

大化肥工程尿素包装楼的 空调与除尘系统设计

中国石化集团宁波工程公司 暴长玮[☆]

摘要 以南方地区某尿素包装楼为例,介绍了该包装楼空调系统的设置条件、室内空气参数的确定、空调冷热负荷的计算、空气处理过程、空调系统形式的确定以及空调冷源的选择,并从系统设置的必要性、系统的划分、风量的计算、设备的选择等方面介绍了该包装楼除尘系统的设计。

关键词 尿素包装 空调 除湿 除尘

Air conditioning and dust removal system design for the urea packaging building in a fertilizer project

By Bao Changwei[★]

Abstract Taking the urea packaging building in the south of China as an example, presents the setting conditions of the air conditioning system, indoor air parameters determination, cooling and heating load calculation, air handling process, system mode determination and cooling source selection. And describes the dust removal system design from the aspects of setting necessity, system division, air volume calculation and equipment selection.

Keywords urea packaging, air conditioning, dehumidification, dust removal

★ Sinopec Ningbo Engineering Company Limited, Ningbo, Zhejiang Province, China

①

0 引言

尿素的吸湿潮解与尿素转运包装过程中产生的粉尘有一定联系。室内空气干燥,尿素不会潮解,但如果没有良好的通风除尘系统,粉尘浓度就会升高;反之室内空气潮湿,粉尘浓度就会降低,但如果没有空调(除湿)设施,尿素就会吸湿潮解,以致影响正常的产品生产和包装。在我国南方高湿地区的化肥厂,尽管包装楼内设有除尘系统,但仍有尿素粉尘飘散于包装厂房内。每到夏季,包装厂房的地面、设备表面就会形成薄薄的尿素潮解液,给工人操作、环境卫生、设备保养都造成很大困难。如果不解决好除湿问题,除尘管道和设备内壁都会因尿素粉尘的潮解而腐蚀和慢慢堵塞,严重时,就会影响正常的生产。

1 尿素包装楼的空调(除湿)设计

九江地区某尿素包装楼建筑面积 3 850 m²,建筑体积 17 350 m³,总高度 29 m,共 7 层。属大面

积、大空间空调(除湿)设计。

1.1 设置空调(除湿)系统的条件

什么样的气象条件下需在尿素包装楼内设置空调(除湿)系统,目前国家并无统一规定。文献[1]建议用“三点数值”作为判断尿素包装楼是否设置空调(除湿)的根据。所谓“三点”即冬季空调设计工况点、最热月平均工况点(历年最热月 14:00)及夏季通风设计工况点,这三点的连线只要有一处和尿素吸湿线相交或接近,都应认为需要作除湿设计。尿素特别是尿素粉尘,在相对湿度较大的环境里容易吸湿潮解。尿素吸湿起始点的相对湿度随

①☆ 暴长玮,男,1964 年 2 月生,大学,高级工程师,专业副总工程师

315103 浙江省宁波市国家高新区院士路 660 号 1305 房间
(0574) 87975043

E-mail: Baochw_nbge@sinopec.com

收稿日期:2009-07-06

修回日期:2010-03-08

温度的升高而稍有降低。当温度为 10℃ 时,相对湿度 $\geq 83\%$, 尿素才会吸湿潮解; 15℃ 时则为 82%; 20℃ 时为 80%; 25℃ 时为 75%; 30℃ 时为 73%; 35℃ 时空气相对湿度达到 70% 就会引起尿素的吸湿潮解。如果以温度为横坐标, 相对湿度为纵坐标, 可以在坐标图上得到一条曲线, 这条线称为尿素吸湿线。图 1 为九江地区各月空气相对湿度线与尿素饱和溶液平衡状态相对湿度线的关系图。

