

钢铁厂通风和采暖手册

[苏] И.М.哈列茨基 著

何秉清 王新运 译

冶金工业出版社

钢铁厂通风和采暖手册

[苏] И.М.哈列茨基 著

何秉清 王新运 译



冶金工业出版社

内 容 提 要

本书译自И.М.哈列茨基著《Вентиляция и отопление заводов черной металлургии》(Справочник)一书, 1981年版。

本手册叙述了钢铁厂各冶炼加工车间和厂房通风采暖系统的设计、调整和组织全厂性服务必不可少的最新资料, 并配有插图说明、设计方案和计算实例。

本书适用于从事通风采暖系统的设计、调整 and 操作的工程技术人员。同时, 可供工业劳动部门、环境保护部门和工业动力工程的技术人员使用。

钢铁厂通风和采暖手册

〔苏〕И.М.哈列茨基 著

何秉清 王新运 译

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张7 3/8 字数193千字

1986年5月第一版 1986年5月第一次印刷

印数00,001~4,500册

统一书号: 15062·4321 定价1.85元

前 言

工业建筑采暖通风的主要任务是建立良好的劳动条件和保护工人们身体健康。成功地完成这项任务，在于正确地作出采暖通风系统的设计方案和有效地对系统进行操作。

本手册总结了钢铁厂各主要车间采暖通风系统的设计经验，载有各种系统的设计和操作的必要参考资料。定额标准资料以简略的形式列在有关的章节中。本手册着重介绍钢铁生产工艺过程所排放的热量、烟气、水分和粉尘等有害物质及其测定方法。

参考资料的编排次序是按正常的设计组织程序考虑的，首先是一般的叙述，阐述一般的原则性计算方法，然后随着任务的细分，逐渐对系统的装置、部件和零件的计算与设计给予必要的说明。

由于各采暖通风系统所采用的设备都在不断地完善，其性能随之发生变化，所以各种手册中的设备说明均已失去其实际价值。出于这种考虑，作者认为可以只限于一般地介绍工业制造的设备、设备的使用范围以及设备的选择和计算方法等。

本手册以专门的章节分别介绍车间采暖通风系统，车间里工作人员使用的其它卫生设备，以及保障工艺设备正常操作的专用通风设备和其它设施的调整和操作的服务组织问题。在这些章节中作者提出了不同规模的钢铁企业通风服务机构的建议，还对设备的核算，检修及随后的调整和系统的调节等进行了一系列必要的说明。

钢铁企业一般缺乏采暖通风设备的系统常规操作经验，因而利用本参考资料能较正确地组织服务，并使所操作的系统达到良好的运转效果。

本手册吸收了国立冶金工厂设计院以及其它从事钢铁厂主要车间卫生技术和工艺用的采暖通风系统设计和调整的设计与科研单位的经验。

目 录

前言	V
第一章 基本原理	1
1. 空气的基本物理和化学特性	1
2. 主要冶金车间通风和采暖的一般要求和技术方向	5
3. 主要车间采暖通风系统的能量消耗	7
4. 采暖耗热量	9
5. 通风耗热量	9
6. 采暖和通风的年耗热量	10
7. 通风系统各类构筑物的费用指标	11
第二章 厂房采暖	14
1. 厂房的热损失	14
2. 渗透风	16
3. 厂房热风采暖系统参数的选择	22
4. 红外线辐射器采暖	26
5. 压力	31
6. 采暖和通风系统的水力稳定性	33
7. 管网的水力计算和制度	35
8. 热力管网的构件	40
9. 一般性规定	43
10. 空气幕	44
11. 管道保温	49
12. 空气加热器防冻	52
第三章 全面换气通风	55
1. 炼铁车间	56
2. 平炉车间	57
3. 转炉车间	59
4. 电炉炼钢车间	59
5. 连铸间	60

