

衛生知識叢書

防暑降溫

顧雲鏡等 著

上海科學普及出版社



內 容 提 要

解放以来，工矿防暑降温工作已有很大的成就。但是进一步丰富防暑降温的理论、提高防暑降温的技术，是劳动保护工作者所迫切要求解决的问题。

本书汇集上海防暑降温实际工作中各项新经验，结合理论，是理论与实际并重的一本书。内容有防暑降温具体的技术措施、高温作业工人的保健措施，对工业卫生工作者有极大的实用价值。由于我国地区广大，各地情况不完全一样，可视具体条件参照施行。

总号：069

防 暑 降 温

著 者：顾 学 箕 等

封面设计：杨 文 义

出版者：上海科学普及出版社
(上海市南昌路47号)

上海市书刊出版业营业许可出字第085号

发 行 者：新华书店上海发行所

印刷者：上海市印刷五厂
上海江宁路1110号

开本：787×1092 1/32 印张：2

字数：39,000 统一书号：T 140128·10

印数：2,000 定 价：2 角 2 分

1958年3月第一版 1958年3月第一次印刷

序 言

彭大椿

解放以来，在党的领导下，工厂中的防暑降温工作在不断学习苏联先进經驗之后，有着很大的成就，无论在厂房的自然通风、热源隔絕、机械通风以及保健措施等方面都积累了很多經驗。但是在具体实践中，如何进一步丰富防暑降温的理論知識，以使工作提高一步，是大部分劳动保护工作同志，特别是工业卫生中的医务工作同志們迫切要求的。

本書是上海市科普协会，及中华医学会上海分会卫生学会，在1957年举办的防暑降温系統講座的講演稿。內容是几年来的防暑降温实践中的丰富經驗，并且結合了理論。希望這本書对做好防暑降温工作、保护工人健康以及提高劳动生产率，能有一些实用的价值。

目 次

一、生产环境中的气象条件和高温作业工人的生理变化.....	1
二、防暑降温的具体技术措施.....	12
三、防暑降温技术措施的卫生学意义.....	22
四、高温及夏季烈日下作业工人的保健措施.....	32
五、高温作业工人的飲料問題.....	43
六、“防暑降温”問題解答.....	54
七、宣傳防暑降温的参考提綱.....	60

生产环境中的气象条件和 高温作业工人的生理变化

吴振球

一 生产环境中气象条件的基本概念

生产环境中的气象条件，也叫做厂房中的微小气候；这是指厂房内空气环境的物理状态，即气温、气湿和气流以及发热体所放出的辐射热。厂房内的微小气候，常常随着室外气候、生产过程中的热源，以及工作场所的通风情况等因素而有变化。

1. 气温：是由空气中所含的热量来决定的。生产中热量的来源很多，如生产设备上的熔炉、加热炉、开放性火焰、机械的运转、不良绝缘的蒸汽管道，生产过程中的加热物体、热溶液、生产场所太阳的辐射以及人体的散热等等。

车间中的热量，通常是通过以下三种方式，由温度高的地方向温度低的地方传递的：

- (1) 传导——即由一个分子传递到另一个分子来传递热能；
- (2) 对流——即由空气分子与分子间的运动作热交换；
- (3) 辐射——即由发热体向空间所散布的热辐射线。

車間里的气温，有时可超过室外 $10^{\circ}-15^{\circ}\text{C}$ ，或更高些；另外，車間高处的气温又比地面的气温为高，每高一公尺，約增高 $1^{\circ}-2^{\circ}\text{C}$ 或 2°C 以上。

