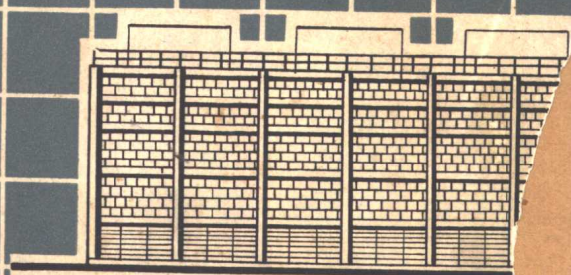


中小型冷却塔通用设计编制组编

# 中小型冷却塔 设计与计算



有色冶金设计

# 內 容 提 要

本书叙述了机械通风冷却塔和开放式冷却塔设计中的有关问题，其中主要包括塔型的选择与布置、工艺结构、空气动力计算、热力计算的理论基础和方法、配水系统的水力计算、冷却塔水量损失的计算、通用设计的选用和技术经济指标等内容。为了便于全面地掌握冷却塔的知識，还概略地介绍了冷却塔的施工，维护和热力试验方法。本书可供有关冷却塔的设计、施工和生产管理人员参考。

# 序 言

在我国社会主义工业建設中，供水問題是建設現代化工业企业必須解决的重要問題之一。在巨量的工业用水中，多半是用于冷却，即供生产設備散熱之用。为了節約建設投資、降低生产成本以及正确地处理农业和工业用水的矛盾，因此在冶金、化工、石油、机械、电力及建筑等工业部門的企业中，通常采用各种类型的冷却构筑物（如冷却塔、噴水冷却池及冷却湖等）来冷却生产废水，以便使水循环使用。

实践証明，冷却塔是一种效率高且經濟的冷却构筑物，而在各种型式的冷却塔中，机械通风冷却塔是目前比較完善的一种型式，因而采用較为广泛。

建国十六年来，在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，随着工业建設的飞速发展，国内已經兴建了数以千計的各种型式的冷却塔，在冷却塔的設計、施工和維護管理方面也积累了不少的經驗。为了适应新的建設高潮的需要，我組根据几年来的实际考察材料并吸取了国内有关的研究、設計、建設和生产单位的經驗和国外有关新成果，編写出这本“冷却塔的設計”，以供从事冷却塔的設計、施工和生产管理人員参考。

由于我組业务范围的限制，因而在这本书中仅介紹了机械通风冷却塔和开放式冷却塔两种类型，对于自然通风塔式冷却塔設計的有关材料沒有列入。

限于我們的水平和經驗，再加編写時間仓促，本书中一定有許多不妥和錯誤之处，恳請讀者指正。

中小型冷却塔通用設計編制組  
于 1965 年 7 月

## 主要符号及其单位

- $C_{\text{в.л}}$ ——湿空气的比热, 千卡/公斤·°C。  
 $C_{\text{в}}$ ——干空气的比热, 千卡/公斤·°C。  
 $C_{\text{н}}$ ——水蒸汽的比热, 千卡/公斤·°C。  
 $C_{\text{ж}}$ ——水的比热, 千卡/公斤·°C。  
 $\gamma$ ——水的汽化热, 千卡/公斤。  
 $\gamma_0$ ——温度为 0°C 时水的汽化热, 千卡/公斤。  
 $i_{\text{в}}$ ——干空气的焓, 千卡/公斤。  
 $i_{\text{н}}$ ——水蒸汽的焓, 千卡/公斤。  
 $i_{\text{в.л}}$ ——湿空气的焓, 千卡/公斤。  
 $i_1, i_2$ ——进入和排出冷却塔空气的焓, 千卡/公斤。  
 $i''_1, i''_2$ ——水温  $t_1$  和  $t_2$  时的饱和空气焓, 千卡/公斤。  
 $i''_m$ ——平均水温  $t_{cp}$  时的饱和空气焓, 千卡/公斤。  
 $\gamma_{\text{в}}$ ——干空气的比重, 公斤/米<sup>3</sup>。  
 $\gamma_{\text{н}}$ ——水蒸汽的比重, 公斤/米<sup>3</sup>。  
 $\gamma_{\text{в.л}}$ ——湿空气的比重, 公斤/米<sup>3</sup>。  
 $T$ ——绝对温度, °K。  
 $\vartheta$ ——空气温度(或称空气的干球温度), °C。  
 $\tau$ ——空气的湿球温度, °C。  
 $\vartheta_1, \tau_1$ ——进入冷却塔空气的干球和湿球温度, °C。  
 $\vartheta_2, \tau_2$ ——排出冷却塔空气的干球和湿球温度, °C。  
 $t_1, t_2$ ——进入和排出冷却塔的水温, °C。  
 $\Delta t = t_1 - t_2$ ——水温差(亦称冷却幅宽), °C。  
 $t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2}$ ——平均水温, °C。  
 $P_{\text{в}}$ ——干空气的分压力, 大气压或毫米汞柱。  
 $P_{\text{н}}$ ——水蒸汽的分压力, 大气压或毫米汞柱。  
 $P_0$ ——湿空气的总压力(大气压), 大气压或毫米汞柱。  
 $P''_1, P''_2$ ——水温  $t_1$  和  $t_2$  时的饱和空气的水蒸汽分压力, 大气压。  
 $P''_m$ ——平均水温  $t_{cp}$  时的饱和水蒸汽分压力, 大气压。  
 $P_1, P_2$ ——进入和排出冷却塔空气的水蒸汽分压力, 大气压。  
 $\varphi_1, \varphi_2$ ——进入和排出冷却塔空气的相对湿度, %。  
 $x_1, x_2$ ——进入和排出冷却塔空气的含湿量, 公斤/公斤。  
 $x''_1, x''_2$ ——水温  $t_1$  和  $t_2$  时的饱和空气的含湿量, 公斤/公斤。