6. 热轧车间	61
7. 换气量的计算	61
8. 自然通风计算	64
9. 单个热源和烟气污染源的自然通风计算	65
10. 自然通风装置	69
11. 全面换气的机械通风	70
第四章 局部机械通风	74
1. 局部机械通风的计算原理	74
2. 吹吸式槽边抽气装置	75
3. 局部送风	79
4. 通风管道	86
5. 圆形和矩形截面空气管道内的平流量孔板的计算	94
6. 锥形流量孔板的计算	94
7. 空气管道设计的某些实用建议	96
8. 机械通风设备	96
9. 高压风机的喘振	101
10. 空气除尘	101
11. 通风采暖系统设计的经济性	104
第五章 主要冶金机组通风	106
1. 多铁渣流嘴的高炉出铁场排烟	106
2. 单铁渣流嘴高炉出铁场的排烟	108
3. 主沟屋顶排烟罩	111
4. 高炉炉底冷却	113
5. 矿槽栈桥通风	118
6. 送风装置	121
7. 受料装置	129
8. 铸铁机	130
9. 地行式装料机	131
10. 转炉倾炉时的排烟	132
11. 混铁炉除石墨粉装置	134
12. 电炉排烟	136
13. 混铁罐铁水倒罐站	145
14. 钢水吹氩排烟	147

15. 连铸机通风·····	148
16. 板坯连铸机二次冷却区通风·····	148
17. 连铸机火焰切割机排烟·····	152
18. 钢水罐拆衬台吸尘·····	153
19. 酸洗机组酸汽的排出·····	155
20. 周期性工作的酸洗槽·····	159
21. 热轧机·····	163
22. 冷轧机·····	165
23. 金属火焰清理机·····	168
24. 连续退火机组·····	170
25. 连续镀锌机组·····	172
26. 电机室及大电机通风·····	173
27. 辅助传动电机通风·····	177
28. 电机室换气·····	177
29. 蓄电池充电站通风·····	178
30. 操作室通风·····	178
31. 操作室围护结构的热工计算·····	180
32. 动力隧道通风·····	184
33. 热轧带卷沟道通风·····	185
34. 吊车司机室通风·····	190
35. 计算中心的通风和空调·····	194
36. 工艺过程的余热利用·····	197
37. 通风设备噪音的降低·····	204
38. 生产厂房内的灰尘清理·····	206
第六章 通风采暖系统操作服务段 ·····	210
1. 操作服务段的职能·····	210
2. 定员计算·····	212
3. 通风系统的试验和调整·····	216
4. 空气温度的测定·····	218
5. 空气相对湿度的测定·····	218
6. 用风速计对空气速度的测定·····	219
7. 空气压力的测定·····	219
8. 系统中通风机工作的检查·····	221

9. 空气加热装置放热量的检验.....	222
10. 除尘设备的试验.....	223
11. 气体除尘效率的确定方法.....	225
12. 空气冲洗和加湿装置的试验.....	225
13. 通风装置的登记卡片制度.....	226
14. 通风系统操作时的安全技术.....	226
参考文献	228

第一章 基本原理

1. 空气的基本物理和化学特性

干燥的空气由下列各种气体混合组成，%：

	按质量	按体积
氧	23.10	20.99
氮	75.55	77.03
氩、氦等惰性气体	1.3	1.0
氢	1	0.01

除了这些气体，空气中还含有水蒸汽及其它粉尘、气体等杂质。

空气温度用摄氏 ($^{\circ}\text{C}$) 或开氏 (K) 度计量。

空气湿度是空气中水蒸汽的含量。

空气绝对湿度是 1 立方米空气中所含的水蒸汽量 q_{π} 。

空气相对湿度 φ 是在给定压力和温度条件下，空气的绝对湿度与最高（饱和）湿度 $q_{\max}$ 的比（以百分比计）：

$$\varphi = 100 \frac{q_{\pi}}{q_{\max}}$$

空气的含水量 d 是潮湿空气中所含水分的质量与干空气质量之比：

$$d = \frac{D}{G}$$

含水量可以通过相应的分压力来表示：

$$d = 623 \frac{P_{\pi}}{P_s}$$

$$d = 623 \textcircled{1} \left(\frac{P_u}{P_{\text{сap}} - P_u} \right)$$

式中 P_u 和 P_v ——分别为湿蒸汽和干空气的分压力； $P_{\text{сap}}$ ——湿空气的气压计示的大气压力： $P_{\text{сap}} = P_u + P_v$ 。空气的相对湿度按下式计算：

