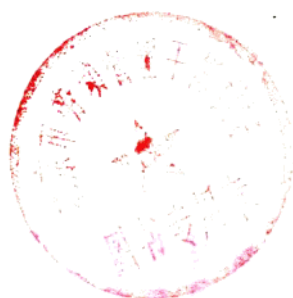


工矿企业防暑降温



劳动人事出版社

前 言

高温作业者的劳动保护工作是劳动保护学和劳动卫生学的重要组成部分。我国自五十年代末期开展防暑降温工作以来，无论是在工厂降温方法的理论基础研究上，还是在测试仪器的研制，以及综合性降温措施的研究等方面都取得了肯定的成效，积累了丰富的经验。为了使广大劳动保护专职人员和劳动卫生技术人员掌握与运用防暑降温综合技术措施，评价、改善高温作业条件，在开展高温作业的劳动保护工作中发挥作用，特编写了《工矿企业防暑降温》这本书。本书的编写既不象教科书那样，从基础知识开始系统地阐述，也不同于以往的论文汇编。书中各章节既有一定的连续性，又有相对的独立性。全书分高温作业的基本概念，高温作业气象条件对人体的影响，急性热性疾病的抢救和治疗，食盐清凉饮料的配制方法，高温作业劳动条件评价内容与方法，以及防暑降温措施效果鉴定的具体步骤等章节。读者可根据需要和兴趣选读有关内容。

本书适于工矿企业劳动保护专职人员和各地卫生防疫站、职业病防治院卫生医师阅读，同时也可供通风工程技术人员和医学院校卫生系教学人员参考，对即将参加高温作业劳动保护工作的人员也可起到指导作用。

由于作者水平有限，虽经再三修改，书中难免有缺点和错误，希望读者批评指教。

张 家 志

目 录

第一章 高温作业的基本概念.....	(1)
第一节 高温作业及其特性.....	(1)
第二节 高温车间的类型.....	(6)
第二章 高温作业对人体的影响.....	(8)
第一节 体温调节.....	(8)
第二节 在高温作业环境中人体各器官的功能 状态.....	(10)
第三节 高温通常引起的疾病.....	(21)
第三章 高温现场的降温措施及卫生标准.....	(30)
第一节 技术措施.....	(30)
第二节 保健措施.....	(55)
第三节 组织措施.....	(59)
第四节 高温作业卫生标准.....	(60)
第四章 高温作业的清凉饮料.....	(67)
第一节 清凉饮料的组成成分及配制方法.....	(67)
第二节 清凉饮料配制、供应中的卫生要 求.....	(75)
第三节 清凉饮料的卫生标准.....	(77)
第四节 清凉饮料卫生标准的鉴定.....	(78)
第五章 高温作业的劳动保护与流行病学的联 合调查.....	(81)
第一节 劳动保护与流行病学联合调查的内容	

和方法.....	(82)
第二节 高温作业工人就业健康检查和定期健康检查.....	(107)
第六章 防暑降温措施的效果鉴定.....	(114)
第一节 鉴定的一般方法.....	(114)
第二节 通风效果计算方法与 <i>i-d</i> 图的应用.....	(117)
附录1 水中余氯的测定.....	(145)
附录2 工业企业设计卫生标准 TJ36-79.....	(147)
附录3 国务院批转国家经委关于从事有毒、有害、高温、井下作业工人的食品供应情况和意见的报告.....	(152)
附录4 细菌学指标.....	(155)
附录5 尿中氯化物的测定.....	(158)

第一章 高温作业的基本概念

第一节 高温作业及其特性

一、高温的产生

自然环境是受太阳辐射、气温、气湿、风速、降雨(雪)以及地温等气候因素影响的。夏季的闷热气候就是由上述因素造成的。持续长时间的高温度、高湿度以及太阳辐射强烈、日照时数多、平均风速不大,这些都是夏季气候的特点。

