

工业建筑

栏 首 语

在我国经济快速增长和城市化进程快速推进的形势下,产生了能耗需求加剧、能源与资源浪费、污染物排放量增大、生态环境恶化等问题。近几年,国家出台了一系列法规和方针政策,如《国务院关于加强节能工作的决定》、《节能减排综合性工作方案》,国家发改委、科技部制定的《中国节能技术政策大纲》,全国人大于 2007 年 10 月修订通过的《中华人民共和国节约能源法》等。2009 年 8 月又发布了《全国人民代表大会常务委员会关于积极应对气候变化的决议》。这些法律政策文件对工业企业的节能减排提出了明确的要求和措施。全国工业企业在“建设资源节约型和环境友好型社会”和“可持续发展”的方针指引下,大力开展了企业节能减排工作。但目前针对工业建筑的设计、建造情况还缺乏及时、全面的管理与统计;同时对工业建筑在建造水平、标准以及能耗等方面还缺乏细致科学的基础性分析和要求;对工业建筑性能的测试与评价工作尚未进行。所以工业建筑领域在节能、节地、节水、节材和环境保护方面有大量工作亟需开展。

暖通空调制冷专业的设计、运行对工业建筑的能耗和大气污染的防治具有重要作用。据全国建筑业统计,1996—2006 年全国城镇建筑竣工面积为 116 亿 m^2 ,其中厂房 17 亿 m^2 ,占 14.7%;住宅 66.4 亿 m^2 ,占 57.2%;办公建筑 10.3 亿 m^2 ,占 8.9%。到 2006 年全国工业建筑的实有面积尚未见公布。而据村镇建设统计公报,到 2005 年末全国村镇实有房屋建筑面积为 309.5 亿 m^2 ,其中住宅 257.6 亿 m^2 ,占 83.2%,生产性建筑 26.1 亿 m^2 ,占 8.5%。所以全国城市和村镇实有的工业厂房面积可达 50 亿 m^2 以上。这些统计资料表明,我国工业建筑的总面积是很大的,其能耗不容忽视。

全国工业企业的能源消耗量占全国能源消耗量的 70%,而工业建筑能耗是为保证正常生产、科研、室内外环境与治理污染等所需的各种能源耗量,占工业企业总能耗的比例较大,特别是恒温恒湿厂房、洁净厂房、精密厂房、高大厂房等。以卷烟厂为例,据调查所得的全厂实际能耗数据的分析,工业建筑能耗占全厂总能耗的 35%~50%。机械和纺织工业中有温湿度要求的厂房,仅空调能耗即可达 200~400 W/m^2 ,并且一般是全年运行,所以比公共建筑的空调能耗大。

在建材、冶金等污染严重的工厂,其环境治理的能耗也很大,否则室内外环境参数就达不到要求。据统计,2007 年全国工业企业 SO_2 排放量为 2 140 万 t,占全国 SO_2 排放总量的 86.7%;工业企业烟尘排放量为 771.1 万 t,占全国烟尘排放总量的 78.2%;工业粉尘排放量为 698.7 万 t;工业固体废物排放量为 1 196.7 万 t。按照《节能减排综合性工作方案》规定的在“十一五”期间主要污染物排放总量减少 10%的约束性指标,暖通空调制冷专业在规划、设计、施工、材料和设备选用、运行管理等各个环节都需要切实采取积极有效的措施。

《暖通空调》杂志开辟的工业建筑专栏,就是为了加强这一领域暖通空调制冷专业的经验交流,以较大信息量和相对密集报道的方式为读者提供参考,以期共同为工业建筑的节能减排、建设低碳型工业企业和加强应对气候变化能力的建设作出新贡献。希望广大读者予以关注,并随时向我们反馈评论和建议。

(张家平)

纸机工艺通风设计浅析

中国中轻国际工程有限公司 张小云[☆] 夏欣

摘要 指出了通风在纸机工艺运行中的重要性。根据纸机工艺运行的特点和要求,结合工程实例比较深入地介绍了纸机工艺通风系统的设计,同时对系统运行的稳定性及节能提出了一些意见。

关键词 网部通风 烘干部通风 热回收 控制 节能

Analysis of ventilation design of paper machine process

By Zhang Xiaoyun[★] and Xia Xin

Abstract Points out the importance of ventilation for paper machine process. According to the operating characteristics and requirements of paper machines, combining with a project example, presents deeply the ventilation design of paper machine process. Puts forward some suggestions for system function stabilization and energy saving.