$R_B$ ——干空气的气体常数, 公斤·米/公斤·°C。

$R_n$ ——湿空气的气体常数, 公斤·米/公斤·°C。

$G_{\text{总}}$ ——冷却总水量或称水力负荷, 公斤/时或米<sup>3</sup>/时。

$G'_{\text{格}}$ ——一格冷却塔的冷却水量, 公斤/时或米<sup>3</sup>/时。

$q_{\text{淋}}$ ——淋水密度, 米<sup>3</sup>/米<sup>2</sup>·时。

$g_{\text{淋}}$ ——淋水密度, 公斤/米<sup>2</sup>·秒或公斤/米·秒。

$q_u$ ——单位时间内从单位面积上蒸发的水量, 公斤/米<sup>2</sup>·时。

$G_u$ ——单位时间内蒸发的总水量, 公斤/时。

$G_B$ ——总空气量, 公斤/时。

$G'_B$ ——进入一格冷却塔的空气量, 公斤/时。

$g_B$ ——空气重量速度, 公斤/米<sup>2</sup>·秒。

$W_B$ ——淋水装置整个断面上的空气速度, 米/秒。

$\alpha$ ——传热系数, 千卡/米<sup>2</sup>·时·°C。

$\alpha_v$ ——容积传热系数, 千卡/米<sup>3</sup>·时。

$\beta_p$ ——分压力差的蒸发散质系数, 公斤/米<sup>2</sup>·时·大气压。

$\beta_{pv}$ ——分压力差的容积散质系数, 公斤/米<sup>3</sup>·时·大气压。

$\beta_x$ ——含湿量差的蒸发散质系数, 公斤/米<sup>2</sup>·时(公斤/公斤)。

$\beta_{xv}$ ——含湿量差的容积散质系数, 公斤/米<sup>3</sup>·时(公斤/公斤)。

$A, m, n$ ——常数, 取决于淋水装置的形式和尺寸。

$V$ ——淋水装置的总有效容积, 米<sup>3</sup>。

$V'$ ——一格冷却塔淋水装置的有效容积, 米<sup>3</sup>。

$F$ ——总冷却表面积, 米<sup>2</sup>。

$F'$ ——一格冷却塔的冷却表面积, 米<sup>2</sup>。

$F_{cp}$ ——一格冷却塔的淋水装置有效断面面积, 米<sup>2</sup>。

$Z$ ——淋水装置有效高度, 米。

$N$ ——冷却塔格数。

$\lambda$ ——空气和水的流量比或称空气相对耗量, 公斤/公斤。

$K$ ——蒸发水量带走热量的系数。

$t_2 - t_1$ ——冷却幅高, °C。

$\Omega = \int_{t_2}^{t_1} \frac{dt}{i'' - i}$ ——以温度进行积分的交换数。

$\Omega' = \int_{i_2}^{i_1} \frac{di}{i'' - i}$ ——以焓进行积分的交换数。

$H$ ——冷却塔中的空气动力阻力, 公斤/米<sup>2</sup>或毫米水柱。

$\zeta$ ——空气动力阻力系数。

# 目 录

序言	1
主要符号及其单位	3
第一章 冷却塔的分类、型式选择与布置	1
§ 1. 冷却塔的分类	1
§ 2. 冷却塔型式的选择	1
§ 3. 冷却塔在工业場地上的布置	4
第二章 冷却塔的工艺結構	6
§ 1. 概述	6
§ 2. 淋水装置	6
§ 3. 配水系統	21
§ 4. 通风設備	33
§ 5. 空气分配装置	38
§ 6. 通风筒	41
§ 7. 收水器	42
§ 8. 集水池	43
第三章 冷却塔热力計算的理論基础	45
§ 1. 冷却塔內水的冷却原理	45
§ 2. 湿空气的性质	47
§ 3. 传热量与蒸发量	49
§ 4. 蒸发散质系数的实验資料	51
§ 5. 冷却的理論限度及冷却塔的效率系数	66
第四章 机械通风冷却塔的空气动力計算	68
§ 1. 空气动力計算的任务	68
§ 2. 空气动力阻力的近似計算法	68
§ 3. 空气动力阻力的計算例題	75
第五章 冷却塔热力計算所需的原始資料	78
§ 1. 計算用的原始資料	78
§ 2. 气象参数的选择	78
第六章 机械通风冷却塔的热力計算	85
§ 1. 理論导引	85
§ 2. 平均压差法	88
§ 3. 分段积分法	94