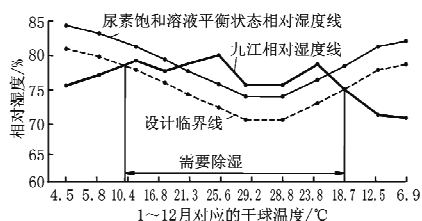


图 1 九江地区各月空气相对湿度线与尿素饱和溶液平衡状态相对湿度线的关系图

从图 1 可以看出, 考虑一定的安全系数后, 该地区一年中大约有 7 个月的时间尿素都可能潮解。因此, 该工程需要设置空调(除湿)装置。

1.2 室内空气参数的确定

从图 1 可以看出, 当室温为 28~30℃ 时只要室内空气相对湿度低于设计临界线最低点 ($\varphi=70\%$), 尿素就不会发生潮解。夏季设定室温一般为 28~30℃, 冬季为 10~15℃。该包装楼主要操作人员基本都集中在 3 层, 因此, 从减少能耗和运行费用等方面考虑, 包装楼 3 层夏季室内温度定为 28℃, 其余各层均为 30℃; 包装楼 3 层冬季室内温度定为 15℃, 其余各层均为 10℃。

1.3 夏季空调冷负荷和冬季供暖热负荷的计算

根据《供暖通风设计手册》^[2] 和《空气调节设计手册》^[3], 经计算得出, 包装厂房夏季总冷负荷为 200 kW, 其中建筑围护结构与照明负荷 144 kW, 设备负荷 48 kW, 人体负荷 8 kW; 冬季热负荷为 256 kW。

1.4 空调夏季、冬季空气处理过程(见图 2)

夏季送风状态点在 S_1 是为了防止送风口处空气相对湿度高而引起尿素粉尘在送风口处潮解, 影响送风效果。

1.5 空调设备选型

根据 $h-d$ 图及空气处理过程, 经计算得出, 总送风量为 90 000 m³/h, 换气次数为 5 h⁻¹, 考虑送风系统 5% 的冷量损失, 空调系统冷负荷为 1 105

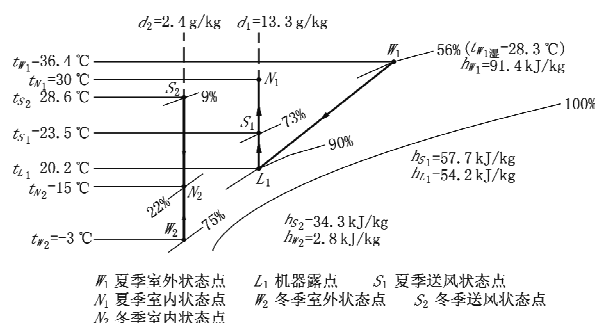


图 2 空气处理过程

kW。设计选用 WZJK-50 型组合式空调机 2 台, 单台制冷量 580 kW, 制热量 255 kW, 风量 46 500 m³/h。共 7 段: 送风段、粗效过滤段、表冷挡水段、中间段、加热段、S 型送风机段、送风段。

1.6 空调系统形式

包装楼内设有 6 条工艺包装生产线, 除尘通风量大约 30 800 m³/h, 再考虑到厂房密闭性较差, 维持正压需要相当大的空气量。若设计成一次回风系统, 回风比例也不可能太大, 加上尿素气味很大, 且尿素粉尘受潮有腐蚀性, 不但会增加空气过滤器的负担, 也会加大空气调节设备腐蚀的可能性, 并且空气品质会变差, 对包装工作人员身体健康有害。因此, 空调系统采用直流风系统。考虑包装过程散发粉尘, 所以送风口设在厂房各层的上部, 以避免粉尘的二次污染。

1.7 空调冷源

考虑到化肥厂在夏季有余热可以利用, 设计采用蒸汽型双效溴化锂吸收式制冷机组, 以减少电能的消耗。根据计算的空调冷负荷 1 105 kW, 考虑制冷系统 10% 的冷量损失, 得冷负荷为 1 210 kW。采用 SCC-22 型双效溴化锂制冷机 2 台, 单台制冷机铭牌制冷能力为 702 kW (200 rt)。冷水供回水温度 7℃/12℃。该化肥厂冷却水供水温度 33℃, 查样本可知, 当冷却水温度为 33℃ 时, 制冷能力为 88%, 算得单台制冷机实际制冷量为 618 kW, 2 台为 1 236 kW, 可以满足包装楼的冷负荷要求。