Keywords wire section ventilation, dryer section ventilation, heat recovery, control, energy saving

★ China BCEL International Engineering Co., Ltd., Beijing, China

①

0 引言

随着我国经济的发展、城市化进程的加快、出口贸易的强劲回升、人们生活水平的提高和消费结构的升级,新闻纸、生活用纸、包装纸等纸品的需求量将继续快速增长。未来十几年,我国造纸工业仍将处于发展中的调整生长时期。纸业有着巨大的市场发展空间。造纸工业的发展对造纸工艺技术水平提出了更高的要求。

造纸工艺生产过程中网部和烘干部会产生大量的水蒸气,为了满足工艺的稳定运行要求,需通过通风的方式排除这些高温高湿气体。网部通风系统和烘干部通风系统的性能好坏严重影响纸机运行效率、生产能耗及产品质量。随着纸机规模的不断扩大,纸机车速的不断提高,网部和烘干部密闭气罩内的气流形式越来越复杂,流入空气的处理难度也越来越大。尤其是烘干部密闭气罩的通风效果直接影响纸机的正常运行。因此,纸机工艺通风系统的设计对纸机的正常稳定运行及设备的运行能耗有重要影响。笔者将结合工程实例比较深入地介绍纸机工艺通风系统的设计,同时对系统稳定运行及节能提出一些建议。

1 纸机工艺通风设计

1.1 纸机的基本参数

纸种:特种纸;定量:45 g/m²;卷纸宽度:4 960 mm;工作车速:900 m/min;设计车速:900 m/min;纸机轨距:6 400 mm;各部分的干度:压榨后 42%,出烘干部 92%;烘缸直径:Φ1 830 mm;烘干部烘缸个数:21 个;热源:蒸汽,压力为 0.4 MPa。

1.2 室外气象参数

夏季通风室外计算温度 33 ℃,室外计算相对湿度 80%;冬季通风室外计算温度 4 ℃,室外计算相对湿度 77%。

1.3 纸机工艺通风系统概述

纸机通风系统主要分三部分:网部排风系统、烘干部送排风系统和各种浆池排风系统。纸机通风系统流程见图 1,2。

1.3.1 网部排风系统

网部排风系统分为网部水雾排汽系统、网部真空脱水系统和高压喷淋真空脱水系统。

①☆ 张小云,男,1978 年 9 月生,硕士,工程师
100026 北京市朝阳区白家庄东里 42 号
(010) 65826028
E-mail: missrainbowzxy@163.com
收稿日期:2009-04-10
修回日期:2010-03-08