2. 气湿：空气中水蒸汽的含量称为該空气的湿度；至于空气中的水蒸汽含量，常常随着各种温度而不同。

在生产环境下作卫生学的評價时，要掌握的是相对湿度和饱和差。相对湿度就是空气中絕對湿度与最大湿度之間的百分比。一立方公尺空气內的水分（以克数或以毫米水銀柱来表示）叫做絕對湿度；而一定温度下一立方公尺空气中的最大含水量就叫做最大湿度（即饱和湿度）。

$$\text{相对湿度}(\%) = \frac{\text{絕對湿度}}{\text{最大湿度}} \times 100$$

相对湿度在80%以上时为高湿，低于30%时为低湿。

饱和差是最大湿度和絕對湿度之差，也就是表示在空气含湿量达到最大饱和之前，一立方公尺空气中能再吸收多少水蒸汽（克）的情况。

饱和差 = 最大湿度 - 絕對湿度。

空气中水蒸汽饱和差的程度与发汗之間存在着一定的关系。饱和差越大，越易使人出汗；相反的，相对湿度越高，人体蒸发散热越困难，对体温調節的障碍也越显著。

繅絲工业、紡織工业、印染工业、造纸工业等的生产环境中有高湿現象；而冶金工业的高温車間中往往是低湿的情况。

3. 气流：就是指厂房內空气的流动狀況或流速。在很多情况下，由于室內外的温差或室外气流的影响等因素，在車間內出現了不同的空气流速。一般來說，每秒2—4公尺的气流

(风速)，对高温車間工人的散热有一定帮助。

4. 輻射热：輻射热是指使人引起热感觉的輻射；主要的是紅外線和部分的可視綫。这种射綫經過空气时，并不象对流热能直接使空气受热，只有空气直接接触热物体时，才能加热。

輻射热是散布于空間的一种电磁波，它不断的以每秒30万公里的速度向周圍空間发送。表示輻射热强度的单位是卡/平方厘米/分鐘。它的基本特性如下：

(1) 輻射热以直綫方向射向四周，可以被周圍物体所吸收，使該物体温度上升；在含有大量水分的空气中，可被水吸收一部分。

(2) 輻射的强度与它的绝对温度的四次方成正比。因此，热源的温度越高，通过輻射所发出的热量也就越大。

(3) 輻射的波長与輻射热源的温度有关。温度越高，除輻射强度增加外，其最强輻射能向短波方向移动。例如：3000°C时，最大輻射能的波長为0.96微米，5000°C时为0.577微米。

(4) 暗黑色物体吸收或放散輻射热的能力最强，亮白色的最弱。

高温場所的热源，基本上分为对流热和輻射热两种。对流热是藉分子运动来傳热，是分子与分子間的热交换；这种分子运动常常不断的变更方向和速度，可以随着气流的加速而加强散热。輻射热是由許多量子組成的量子流和光子流；这种量子流运动經常是直綫的、有节律的运动，气流对此沒有直接影响。

通常，在絕大多数的生产环境中，既有对流热，又有輻射热，如煉鋼、軋鋼、鑄鍛、熔炉等开放性火焰的車間；也有若干生产場所主要是对流热，例如：紡織厂的紡紗和織布車間以

及印染厂的染色車間等。

綜上所述，对生产环境进行卫生学的評價时，就不能仅根据某一个因素，而須綜合地予以分析。

二 高温作业工人的主要生理变化

生产环境中的气温、气湿、气流和輻射热，常常在互相关联的情况下引起机体各种不同的反应。不良的气象条件，是损害人体健康的重要因素之一。

現在，我們重点的就高温作业下工人的生理影响，說明如下：

1. 体温調節：在正常情况下，人体的体温是比較恆定的。这种热的平衡，是由于体热的形成和体热的放散两种机制所構成；而中樞神經系統的控制在于产热和散热方面起了主导作用，使体温保持在 36.5°C — 37°C 的正常范围(參看圖1)。

