

71.28

1117

工厂降温 原理及方法

鈕式如 田禮鈺 編著



人民卫生出版社

工厂降温原理及方法

鈕式如 田桂鈺 編 著

人 民 卫 生 出 版 社

一九六五年 · 北京

內 容 提 要

本书对工厂降温問題作了比較系統的介紹。全书共分九章。内容包括我国工厂降温概况、工厂降温的卫生学問題、传热計算、車間散热量計算、热車間气象特征、隔热、自然通风、局部机械送风、車間气象条件測定方法及 $i-d$ 图应用等問題。

本书主要供各地卫生防疫站卫生医师和工厂安技人員参考用，同时也可供通风工程技术人員和医学院校卫生系教学人員参考用。

工厂降温原理及方法

开本: 850×1168/32 印張: 6⁸/₁₆ 插頁: 1 字数: 180千字

鈕式如 田桂鈺 編 著

人 民 卫 生 出 版 社 出 版

(北京書刊出版業營業許可證出字第〇四六號)

• 北京崇文區綾子胡同三十六號 •

人 民 卫 生 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 • 各地新华书店經售

统一书号: 14048·2766

1963年7月第1版—第1次印刷

定 价: (科七)0.90元

1965年3月第1版—第3次印刷

印数: 4,201—7,900

目 录

第一章 绪论	1	(二) 炉門散热量	46
第二章 降溫工作的卫生学问题	4	(三) 炉口散热量	47
一、生产环境气象因素对机体散热的影响	4	二、电动机散热量	50
(一) 对流散热	4	三、热金属散热量	50
(二) 輻射散热	5	四、汽錘散热量	52
(三) 蒸发散热	9	五、燃料燃燒散热量	53
二、生产环境气象因素的綜合评价方法	11	六、人体散热量	54
(一) 等感溫度评价法	12	七、太阳輻射热量	55
(二) 热强度指数评价法	14	第五章 热车间的气象特征及主要降溫方法	59
三、生产車間气象条件卫生标准	19	一、热車間的气象特征	59
第三章 传热学的基本原理及计算	25	二、車間散热强度与内外溫差	61
一、传导传热	25	(一) 車間散热强度	61
(一) 平壁	25	(二) 車間内外溫差	62
(二) 圓筒壁	28	三、热車間的主要降溫方法	64
(三) 球壁	30	(一) 隔热	64
二、对流传热	31	(二) 自然通风	64
(一) 自然对流传热	32	(三) 局部机械送风	65
(二) 强制对流传热	33	第六章 隔热原理及方法	66
三、輻射传热	33	一、热絕緣	66
四、复杂传热	38	(一) 作用原理	66
第四章 热车间的散热量计算	46	(二) 构造方法	66
一、工业炉的散热量	46	(三) 适用范围	67
(一) 炉壁散热量	46	(四) 隔热效果和計算方法	67

二、热屏擋	71	(二) 风机的选择	110
(一) 透明热屏擋	71	1. 风量和风压	110
1. 玻璃板	71	2. 效率	110
2. 玻璃板淌水	72	3. 价格和安装	110
3. 瀑布式水幕(純水幕)	73	4. 噪音	110
(二) 半透明热屏擋	74	(三) 风机的性能及特	
1. 鉄紗屏	74	性曲綫图	110
2. 鉄紗水幕	75	1. 风机的性能	110
(三) 不透明热屏擋	76	2. 风机的特性曲綫图	111
1. 遮热板	76	(四) 特性曲綫的換算	113
2. 鉄板淌水	79	(五) 风机选择曲綫图	115
3. 麻布水幕	79	二、送风方式	118
4. 流动水箱	79	(一) 送干风	118
第七章 自然通风的原理		(二) 噴霧送风	119
及方法	82	1. 劳研Ⅱ型噴霧風扇	120
一、自然通风的原理	82	2. CMOT-3 型噴霧風	
(一) 热压自然通风	82	扇	122
(二) 风压自然通风	83	3. BMU 型噴霧風扇	123
(三) 热压和风压同时		4. 大幸型噴霧風扇	124
作用的自然通风	83	(三) 送湿风	125
二、热压自然通风計算方法	84	1. 噴水雾化加湿	125
三、进排风窗及擋风板	100	2. 水淋填料层加湿	126
(一) 进风窗	100	3. 麻絹层加湿	127
(二) 排风窗及擋风板	100	4. 泡沫层加湿	128
四、对車間平面布置的要		三、送风射流的特性及計	
求	102	算方法	130
五、自然通风的調节	104	(一) 送风射流的特性	130
(一) 定質調节	104	(二) 送风射流的計算	132
(二) 定量調节	105	1. 已知工作地点大小	
第八章 局部机械送风	107	及必要的风速, 求	
一、风机	107	送风量等	133
(一) 风机的类型	107	2. 已知工作地点的大	
1. 离心式风机	107	小, 必需的风速及	
2. 軸流式风机	108	气温, 求送风量等	134