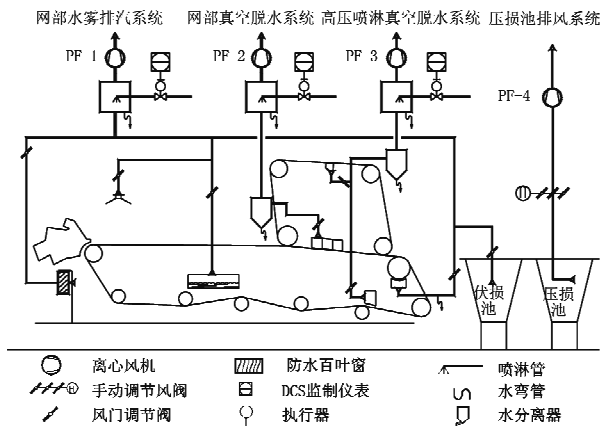


图1 纸机网部通风流程

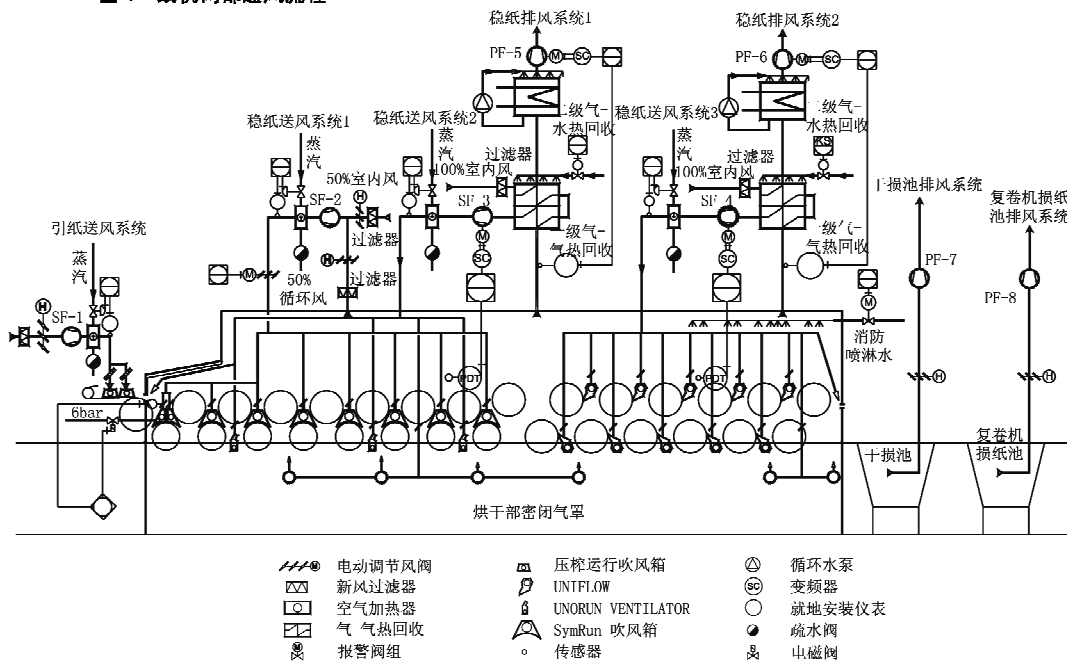


图2 纸机烘干部密闭气罩通风流程

热器加热到所需温度,通过风管送入引纸吹风管和纸幅出口吹风管。

2) 稳纸送风系统

稳纸送风系统1(见图2)送风箱的送风量50%取自密闭气罩排风,50%取自车间内的空气;稳纸送风系统2,3送风箱的送风量均取自车间内的空气。稳纸吹风箱的吹风方向与干毯和烘缸的运行方向相反,排除了界面层空气,产生负压作用,促使纸幅紧贴在干网上,从而使纸幅平稳运行。

1.3.3 烘干部排风系统

烘干部排风系统用于排除纸幅烘干过程中产生的水汽,水汽通过密闭气罩顶部的汇风道集结,由密闭气罩顶部的排风口排出烘干部,排风经过热回收系统后,通过风机排出室外。烘干部不同部位

纸机运行时,网部会产生大量水雾,这些水雾散发到厂房内会恶化车间环境,导致屋面结露滴水,影响纸机的正常生产。本系统拟在流浆箱、白水盘、真空吸水箱、真空网清洗器、水雾收集器、伏辊坑等处设置收集点,由离心风机排走网部水雾。

1.3.2 烘干部送风系统

烘干部送风系统分为引纸送风系统和稳纸送风系统。

1) 引纸送风系统

引纸送风系统的新风采自车间内,经粗效过滤器过滤后,再由热回收装置预热,然后通过蒸汽加

的排风量,由密闭气罩内汇风道上的风阀进行调节。

1.3.4 伏损池、压损池、干损池、复卷机损纸池排风系统

伏损池、压损池、干损池、复卷机损纸池内的湿空气分别由立式轴流通风机排出室外,浆池内设挡纸隔板。

1.4 纸机工艺热回收系统

密闭气罩的排风温度一般在82℃左右,含湿量在0.14 kg/kg左右,排风比焓约为455 kJ/kg。该纸机年产量为10万t,密闭气罩的排风量约为 1.6×10^5 kg/h,每h排风中的热焓约为 7.28×10^7 kJ,相当于32.8 t蒸汽的潜热放热量,热焓值是相当可观的。由于密闭气罩的使用,排风温度和含湿

量均较高,为排风的热回收创造了条件。该纸机热回收系统对排风进行一、二级热回收。

1.4.1 一级气-气热回收

用排风来预热气罩内的送风,这种热回收的利用价值很高,一年四季都能回收热量,是密闭气罩排风必须设置的。设置这样一套热回收装置,其投资回收期不到 1 a。一级气-气热回收装置采用管式换热器,由于是气-气换热,换热系数小,回收热量比较有限,热量只占排风热焓的 4.5% 左右。经过一级热回收后,气罩送风温度可达到 55℃ 左右,气罩排风温度在 58.5℃ 左右,排风热焓仍然很高。

