



— 衛生普及小叢書 —

工厂防暑降温

父家豪 編著

上海衛生出版社



一、高温和热对人体的影响

正常人体的体温，一般是恒定的；中枢神经的体温调节中枢，在人体产热量和散热量的平衡上起了主导作用。

调节体温的散热作用，有传导、对流、辐射和蒸发等方式。

当环境的空气温度（简称气温）低于人体皮肤温度时，人体的散热，主要是依靠传导、对流和辐射三种方式进行的；但当气温超过 32°C 时，则主要依靠蒸发的方式来散热。所以气温是影响体温调节的一个外界因素。

当气温比人体皮肤温度低时，两者的温度差别称为温差，温差可以引起对流作用，使新鲜的冷空气不断地流向人体。在这样的情况下，若环境空气再加流动，就会增强人体的散热。此外，一般流动的空气中的水蒸气的绝对含量，要比贴近人体的空气层中的要少些，这就能使以蒸发方式的散热性增强。当气温与皮肤温度之间的差别很小时，温差不足以产生对流作用，同时传导和辐射方式的散热也显著减少，如果正当强度的体力劳动时，主要是靠蒸发的方式来散热；因此，空气流动的意义更为重要。

当气温高于皮肤温度时，那么，空气的流动反而会使身体增加热的感觉；可是，温度高的空气通常它的湿度较小，能容纳大量水蒸气，也就是说，能使蒸发方式的散热容易进行。因而，空气的流动也是影响体温调节的因素之一。

在以出汗蒸发作为人体主要散热方式的时候，假如环境空气中已含有相当多的水蒸气，即空气湿度已相当高时，周围空气就不能容纳人体所蒸发出来的水份，以致人体散热将受到影响，使人觉得很不舒服。因此，空气的湿度也是影响体温

調節的一个因素。

此外，人的周圍環境中若有灼熱的物體，也會直接散熱給人體，這種熱叫輻射熱，同樣是影響人體體溫調節的外界因素。

綜上所述，氣溫、濕度、空氣流動、輻射熱都是影響人體體溫調節的重要因素，這幾個因素所形成的環境情況，稱為氣象條件。氣象條件對人體體溫和其他一系列的生理作用，起着極大的影響，而其中尤以氣溫和輻射熱為最重要。

氣溫過高，特別當在劇烈的體力勞動和遭受輻射熱時，會對心臟血管系統、呼吸、人體的水和鹽份的平衡以至於體溫起激烈的影響；工作越緊張，所起的变化越快。例如用手工方式清除鍋爐時，由於工作緊張，同時又受到較強的輻射熱，使脈搏和呼吸都要加快至一倍以上，血壓降低，體溫在工作4½小時以後，要上升到38—39°以上。

和心臟血管系統有所变化的同時，又由於大量的出汗而損失大量水份，這種水份損失有時在每班工作中，可達5—8升以上。水份喪失的結果，使人體缺水，血液變稠；血液變稠以後，轉過來又要增加心臟的負擔，影響正常的血液循環，以及組織和器官的營養。因此人體喪失大量水份，是一個極其不利的因素；而且和水同時失去的，還有大量鹽類（主要是食鹽）的消失，將會嚴重的影響健康。

假如汗水里平均含有氯化物0.5—0.6%，則人在工作時間內每出汗5—10升，所引起的食鹽損失，可以達到20—25克。

有人認為：當血漿損失大量食鹽時，血液便會失掉含蓄水份的能力，使人所飲用的液體很快地便被排泄掉，因此，這時候即使喝下大量的水分，也只能短時止渴，而不能把這些水

份保持在身体里面。出汗不但会损失喝下去的水，連人体中各組織里的水也会损失，因而使人体重減輕，这些体重減輕，在每班工作中可以达到 1.5—2 公斤以上，但在第二天上班以前，一般也就恢复。