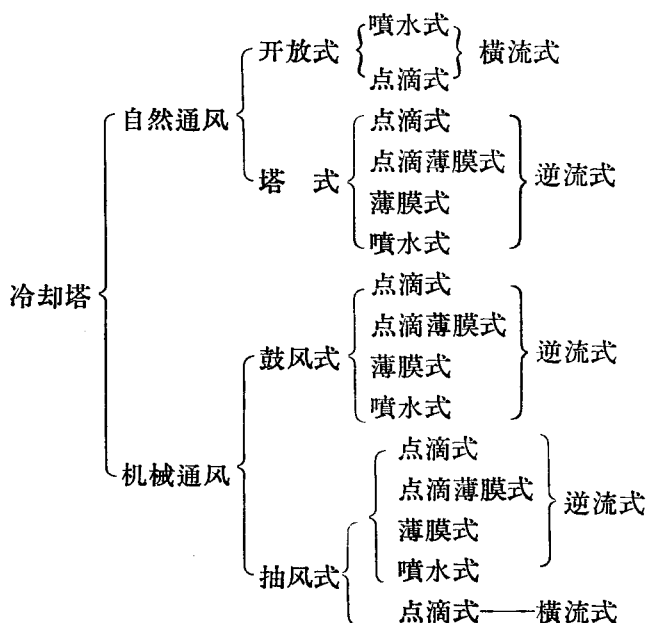
§ 4. 焓差法 .....	98
§ 5. 平均焓差法的簡化計算 .....	116
§ 6. 橫流式冷却塔的热力計算特点 .....	132
§ 7. 經驗公式和热力特性曲綫 .....	137
§ 8. 冷却塔淋水装置基本尺寸的确定 .....	142
§ 9. 湿热空气迴流对冷却效果的影响 .....	144
<b>第七章 开放式冷却塔的热力計算 .....</b>	<b>147</b>
§ 1. 开放噴水式冷却塔的热力計算 .....	147
§ 2. 开放点滴式冷却塔的热力計算 (第一种計算法) .....	148
§ 3. 开放点滴式冷却塔的热力計算 (第二种計算法) .....	148
<b>第八章 配水系統的水力計算及冷却塔的水量損失計算 .....</b>	<b>152</b>
§ 1. 管式配水系統 .....	152
§ 2. 槽式配水系統 .....	154
§ 3. 水量損失計算 .....	156
<b>第九章 中小型冷却塔通用設計 .....</b>	<b>157</b>
§ 1. 一般介紹 .....	157
§ 2. 各型冷却塔通用設計的主要材料消耗指标 .....	169
§ 3. 冷却塔的折旧費、經營費及造价 .....	173
<b>第十章 冷却塔的施工、維護和試驗 .....</b>	<b>176</b>
§ 1. 有关冷却塔施工的几个问题 .....	176
§ 2. 冷却塔的維護管理 .....	177
§ 3. 冷却塔的試驗 .....	180
<b>附录 1 普兰特管的制造、安装和使用方法</b>	
<b>附录 2 节流孔板的制造、选用和安装方法</b>	
<b>附录 3 国产石棉水泥板規格和质量指标</b>	
<b>附录 4 水的物理常数</b>	
<b>附录 5 干空气物理常数 (当压力为 1 絕對大气压时)</b>	
<b>附录 6 空气相对湿度換算表</b>	
<b>附录 7 大气压力換算表</b>	
<b>附录 8 饱和水蒸汽压力表 (大气压)</b>	
<b>附录 9 湿空气比重計算图表 (大气压力 <math>P_0=745</math> 毫米水柱)</b>	
<b>附录 10 空气含热量图表 (<math>\vartheta=10-75^{\circ}\text{C}</math>)</b>	
<b>附录 11 空气含湿量曲綫图表 (大气压力 <math>P_0=745</math> 毫米水柱)</b>	
<b>附录 12 空气相对湿度計算图表 (大气压力 <math>P_0=745</math> 毫米水柱)</b>	
<b>附录 13 国外冷却塔結構的簡單介紹</b>	

### 主要参考文献

# 第一章 冷却塔的分类、型式选择与布置

## § 1. 冷却塔的分类

1. 按通风方式分类：有自然通风和机械通风（亦称强制通风）两类。
  2. 按淋水装置或配水系统（无淋水装置时）将水喷淋成的冷却表面形式分类：有点滴式、点滴薄膜式、薄膜式和喷水式四类。
  3. 按水和空气流动的方向分类：有逆流式和横流（直交）式两类。
- 现将上述各类归纳如下：



各种类型冷却塔的示意图见图 1-1。

## § 2. 冷却塔型式的选择

在选择冷却塔的型式时，必须结合年内各季节中热负荷和水负荷的变化、工艺设备所允许的冷却水温和对冷却水温的稳定性所要求的严格程度、冷却塔所在地区的气象条件、工程地质条件以及冷却塔附近的建筑物性质等因素来考虑。下面分别叙述各种型式冷却塔的大致适用条件：