1.4.2 二级气-水热回收

二级热回收装置一般是用排风来加热工艺用水。工艺清洗毛毯要用大量的热水,如果用蒸汽来加热清水则要消耗大量的蒸汽,完全可以利用排风来加热这部分工艺水。二级热回收是气-水热回收,采用不锈钢换热管,气-水换热系数较大,回收热量较多,且是全年运行,二级热回收装置的投资回收期一般在半年左右。经过二级热回收装置后,工艺水温可达 45℃ 左右,排风温度约为 50℃,回收的热量约占排风总热焓的 6.4%。经过二次热回收后,排风的热焓仍然较大,但由于温度低,回收的价值已不大,一般经过挡水板后直接排至室外。

1.5 纸机工艺通风控制系统

为了有效调节和控制密闭气罩内的气流和压力,控制排风温度和相对湿度,更好地满足在不同季节和不同工作状况下通风系统的要求和节能,纸机通风系统设置自动调节控制系统,并入集散型控制系统 DCS(distributed control system),方便操作和管理。

1.5.1 气罩排风控制系统

在气罩内或排风管内设置温湿度传感器,由温湿度变送器将传感器的信号传入 DCS,DCS 控制变频调速电动机的转速,以调节排风量,从而达到稳定排风温度和相对湿度的要求。

1.5.2 气罩“零位”控制系统

压差传感器安装在传动侧气罩壁板上,安装高度离地面 2 000~2 500 mm,测量管与气罩内相通,测出气罩内外压差,压差传感器 PDT(pressure difference transducer) 的值作为零位压差送入 DCS 显示,经 PID 调节后其输出量转换为百分比量,输送给变频器调节变频电动机的转速,调节风

量。

1) 当 PDT 的值小于设定值(一般设为 0~5 Pa)时,需通过增大变频电动机的转速来增大送风量,将罩内气压上调。

2) 当 PDT 的值大于设定值时,需通过减小变频电动机的转速来减少送风量,将罩内气压下调。

1.5.3 气罩送风控制系统

气罩送风控制系统主要是通过通过在密闭气罩内设置温湿度传感器,由温湿度变送器将传感器的信号传入 DCS,DCS 通过改变变频风机的转速调节送风量。送风温度可通过热回收装置和气动蒸汽阀进行自动调节。

1.5.4 定时喷淋清洗系统控制

热回收装置喷淋清洗由 DCS 控制自动开关阀,每 4 h 喷淋清洗 2 min。网部装置喷淋清洗由 DCS 控制自动开关阀,每 2 h 喷淋清洗 2 min。

1.5.5 气罩提升门控制系统

气罩提升门控制和断纸信号联锁,发生断纸时则由 DCS 来控制电动提升门自动提升,气罩提升门还可通过手动控制柜上的手动按钮来开闭。

1.6 纸机工艺通风设计计算参数

通风设计理论计算产量 12 052.8 kg/h(按定量 45 g/m²,车速 900 m/min,纸幅宽 4 960 mm 计算);烘干部纸幅蒸发水量 14 349 kg/h,排气量 155 790 kg/h,排气温度 82℃,含湿量 0.14 kg/kg,露点温度 58.5℃;纸机烘干部密闭气罩总送风量 109 060 kg/h。

1) 稳纸送风系统 1 的新风量为 15 630 kg/h,与 50% 气罩排风混合后经空气加热器加热到 95℃,加热温差 44℃(由 51℃ 加热到 95℃),加热量 210 kW,耗费蒸汽 363 kg/h。

2) 稳纸送风系统 2,3 的送风量及气罩总补风量为 93 430 kg/h,送风温度 95℃,含湿量 0.035 kg/kg,送风取自室内,经两级加热。先由一级气-气热回收装置预热,预热温差 35℃(由 20℃ 加热到 55℃),总换热量 916 kW;再由蒸汽加热器加热至所需温度,再加热温差 40℃(由 55℃ 加热到 95℃),总加热量 1 300 kW,耗费蒸汽总量 2 236 kg/h。

1.7 纸机工艺通风设备选型

根据纸机工艺的要求,网部和烘干部的送、排风机选型见表 1。

表 1 纸机工艺通风设备

设备编号	设备参数		备注
	风量/(kg/h)	风压/Pa	
PF-1	44 770	1 800	网部水雾排气系统, 包括伏损池排风
PF-2	8 640	7 000	网部真空脱水系统
PF-3	29 847	5 000	高压喷淋真空脱水系统
PF-4	16 363	1 700	压损池排风系统
SF-1	13 667	3 600	引纸送风系统
SF-2	29 381	3 422	稳纸送风系统 1
SF-3	46 715	3 800	稳纸送风系统 2
SF-4	29 381	3 422	稳纸送风系统 3
PF-5	77 895	1 800	稳纸排风系统 1
PF-6	77 895	1 800	稳纸排风系统 2
PF-7	16 363	1 700	干损池排风系统
PF-8	9 818	1 500	复卷机损纸池排风系统