从我国南方地区的调查情况看,七月份平均最高气温达 $33\sim 34^{\circ}\text{C}$,全年日平均气温达 25°C 的天数为 $75\sim 175$ 天。武汉、重庆等地区的水平面太阳总辐射强度的日最高值为 900 千卡/米²·小时,从而使大气层温度升高至 37°C ,有时甚至超过 40°C 。因此,这些地区的防暑降温问题尤为突出。

至于工作场所的气象条件,除受大自然气候影响外,还受生产环境的影响。工业生产中的各种热源,如各种熔炉、加热炉、高压蒸汽管道和铁水、钢锭等被加热了的物体及许多化学反应过程都会产生强烈的热辐射,从而形成高温作业环境(辐射强度可达 $5\sim 10$ 卡/厘米²·分,温度可达 $37\sim 40^{\circ}\text{C}$)。

综上所述,高温是由各种气候因素综合形成的,其中大自然气温和热辐射起着主要的作用。

二、高温作业场所的诸气候因素

(一) 气温：在生产环境中，物体从热源表面吸收了大量发散在空间的红外线，并在其内部转换成热能，通过对流使周围空气变热。太阳光线也是厂房辐射热的来源，它通过天窗和其他空隙进入厂房。

从上述热源所得到的热量可能相当大，作业地带的气温有时可达30~40℃或更高，特别是在厂房内的上部可达40~50℃。这种状况对吊车室或起重机小室有着重要的卫生学意义。

(二) 气湿：首先回忆一下物理学的有关概念。

1. 湿度——空气中水蒸气的含量称该空气的湿度。在各种温度下空气单位体积不出现凝结情况时气的最大含量，称蒸气张力。

蒸气张力以一立方米空气中所含的水分克数或以毫米汞柱来测定。

2. 绝对湿度——湿度的一种表示方法。一般用一立方米空气中所含水蒸气的克数表示。一定温度下一立方米空气中最大的水气张力叫作最大湿度。

3. 相对湿度——湿度的一种表示方法。其定义为空气中实际所含水蒸气密度和同温度下饱和水蒸气密度的百分比值。相对湿度也可用下式表示。

$$\text{相对湿度} = \frac{\text{最大湿度}}{\text{绝对湿度}} \times 100\% \quad (1-1)$$

4. 饱和差——即最大湿度减去绝对湿度（表示达到空气最大饱和以前，一立方米被测定的空气中尚能吸收的水蒸气克数。

因为空气中气饱和的程度与发汗的条件有关，所以卫生

医师和技术安全员必须重视生产环境中的湿度及饱和差。

当周围空气呈高温状态时，排汗这一因素在体温调节上起着重要的作用（详见第二章）。蒸发一克水需热量约0.6大卡。汗发时所需的热量是从皮肤表面获得的。空气中的相对湿度愈高，蒸发愈困难，则机体的体温调节障碍程度愈严重。生理学饱和差具有重要的卫生学意义，该饱和差是指在正常体温下空间达到饱和状态的水气张力和该空间空气中水气张力之差。

纺织厂的印染，丝绸厂的缫丝，造纸厂的打纸浆以及深矿井作业，由于生产特点所决定，作业场所充满着水蒸气，相对湿度可达80~90%。在体表水蒸气张力和厂房空气中的水蒸气张力接近相等的情况下，人会有胸闷感。此时，湿气通过皮肤和肺脏散发相当困难，甚至不可能。

通常相对湿度等于或大于80%时称为高气湿，相对湿度等于或小于30%时称为低气湿。

（三）气流：生产环境的气流除受外界风力影响外，还与厂房内的热源和通风设备有关。热源使空气温度升高，热空气上升，室外的冷空气从厂房门窗和下部空隙进入室内，造成空气的对流。室内外温差愈大，产生的气流愈大。若厂房内热源较多，这种气流的流动便非常强烈而形成“穿堂风”。

气流对体温调节作用有极大的影响。空气流动时，由体表以传导方式发散的热量就会大大地增加，因为此时人体周围所形成的热气层将不断地被气流带走。当周围的空气温度相同亦即不存在温差时，气流的速度越高，以传导方式散放的热能也越大。但这种情况会随气温的升高而变化，当温度升高到34℃时，这种调节作用就非常小了，当气温超过36℃