1. 开放式冷却塔



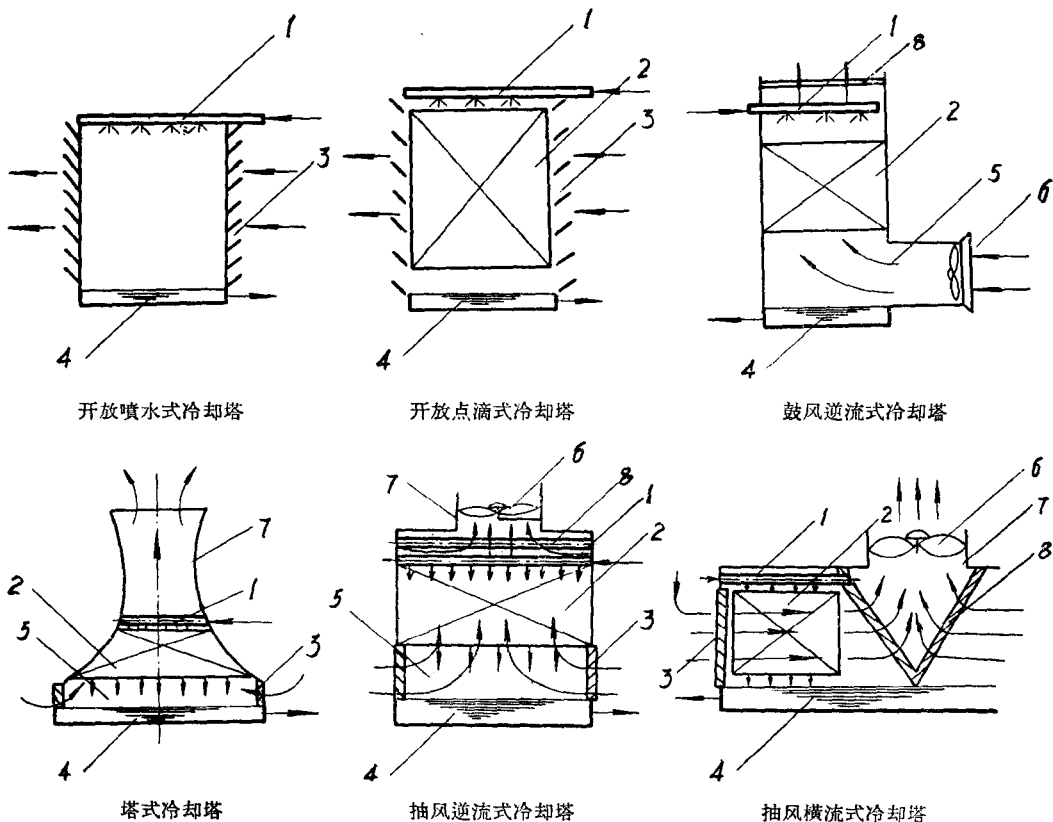


图 1-1 各种类型冷却塔示意图

1. 配水系统 2. 淋水装置 3. 百叶窗 4. 集水池  
5. 空气分配区 6. 风机 7. 风筒 8. 收水器

在开放噴水式冷却塔中，水的冷却条件与噴水冷却池相似，它的冷却效果主要取决于风力和风向，一般在下列条件下才采用：

- (1) 气候較干燥，具有稳定和較大之风速；
- (2) 建筑場地开闊；
- (3) 冷却水量較小，一般小于  $100 \text{ 米}^3/\text{时}$ ；
- (4) 工艺生产对冷却后的水温及其稳定性要求不很严格，水温差  $\Delta t < 5-10^\circ\text{C}$ ；
- (5) 冷却幅高  $t_2 - \tau_1$  应大于水温差  $\Delta t$ 。

由于开放点滴式冷却塔中有淋水装置，因而具有較高的冷却能力，冷却水量可在  $500 \text{ 米}^3/\text{时}$  以下，水温差  $\Delta t < 10-15^\circ\text{C}$ ，冷却幅高可以比开放噴水式小些。但是这种型式的冷却塔与开放噴水式一样，冷却效果主要取决于风力和风向，因此在选择时，其他条件应和开放噴水式相同。

开放噴水式冷却塔淋水密度一般可采用  $1.5-3 \text{ 米}^3/\text{米}^2 \cdot \text{时}$ ，开放点滴式冷却塔淋水密度一般采用  $2-4 \text{ 米}^3/\text{米}^2 \cdot \text{时}$ ，較低值适用于气温高和风速小的地区。

## 2. 塔式冷却塔

水的冷却是利用塔内外空气的比重差所造成的通风抽力来完成的，效果較为稳定。塔内外空气比重差愈小，則通风抽力愈小，对水的冷却不利，因而在高温、高湿和低气压地

区和水温差较小时不宜采用。通常在水温差大于6—7°C、冷却幅高大于7—10°C和空气的湿球温度小于22°C的条件下采用较为经济。塔式冷却塔的淋水密度一般可采用：

喷水式 $\leq 4$ 米<sup>3</sup>/米<sup>2</sup>·时；

点滴式 $\leq 4-5$ 米<sup>3</sup>/米<sup>2</sup>·时；

薄膜式 $\leq 6-7$ 米<sup>3</sup>/米<sup>2</sup>·时。

### 3. 机械通风冷却塔

机械通风冷却塔是一种较完善的型式，近年来采用甚广。与其他型式相比较，它能保证较稳定的冷却效果；冷却效率高，冷却幅高可达2—3°C，同时允许很大的水温差；占地面积小；在相同的条件下，其冷却后水温比塔式冷却塔低3—5°C，建筑造价低50—60%。因此，机械通风冷却塔宜在下述条件下采用：