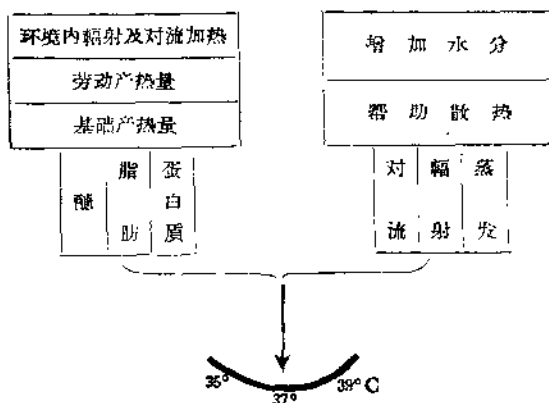
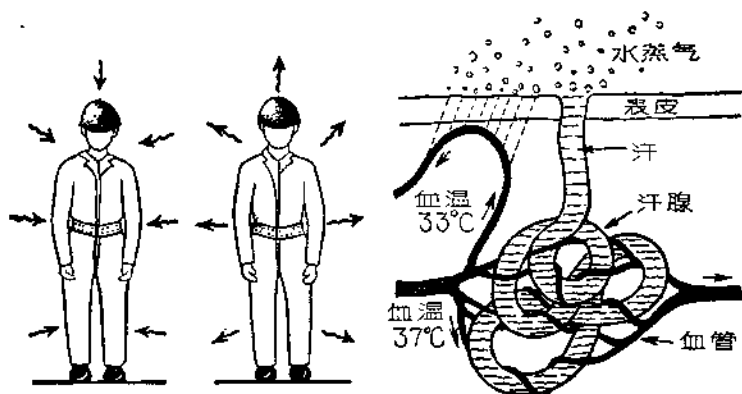


圖1. 人体正常体温平衡的示意图

在一般气温下 (15°C — 20°C) 从事轻工作的人, 一昼夜将丧失2400—2700千卡的热; 其中从皮肤表面的散热, 45%以辐射的方式放散, 30%由对流的方式放散, 而25%是通过蒸发的方式放散。

体热放散的多少, 决定于皮肤内血液循环量的多少。流过血管的血液越少, 散热越小; 而血管扩张, 血循环加强时, 散热量就增加。

机体所产生的热, 通过血循环, 运到皮肤表面。假使皮肤温度低于体温时, 才可以从皮肤表面散热。反之, 当血循环中的温度高于皮肤温度, 同时又有辐射热源存在时, 那么, 机体藉辐射散热的机能就受到了障碍。此时散热的方式就只好依靠对流和蒸发(出汗)了(参看图2—3)。



(1) 气温 21°C (2) 气温 43°C
图2. 两种不同气温下的散热情况

图3. 常温时皮肤散热示意图

但是, 机体的对流散热, 只有气温低于皮肤温度 (一般为

32°—33°C) 时才有可能。环境气温超过了这一限度, 机体的散热机能将逐渐由蒸发的途径所替代(参看图 4)。因此, 蒸发将是高温作业工人最主要的散热方式。

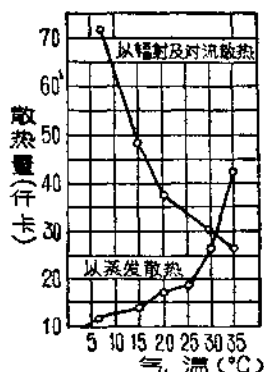


图4. 各种气温下体热散热的变化

在不同的气温条件及不同的劳动强度下, 人体所排出的水分量是不同的(参看下表)。

每自体表蒸发一克水分, 可以发散约 0.6 仟卡的体热。当每小时蒸发 300—500 克汗液时, 就可以发散 180—300 仟卡的热量。但实际上, 高温作业时工人所出的汗, 往往是大滴汗珠状落下, 而不是在皮肤表面蒸发, 这时, 蒸发散热的作用将受到限制。

工 作 地 带 温	排出水分量 (克/小时)			
	安静状态 (每小时产热 100仟卡)	轻 劳 动 (每小时产热 150仟卡以内)	中等劳动 (每小时产热 150—300仟卡)	重 劳 动 (每小时产热 300仟卡以上)
10°C	—	40	150	270
15°C	30	60	170	320
20°C	45	90	200	390
25°C	75	130	270	470
30°C	120	180	350	570