时，空气流动非但不能使身体凉爽，反而感觉更热。

(四) 热辐射：热辐射是一种电磁波(30万公里/秒)。被加热了的物体可向周围空间不断放出辐射能。这种辐射能主要来自红外线和部分可见线，又称“热射线”，它是沿直线方向射向四周的。当落到物体上时，此辐射能一部分被吸收而转变为热能，另一部分穿透该物体，其余的则被该物体反射。

太阳、生产中使用的各种熔炉及开放性火焰、熔融的金属等都会发散出大量的辐射能。红外线不能直接加热空气，但可使物体受热而造成二次辐射。

生产环境中的辐射源，按其本身的温度和辐射光谱的组成，大致分为四种：

1. 物体表面温度在 500°C 以下的辐射源，其辐射光谱由长波红外线组成；

2. 物体表面温度为 $500\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 的辐射源，其辐射光谱由长波红外线及可见光线组成；

3. 物体表面温度为 $1200\sim 1800^{\circ}\text{C}$ 的辐射源，其光谱主要由短波红外线组成；

4. 物体表面温度达 $2000\sim 4000^{\circ}\text{C}$ 的辐射源，其光谱组成有红外线、可见线、紫外线。实际上在 1200°C 时已开始出现紫外线。

由于辐射线的波长不同，对机体的作用也有所区别。例如红外线波长为几百微米至 7600Å ^①，当长波红外线辐射到人体上时，它只被其皮肤表层所吸收。短波红外线能穿入机体被内部组织所吸收。前者能引起较重的灼烧，后者则产生

① $\text{Å} = 1\text{埃} = 10^{-8}\text{厘米}$

较强的生物学作用。

可见光线又称可见光，它的波长为 $3900\sim 7600\text{ \AA}$ 。

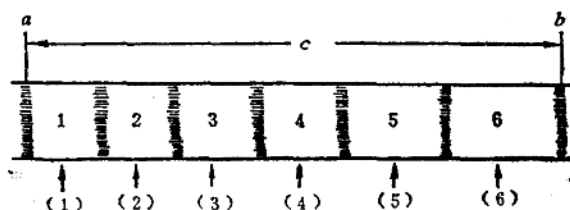


图1—1 可见光的波长范围及各种颜色的分布

$a-3900\text{ \AA}$		$b-7600\text{ \AA}$		c —可见光区域	
1—紫光	2—蓝光	3—绿光	4—黄光	5—橙光	6—红光
(1) $4100\text{ \AA}$	(2) $4700\text{ \AA}$	(3) $5200\text{ \AA}$	(4) $5700\text{ \AA}$	(5) $6200\text{ \AA}$	(6) $7100\text{ \AA}$

紫外线波长为 3900 至几百埃。紫外线直接照射皮肤可发生光照性皮炎，使皮肤瘙痒，出现红斑、水泡和水肿等；辐射头部可引起头痛、头昏、体温升高和精神兴奋症等。短波或长波紫外线作用于眼睛时，结膜与角膜会产生生物化学变化，经数小时的潜伏期，即会发生结膜炎和角膜炎（电光性眼炎）。当遭到红外线辐射时，眼睛晶状体发生变化，产生白内障，过去俗称“玻璃匠白内障”，它正是眼睛晶状体受熔融的玻璃所辐射的红外线长期作用的结果。

然而热辐射的性能与空气媒质无关，热辐射强度随辐射体温度的升高，与其绝对温度的四次方成正比。所以热源温度越高辐射热越大，具有最大辐射的波长愈短。

开展防暑降温工作，应针对热辐射的特性，采用行之有效的防护措施，即根据辐射源的温度和辐射光谱的特征，辐

射的波长，采取相应的防护措施（详见第三章第一节），而不是盲目地采用诸如增设风机，加大风力的方法。

热辐射对人体的加热作用强于对流，而且作用更为迅速。一般情况下，正常人对热辐射的耐受能力由辐射强度来决定（见表1—1）。

表1—1 正常人对热辐射的耐受能力（工作服黑率为0.9）

辐射强度 (卡/厘米 ² ·分)	辐射性质	能耐受时间	人体受到辐射能量 (千卡/小时)
0.4~0.8	弱辐射	无限长	135~270
0.9~1.5	弱中等辐射	3~5分	271~405
1.6~2.3	中等辐射	40~60秒	406~540
2.4~3.0	中等强度辐射	20~30秒	541~810
3.1~4.0	高度辐射	12~24秒	811~1080
4.1~5.0	强度辐射	8~10秒	1081~1350
>5.0	极强度辐射	2~5秒	>1350