(1) 气温较高、湿度较大之地区；

(2) 工艺对水的冷却后温度及其稳定性要求严格，冷却幅高小于6°C；

(3) 建筑场狭窄，通风条件不良。

机械通风冷却塔的缺点是消耗电能和维护管理较为复杂，此外，对鼓风式冷却塔的冷却效果易受塔顶排出湿热空气回流的影响。

机械通风冷却塔因风机的位置、空气的流动方向和淋水装置的不同而有不同的型式。

按风机的位置可分为鼓风式和抽风式两种型式。抽风式冷却塔的风机安装在塔的顶部，其优点是塔内空气分布比较均匀，湿热空气回流小，配水高度较低。鼓风式冷却塔的风机安装在塔的旁侧，其优点是塔的结构简单，维修方便，风机不象抽风式那样易受腐蚀。因此，当冷却水量大、效果要求稳定和水质清洁时，采用抽风式为宜；当水量较小和水中含有腐蚀性物质时，宜采用鼓风式。

按空气和水的流动方向可分为逆流式和横流式二种。逆流式是一种最合理的热交换方式，它可以充分发挥空气的蓄热能力，充分利用热交换面积，在相同的条件下，逆流式要比横流式冷却效果好些，相应地减小了建筑面积并降低了造价，因而目前大多采用逆流式冷却塔。由于横流式冷却塔的通风阻力小，在淋水密度增加很大的条件下，对风机的生产率影响甚小，因此当工艺生产对冷却后水温要求不甚严格，水温差较小，冷却幅高较大以及水量较大时采用横流式冷却塔较适宜。

按淋水装置型式可分为薄膜式、点滴薄膜式、点滴式和喷水式（无淋水装置）四种。在选择淋水装置型式时，应优先采用具有高的冷却能力和较小的通风压力损失的型式，但必须同时结合其他因素来考虑，如材料廉价易得、物理性能和力学性能良好、安装与检修简便以及水质条件等。当循环水中含有较多的悬浮物（悬浮物含量超过120—200毫克/升）或者含有油类以及能在淋水装置上形成难以去除的积垢时，建议采用喷水式冷却塔。由于喷水式冷却塔中无淋水装置，冷却效果较差，特别当水温差大于15°C、冷却幅高小于6°C时更为显著。对薄膜式淋水装置只有在水质清洁时才采用，因为即使水中含有少量油类或悬浮物也会影响它的工作条件。

各种型式淋水装置的淋水密度，一般可采用

点滴式3—8米<sup>3</sup>/米<sup>2</sup>·时，

薄膜式5—10米<sup>3</sup>/米<sup>2</sup>·时，

喷水式4—5米<sup>3</sup>/米<sup>2</sup>·时，

点滴薄膜式的淋水密度可在点滴式和薄膜式淋水密度范围之間采用。

机械通风冷却塔可根据通风設備的特点和組合的可能性而設計成单个的或分格的。由于分格式冷却塔結構簡單、調节灵活、建筑造价低，因而采用比較广泛。但从某些国家的使用經驗介紹，单个的（大型的）机械通风冷却塔具有較高的冷却能力和比較理想的单位能率的經濟指标，在某些条件下使用是合适的。目前国内还无这种塔型，須进一步研究。

### § 3. 冷却塔在工业場地上的布置

在工业場地上布置冷却塔时，应根据环境特点和冷却塔的工作条件等因素来考虑，同

表 1-1

序号	至建筑物、构筑物 and 道路等	冬季采暖 室外計算 溫度 (°C)	最小間距(米)	
			塔式冷却塔及 大型机械通风 冷却塔	多格組合式机械 通风冷却塔及 开放式冷却塔
1	用紅砖、陶制板、重混凝土或其他能承受 15 次以上冻结的坚固材料作牆的建筑物	> -20	15	23
		≤ -20	20	30
2	用矿渣混凝土或其他能承受 15 次以下冻结的輕型材料作牆的建筑物	> -20	19	30
		≤ -20	25	40
3	露天煤堆場	> -20	15/19	23/30
		≤ -20	20/25	30/40
4	工业場地围墙	> -20	8/12	12/15
		≤ -20	10/15	15/20
5	公共铁路及工厂站铁路中心綫	> -20	30	45/60
		≤ -20	40	60/80
6	专用铁路及場内铁路中心綫	> -20	15	15/23
		≤ -20	20	20/30
7	公共道路路面边缘	> -20	15/23	30/45
		≤ -20	20/30	40/60
8	专用道路及場内道路路面边缘	> -20	8	15
		≤ -20	10	20
9	貯量大于 10 吨的电石庫	—	40	50
10	貯量等于或小于 10 吨的电石庫	—	30	30

注：(1) 当表中列有两个間距数值时，分子适用于冷却能力等于或小于 300 米<sup>3</sup>/时的冷却塔；分母适用于大于上述冷却能力的冷却塔。

(2) 对冬季采暖室外計算溫度在 0°C 以上的地区或者当設計規定寒冷季节不使用冷却塔时，冷却塔与建筑物等的間距不受表中規定的限制，但电石庫例外。

(3) 对于冷却塔的水泵房，表列序号 1 和 2 規定的間距，可根据当地气温条件适当减小。

时还应考虑缩短循环水管线的长度、尽量利用工艺设备回水的余压和节省占地面积等因素。在一般情况下，须满足下述要求：

1. 为避免结冰、潮湿或尘污的不良影响，冷却塔应布置在厂房下风向，与建筑物、构筑物 and 道路之间的最小间距应符合表 1-1 中的规定。

2. 冷却塔应尽量避免布置在煤堆、化学药品堆放处和热源附近。

3. 在布置开放式和机械通风分格式冷却塔时，必须注意与夏季主导风向的关系。对开放式冷却塔，其长边应与夏季主导风向垂直；对机械通风分格式冷却塔，当单列布置时，其长边应垂直主导风向；当双列布置时其长边应平行主导风向。