除由皮肤表面蒸发水分外, 在呼吸道也能蒸发一部分水分; 从下表可以看出, 当气温越高时, 由发汗所排出的水分比例也越高。

气温	蒸发水分量(24小时内的克数)		蒸发水分量的百分比	
	經皮肤	經肺	經皮肤	經肺
9.5°C	820	206	80	20
26.4°C	2622	169	94	6

空气中的相对湿度，对体温调节有很密切的关系。高温时（如空气超出 30°C 以上），湿度过大能妨碍蒸发散热，使人感到郁热不适。

除相对湿度以外，空气中的湿度饱和差，特别是生理饱和差，在卫生学上也具有重大的意义。所谓“生理饱和差”，就是在人体皮肤温度（32°C 左右）条件下，体表附近的最大湿度与当时車間空气的绝对湿度的差数；也就是在人体温度下，空間达到饱和的水蒸汽张力与空气中含有水蒸汽张力之差。此值越大，对汗液蒸发越有利，如車間空气的绝对湿度，超出了皮肤表面温度下的最大湿度时，汗液就不能蒸发。例如：当車間气温为 40°C、绝对湿度 33.4 克/公斤时，虽然計算相对湿度只有 70%，但已超出了皮肤温度（32°C）时的最大湿度（30.62 克/公斤），相对湿度虽然不算过大，却已不能使汗液蒸发了。这也说明了气温越高时，相对湿度应该越小的理由。

不同的温度和湿度条件下，对人体排出水分的影响如下表：

气温	經皮肤和肺每小时丧失水分的克数	
	极干燥的空气	极湿润的空气
15°C	36.3	9.0
20°C	54.1	15.3
25°C	75.4	23.9

气流可以协助散热(特别是蒸发散热), 在不同的气温条件下, 通风对于皮肤温度的影响如下:

气温	皮肤温度 (°C)		
	空气不动时	空气流动时	温差
18.1°C	29.5	22.1	7.4
20.7°C	30.2	24.7	5.5
23.5°C	31.5	25.0	6.5
27.5°C	33.5	31.0	2.5
34.0°C	34.6	34.0	0.6

可见当气温过高时, 通风就不容易使皮肤温度降低, 有时反增加热的感觉; 一般说来, 只有在湿球温度不超过36°C时, 通风才能使人感到凉爽。

以上我们谈到了气温、气湿及气流对体温调节上的一些关系。但是, 在生产环境中常常伴有强烈的辐射热的因素。例如: 当辐射热强度为1—1.5卡/平方厘米/分钟时, 其作用为局部加热, 超过此强度时, 就能使深部组织及血液加温, 长时间的作用, 就可使体温上升。

正常人对辐射热的耐受能力见下表:

辐射热的强度 (卡·厘米 ² ·分钟)	能耐受的时间
0.4—0.8	无限长
0.8—1.5	3—5 分钟
1.6—2.3	40—60 秒钟
2.3—3.0	20—30 秒钟
3.0—4.0	12—24 秒钟
4.0—5.0	8—10 秒钟
5.0以上	2—5 秒钟

人体体温的調節机制，受到大腦皮层下中樞的直接管理；換言之，大腦皮层在体温調節中起主导作用。具柯夫的實驗証明：在狗背上放16公斤重的物件，并給以声音刺激，經過15分鐘后，見体温升高。連續結合多次刺激的三天后，虽只单独給以声音的刺激，受試的狗也有体温升高現象。

2. 水分及鹽分的代謝：在高温作业下劳动的工人，假使出汗过多，就会出現水分代謝的失常現象。高温作业工人的排汗量，每人每班約在3升—5升之間，个别工人有多至8升甚至10升的。由于水分的損失，因之，高温工人的体重，在每班工作后可減輕0.3公斤左右，有时甚至減輕3—4公斤。