大量出汗以后，尿量就显著减少，鹽的代謝也发生紊乱，并影响到胃液分泌。

在高温和輻射热的長時間作用下，特别是空气的相对湿度高，而且空气不流动时，尽管人体所有一切体温調節的機構都极其緊張地工作，但超过了生理的可能限度时，人体就放散不尽多余的热，而陷于所謂“过热状态”。

过热症

在高温环境下工作，假使人体的体温調節受到障碍，就会发生一系列的症狀；这就是通称的“中暑”，也叫做“过热症”。在临床上，“过热症”可分为以下二种类型：

1. 純粹的体温过高——热射病；2. 热痙攣。

輕症的热射病患者自觉头疼、全身軟弱、背腿疼痛，常常还有噁心和嘔吐；他觉症狀为头部充血、体温升高、呼吸和脉搏加快、大汗淋漓。重症时，患者可能突然意識丧失、面色蒼白或发紺、脉微而頻数、体温升高，这就是所謂热射病。

重症的热痙攣时，上下肢的肌肉群都呈强直性抽搐，有时腹肌和横膈膜也如此。輕症的体温一般并不升高，而重症的体温甚至降至常温以下。人体过热时发生痙攣的机理，迄未完全查明，大多数研究者認為是血液和組織里缺少氯化鈉的緣故。

高温和热对人的危害是严重的。上海某鋼厂，曾在一日之内发生了輕重不同的热射病患者达 26 名之多，不但工人身体遭受了痛苦，停工休息，还妨碍了生产。因此，为了防止高

溫和熱所引起的疾病，做好防暑降溫工作是極其重要而不容忽視的。

二、高溫和熱的來源

工廠中高溫和熱的來源，或者說造成工廠中高溫和熱的原因，主要有下列各方面。

(一) **熱加工的發熱設備** 凡是進行熱加工的工廠，都有發熱的設備，例如重工業方面的化鐵爐，煉鋼的平爐（馬丁爐）、轉爐、電爐，熔銅的鼓風爐、沖天爐、坩鍋，以及金屬壓延時用的加熱爐、退火爐等；輕工業方面如制玻璃的熔爐，制搪瓷的瓷爐，和烤面包餅干的焙爐等。這些爐子的爐內溫度高達攝氏一千數百度至數百度不等，不但開爐門時有大量的熱散到車間環境中去，就是它們的爐壁溫度，有的也能達到攝氏二、三百度。這樣就經常不斷的散出熱來。此外還有象印染廠中的煮缸、烘布滾筒，在生產過程中不但發散高熱，並且還散發着水蒸氣，使車間濕度也增高，造成不良的氣象條件。至于一般的水汀鍋爐、蒸汽管道等，因為它們的表面面積很大，所以發散的熱量也很多。

(二) **灼熱的原料、半制品和成品** 在工業生產過程中，有許多原料、半制品或成品，都是熔融狀態或熾熱的。如翻砂澆鑄時的鐵水、鋼水和銅水，壓延和鍛造時的鋼鉄坯，剛澆鑄和壓延完畢的鋼鉄成品，正在吹制或成型的玻璃，才退火後的玻璃制品，甚至焙制成的面包餅干等等，它們的溫度都很高，有的甚至在攝氏一千度以上，這些灼熱物品，散發着強烈的輻射熱，并使車間里的溫度不斷地升高。

(三) **機器和馬達所產生的熱** 各種馬達和機器在運轉

时,都能产生热,这些热量当然散播在車間内,因此車間气温就增高。在机器設備較多的車間里,如机器厂中的零件加工車間,以及紡織厂中的紡紗和織布車間,这些由于馬达和机器运转所产生的热也是造成車間高温的一部分原因。

(四) 生产过程中的其他热源 如化学工业中的化学反应热,象氢气和氯气合成鹽酸,合成硝酸时氨的氧化成为氧化氮等,都散发着大量热。

(五) 太阳辐射热 在夏天,太阳的辐射热非常强烈,而照射的时间又長,通过屋頂和窗戶傳入車間,因之也能使車間气温显著升高。尤其是那些厂房建筑質量很差的,如屋頂材料是用易傳热的鉄皮筑成的,那更能使太阳辐射热很快地傳入車間,以致造成高温情况。