注：用单向热电偶辐射热计测量热源时，所获得辐射强度的值，其单位为卡/厘米²·分，即在单位时间（每分钟）内，每平方米厘米的面积上所承受的辐射能量（卡）。

第二节 高温车间的类型

作业环境除受气温、热辐射、气湿、风速等因素左右外，亦受大自然气候所影响。夏季高温作业的各种热源可使气温升至37~40℃，强烈的辐射热可高达5卡/厘米²·分以上，如福建某钢厂夏季平均最高气温为41.7℃，平均热辐射强度最高达5.3卡/厘米²·分。另外，在通风不良的矿井作业，夏季的印染、打纸浆、缫丝等湿业作业，由于温度

高、湿度大，而形成“闷热”环境，如湖北某深井煤矿平均气温达 31.3°C ，相对湿度达98%，风速为 0.14米/秒 。夏季露天作业（基建、搬运、装卸、农业劳动等）除受太阳辐射的直接作用外，还受地面的二次热辐射作用。综上所述，所谓高温车间一般可分为三类。

1. 高温、强热辐射作业

冶金、机械、建工建材等行业的一些主要车间，由生产工艺流程和产品本身的特点所决定，夏季车间的温度可达 40°C 左右，且有强辐射（大于 $5\text{卡/厘米}^2\cdot\text{分}$ ），如不采取防暑降湿措施，人体就容易蓄热而中暑。

2. 高温、高湿作业

一般在纺织、造纸、食品等行业或在深矿井、地下作业中，由于生产特性所致，形成高温和高湿的作业环境。当车间内的温度达 30°C ，相对湿度达80%以上时，即可称为高湿高温作业；有的地下或深矿井中气温可达 30°C ，相对湿度达90%以上，在这种环境作业时，由于机体大量排汗，而汗液蒸发又相当困难，散热量极微，很容易导致机体体温调节障碍和水盐代谢平衡失调，从而发生中暑。

3. 夏季露天作业

夏季露天作业的高气温和热辐射主要来源于太阳辐射及地表被加热后形成的二次辐射。

在我国南方炎热地区的夏季露天作业中，每日11点至13点时太阳的辐射强度一般可达 $1.3\sim 1.5\text{卡/厘米}^2\cdot\text{分}$ ，作业地带的气温可达 30°C ，有时甚至超过 38°C ，而14点左右气温为最高，此时如进行重体力劳动或野营行军训练，往往因体内蓄热过多而发生中暑。

第二章 高温作业对人体的影响

第一节 体温调节

人们的工作和生活环境需要有适宜的温度。包围着人体的空气一旦变得非常热或者非常冷时，长时间在这样的环境中工作，人们就会感到疲劳，健康就会受到影响。

为了维持人的生命和活动，人们必须摄取食物和氧气。食物经人体内新陈代谢过程，产生了热能——劳动能力。

人体所产生的热全部都要散发到四周空气中去。发散的热量——散热量，根据劳动强度来决定。如表2—1所示。

表 2—1 在不同作业情况下人体的散热量

人 体 状 况	散 热 量 (千卡/时) (环境温度15~30°C)
睡 觉	60
未 从 事 工 作	90
轻 度 劳 动	180
中 度 劳 动	270
重 度 劳 动	420
极 重 劳 动	540
剧 烈 运 动	750~1000