第九章 车间气象条件

测定方法及i-d

图的应用 137

一、湿度的测定 137

(一) 几种常用的温度

标尺 137

(二) 常用的温度测定

仪器 137

1. 液体温度计 137

2. 热电偶温度计 138

二、空气湿度的测定 141

(一) 关于空气湿度的

几个概念 141

1. 水汽分压力 141

2. 饱和水汽分压力 141

3. 绝对湿度 141

4. 湿容量 141

5. 相对湿度 141

6. 含湿量 141

(二) 常用的空气相对

湿度测定仪器 142

1. 干湿球温度计 142

2. 毛发湿度计 144

3. 电阻湿度计 145

三、辐射热强度的测定 146

(一) 工作地点辐射热

强度的概念 146

(二) 两种常用的辐射

热强度测定仪器 146

1. 黑球温度计 146

2. 热电堆辐射热计

(单向辐射热计) 148

四、空气流速的测定 149

(一) 室内空气流速的

测定 149

1. 翼状和杯状风速计 149

2. 卡他温度计 151

3. 热风速计 156

(二) 管道内空气流速

的测定 160

1. 比德管 160

2. 斜管压力计 162

(三) 风速计的校对方法 164

1. 风道校对法 164

2. 转动杆校对法 168

五、空气流量的测定 169

(一) 通风窗口口的流

量测定 169

(二) 管道中流量的测定 169

1. 用比德管测定平

均流速 169

2. 用流量计测定流

量(孔板和文丘

利管流量计) 171

六、送风射流速度场测定

方法 173

(一) 射流速度场的表

示法 173

1. 射流横截面速度场 173

2. 射流纵截面速度场 173

(二) 射流速度场的测

定法 174

1. 设备和仪器 174

2. 测定和整理方法 174

七、水滴大小的测定 175

(一) 水滴大小的表示法 175

1. 个数平均直径 175

2. 面积平均直径 175

3. 体积平均直径.....	175	5. 求不同状态的空气相混合过程.....	185
4. 水量平均直径.....	176	附录 防暑降温措施暂行办法.....	189
5. 体积累积最大直径..	176		
(二) 水滴大小的测定法..	177	表 1 各种不同材料的容重、导热系数和比热.....	195
1. 机油法.....	177	表 2 各种不同材料的辐射黑度.....	199
2. 氧化镁法.....	178	表 3 在大气压力 760 毫米水银柱不同温度下干空气的重度.....	201
八、 i - d 图的应用.....	179	图 1 自然通风计算綫解图	
(一) i - d 图的构造	179	图 2 i - d 图(大气压力 760 毫米水银柱)	
(二) i - d 图的应用方法 ..	180		
1. 求某一状态的空气参数.....	180		
2. 求含湿量不变时空气的冷却过程及露点温度.....	181		
3. 求含热量不变时空气的加湿过程及湿球温度.....	183		
4. 求含湿量不变时空气的加热过程....	185		

第一章 緒 論

工厂降温的主要对象是热车间。热车间通常系指散热强度大于 20 千卡/米³时的车间。例如冶金工业的炼铁、炼钢、鍛造、轧钢等车间，机器制造工业的铸工、鍛工车间，玻璃、造纸、印染等工业的主要车间，某些化学工业的合成、氧化车间等都属于热车间。

在热车间里，由于热源不断散热，气温比一般车间要高，因此通常将热车间叫做高温车间。实际上，气温高仅是热车间的主要气象特征之一，在一般热车间里，除高温外，还同时存在强烈的热辐射。

不论高温或强热辐射，都会对机体产生热作用，直接影响机体的热平衡。如众所知，当环境温度很高或热辐射很强时，机体很容易因体温调节受到障碍而出现程度不同的中暑症状。夏季，当室外气温很高时，在热车间里就更容易发生中暑。