(六) 人体散发的热量 前面講过,人要經常散热以保持体温的恒定,所以人体也是一个热源。体力劳动强度愈大,所散发的热量也愈多,在人多而生产場所狹小的情况下,人体的散热量可以成为車間中的重要热源。这在一些輕工业工厂里是較为常見的現象。在重工业工厂里,一般因为車間較高大,而另有主要热源,相形之下,人体所散发的热量也就不足道了。

以上所述的高温和热的来源,能造成对人不利的气象条件,而外界的大气条件(气候的变动)也起着重要的作用。

三、防暑降温方法之(一)——隔热

我們办事一定是首先掌握情况,弄清根源,然后针对事实提出具体措施,这样才会把事办好。正如医生治病,第一步必然是充分了解病情,确切診斷,然后对症下药,才能药到病除。

防暑降温的工作也是如此,不能例外。

譬如在夏天,朝西門窗处一定比其他地方热。为什么呢?大家都知道这是由于太阳西晒時間長的緣故。于是要消除或减低朝西門窗处的热,应该用什么办法呢?大家一定立刻会想到用竹帘来遮擋太阳光,以隔絕热源。这是日常生活中的經驗,道理淺显,誰都明白。同样,工厂車間內的防暑降温,并没有什么奥妙,也是首先针对热的来源,进行隔热措施,不使热散到工作地带。这是最基本的办法,也是防暑降温中必須首先考虑采用的方法。

隔热降温的方法很多,但大致不外乎以下三个原則:

(1) 用导热性低的物質,涂抹热源表面,阻止热散发出来;

(2) 在热源外圍,用各种設備遮擋住热,不使热傳到工人操作地带,并尽可能的把这些热誘导出去;

(3) 利用水来吸走热。

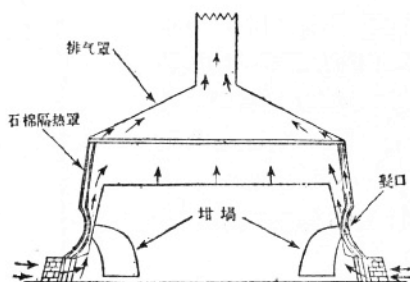
现在將几种常用的方法作一介紹:

(一)爐子的隔热 工厂里各种各样的爐子很多,前面已經談过的有煉鋼爐、鼓风爐、玻璃熔爐、搪瓷爐、烘鋼爐、退火爐等等,这些爐子的爐壁和爐門都散发出大量的热,对于这些爐子通常用下列的隔热方法,阻擋热的散发。

1. 石棉隔热罩。靠近爐壁的外圍,裝置一层或双层的石棉板,把爐子罩起来;象玻璃熔爐的双层石棉隔热罩(见图1),即在熔爐的四周用兩层中間隔开約二厘米的厚石棉板,类似城牆式的圍起来。板中央有凹进的圓孔,使露出熔爐的鬚口,以便挑玻璃。这样,遮擋了爐壁的大量輻射热,而石棉板上部接有排气罩,使兩层石棉板中間的热空气上升,从排气罩排出去,冷空气則由石棉板底脚的空框中进去,使冷热空气形成不



(1)



(2)

图1 双层石棉隔热罩

(1) 外形 (2) 剖视示意

断的对流。如此罩内的热空气能够及时的排出，并且由于冷空气不断经过两层石棉的当中，石棉板也就不会变得很热，同时，由于空气导热性低，隔层的空气，也起了隔热作用。

这种隔热方法，不仅适用于玻璃熔炉，其他的热炉子都能适用。不过在玻璃熔炉作业方面，因时常要换装，石棉板必须时常装卸，故感累赘不便。但如不需要时常装卸的话，那么这种隔热设备还是效果好而实用的。在装置这种隔热设备时，必须注意炉壁与石棉板之间一定要留2—3厘米的间隔，熔炉上面最好装排气罩。玻璃熔炉装置了双层石棉隔热罩以后，炉