2 尿素包装楼的除尘设计

2.1 除尘系统设置的必要性

尿素在运转、计量、包装过程中会产生大量粉尘, 若处理不好, 包装岗位的粉尘浓度就会大大超过国家标准, 严重影响操作工人的身体健康, 影响

正常的安全生产。因此,需设计除尘系统,在包装口、自动秤、贮料仓、皮带转运落料点等一切散发粉尘的地方,都应设计抽风除尘点。

2.2 除尘系统的划分

为了保证除尘效果,运行管理方便,根据每一除尘系统所带除尘点不宜过多的原则,把整个包装楼的除尘系统划分为 4 个。即每两条工艺包装线需要除尘的点为一个除尘系统,6 条工艺包装生产线共 3 个除尘系统(P-1,P-2,P-3),除尘器室设置在 11 m 标高平面,见图 3。把转运站至 7 层皮带落料处、6 层上部落到下部双向皮带上的两处落料点等各包装线的公用部分考虑为一个除尘系统(P-4),除尘器室设置在 24 m 标高平面,见图 4。P-1,P-2,P-3 系统图见图 5。P-4 系统图见图 6。

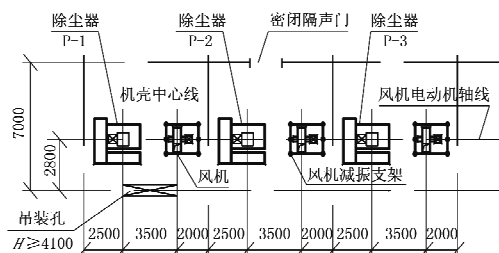


图 3 11 m 标高除尘器室平面布置

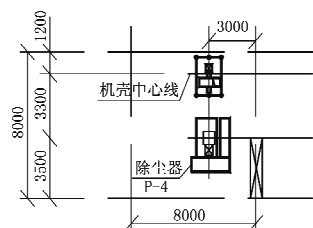


图 4 24 m 标高除尘器室平面布置

2.3 P-1,P-2,P-3 除尘系统风量的确定

P-1,P-2,P-3 三个系统完全相同,只需计算出一个系统的风量即可。

1) 每条生产线有 1 个包装机排尘口,设计风量为 $400 \text{ m}^3/(\text{个} \cdot \text{h})$,管径 $\text{DN}100$ mm,管中气体流速 14.2 m/s ,各系统均负担两条生产线,故每一系统包装机排尘口总风量为 $800 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

2) 每条生产线有 2 个自动秤排尘口,设计风量为 $400 \text{ m}^3/(\text{个} \cdot \text{h})$,管径 $\text{DN}100$ mm,管中气体流速 14.2 m/s ,各系统均负担两条生产线,故每一系统自动秤排尘口总风量为 $1600 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