我国南北地区夏季气温一般都比较高，以夏季最热月下午一时或二时的平均温度来看，全国各地几乎都在 25°C 以上，与苏联情况相比有很大的不同。我国最热地区是以重庆、武汉、南京三地为最甚，俗称为“全国三大火盆”。在这些地方，极端最高气温达 40°C 以上，夏季最热月下午一时或二时的平均气温都在 32~33°C 左右。

为了保证正常生产和保障工人健康，夏季热车间的防暑降温问题，不论在我国南方地区或北方地区都具有十分重大意义，对炎热地区来说，显得更为迫切。

在解放前旧中国，帝国主义者和官僚资本家对工厂防暑降温问题是漠不关心的。厂房低矮简陋，通风情况恶劣，工人深受高温的严重威胁，中暑事故经常不断发生。

解放后，党和政府对工人在生产中的安全和健康给予了极大的关怀和重视。在 1954 年通过的中华人民共和国宪法中，庄严地规定了劳动者有受到国家给予保护的权力。1956 年中国共产党

中央委员会向第八次全国代表大会的政治报告中指出：“应当切实加强对于生产的安全措施和劳动保护工作。”

为了使工作的开展有一定的依据，国家还制定和颁布了有关的法规和标准。1956年国务院颁布了“工厂安全卫生规程”，其中对工业企业降温问题作了一些具体规定。同年，国家建委和卫生部共同颁布试行“工业企业设计暂行卫生标准”，对生产车间作业地带和工作地点的气温，按不同生产特点和不同地区提出了不同的具体要求。此外，每年夏季中央及各地区领导机关还根据当时具体情况发出防暑降温的重要指示和通知。

为了及时总结和推广经验，中央各部还召开了一系列的专业会议及学术会议。如卫生部、劳动部与中华全国总工会于1957年召开了“全国防暑降温经验交流会议”，1958年卫生部和劳动部又召开了“全国钢铁工业安全卫生及工厂防尘、防暑降温工作现场会议”。1959年夏卫生部又召开了“全国劳动卫生与职业病学术会议”，这些会议对防暑降温实际工作起了很大的推动和指导作用。

由于认真贯彻党的指示和坚持群众路线，建国十多年来防暑降温工作已取得了很大的成绩，高温作业的劳动条件普遍得到改善，许多企业基本上已能控制中暑的发生。

我国预防中暑的原则是强调采取综合性预防措施（卫生技术措施、劳动组织措施及卫生保健措施）。在卫生技术措施方面，首先要求从改善工艺过程和合理安排热源着手，尽量使生产过程机械化和自动化。其次是加强隔热措施。第三是尽量采用自然通风。第四是加强局部机械送风（包括喷雾送风和加湿送风）。

在劳动组织和卫生保健方面，建立合理的劳动和休息制度，供给工人清凉饮料，改善膳食供应，保证充足睡眠等。并每当夏初对高温作业工人进行体格检查，遇有不适于高温作业的禁忌症，即行调换工作。

在采取上述各项措施时，都是贯彻勤俭办一切事业的方针，本着因地制宜的原则，发动群众在一定的技术指导下自己动手。这样做，既达到了多快好省的要求，又用群众的智慧丰富了防暑降温工作的经验。

几年来，在厂房自然通风方面，根据我国南方人民利用穿堂风来降低室内气温的习惯，成功地设计了各种开敞式的厂房。在隔热方面，因地制宜就地取材，创造了各种各样的隔热方法。在局部机械送风方面，也创造了高效的喷雾风扇。在清凉饮料方面，应用祖国医学的经验，配制了各种中药清凉饮料。可以说，在防暑降温综合预防措施的很多方面，我国都已取得具有一定特色的发展。

今后，在党的正确领导下，充分发挥技术人员和广大职工群众的积极性和创造性，我国防暑降温工作一定能取得更大的成就，将更有利于祖国社会主义建设事业的向前迈进！

第二章 降温工作的卫生学问题

一、生产环境气象因素对机体散热的影响

在正常情况下，人的体温是比较稳定的。机体的产热量及从外界吸收的热量是与机体向外界放散的热量相平衡。而机体的产热量与劳动强度有关。劳动强度愈大，产热量愈大；反之则低。