4. 多格冷却塔成组布置时，开放式冷却塔组合后的长边一般不大于 30 米；机械鼓风式冷却塔，当超过 5 格时应采用双列布置；对机械抽风式冷却塔，当双面进风时应单列布置，单面进风时应双列布置。

## 第二章 冷却塔的工艺结构

### § 1. 概 述

循环水在冷却塔中冷却的工艺过程，可以利用以下各种结构的全部或其中的一部分来完成：

1. 淋水装置：其作用是将进入其中的热水多次溅散成水滴或形成水膜，大大地增加水和空气的接触面积和接触时间，同时增加了水和空气的热交换强度。水的冷却过程，主要是在淋水装置中进行的，因此淋水装置是冷却塔的主要的工艺结构。

2. 配水系统：其作用是将热水均匀地分配到冷却塔的整个淋水面积上。若淋水装置中水量分配不均匀，则水量过多的部分由于通风阻力的增大而使通过该部分的空气流量减小，同时水量过多的部分又是塔内热负荷集中的部分，因此配水不均匀不仅使水的冷却条件恶化，降低冷却效果，而且使大量空气从热负荷小（即水量少）的部分逸出塔外，降低了冷却塔运转经济指标。

3. 通风设备：利用通风机械或通风筒（塔式冷却塔）在冷却塔中产生比较稳定的空气流量，以提高冷却效率并保证稳定的冷却效果。

4. 空气分配装置：利用进风口、百叶窗和导风板等，引导空气均匀分布于冷却塔的整个截面上。

5. 通风筒：其作用是保证通风机的出力；创造良好的空气动力条件，减小通风阻力；将排出冷却塔的湿热空气送往高空，减少湿热空气回流之不利影响。对于塔式冷却塔，通风筒除具有前述作用外，还起通风设备的作用。

6. 收水器：使排出空气中携带的水滴与空气分离，减少循环水被空气带走的水量损耗以及减轻逸出水分对周围环境、生产和建筑物的影响。

7. 集水池：设于塔的最下部，汇集由淋水装置上落下的冷却水，同时集水池具有一定的贮备容积，可起到调节水量的作用。

上述各种工艺结构的不同配合，可以组成各种型式和用途的冷却塔。如图 1-1 所示，开放喷水式冷却塔无淋水装置、通风机和风筒，开放点滴式冷却塔则无通风机和风筒，这两种型式冷却塔的侧面百叶窗既是进风口又起收水器的作用；塔式冷却塔无通风机和收水器；鼓风逆流式、抽风逆流式和抽风横流式冷却塔，都具有上述全部工艺结构。

### § 2. 淋 水 装 置

根据水在淋水装置中被淋洒成的冷却表面形式，一般可将淋水装置分为点滴式、薄膜式和点滴薄膜式三种类型。每一种型式的淋水装置，可以由不同的断面形式、尺寸、排列方式和间距的板条组成，也可以用不同的材料制作。

在选用淋水装置型式时，应首先采用具有高的冷却能力，即在淋水密度和空气重速相

同的条件下具有較大的蒸发散质容积系数（参看第三章 § 4），并且具有較小的通风阻力損失的型式。此外，还必須考虑一些其他的指标，如制作淋水装置的材料是否容易取得和单位冷却能率的材料消耗指标是否較低；再如淋水板条的耐久性、耐磨性、强度、重量、潤湿性、安装維修的难易程度以及对酸碱等化合物浸蝕作用的抵抗能力等。

### 1. 点滴式淋水装置

点滴式淋水装置通常是由水平或傾斜布置的矩形或三角形板条按照一定的間距排列而成的。为了在淋水装置中不断地将由上落下的水多次濺散成水滴，板条可成棋盘式、阶梯式、傾斜式、矩陣式和串联式布置。图 2-1 中列有几种常見的板条布置形式。