壁輻射出來的平均輻射熱量* 根據距熔爐 1.2 公尺工作地帶的測定，自 $2.163 \text{ 卡/厘米}^2/\text{分}$ 降至 $1.06 \text{ 卡/厘米}^2/\text{分}$ 。

2. 水箱或水幕吸熱。這是用水來吸走爐壁爐口熱的方法。有一種常用的循環水箱（見圖 2），即用薄鐵板（或厚鐵皮）制成中空的扁箱，水自下而上循環進出，熱被水吸走而達到降溫的目的。象在煉鋼的平爐上，一般都採用。根據某爐爐前一公尺處的測定，平均輻射熱自 3.65 降至 1.95 （卡/厘米²/分）。

再如某些鍛工車間的加熱爐或玻璃熔爐，在接近爐壁四周裝置淋水鐵板或稱鐵皮走水幕（見圖 3），即在一塊鐵板上面安

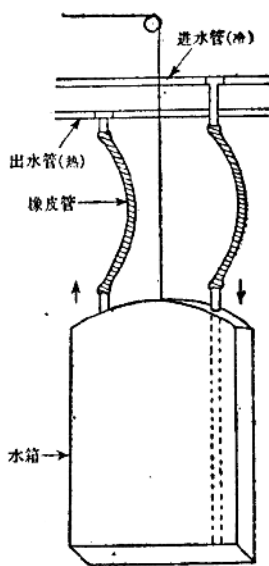


圖 2 爐口循環水箱

設水管，水沿鐵皮徐徐淋下形成薄水幕以吸熱。某玻璃廠的玻璃熔爐，裝置這種設備後，平均輻射熱可自 $2.0 \text{ 卡/厘米}^2/\text{分}$ 降至 $1.2 \text{ 卡/厘米}^2/\text{分}$ 左右，這種用水

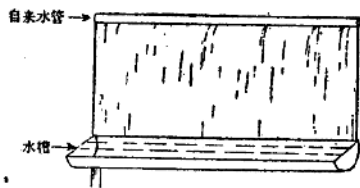


圖 3 淋水鐵板（鐵皮走水幕）

* 平均輻射熱量是一種表示輻射熱量的方法，也稱平均輻射熱強度。一般以每分鐘每平方厘米面積上有多少卡熱作為計量單位，故寫成卡/厘米²/分。請再參看附录平均輻射熱的測定。

隔热方法效果很好，不过鉄板易生銹，使用年限不長。

近年来有些工厂的职工創造了一种亞麻布走水隔热設備，效果既好，費用也省。作者曾見到一玻璃厂的熔爐上采用着。它的構造很簡單（見图4），在靠近爐壁間隔10—20厘米距离处，用扁鉄按照爐壁形狀制成挂布架，架上端裝有1.25厘米直径的白鉄进水管，管下側面每間距一厘米鑽有1.8毫米直径的出

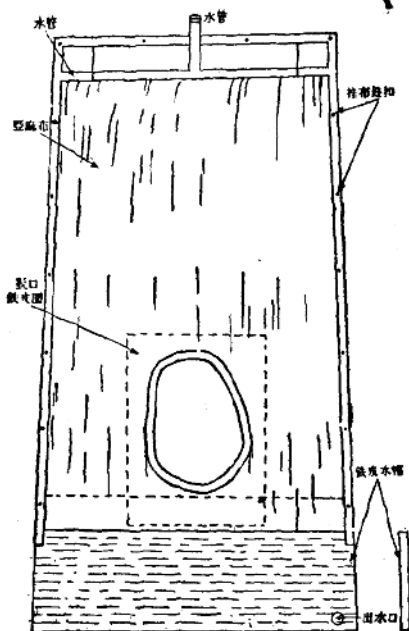


图4 麻布走水隔热罩

水眼数十个。进水管的管端置有閘門凡而，以調节水量。架下端焊接一个鉄皮水槽以供出水，架頂也有排气罩。用时先將麻布（用其他質較堅的布如洋碱袋布等也可）打湿，然后挂置架上，开启进水管，使水沿布緩緩均匀的流下。爐壁所散的热，射至幕壁处，經走水幕的吸热及阻擋，就不至散发到作业帶，其余爐壁热又由于走水幕下端留有通空气的空框，冷空气能从空框进去，故幕內侧的热空气被驅逐經幕頂排气罩排出車間。这种麻布走水隔热設備的效果，根据裝在玻璃熔爐上后的測定，平均輻射热自2.0卡/厘米²/分，降至1卡/厘米²/分。