密闭气罩排风设置 2 套热回收装置, 每套分别设置一级气-气热回收和二级气-水热回收, 见表 2。

表 2 纸机工艺通风热回收设备

一级气-气热回收	二级气-水热回收
气罩送风风量: 46 715 kg/h, 进出风温度: 20 °C/55 °C; 气罩排风风量: 77 895 kg/h, 进出风温度: 82 °C/60 °C; 换热量: 458 kW	水量(工艺水): 27 000 kg/h, 进出水温度: 20 °C/45 °C; 风量(气罩排风): 77 895 kg/h, 进出风温度: 60 °C/50 °C; 换热量: 784 kW

密闭气罩排风设置 4 套蒸汽加热装置, 见表 3。

表 3 纸机工艺通风蒸汽加热装置

	1#蒸汽 加热器	2#蒸汽 加热器	3#蒸汽 加热器	4#蒸汽 加热器
风量(气罩送风)/ (kg/h)	13 667	29 381	46 715	46 715
进出风温度/°C	20/70	51/95	55/95	55/95
蒸汽压力/MPa	0.4	0.4	0.4	0.4
蒸汽量/(kg/h)	363	686	1 118	1 118
换热量/kW	210	398	650	650

纸机通风系统水、电、汽消耗量见表 4。

表 4 纸机通风系统水、电、汽消耗量

	规格	数量
清水(喷淋)	0.3 MPa	20 680 kg/d
电力装机容量	380 V, 50 Hz	500.5 kW
饱和蒸汽	0.4 MPa	3 285 kg/h

2 纸机工艺通风的设计要点

根据工艺的要求, 为了达到气罩内部的干球温度(95 °C左右)和露点温度(58 °C左右)及保证高温高湿气体不结露滴水, 除了设计和优化密闭气罩的结构设计外, 密闭气罩的通风系统设计也尤为重要。密闭气罩通风设计应注意如下要点。

2.1 设计合理的干燥曲线, 稳定气罩“零位”, 严格

控制露点

在纸机烘干部的不同位置, 纸幅的干燥速率不同。由在烘干部不同位置的干燥速率连成的曲线形成干燥曲线, 如图 3 所示。设计中选择合理的干燥曲线, 可以提高纸机运行效率和产品质量。纸机工艺通风系统应根据干燥曲线的变化调节不同位置的通风量, 以满足纸幅的运行稳定和干燥要求。

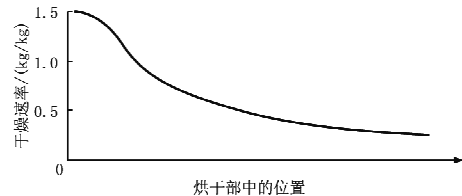


图 3 烘干部中纸幅的干燥曲线

气罩“零位”是指在这一位置上, 气罩内外压差为零。“零位”以下, 密闭气罩内的高温高湿气体流向罩外, 污染车间的工作环境; “零位”以上, 车间内湿度相对较低的气体会进入气罩内, 在进入气罩口处的气罩表面结露滴水。“零位”的高低取决于密闭气罩内送风量和排风量的分布和大小。稳定气罩“零位”是通过设置在罩体上的“零位”检测装置通过变频风机控制送风量和排风量来实现的。通常, 气罩“零位”一般稳定在 2 层楼面以上约 2.5 m 处, 有利于提升门的开启, 同时需要保证提升门和密闭气罩良好的密闭性。

密闭气罩排风系统的露点控制是为了保证纸幅的正常运转, 同时杜绝在气罩顶板产生结露滴水。露点控制主要是通过密闭气罩内或排风管内设置温湿度传感器, 由温湿度变送器将传感器的信号传输给控制器, 控制器通过改变变频风机的转速调节排风量。排风量的可调余量一般设计为总排风量的 15%~20%, 排风温度为 82 °C, 露点温度为 58.5 °C。

密闭气罩的送风系统主要由引纸送风系统和稳纸送风系统组成。引纸送风系统的新风来自车间, 先经粗效过滤器、风阀, 再经蒸汽加热器加热到所需温度后送入引纸吹风箱。每个引纸吹风箱的风量可通过风阀进行调节, 送风温度可通过气动蒸汽阀进行自动调节。稳纸送风系统主要是通过密闭气罩内设置温湿度传感器, 由温湿度变送器将传感器的信号传输给控制器, 控制器通过改变变频风机的转速调节送风量。每个稳纸吹风箱的风量