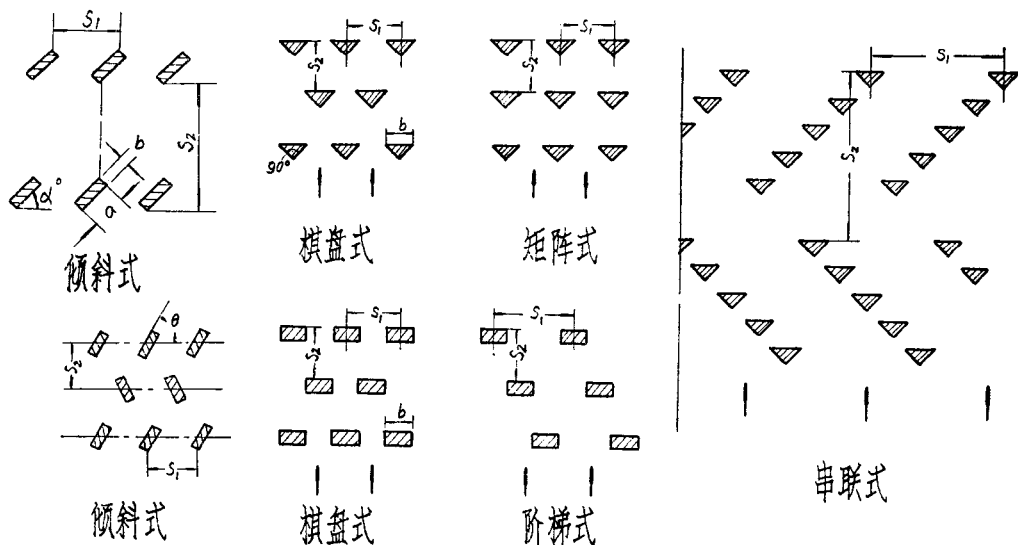


图 2-1 点滴式淋水装置中板条的几种布置形式

为便于鑑別和物色布置合理的淋水装置，应当对水在点滴式淋水装置中的散热情况有一概略的了解。根据 Л. Д. Берман 在全苏热工研究所进行的試驗，水在点滴式淋水装置中的冷却，主要依靠以下几部分表面积散热：

(1) 由上层掉落在下层板条上的水环绕板条流动时，在板条周围形成的水膜表面散热；

(2) 在每层板条下部形成的大水滴，在重力作用下往下层掉落的过程中大水滴表面散热；

(3) 大水滴掉落到下层板条上，被濺散成許多小水滴，小水滴表面的散热（图 2-2）。

在表 2-1 中列有由三角形板条組成的淋水装置（板条水平間距 150 毫米，垂直間距 300 毫米，淋水密度  $3.0 \text{ 米}^3 / \text{米}^2 \cdot \text{时}$ ），每  $1 \text{ 米}^3$  体积中所能提供的冷却表面积及散热量。由此例可知，在点滴式淋水装置中，水滴的散热起主要作用，一般約占全部散热量的 60—75%，而在大小水滴中，大水滴的散热作用不大；其次是水膜散热，約占

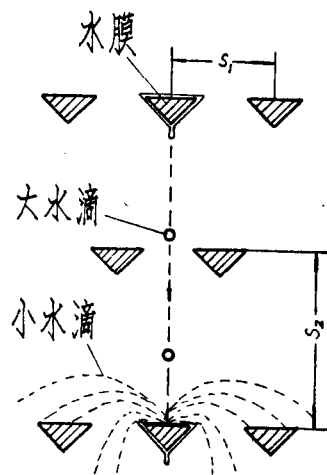


图 2-2 水在淋水板条間的濺散情况

表 2-1

冷却表面	传热系数 千卡/米 <sup>2</sup> ·时	表面比率			
		绝对值		当量值	
		米 <sup>2</sup>	%	米 <sup>2</sup>	%
板条上的水膜	8	3.80	79.67	3.80	23.60
大水滴	52	0.34	7.13	2.20	13.70
小水滴	128	0.63	13.20	10.10	62.70
总计	—	4.77	100	16.10	100

25—30%。

影响上述三部分冷却表面积大小的主要因素是：淋水装置中板条的断面型式、纵横方向的间距、水力负荷及空气流动速度等。

三角形板条的宽面可以朝上或朝下布置，如果宽面朝下布置，则固定起来简单方便，但用在逆流式冷却塔中，会增加通风阻力，同时传热效果较差（图 2-3）。矩形板条的宽面若水平放置时，其传热效果最好；若倾斜布置，传热效果则较差（图 2-4），但是对逆流式冷却塔，倾斜布置往往既可减小通风阻力又可利用此倾角起导风作用。

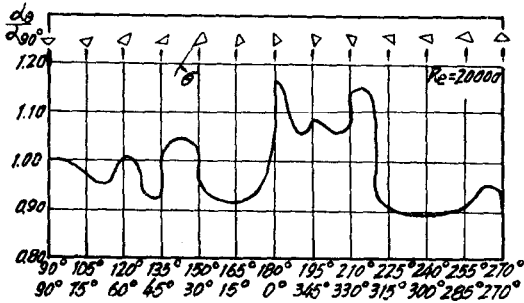


图 2-3 气流方向对三角形板条散热性能的影响

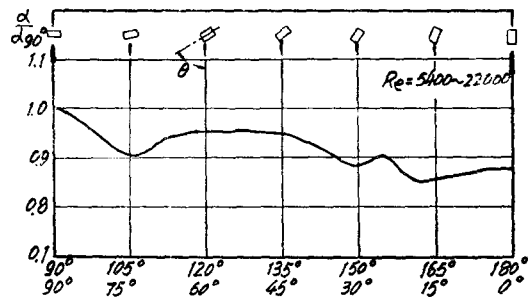


图 2-4 气流方向对矩形板条散热性能的影响

减小淋水板条的垂直间距  $S_2$ ，即增加淋水装置中板条的层数，可以增加一些水膜面积，大水滴的表面积亦相应地增加；但是，由于此时水滴的下落高度减小，在板条上溅散后的水滴直径大，而使小水滴的数量减少。因此，在一定的条件下，企图用减小板条垂直间距  $S_2$  的办法来增加水的散热面积是不能得到预期效果的；同时由于板条层数的增加，使通风阻力及材料消耗指标随之增加，在经济上是不合算的。

横向间距  $S_1$  的大小，主要影响水膜面积和大水滴的表面积。减小板条的横向间距  $S_1$ ，对增加冷却表面积的作用不是很大；但是，对逆流通风冷却塔，会较大地增加通风阻力。因此除横流式冷却塔外，对逆流式冷却塔，水平间距  $S_1$  不宜过小。