在使用麻布走水幕时，必須注意幕后面不可碰到任何东西，麻布必須注意清洁，否则会造成滴水。同时麻布必須經常保持湿润，在断水时，应及时取下麻布，以免燒焦。这种麻布走水隔热罩裝置費、檢修費以及經常維持費都很省；根据使用的玻璃厂的核算結果，它和双层石棉隔热罩以及淋水鉄板的比較是这样的：石棉罩的裝置費用为每平方公尺 180 元，淋水鉄板为 36 元，而麻布走水隔热罩为 29 元；檢修費用以每年每平方公尺計算，石棉罩为 14 元，淋水鉄板为 3.5 元，麻布走水隔热罩为 4.3 元；但鉄板寿命至多用三年，即需全部換过，同时在目前大力提倡節約金屬原材料当中，我們應該多節約些銅鉄。如果把經常的自来水費和裝置 檢修等費用 合并計算，麻布走水隔热罩还是比較便宜。而且石棉罩的裝置費也实在太大了。这种麻布走水隔热罩不仅适用于玻璃熔爐，其他类似爐灶也可以应用，由于它的經費省，且降溫效果和双层石棉罩相同，故值得推广。

3. 爐口隔热透明水幕。爐子不仅是爐壁散热，即开启的

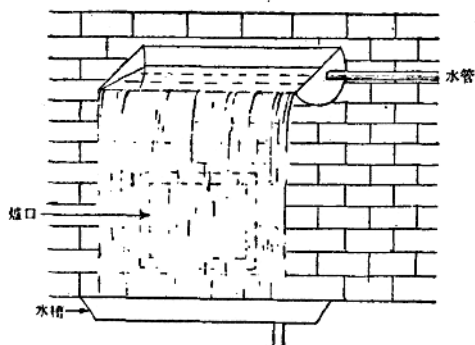


图5 透明水幕

爐口也 散热，尤其是常开的爐口，如烘鋼爐的加煤口、撥鋼口等散热更多。这种爐口的隔热，可使用透明水幕。所謂透明水幕，它的裝置很簡單，即

在爐口上端安裝一個曲邊的水槽，水自進水管注滿水槽後沿曲邊均勻地流下，形成一薄薄的水幕（見圖5）。爐口所輻射出來的熱被水吸收，並被阻擋，這種水幕在一般條件下常用於無料進出的爐口，或進出的料是不忌水的場合。如上面所談到