3) 每条生产线有 1 个贮料仓排尘口,根据《供

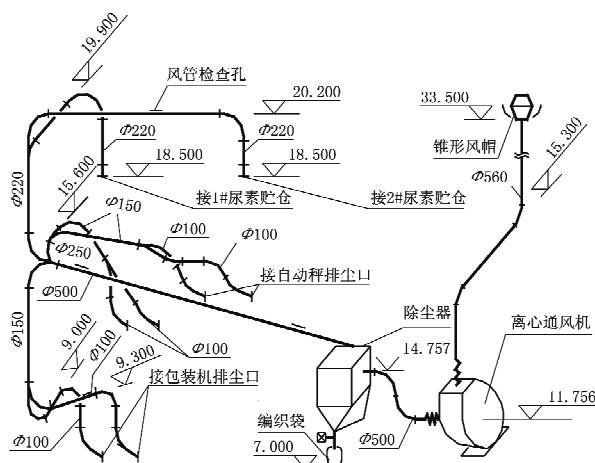


图 5 P-1,P-2,P-3 除尘系统

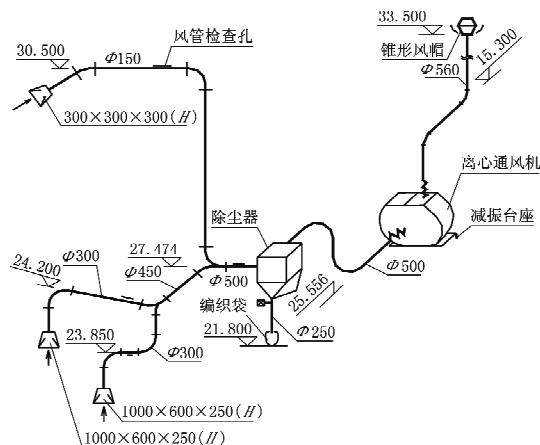


图 6 P-4 除尘系统

暖通设计手册》,设计风量为 $2000 \text{ m}^3/(\text{个} \cdot \text{h})$,管径 $\text{DN}220$ mm,管中气体流速 14.6 m/s ,各系统均负担两条生产线,故每一系统贮料仓排尘口总风量为 $4000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

4) 各除尘系统考虑 10% 的漏风量,总风量 $L = 1.1 \times (800 \text{ m}^3/\text{h} + 1600 \text{ m}^3/\text{h} + 4000 \text{ m}^3/\text{h}) = 7040 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

2.4 P-4 系统风量计算

1) 7 层由转运站来的皮带机落料处,吸尘罩尺寸为 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$,根据《供暖通风设计手册》,设计风量定为 $800 \text{ m}^3/\text{h}$,管径 $\text{DN}150$ mm,管中气体流速 12.6 m/s 。

2) 6 层由上部落到下部双向转运皮带上的落料点有 2 个,每个吸尘罩尺寸为 $1000 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$,根据《供暖通风设计手册》,每个点设计风量为 $4000 \text{ m}^3/\text{h}$,管径 $\text{DN}300$ mm,管中气体流速 15.7 m/s 。总风量为 $8000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。除尘系统

考虑 10% 的漏风量, P-4 系统总除尘风量 $L' = 1.1 \times (800 \text{ m}^3/\text{h} + 8000 \text{ m}^3/\text{h}) = 9680 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

2.5 P-1, P-2, P-3, P-4 系统除尘设备的选择

选用 4 台同型号的中心喷吹脉冲圆袋式除尘器, 每台过滤面积为 39.6 m^2 , 滤袋数量为 35 支, 滤袋规格为 $\phi 160 \times 2250 \text{ mm}$, 喷吹压力为 $0.35 \sim 0.5 \text{ MPa}$, 压缩空气耗量为 $0.35 \text{ m}^3/\text{min}$, 过滤风速为 $3.4 \sim 3.5 \text{ m}/\text{min}$, 处理风量为 $8000 \sim 13000 \text{ m}^3/\text{h}$, 入口含尘浓度 $< 15 \text{ g}/\text{m}^3$, 含尘气体允许温度 $< 130^\circ\text{C}$, 除尘效率 $> 99.5\%$, 漏风率 $< 10\%$ 。配 AL 控置仪 1 台, 脉冲阀 5 个, 电磁阀 5 个, 脉冲宽度 $0.1 \sim 0.15 \text{ s}$, 脉冲周期 60 s (排放浓度 $0.068 \text{ g}/\text{m}^3$)。

采用此种除尘设备周期性地向滤袋内喷吹压缩空气, 压缩空气在极短的时间内 ($0.1 \sim 0.15 \text{ s}$, 由 AL 控制仪自动控制) 高速喷入滤袋, 同时诱导数倍于喷射气量的空气形成空气波, 使滤袋袋口至底部产生急剧的膨胀和冲击振动, 起到很强的清除积尘的作用。收集到的尿素粉尘由星形下料器自动送到下部的集尘袋中回收利用, 减轻工人的劳动强度, 同时避免由于人工在集尘斗中清尘所造成的二次污染。除尘后的净化空气由风管高空排放。

3 结论

3.1 在我国南方高湿地区, 最热月月平均温度、湿度超过尿素吸湿线时, 只要条件允许, 大型尿素厂房包装楼最好设计空调(除湿)装置。

3.2 包装楼应尽可能密闭以减小冷负荷, 室内夏季设计温度宜采用 $28^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, 相对湿度 $60\% \pm 10\%$, 以减少能耗。