机体从外界吸收热量或是向外界放散热量，主要受周围环境气象因素影响。当空气温度和四周围挡物体表面温度或设备表面温度高时，机体将从外界吸收热量；低时，则向外界放散热量。机体吸热或散热的途径很多，但主要是通过皮肤表面进行。通过其他途径，如通过呼吸道和肺部等的散热所占比重极小，一般不超过3%。皮肤散热或吸热的方式可以分成对流、辐射和蒸发三种。在通常情况下，各种方式散热的比重为：辐射45%、对流30%、蒸发25%。随着气温和四周围挡物体表面温度的升高，经对流和辐射方式散热就愈来愈困难，而蒸发散热的比重则愈来愈大。下面对三种散热方式分别加以介绍。

(一) 对流散热

当空气温度低于机体皮肤温度时，最接近皮肤的一层空气被加热上升，而周围较冷的空气就来补充空位。通过空气的不断对流，机体就不断散热。对流散热量大小取决于皮肤温度与空气温度差及气流速度。温差和流速愈大，对流散热量就愈大。在不穿衣服的情况下，当气温达到34.5°C，对流散热量几乎接近于零。当气温超过37°C时，机体不仅不能通过对流方式散热，反而将自外界吸热。穿着衣服时，由于接触皮肤表面的空气流通不畅，散热量就有所减少。当不穿衣服或只穿薄衣服时，机体与空气的对流热交换量可用下式来计算：

$$C = 7A_{\text{机}} v^{0.5} (t_{\text{空}} - t_{\text{皮}}) \quad (2-1)$$

式中, C ——机体与空气对流热交换量, 千卡/时;

$A_{机}$ ——机体皮表面积, 米²;

v ——机体附近气流速度, 米/秒;

$t_{空}$ ——附近空气温度, °C;

$t_{皮}$ ——机体皮肤温度, °C。

成年人机体平均皮表面积($A_{机}$), 各个国家采用的数值不同, 在我国一般认为以采用 1.5~1.6 米²为宜。此处我们采用 $A_{机}=1.55$ 米² 及 $t_{皮}=35^{\circ}\text{C}$ 代入上式, 得:

$$C = 10.9v^{0.5}(t_{空} - t_{皮}) \quad (2-2)$$

根据式(2-2)计算所得 C 值, 若为负值, 则表示机体向外散热; 若为正值, 则表示机体自外界吸热。

例 2-1. 求气温分别为 $t_{空}=30^{\circ}\text{C}$ 及 $t_{空}=44^{\circ}\text{C}$, 气流速度为 $v=3$ 米/秒时的对流热交换量。

解:

(1) 当 $t_{空}=30^{\circ}\text{C}$ 时, 得:

$$C = 10.9 \times (3)^{0.5}(30 - 35) = -95 \text{ 千卡/时};$$

C 为负值, 表示机体在此情况下是向外散热。

(2) 当 $t_{空}=44^{\circ}\text{C}$ 时, 得:

$$C = 10.9 \times (3)^{0.5}(44 - 35) = +171 \text{ 千卡/时}。$$

C 为正值, 表示机体在此情况下是从外界吸热。

为了便于计算, 我们将上述计算式(2-2)绘成线解图(图2-1)。

图中虚线即表示例 2-1 结果的查取法。

(二) 辐射散热

当机体周围的墙壁、顶棚、地板以及设备表面温度低于机体皮肤温度时, 机体就不断以辐射方式传热给周围的物体表面。物体表面温度愈低, 机体以辐射方式散发的热量就愈大; 反之, 当物体表面温度高于机体皮肤温度时, 机体则将自物体表面吸收辐射热。物体表面温度愈高, 机体辐射吸热就愈多。必须指出, 并不是机体的全部皮肤表面都能以辐射方式散热。不穿衣服时, 约 75% 皮肤