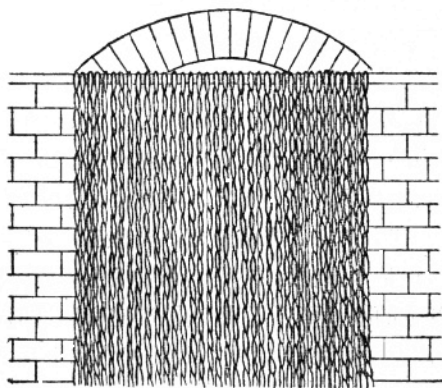


圖6 爐口石棉繩帘

的撥鋼口和加煤口。透明水幕的隔熱效果很好。某廠烘鋼爐撥鋼口裝上這種設備後，根據測定，爐前平均輻射熱自 2.74 卡/厘米²/分降至 1.31 卡/厘米²/分。

4. 石棉繩帘遮熱幕。有些經常開啟的爐口，若有料進出，而料又是忌水的，那麼可以裝置石棉繩帘，或軟的鎖鏈狀遮熱幕，也有一定的效果（見圖6和7）。

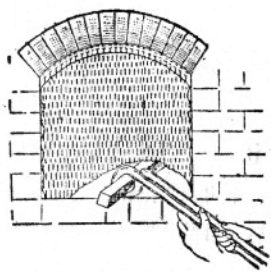


圖7 軟鎖鏈狀遮熱幕

（二）缸罐熱表面、蒸氣管

以及烟道等的隔热

1. 缸、罐热表面或蒸气管的隔热，可用石棉泥一类导热性低的材料来涂抹包裹，效果很好。这样不但有益于降温，也保持了生产所需要热量。涂抹这些热表面的材料质量要好，即导热性低的物质如镁锈石棉、轻质石棉等，若质量差的材料涂抹很厚，不但不能隔热反会增加散热。

2. 有些装置在车间内的炉灶，往往要在车间内铺设一段烟道，接到室外的烟囱去排烟通风。这些烟道也是很热的，同样是车间中的一个重要热源，必须防止它把热散到车间中去，和造成车间的高温。同时工人若常常经过烟道或须站在它的上面工作，还会灼伤工人的足部。有些工厂的工人穿木拖鞋来防灼伤，但是木拖鞋行走不便，容易发生事故，所以烟道必须隔热。烟道的隔热可以用砖头叠成“空心墙”，即在烟道上隔一定的距离叠上两块砖，再用一块砖横铺在上面，“空心墙”上还可以用煤渣之类材料厚厚的铺上一层，然后再将表面铺平（见图8）。这样，因砖传热较慢而又加上砖与砖之间以及煤渣

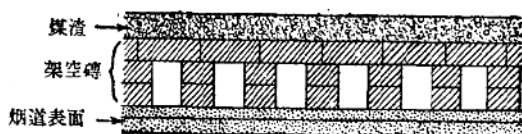


图8 烟道表面隔热

中的空气层，就起了很好的隔热作用。根据已有的材料证明，一般烟道原来表面的温度有 $100-200^{\circ}\text{C}$ ，经过这样装置以后，可降到 $30-40^{\circ}\text{C}$ 。在安设这种隔热装置时，当然要考虑烟道的负荷是否胜任。

（三）开放性火焰和水蒸气的隔热排热

1. 有些煅工車間的開放式加熱爐，散發大量的熱和煙，可以用附有排氣管而能上下移動的排氣罩，罩四周可懸掛些石棉繩帘，這樣爐灶所產生的熱和煙被阻擋，不會四散，就從排氣罩中排出車間外（見圖 9）。

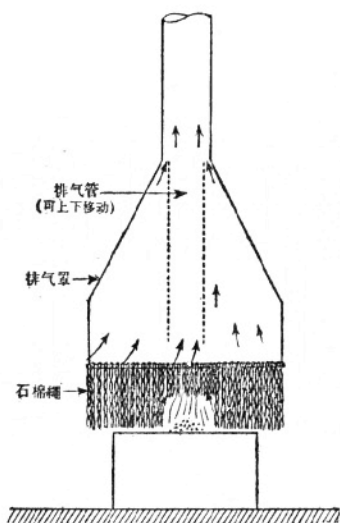


圖 9 煅工加熱爐上附有上下移動排氣管的排氣罩(示意圖)

2. 印染車間烘筒干燥機等，經常產生大量的熱和熱的水蒸氣，造成車間的高溫高濕，使人感到非常不舒服，這時可用木板等材料罩起來，上接排氣管使熱、濕排出車間（見圖 10）。

（四）馬達的隔熱排熱 馬達在運轉時，也能產生很多的熱（在熱加工的車間，另有其他大量熱源時，馬達所發生的熱就顯得比較小，可以忽略不計），所以應該把馬達罩起來，再用通風的方法將熱抽出去（見圖 11）。