$$\varphi = \frac{P_{u,u} - \alpha(t_c - t_u)P_{\text{сap}}}{P_{u,c}}$$

式中 $P_{u,c}$, $P_{u,u}$ ——分别为干球温度和湿球温度条件下空气中饱和蒸汽的分压力，以毫米水银柱表示； t_c 及 t_u ——分别为干球温度计和湿球温度计的温度； $P_{\text{сap}}$ ——气压计示的大气压力（按道尔顿定律）等于空气分压力 $P_{c,u}$ 和水蒸汽分压力 $P_{v,u}$ 的总和，以毫米水银柱表示； α ——依空气运动速度而定的系数；

$\alpha = 0.00001 \left(65 + \frac{6.75}{v} \right)$ ，式中 v ——空气速度，米/秒。

露点温度 t_p 是水分开始从空气里凝结出来的温度，此时 $P_v = P_u$ ，式中 P_u 为饱和蒸汽的分压力。

空气的比热是 1 公斤或 1 立方米的空气每升高 1°C 所需要的热量（以千卡计）；空气的质量比热相应地为 $c = 0.24$ 千卡/（公斤· $^\circ\text{C}$ ）， $c = 0.31$ 千卡/（米³· $^\circ\text{C}$ ）

湿空气的比热

$$c_{u,u} = \frac{c + c_v \frac{d}{100}}{1 + \frac{d}{100}}$$

式中 c_v ——蒸汽的平均比热[~ 0.46 千卡/（公斤· $^\circ\text{C}$ ）]。湿空气的含热量（焓）

$$i_{u,u} = 0.24t + \frac{(594 + 0.46t)d}{1000}$$

式中 t ——空气温度， $^\circ\text{C}$ ； d ——空气含水量，克/公斤。

① 此数字原文遗漏。——译者注

空气的导热性

$$\lambda = 0.00167 \frac{(1 + 0.00019T)\sqrt{T}}{1 + \frac{117}{T}}$$

空气体积膨胀的温度系数 $\alpha \approx 0.00367^\circ\text{C}^{-1}$, 或 $1/273^\circ\text{C}^{-1}$ 。

给定温度下的空气体积的换算按下式进行

$$V_2 = V_1 \frac{273 + t_2}{273 + t_1}$$

式中 t_1 及 t_2 —— 与体积 V_1 及 V_2 相应的空气温度, $^\circ\text{C}$ 。

空气的比容随温度和压力而定 (米³/公斤)

$$v_{c.o.} = 29.27 \frac{T}{P_{c.o.}}$$

空气的密度是比容的倒数 (公斤/米³)

$$\gamma = \frac{1}{v}$$

在常温下水蒸汽对空气密度的影响很小, 因此在通风技术中; 空气密度可按简化公式计算 (公斤/米³)

$$\gamma = 0.465 \frac{P_{\text{с.в.}}}{T}$$

当 $P_{\text{с.в.}} = 760$ 毫米水银柱的时候, $\gamma = \frac{353}{T}$; 当 $P_{\text{с.в.}} = 745$ 毫

米水银柱时, $\gamma = \frac{346}{T}$, 式中 T —— 绝对温度 ($T = 273 + t$),

K。

基本相似性参数

基本相似性参数是空气 (气体、液体) 基本特性和影响其运动或热交换条件的诸因素无量纲的组合。

雷诺准数 (雷诺数) 是粘性液体 (空气、气体) 的流动特性之一, 并表示惯性力与粘着力之比:

$$Re = \frac{vl\rho}{\mu}$$

式中 v ——空气（气体或液体）有代表性的流速（如截面上的平均速度，轴向速度等），米/秒； l ——有代表性的线尺寸（例如管子的直径），米。 ρ ——密度，公斤·秒²/米⁴； μ ——动力粘度公斤·秒/米²。