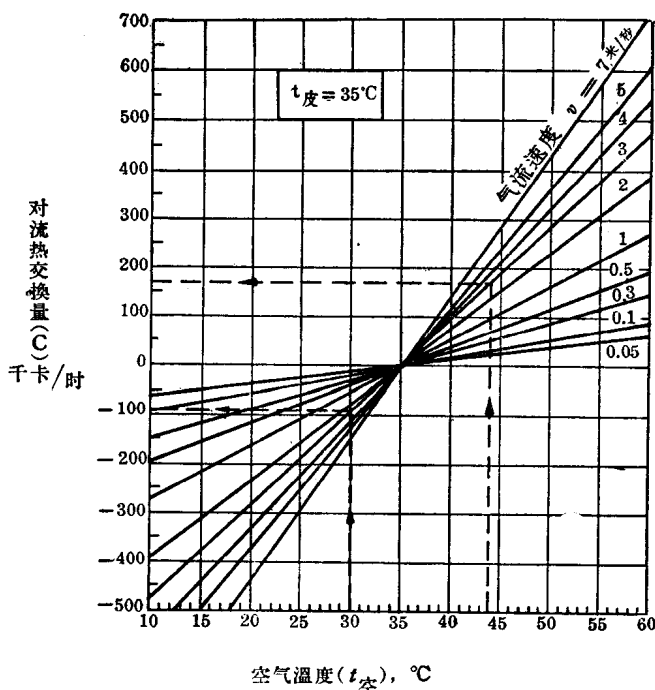


图 2-1 机体与空气对流热交换量线解图

面积对辐射有效。下式是不穿衣服时机体与物体表面之间的辐射热交换量的近似计算公式。

$$R = 0.75 A_{\text{机}} K_r (t_{\text{辐}} - t_{\text{皮}}) \quad (2-3)$$

如果采取 $A_{\text{机}} = 1.55 \text{ 米}^2$, $t_{\text{皮}} = 35^\circ\text{C}$, 则上式变为:

$$R = 1.16 K_r (t_{\text{辐}} - 35) \quad (2-4)$$

式中, R ——机体与周围物体表面辐射热交换量, 千卡/时;

$t_{\text{辐}}$ ——周围物体表面平均辐射温度, $^\circ\text{C}$;

K_r ——辐射系数, 千卡/时·米²· $^\circ\text{C}$ 。

平均辐射温度 $t_{\text{辐}}$ 和辐射系数 K_r 可按式进行计算:

$$T_{\text{辐}}^4 \times 10^{-8} = T_{\text{黑}}^4 \times 10^{-8} + 2.45 v^{0.5} (t_{\text{黑}} - t_{\text{空}}) \quad (2-5)$$