随着水分的排出，由于汗液中还含有0.1—0.5%的氯化物（主要是氯化鈉），以致大量氯离子随着汗液排出，这样，使血氯含量降低。根据苏联学者的观察，在46°C气温及50%相对湿度环境下逗留二小时，就出現鹽类成分的明显改变；血液氯的濃度由0.56%降至0.50%，血清氯的濃度由0.71%降到0.67%。由于血中氯化物的減少，血液含蓄水分的能力也要低下，此时即使飲大量的淡水，也將很快的排泄出去，只能暂时止渴，而不能停留体内补充因出汗所失去的水分，因此，造成了失水及体重減輕的現象。

脫水首先影响蛋白質的新陈代謝；水分的喪失可使組織蛋白分解加剧。根据苏联的資料，总氮量的排出可增加50—100%，对工人的体力消耗是一重大負担。此外，随着汗液排出的还有相当数量的鉄質及水溶性維生素。

3. 心臟血管系統：出汗剧烈时，血液出現濃縮現象，血紅素、紅血球及血液粘稠度都增高，因此加重心臟負担。在气

温超出 30°C 时,就可看到脉搏加速的情形,有时每分钟甚至高达200次。

根据冶金工业部卫生处的报告:沈阳冶炼厂真吹炉工段10名工人在高温环境下操作4—20分钟后的呼吸、脉搏及体温变化情形(工作地点气温 $27^{\circ}\text{--}38^{\circ}\text{C}$,相对湿度32—64%,黑球温度 $57^{\circ}\text{--}92^{\circ}\text{C}$)如下表:

	呼 吸	脉 搏	体温($^{\circ}\text{C}$)
工 作 前	18—30	63—93	36.5—37.8
工 作 后	20—42	90—130	37.2—39.6
增 加 数	0—21	18—51	0.7—1.8

由于高温的影响,周围血管舒张,所以血压一般表现下降;但有时由于重体力劳动的关系,亦可造成血压上升。

4. 代谢方面的变化:高温作业工人氧代谢的曲线上也显示

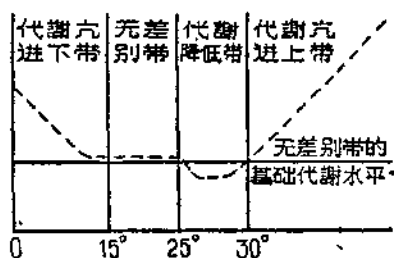


图6. 各种气温下的基础代谢

了受到不同气温的影响。在图5可看出:温度低时代谢亢进(代谢亢进下带), $15^{\circ}\text{--}25^{\circ}\text{C}$ 时,代谢系在原来水平(无差别带),其后,温度上升时,代谢稍微降低(代谢降低带),继而又开始激烈上升(代谢

亢进上带)。这种气温低时的代谢亢进及气温高时的代谢稍微降低,对人体的适应机能来说是有利的;但是,体热放散减少,加之环境中气温高时,代谢亢进的现象将引起体温调节的障碍。

5. 消化道：由于氯化物排出后所引起的血中氯离子濃度減低，或由于一时性的大量飲水造成胃液稀薄，都可使胃酸降低，消化不良，因此高温作业工人容易患腸胃病，特别是慢性腸胃病的发病率較高。（苏联弗立德良及薩京斯兩氏資料：高温作业工人急性腸胃病比一般工人多40%，慢性腸胃病多225%。）

6. 腎臟：由于体液大量地由出汗排出，因此尿量減少（約占总排水量10—15%），尿液变濃；有时可发现腎臟机能不健全，尿中发现蛋白、圓柱（管型）或紅血球等。

7. 中樞神經系統的机能变化：在高温环境中可能发现有：注意力、运动协调、反应速度及调节机能的降低，影响工作能力等的变化。

我們已經知道，在高温作业下，机体的体温调节机制是有一定的限度的，但是，并不是說它是固定不变。当机体在高温环境下經過較長的时间后，会有相应的、一定范围的适应能力（即气候馴化）。此时，体温、脉搏、血压的变化，將比初入高温时为小，汗液及尿液中所排出的氯化物量也將較前減少。我們还可以看到，由于輻射热較長時間的影响，局部皮肤温度受納器的兴奋性降低，在皮肤上有色素沉着現象，增强了对輻射热的耐受力。所以，新工人在炎热季节直接参加高温作业是不很适宜的。