弗劳德数表示重力和惯性力之间的关系：

$$Fr = \frac{gl}{v^2}$$

阿基米德数是两种流体动力现象或两种热现象的相似准数，在这些现象中浮力（阿基米德力）和粘滞力是决定性的：

$$Ar = \frac{gl^3}{v^2} \cdot \frac{\rho - \rho_1}{\rho}$$

式中 ν ——运动粘度，米²/秒（ $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ ）； g ——重力加速度，米/秒²。

如果温度变化 Δt 引起空气（液体）密度的变化，那么

$$\frac{\rho - \rho_1}{\rho} = \beta \Delta T$$

式中 β ——空气体积膨胀系数； ΔT ——物体表面与空气之间的温度差。

在此情况下阿基米德数变成格拉晓夫数。

格拉晓夫数决定自然对流情况下的热传递：

$$Gr = \frac{gl^3\beta\Delta T}{v^2}$$

普朗特数说明流动的液体和气体的热过程：

$$Pr = \frac{\nu}{a} = \nu c_p \frac{\gamma}{\lambda_0}$$

式中 α ——导温系数, 米²/秒; λ_c ——导热系数, 千卡/(米^①·秒·℃); c_p ——定压比热, 千卡/(公斤·℃)。

贝克来数是对流热交换过程的相似性参数, 并且将普朗特数和雷诺数合并在一起:

$$Pe = Pr Re; \quad Pe = \frac{vl}{\alpha}$$

努塞尔数为无量纲参数, 表示物体表面与液体或气体的自然流或强制流之间的平均对流热交换强度:

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$$

式中 α ——散热系数, 千卡/(米²·小时·℃); λ ——导热系数, 千卡/(米·小时·℃)。

2. 主要冶金车间通风和采暖的一般要求和技术方向

1. 钢铁厂各主要车间根据工艺过程和固定工作地点的数量须考虑自然全面换气通风——有组织的自然通风, 当不能进行自然通风时需要考虑机械通风或混合通风。所有受热辐射的工作地点应配备机械通风装置(局部送风、空气调节等), 以通风采暖的方法保证气候条件符合表1和表2中之国家标准ГОСТ12.1.005—76的规定。

2. 大量对流热和辐射热以及污染工作区的其它有害物质(气体、灰尘), 应首先利用下列工艺和建筑方面的措施加以预防:

- a) 用挡板, 隔离屏, 水幕等等保护工作地点不受热辐射;
- б) 将大量放散灰尘和烟气的生产过程密封, 同时采用机械通风。

3. 靠热跨间主要散热区的外墙不得再建一些辅助房间。如

① 米字原文遗漏。——译者注

旁屋之类的辅助建筑只允许建在离厂房地坪3~4米的高度之上。

4. 作为自然通风的进气装置建议采用立轴旋转墙板。厂房排气建议通过带立轴旋转窗扇的Π形天窗。

表 1 生产厂房的工作区内最适宜的空气温度、相对湿度和流动速度标准 (ГОСТ12.1.005—76)

季 节	工作分类	温 度 ℃	相对湿度 %	空气流动速度, 米/秒, 不超过
寒冷和冷热 交替季节	轻 工 作—I	20~23	60~40	0.2
	中度繁重—II a	18~20	60~40	0.2
	中度繁重—II б	17~19	60~40	0.3
	繁重工作—III	16~18	60~40	0.3
热季	轻 工 作—I	20~25	60~40	0.2
	中度繁重—II a	21~23	60~40	0.3
	中度繁重—II б	20~22	60~40	0.4
	繁重工作—III	18~21	60~40	0.3

表 2 寒季及冷热交替季节生产车间工作区内空气温度、相对湿度和流动速度的允许标准值 (ГОСТ12.1.005—76)

工作强度分类	空气温度 ℃	空气相对湿度, % 不超过	空气流动速度 米/秒 不超过	非固定工作地 点之空气温度 ℃
轻 工 作—I	19~25	75	0.2	15~26
中度繁重—II a	17~23	75	0.3	13~24
中度繁重—II б	15~21	75	0.4	13~24
繁重工作—III	13~19	75	0.5	12~19