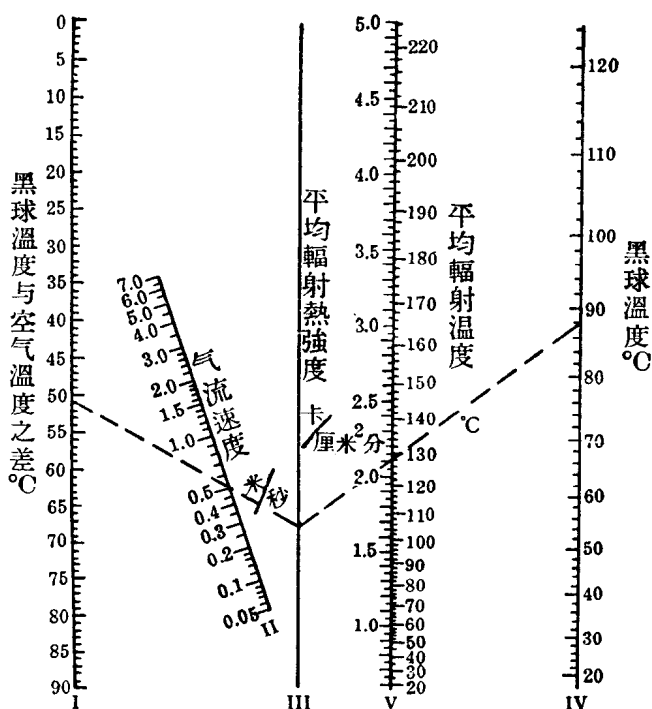


图 2-2 平均辐射温度綫解图

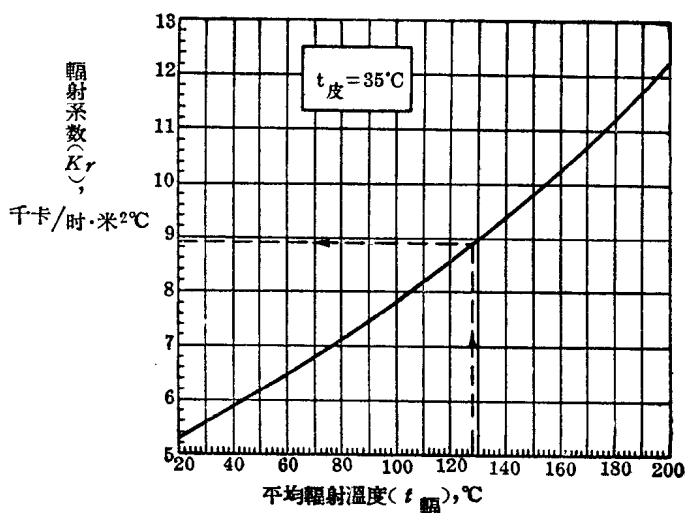


图 2-3 辐射系数綫解图

$$K_r = 4.9(T_{\text{辐}}^3 + T_{\text{辐}}^2 T_{\text{皮}} + T_{\text{辐}} T_{\text{皮}}^2 + T_{\text{皮}}^3) \quad (2-6)$$

式中, $T_{\text{辐}} = 273 + t_{\text{辐}}$;

$T_{\text{皮}} = 273 + t_{\text{皮}}$;

$T_{\text{黑}} = 273 + t_{\text{黑}}$;

$t_{\text{黑}}$ ——黑球温度, $^{\circ}\text{C}$, (详见第九章第三节)。

为了简化计算, 平均辐射温度 ($t_{\text{辐}}$) 和辐射系数 (K_r) 可分别用线解图(图 2-2 和图 2-3)来求解。(图 2-3) 是取皮肤温度 $t_{\text{皮}} = 35^{\circ}\text{C}$ 时绘出的。

求得平均辐射温度 ($t_{\text{辐}}$) 和辐射系数 (K_r) 后, 就不难根据式 (2-4) 求出辐射热交换量 (R)。为了进一步简化计算, 辐射热交换

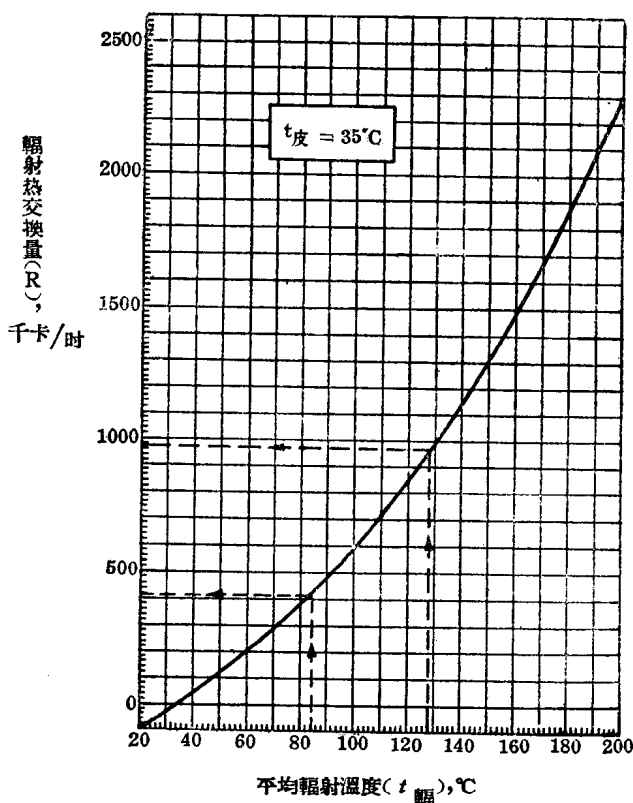


图 2-4 机体与周围物体表面辐射热交换量线解图

量也可用线解图来求取(图 2-4)。

例2-2。设工作地点黑球温度 $t_{\text{黑}}=88^{\circ}\text{C}$,空气温度 $t_{\text{空}}=37^{\circ}\text{C}$,气流速度 $v=0.5$ 米/秒。求机体与周围环境的辐射热交换量。

1. 先求平均辐射温度($t_{\text{辐}}$)。

(1) 在图 2-2 的 I 线上,取黑球温度与空气温度的差 $t_{\text{黑}}-t_{\text{空}}=88-37=51^{\circ}\text{C}$;

(2) 在 II 线上取气流速度 $v=0.5$ 米/秒;

