘴的布置
Fig. 6 Nozzles Arrangement Around Spray Bank Header

若喷淋母管直径 $\text{DN} > 800$ 和支撑梁直接布置在喷淋母管下方，则喷嘴的布置见图7。

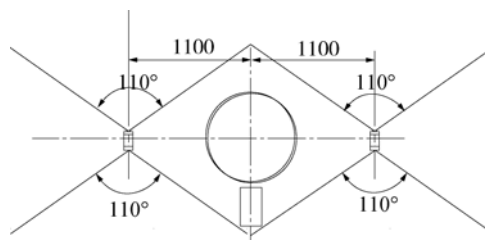


图7 喷嘴与喷淋母管($\text{DN} > 800$)的布置
Fig. 7 Nozzles Arrangement Around Spray Bank Header ($\text{DN} > 800$)

总之，完成喷淋层的布置后应对喷嘴的位置进行认真核对，必须避免将浆液直接喷淋到支撑梁上，对支撑梁造成磨损。如果发现有这种情况时，应改变喷嘴的位置。改变喷嘴的位置有如下两种方式：

(下转第104页 Continued on Page 104)

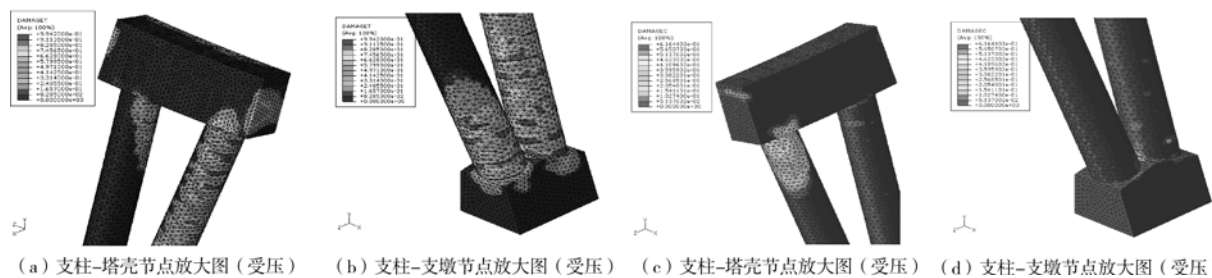


图 6 结构细部混凝土受拉损伤云图

Fig. 6 Structure Detail Cloud Map of Concrete with Tension Damage and Compression Damage

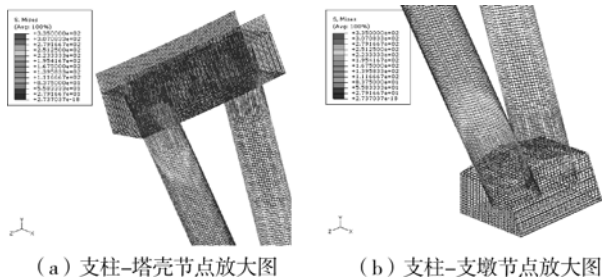


图 7 结构细部钢筋应力云图

Fig. 7 Structure Detail Stress Cloud Map of Steel Bar

3 结论

本文对某大型冷却塔进行了弹性和弹塑性的整体地震反应分析，并对薄弱部位进行了非线性精有限元分析，得到了以下结论：

1) 将整体有限元分析和结构细部有限元分析相结合，既可以把握大型复杂结构的整体抗震性能，又能详细了解局部区域的受力情况。

2) 人字形柱-大型冷却塔结构的薄弱部位一般位于人字形柱上下端以及与柱相连的塔筒底部和支墩。

3) 工程中需要采用加固措施对柱上下端局部区域进行加固，以减少混凝土的受压损伤、支柱纵筋应变。具体加固措施将需结合工程进一步的研究。

参考文献：

[1] GB/T 50102-2003, 工业循环水冷却设计规范 [S].
 [2] GB 50010-2002, 混凝土结构设计规范 [S].

(责任编辑 林希平)

(上接第 100 页 Continued from Page 100)

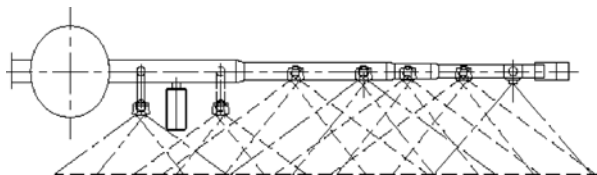


图 8 喷嘴调低方案

Fig. 8 Turn Down Scheme of Nozzles

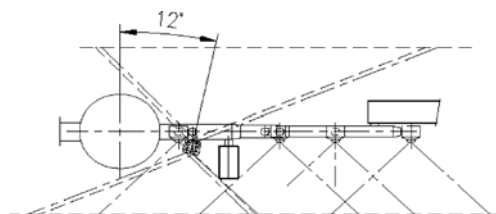


图 9 喷嘴旋转方案

Fig. 9 Rotat Scheme of Nozzles

- 1) 将喷嘴位置调低，见图 8。
- 2) 旋转喷嘴，但最大旋转角度不要超过 15°，见图 9。

如果采取上述措施仍无法避免喷嘴将浆液喷淋到支撑梁上的话，应采用在支撑梁上贴 4~5 mm 厚 PP 板的方式进行加厚，PP 板长度约 1 000 mm。

4 结论

综上所述，对于超大型直径吸收塔，喷淋层的设计是整个系统设计的难点，同时也是最为关键的设计环节。因此，在设计时务必细致严谨。首先应根据脱硫效率和循环浆液量等参数计算出喷淋层母

管和支管管径、每个喷嘴流量及压力，确定好喷嘴型式；然后进行喷淋层及喷嘴的初步布置，同时应结合喷淋母管、塔内支撑梁和塔壁等对每个喷嘴位置进行放样计算，出现浆液喷淋到上述部件时，应对喷嘴位置进行调整。最后，当整个喷淋层设计好后，还应在塔内进行烟气流态及浆液雾化效果的计算机流场模拟，确保塔内脱硫效果达到最佳。

参考文献：

[1] AUSTRIAN ENERGY & ENVIRONMENT, 6.1.7 DESIGN OF ABSORBER INTERNALS, DESIGN MANUAL WET FGD[S].

(责任编辑 郑文棠)