5. 在热车间, 布置有主要散热源的工段应该考虑用自然通风设施进行季节性调整, 即不使用机械。

6. 建议将主要热放散源 (正在进行冷却的热金属, 加热装

置等)放出的热量用于冷跨间的采暖和加热全面换气通风的进气。

7. 为了提高通风系统工作的可靠性,改善操作和减少人员,建议设计集中送风和排风的通风系统。

8. 送风系统的室外空气吸气点必须考虑设置在所设计的工程项目范围以内并考虑到风向和污染大气的污染源。在个别情况下允许将吸气点延伸到距离污染源100~120米远的地方。

9. 必须为冶炼机组和加热炉使用的吊车和地面机械的司机室考虑隔热措施并配备单独的空调装置。

10. 局部通风系统抽出的空气在放到大气以前应进行净化处理,以便满足所在企业或工业区对保护大气不被有害放散物质污染的各种措施的综合要求。这些条件可以通过选择净化方法、净化的级数以及残存有害物质的排放高度来满足。

11. 在除尘系统中一般风机应装在净化装置之后。

12. 净化装置的灰尘必须采用机械化运输,不能用手工劳动,贮灰仓卸灰时需加湿8~10%,以免二次扬尘。

3. 主要车间采暖通风系统的能量消耗

钢铁厂采暖通风的主要用热户是炼铁、炼钢和轧钢车间,包括其主厂房及整套的辅助建筑。

对热能总消耗量的分析说明,在年产钢100万吨的钢铁厂中上述车间所需要的热量约为100~130万千卡/时,而电能消耗约10000千瓦·小时。如将全厂性的公用项目(修理车间、动力设施、仓库和运输设施、办公大楼及其它项目等)计算在内,上述需要量将增加到1.5~1.6倍。例如年生产规模为600万吨钢的钢铁厂采暖通风热能总需要量大约将为1100吉卡/时($120 \times 1.5 \times 6$)。

在确定热需要量时,必须详细研究工厂的组成,因为主要车间的数目取决于所出产品的特性。表3中列有按照设备组成和设备性能而定的各车间热和电能的大致需要量。这个表是根据国立冶金

工厂设计院和其它单位的设计资料编制的；表中的数据可以在确定各车间的大概的消耗量时使用，甚至所估算的车间在基本设备性能或厂房建筑容积与表中数据有些出入时也可使用。

由于表3中的数据只适用于中部地区的气候条件($t_{\text{中}} = -26 \sim -30^{\circ}\text{C}$)，所以在计算气温较高或较低的地区之电能需要量时，必须乘以校正系数（相应地为0.9~1.1）。

表 3 采暖通风1小时的耗热量及耗电量

用 户	建筑容积 千米³	耗热量, 千卡/(时·℃)		耗电量 千瓦·小时
		采 暖	通 风	
高炉, 容积 米³				
2000	326	40000	376000	8500
2700	259	29000	435000	8370
3200	261	44500	405000	15400
铸铁机	5.7	2700	3600	10
铁水罐喷浆装置	7.9	8000	1300	20
平炉车间:				
250~500 吨 平 炉, 生 产 能 力				
320万吨 钢/年220吨 平炉	1434	18500	15000	970
生产能力240万吨钢/年	1600	4200	7300	800
185吨平炉, 生产能力 96万吨钢	810	4200	10000	390
/年				
双联炼钢车间, 能力10万吨钢/年	1345	1000	75000	2200
电炉炼钢车间:				
3 座100吨电炉, 2 台连铸机	900	19800	347000	2500
2 座45吨和 3 座 70吨电炉	503	5300	1300	200
2000热轧板车间	2200	1670000	620000	4500
板坯库	530	650000	—	—
冷轧板车间:				
1700轧机	2040	574000	407000	2600
2500轧机	3340	1350000	410000	12900
电工钢板车间	2400	820000	535000	11300
电焊管车间 529-1220焊管机	2700	685000	2500	5000
转炉车间:				
3 座转炉, 容积各为130吨	450	6700	190000	1290
3 座转炉, 容积各为250吨	1000	49600	180000	2500