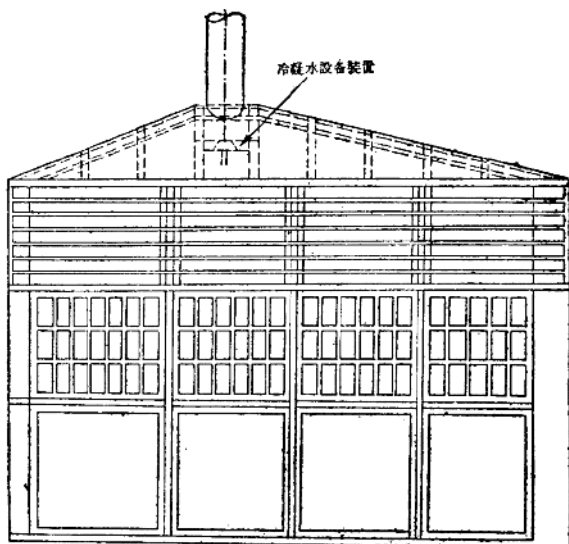


图 10 烘筒干燥机的隔热排气装置

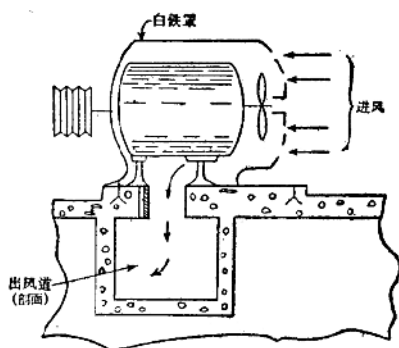


图 11 马达隔热排气罩(示意图)

(五) 隔絕太陽輻射熱 有些工廠的建築較差,往往由於太陽的輻射,通過屋頂傳熱,造成車間高溫。在這種情況下,可採取下列隔熱措施。

1. 假使屋頂是平的,那麼可以在它的上面,鋪上煤渣一類的材料,或設法經常放上一層水來進行隔熱;不過,這樣做必須要考慮屋頂的負荷力;同時水層日久可能侵蝕損壞建築物,故採用時需事先研究。此外可以用各種噴水器如淋水管式和扁担型旋轉噴水器等裝置,將屋面經常打濕,利用水的吸熱和蒸發方式來隔熱(見圖 12、13)。



圖 12 淋水管式屋頂噴水隔熱

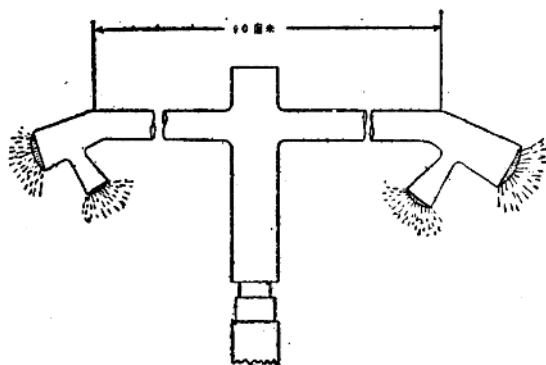


圖 13 扁担型旋轉噴水器

2. 屋外搭气楼式的凉棚，也能隔绝太阳辐射热（见图14），不过每年装拆费用较大，且在城市中建筑物稠密地区，还必须考虑到消防安全问题。



图14 气楼式凉棚

（六）移除热源 某些熾热的成品，如澆好的鋼錠、軋成的鋼材、鑄完的鋼鐵機件，均能散发大量的热，并使車間温度升高。这些散热成品应尽可能的及时运出車間，也是一种防暑降温的重要措施。

四、防暑降温方法之(二)——自然通风

降温首先应该控制热的来源，进行隔热措施，不让热散到工人操作地带，这是降温的最基本的办法。但是有些高温热源虽經隔绝，然而还不能完全控制所有热不散到工人操作地带去。例如玻璃熔爐采用了双层石棉隔热罩，以及麻布走水隔热罩等，虽然爐壁的热被阻隔且排除了，使車間辐射热和气温降低了很多，但經常开启的鑿口，还有部分热辐射出来；又如澆鋼錠、澆鑄件等操作，熔融的鋼水和鉄水散发大量