(3) 连接上述两点(如图上虚线所示)与 III 线相交于一点;

(4) 用 III 线上的交点,与 IV 线黑球温度 $t_{\text{黑}}=88^{\circ}\text{C}$ 点相连(如图上虚线所示),与 V 线交于一点,此点即为所欲求的平均辐射温度。即 $t_{\text{辐}}=128^{\circ}\text{C}$ 。

2. 求辐射系数(K_r)

在图 2-3 上,由 $t_{\text{辐}}=128^{\circ}\text{C}$ 点向上引垂线,与曲线交于一点。由此交点向左引水平线,与纵坐标相交,此交点即所欲求的辐射系数,即 $K_r=8.9$ 。

3. 求辐射热交换量。

将 $t_{\text{辐}}=128^{\circ}\text{C}$ 及 $K_r=8.9$ 代入式(2-4)中,得:

$$\begin{aligned} R &= 1.16 \times 8.9(128 - 35) \\ &= 960 \text{ 千卡/时} \end{aligned}$$

求得结果 R 为正值,这表示机体自外界辐射吸热。

4. 求得平均辐射温度后,也可直接查图 2-4 求辐射热交换量。

图 2-4 中虚线所示即是本例计算。

(三) 蒸发散热

在常温条件下,蒸发散热只占机体总散热量的 25% 左右。但当气温高于机体皮肤温度,并且有辐射热源存在时,机体几乎全部都要靠汗液的蒸发来散热。蒸发散热量的大小,直接受空气中的水汽分压力和气流速度所影响。(水汽分压力与空气温度和相对湿度有着成正比的关系)。水汽分压力小(即气温和相对湿度小),流速大时,汗液蒸发得快,散热量就大;反之,则蒸发得慢,散热量

就小。不穿衣服时的机体最大可能蒸发散热量可用下式计算：

$$E_{\text{大}} = 9.8 A_{\text{机}} v^{0.37} (P_{\text{皮}} - P_{\text{空}}) \quad (2-7)$$

如果采用 $A_{\text{机}} = 1.55 \text{ 米}^2$ 及 $t_{\text{皮}} = 35^\circ\text{C}$ 时的水汽分压力 $P_{\text{皮}} = 42.2 \text{ 毫米水银柱}$ ，则上式变为

$$E_{\text{大}} = 15.2 v^{0.37} (42.2 - P_{\text{空}}) \quad (2-8)$$

式中， $E_{\text{大}}$ ——机体最大可能的蒸发散热量，千卡/时；

$P_{\text{空}}$ ——空气中的水汽分压力，毫米水银柱。可自附录 $i-d$ 图上查取。

例 2-3。设工作地点空气温度 $t_{\text{空}} = 40^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $\varphi = 43\%$ ，

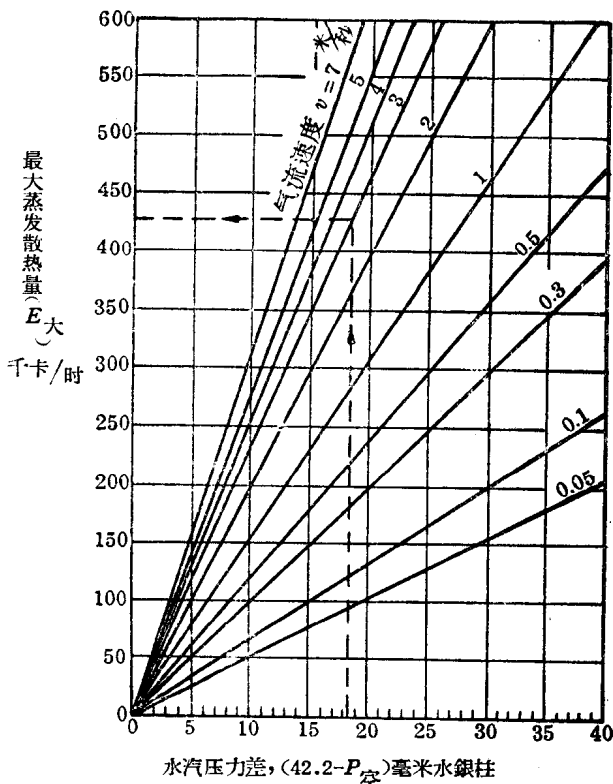


图 2-5 机体最大蒸发散热量线图