可通过风阀进行调节,送风温度可通过热回收装置和气动蒸汽阀进行自动调节。

2.2 注意减少纸幅进出气罩口结露滴水

为解决纸幅进出气罩口结露滴水的问题,设置各种高效率的吹风箱安装在纸幅上部,形成风幕阻挡纸幅上部气罩内外空气对流,在下部安装活动提升门,既方便引纸又阻挡纸幅下部气罩内外空气对流。在设计时还应考虑随着季节变换和气温的变化,适当调节吹风箱的送风温度、风量和风压,将纸幅进出气罩口的结露滴水问题降低到最小。

2.3 设计合理可行的气罩内部照明、消防等设施

密闭气罩内应具备完整的低压照明系统和自动喷淋灭火系统,以满足消防和照明要求。

气罩内照明系统采用防雾防爆低压照明灯和耐温电缆。

气罩内消防系统一般是蒸汽消防系统。密闭气罩顶部设有多个温度传感器,将温度信号通过变送器接入 DCS,由 DCS 控制送、排风系统。当排气温度过高时,安装在排风管道上的火灾探测器向控制柜发出报警信号,此时,送、排风机停止运行,提升门关闭,气动蝶阀启动,消防蒸汽向密闭气罩喷射,以隔离空气,从而达到消防的目的。

3 结语

良好的纸机通风系统能改善生产环境,降低生产能耗,提高纸机效率和产品质量。目前造纸工业

的发展对造纸工艺技术水平提出了更高的要求。纸机工艺通风设计人员设计时,应充分应用新技术、新材料,优化通风设计,使纸机工艺通风系统更加合理,以满足高效率、高车速的纸机运行稳定的需要。

参考文献:

- [1] 中国有色工程设计研究总院. GB 50019—2003 采暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2004
- [2] 轻工业部设计院,轻工业部上海轻工业设计院. QBJ 101—88 制浆造纸厂设计规范[S]. 北京:中国轻工业出版社,1989
- [3] 中国建筑科学研究院,中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2005
- [4] 沈阳市城乡建设委员会. GB 50242—2002 建筑给水排水与采暖工程施工质量验收规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002
- [5] 上海市安装工程有限公司. GB 50243—2002 通风与空调工程施工质量验收规范[S]. 北京:中国计划出版社,2002
- [6] 中国航空工业规划设计研究院. 91SB6 通风与空调工程[S]. 北京:北京纪元彩艺印刷有限公司,2005
- [7] 公安部天津消防研究所. GB 50016—2006 建筑设计防火规范[S]. 北京:中国计划出版社,2006
- [8] 化工部施工标准化管理中心站. GB 50235—97 工业金属管道工程施工及验收规范[S]. 北京:中国计划出版社,2002

(上接第 10 页)

3.2 在数控机床封闭状况确定之后,对其产生的金属加工液气雾只能进行周围或集中捕获的情况下,如果进一步增加循环处理机组的通风量,提高新风在总送风量中的比例,并且适当缩短自循环空气电子净化机与污染源发生位置之间的距离,增加其通风量,还是能进一步降低气雾浓度的。

3.3 分层空调运行时,上部非空调区域排气量的增加与下部空调区域的金属加工液浓度相关性不大。在厂房内工艺不要求温度或室外温度允许的情况下,为了节约运行费用,可以只开启屋顶排风机,同样可以在厂房内形成一个较低的气雾浓度环境。本次设计中上部非空调区域换气次数为 2.9 h^{-1} ,并对屋面排风系统设置了台数控制。

3.4 由于目前国内缺少相关金属加工液气雾浓度的

室内标准,其对人体的伤害可供参考的研究也不是很多。希望待厂房投入使用后,可以积累更多的数据,并能够对以后高大空间污染物的控制提供借鉴。

参考文献:

- [1] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1993
- [2] 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所. GBZ 2.1—2007 工作场所有害因素职业接触限值 化学有害因素[S]. 北京:人民卫生出版社,2007
- [3] 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所. GB/T 18883—2002 室内空气质量标准[S]. 北京:中国标准出版社,2003
- [4] National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). What you need to know about occupational exposure to metal working fluids[EB/OL]. [2009]. <http://www.cdc.gov/niosh/98-116.html>