为了保护高温作业工人的健康和提高劳动生产率，我們應該結合企业的实际情况，运用卫生工程技术措施、卫生措施、医疗預防措施和組織措施等各方面向高温作斗争。

註：本講稿有部分材料取材于程启光及夏昌华两位同志所作的“高温作业的劳动卫生与‘中暑’的治疗”一文。

防暑降溫的具体技术措施

父家豪

在炎热的季节中，工厂車間中的气象条件——气温、气湿、风速和輻射热，是引起工人发生过热而中暑昏倒的主要因素。因此，如何针对这些因素加以分析研究，确切的裝置各种隔热、自然通风以及机械通风等设备，以改善气象条件、防止中暑昏倒，是防暑降溫工作中的重要环节。但这些设备应如何分别情况加以运用，在裝置时应注意哪些事項，是值得我們討論的，否則，措置不当常会造成效果不好，甚至无效而发生浪費的現象。現就这些设备措施的性質、效用以及应注意的問題，扼要的提出来。

一、由于工业生产中常有各种发热体如炉灶、蒸汽管道、烟道等存在，这些热源散发大量的热，不但加热了車間的空气，并且常直接輻射到人体，因而使工人过热，引起中暑，所以在防暑降溫工作中，應該首先考虑控制热源，就是裝置各种隔热设备。隔热设备种类繁多，但归納起来，不外乎下列三种：

1. 在发热体外圍用水吸走热，如裝置水箱、水幕以及水屏等。

2. 应用各种絕热材料，如石棉泥和砂藻土等塗抹发热体表面，以降低表面温度；或用这些材料把发热体圍起来擋住热，如石棉罩和刨花板隔热裝置等。

3. 利用反射性强的物质如铝箔等，装在发热体的外围，阻止热散到工作地带。

(一) 用水的隔热设备在装置和使用时，应该注意下列几点：

1. 水箱适宜用在表面温度很高的发热体如炉门口等，水箱的每小时用水量要很好的计算；水量过大，当然是浪费，如果太小，又会造成箱内水沸腾而阻碍水的流动。同时，水箱外表面温度太高也不好，用水量的计算应根据发热体的散热量，和水箱外表面温度（也就是箱内水温）不超过 60°C 为宜。为了使箱内的水能充分吸走热，所以箱内最好装有导水板。（图6）另外，水箱装在温度极高的地方，要注意应变损坏问题；并且还要特别注意管理，勿使水管凡而关闭，以免造成水箱受热引起胀裂事故。水箱的使用期较长，不需时常检修，但由于它要用薄钢板制造、比较重、移动不便、费用较贵，又如发热体大，要用水箱多，那么供水系统的设计和装置就很复杂，小型厂较难应用。

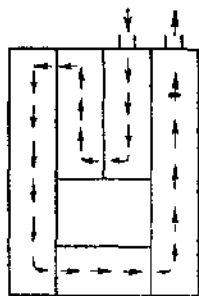


图6. 装置在炉门口、具有导水板的水箱示意图

2. 水幕、水屏是用铁皮、帆布或金属网片作为引水板，水从这些引水板上部的水管中沿板淋下；还有一种透明水幕或叫水帘，是用一个曲边水槽，槽内灌满水后，水沿曲边泻下成一片瀑布。这些设备都是装置在发热体的外围，发热体散发的热，被这些设备中的水所吸走了。水幕、水屏对表面温度不太高的发热体很适用，如玻璃熔炉和锻工加热炉等，而且因为材料