人体产生的这些热量，通过血液的流动输送到全身。人体一方面通过皮肤血管扩张，以辐射、对流和出汗蒸发的形式来放散；另外，通过呼吸和粪尿的排泄，也可以放散出一部分热量。人体不断地产生热，又不断地散放热，这些都在大脑体温调节中枢的支配下进行，从而达到体内的“热量平衡”。如果人们四周的空气温度不符合机体要求，即不能维持热量平衡时，体温调节中枢便会立刻行动起来，组织各器官活动，设法获得热量平衡，这就是“人体的体温调节”。有了“体温调节”，人的体温就可以经常维持在 $36\sim 37^{\circ}\text{C}$ ，这样，人体才能维持其生命和身体各器官的正常功能。

当四周空气温度很低，人体发散的热量比产生的热量还要多时，一方面皮肤血管收缩，血液循环速度降低，发散热量减少，另一方面又会有意识地使肌肉运动和发生不自主的颤抖，这些都增加了热量的产生。如果这样的调节还是“入不敷出”，那么人体的温度就逐渐地降低，使温度差减小，这时热量的发散也随之减少。如果体温降到一定限度，就会引起器官、细胞机能呆滞，出现疼痛和麻木的感觉。所以严寒季节，人们必须利用衣、帽、鞋、袜、被褥、火炉、火墙、暖气等取暖保暖，以维持体温。

当人体四周气温很高或人体剧烈运动时，如果排汗还散发不了体内所产生的热量，这时血液循环就会加快，以增加热能散发；如果仍然不能起到体内散热的作用，积聚的热量就会使体温升高。体温升高后，人体内器官的活动会加快，容易引起机体的疲劳，同时会增加热量，使体温继续上升，从而发生中暑。

盛夏季节，当外界气温接近或超过了人的体温时，必须借助于通风、冷水浴和空调设备等来帮助身体散热。

身体散热方式有三种：

1. 对流散热

当周围空气温度低于人的皮肤温度时，最接近皮肤的一层空气被加热而上升，周围较凉的空气补充空位。这样通过空气的不断对流，人体就不断地散热。对流散热量的大小决定于空气温度和皮肤温度之差及气流速度。温差和流速愈大，对流散热量就愈大。

2. 辐射散热

当人体周围的墙壁、顶棚、地板以及生产设备表面温度低于人体皮肤温度时，身体就不断以辐射方式把热量传给周围物体。反之，当物体表面温度高于人体皮肤温度时，身体将从物体表面吸收辐射热。物体表面温度愈低，身体以辐射方式散发的热量就愈大，反之物体表面温度愈高，身体辐射吸热就愈多。

3. 蒸发散热

在常温状态下，蒸发散热量约占身体总散热量的25%。当气温高于人体表面温度並有辐射热源时，人体主要是靠汗液的蒸发来散热的。蒸发散热量的大小直接受空气中的水蒸气分压力和气流速度的影响。当水蒸气分压力小（即气温和相对温度小）、流速大时，汗液蒸发得快，散热量也就大；反之汗液蒸发得慢，散热量就小。

综上所述，人的体温能够维持平衡，一方面是依靠自身的体温调节本能，另一方面也受周围环境气候因素的影响。

第二节 在高温作业环境中人体 各器官的功能状态

一、体温调节机能紧张

盛夏季节，当气温达 35°C 以上时，人体散热就会发生困难。这时，体表不仅失去辐射与对流方式向其周围放散热量的能力，而且周围环境还以辐射和对流的附加热作用于人体。外界环境的附加热量和劳动时体内产生的热量同时给血液加温，通过血液循环，直接作用于中枢性温热感受器，并传至下丘脑体温调节中枢，从而增加了体温调节中枢的紧张度。如果在高气温、强辐射或高气温、高湿度的环境中从事体力劳动，则机体本身所产生的热再加上周围环境的附加热，会增加体温调节中枢的紧张度，破坏体温调节能力，造成体内蓄热，体温不断增高，导致过热。例如玻璃熔炉热修工在 42°C 热辐射的（黑球温度 93°C ）环境中作业20分钟后，平均皮温达 38.4°C ，口温上升至 39.2°C 。