3.3 空气处理过程考虑了再加热, 主要是因为空气经表冷器冷却后, 机器露点 L_1 温度为 20.2°C , 相对湿度为 90% , 若直接送入包装楼内, 附着在送

风口周围及送风百叶上的尿素粉尘会潮解, 日积月累, 势必影响送风效果。所以夏季将空气由露点 L_1 加热至送风状态点 S_1 , 送入室内。采用上述方法, 缺点是送风量大且浪费能量。在以后的设计中, 可采用以下两种方式来解决加热问题。

1) 设内部诱导式送风口, 使处理过的空气与室内空气混合至送风状态点, 送入室内。这样既可减少送风量, 又可节省热量。

2) 非露点控制, 即利用自动控制手段, 将空气直接处理至送风状态点送入室内。也可节省再热量。

3.4 在整栋包装楼已设计全空调(除湿)系统的情况下, 没有必要在除尘器入口风管上设加热装置。

1) 因为整个包装楼(包括除尘器室)都设有空调, 室内的空气相对湿度已经控制在 70% 以下, 只要空调系统正常运行, 就可避免尿素发生潮解。

2) 在北方地区的化肥厂或南方地区的小化肥厂, 包装楼没有设计空调(除湿)系统的情况下, 应该在除尘器的入口风管上设计热风加热或电加热系统, 以防止在连续阴雨天或室内空气相对湿度大于尿素潮解相对湿度时, 尿素发生潮解, 影响正常的包装生产。除尘器宜选用脉冲布袋除尘器。

3.5 应尽可能利用化工厂的余热制冷, 以节约一次能源。

参考文献:

- [1] 赵荣辉. 大型尿素散装仓库空气除湿探讨[J]. 石油化工设计, 1992(2)
- [2] 陆耀庆. 供暖通风设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987
- [3] 电子工业部第十设计研究院. 空气调节设计手册[M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995
- [4] Simon X, Chazelet S, Thomas D. Experimental study of pulse-jet cleaning of bag filters supported by rigid rings[J]. Power Technology, 2007, 172(2): 67-81
- [5] Pulley R A. Modelling the performance of venturi scrubbers[J]. Chemical Engineering Journal, 1997, 67(1): 9-18
- [6] Morris K, Cursley C J, Allen R W K. The role of venturis in pulse-jet filters [J]. Filtration and Separation, 1991, 28(1): 33-36
- [7] Morris W J. Cleaning mechanisms in pulse jet fabric filters[J]. Filtration and Separation, 1984, 21(1): 50-54
- [8] Theodore I, Reynolds J, Corvini A, et al. Particulate control by pulsed-air baghouse filtration: describing equations and solutions [C]//Proceedings of 2nd Speciality on the User and Fabric Filtration Equipment. Buffalo, 1975
- [9] Humphries W, Madden J. Fabric filtration for coal-fired boilers dust dislodgement in pulse jet filters[J]. Filtration and Separation, 1983, 20(2): 40-44
- [10] 杨迪, 陈海焱, 李怀玉. 喷吹压力和脉冲宽度对脉冲喷吹滤筒除尘器清灰效果的影响[J]. 安全与环境学报, 2008, 8(5): 37-39
- [11] 杨迪, 陈海焱. 脉冲喷吹滤筒除尘器清灰效果实验研究[J]. 暖通空调, 2008, 38(4): 112-115

(上接第 126 页)

参考文献:

- [1] Simon X, Chazelet S, Thomas D. Experimental study of pulse-jet cleaning of bag filters supported by rigid rings[J]. Power Technology, 2007, 172(2): 67-81
- [2] Pulley R A. Modelling the performance of venturi scrubbers[J]. Chemical Engineering Journal, 1997, 67(1): 9-18
- [3] Morris K, Cursley C J, Allen R W K. The role of venturis in pulse-jet filters [J]. Filtration and Separation, 1991, 28(1): 33-36
- [4] Morris W J. Cleaning mechanisms in pulse jet fabric filters[J]. Filtration and Separation, 1984, 21(1):