淋水装置中的空气速度增大，小水滴的实际降落时间延长、速度降低，相应地改变了平均直径。试验研究证明：小水滴的表面积大约与气流速度成比例地增长（比例系数 1.1—1.2）。提高淋水装置中的空气速度，可以增加淋水装置的冷却能力；但空气速度不宜过大，否则在空气流速进一步增大的同时加大了小水滴相互聚结的机会，影响冷却效

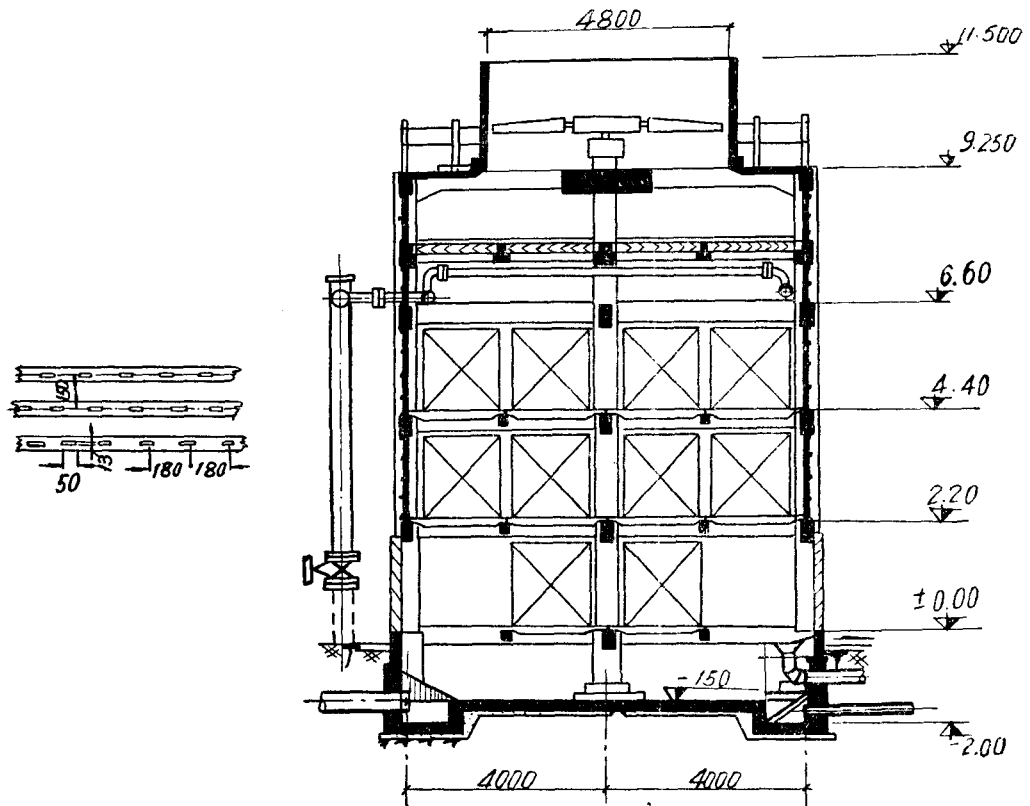


图 2-5 64米<sup>2</sup>抽风逆流点滴式冷却塔

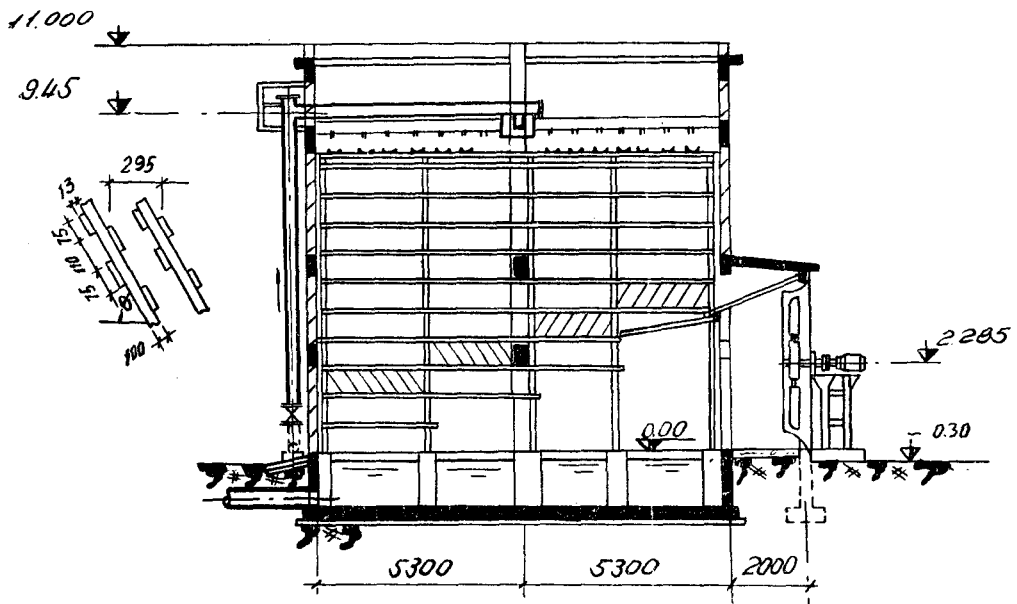


图 2-6 60米<sup>2</sup>鼓风逆流点滴式冷却塔