在高温作业时，人的体温升高对机体的不良影响在于容易扰乱机体的稳定性，影响劳动能力。为了预防中暑、保护劳动力，许多学者建议用体温作为人体耐热阈的生理指标。例如1969年世界卫生组织（WHO）提出人体中心温度不得超过 38°C 。Strydom建议把肛温升至 $38\sim 38.2^{\circ}\text{C}$ 作为轻劳动时的上限值， 39.2°C 作为重劳动时的上限值。也有人建议采用出汗率（1升/时）或平均皮肤温度不超过 34°C 作为指标的。还有人推荐，采用平均体温 $38.5\sim 38.8^{\circ}\text{C}$ （平均体温等于 0.7 肛温加上 0.3 平均皮温）和相应的积热值（ $160\sim 2000$ 千卡）来作为外源性或内源性热负荷时人体耐热极限值的客观指标。这些指标可以直接反映人体的生理变化，但这种变化是由于高温作业的气象条件及工人劳动强度、衣着条件等综合因素造成的。这就需要一种反映各种客观条件影响的综合指标，因此从二十世纪初人们便开始进行综合指标的研究，到目前已有十余种。虽然这些综合指标较单因素指标有

了发展,但也都有缺点,因而还未能完全代替单因素指标来评价卫生条件。

目前常用的几种综合指标有:

世界卫生组织(WHO)1969年提出的综合指标,即对一周工作五天,每天八小时的人员建议的环境极限,见表2—2。

表 2—2 修正有效温度的极限值

工 作 强 度 (千卡/公斤·时)	CET* (°C)
坐 着 工 作 (2.6)	30
轻 工 作 (4.3)	28
重 工 作 (6.0)	26.5

注: • 1964年Bedford提出要考虑辐射,用黑球温度代替干球温度,称为修正有效温度——CET,如果对高温较能适应的人员,可将上述CET值提高2°C。

1957年, Ragloglou和Minard根据保证人体中心温度不超过38°C这一前提,提出了评定工作环境的综合指标——温度黑球温度指数(WBGT),亦称三球温度指数。WBGT是一种评价环境热强度的综合性物理指标,它包括影响机体热交换的四种因素(气温、气湿、气流和热辐射)。目前已广泛用于对环境热强度的评价。1974年美国职业安全与保健研究院用WBGT制订了标准,并把它作为职业安全法与卫生法(OSHA)的一部分。表2—3是两小时工作期间的极限值。我国的研究情况表明,三球温度指数与炎热条件下劳动者的生理反应密切相关,提出三球温度指数32°C为耐受上限。为监督高温作业工人安全生产,有的国家还制订出不同劳动强度的三球温度指数阈值。

近年来，美、英和加拿大等国家已先后研制出携带方便和反应迅速的直读式电子W B G T指数仪。目前国内有关单位也正在积极研制中。

表 2—3 O S H A建议的W B G T极限值

劳动负荷 (千卡/时)	W B G T (°C)	
	气流速度 <1.5米/秒	气流速度 ≥1.5米/秒
轻度劳动 (<200)	30	32.2
中度劳动 (201~3000)	27.8	30.6
重度劳动 (>3000)	26.1	28.9

W B G T指数按下式决定:

1. 室内无太阳辐射时:

$$W B G T = 0.7T_a + 0.3T_r \quad (2-1)$$

2. 室外有太阳辐射时:

$$W B G T = 0.7T_a + 0.2T_g + 0.1T_r \quad (2-2)$$

式中: T_a ——自然湿球温度(即用直接暴露于自然气流中的湿式传感器所获得的)°C;

T_g ——黑球温度°C;

T_r ——干球温度°C。

测出自然湿球、黑球和干球温度可以很容易地得出W B G T值,从而可断定是否符合卫生标准。

工人穿的工作服是影响生理反应的另一因素。近来国外在这方面进行了很多研究工作,通常采用热阻的单位——C L O来衡量工作服的隔热程度。

$$1 \text{ C L O} = 0.18^\circ\text{C} \cdot \text{米}^2 \cdot \text{时} / \text{千卡} \quad (2-3)$$

因为人的体质、习惯及对热的忍受程度等都有所不同,所以可以采用某种综合指标,根据调查和实验,得出符合我