

空气冷却器

哈尔滨工业大学 哈尔滨空气调节机厂
马义伟 刘纪福 钱辉广 编著

化学工业出版社

79.514
447

空气冷却器

哈尔滨工业大学 马义伟 刘纪福 编著
哈尔滨空气调节机厂 钱辉广

化 学



版 社

内 容 提 要

本书主要叙述空气冷却器的结构、工作原理、传热计算和工艺设计。还介绍了部件的选用原则及必要的测试方法。附有较多图表可供设计工作查用。

本书可供石油、化工、热力工程、动力及机械制造等部门的工程技术人员以及大专院校相应专业师生参考。

空 气 冷 却 器

哈尔滨工业大学 马义伟 刘纪福 编著
哈尔滨空气调节机厂 钱辉广

*

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 $11^{5/8}$ 字数287千字印数1—5,500

1982年4月北京第1版1982年4月北京第1次印刷

统一书号15063·3368定价1.20元

0211

前 言

空气冷却技术是40年代发展起来的用空气来冷却管内工艺流体的一种技术。在工业迅速发展、用水日益紧张的今天，由于空气冷却技术采用空气代替水作为冷却介质，而空气是一种取之不尽、用之不竭的物质，并且不存在污染环境水源和破坏生态平衡的问题，因此空气冷却器得到了人们的广泛重视。在某些工业部门中，空气冷却器取代了一些水冷却器，可以说应用范围正日益扩大。

我国自1964年开始采用空冷器，此后10多年的时间里在石油、化工和动力部门得到了应用和推广。尤其是在炼油工业，空冷器在冷换设备中已占有相当的比重。其他一些工业部门，也在探讨和应用空气冷却技术。

为了适应这一形势的发展，促进空冷技术的推广应用，我们总结了多年来国内在应用、制造和设计空冷器方面的经验和科学研究成果，查阅了大量国内外文献，编写了这本书。其内容主要是讲述空冷器的结构、工作原理、工艺设计原则和计算方法、各种附件的选用原则及必要的测试方法。附有大量图表可供设计计算时使用。

本书由马义伟主编，并编写了前言、第一章、第四章及第五章；钱辉广编写了第二章及第六章；刘纪福编写了第三章。

本书在编写过程中，得到北京炼油设计院刘兵、赖周平二同志的大力协助，给本书提出了许多宝贵意见，谨在此表示感谢。

由于时间仓促，水平不高，错误和不当之处在所难免，恳切希望读者批评指正。

编 著 者
一九八〇年三月

主 要 符 号 表

- A —传热面积, 米²;
 A_i —光管内表面积, 米²;
 A_o —光管外表面积, 米²;
 A_m —管壁对数平均值面积, 米²;
 A_F —管束迎风面积, 米²;
 A_f —翅片表面积, 米²;
 A_b —翅片间管子表面积, 米²;
 C —流体比热, 千卡/公斤·℃;
 C_H —管子排列方式修正系数;
 C_r —管子排列方式修正系数;
 D —风机叶轮直径, 米;
 D_b —翅根直径, 米;
 D_f —翅片管外径, 米;
 D_i —管子内径, 米;
 D_o —光管外径, 米;
 E —温度效率 (或称换热器效率);
 E_f —翅片效率;
 f —摩擦系数;
 F_u —传热增强系数;
 G —质量流速, 公斤/米²·秒, 公斤/米²·小时;
 G —湿式空冷器迎风面质量风速;
 G_o —当量质量风速, 公斤/米²·小时;
 G_v —气相流体质量流速, 公斤/米²·时;
 G_L —液相流体质量流速, 公斤/米²·时;
 G_{max} —管束最窄截面质量风速, 公斤/米²·时或公斤/米²·秒;
 g —重力换算系数, 1.27×10^{-8} 公斤·米/时²·公斤力,
 9.81 公斤·米/秒²·公斤力;
 H —风机全风压, 毫米水柱;
 $\overline{H}$ —风压系数;
 $H_d(VP)$ —风机初压, 毫米水柱;
 $H_{st}(SP)$ —风机静压, 毫米水柱;
 h_i —管内流体膜传热系数, 千卡/米²·时·℃;
 h_i' —包括管内垢阻的管内有效膜传热系数, 千卡/米²·时·℃;
 h_o —以光管外表面积为基准的管外膜传热系数, 千卡/米²·时·℃;
 h_f —以翅片外表面积为基准的空气膜传热系数, 千卡/米²·时·℃;
 h_f' —包括外垢阻的翅片外表面有效膜传热系数, 千卡/米²·时·℃;
 h_l —管内为液体的膜传热系数, 千卡/米²·时·℃;
 h_g —气膜中显热膜传热系数, 千卡/米²·时·℃;

b_e —有效膜传热系数, 千卡/米²·时·℃;
 b_c —管内凝液膜传热系数, 千卡/米²·时·℃;
 L —实际声压级, 分贝;
 L_1 —风机运转时的声压级, 分贝;
 L_2 —环境噪声声压级, 分贝;
 m —指数;
 N —风机轴功率, 千瓦;
 N —管排数;
 $\bar{N}$ —轴功率系数;
 n —转速, 转/分;
 N_p —管程数;
 n_w —喷嘴数;
 NTU —传热单元数;
 P —压力, 公斤力/厘米²;
 ΔP —压力降, 毫米水柱;
 ΔP_1 —管束气流阻力, 毫米水柱;
 ΔP_2 —风机动压头, 毫米水柱;
 ΔP_f —管内流体摩擦阻力, 公斤力/厘米²;
 ΔP_r —管箱内流体的转弯阻力, 公斤力/厘米²;
 Q —热负荷, 千卡/时;
 q —热流强度, 千卡/米²·时;
 q_c —湿式空冷器光管表面热强度, 千卡/米²·时;
 R —水当量比;
 R_a —以光管外表面为基准的管外空气对流传热热阻, 米²·时·℃/千卡;
 R_L —以光管外表面为基准的管内膜传热热阻, 米²·时·℃/千卡;
 R_1 —以光管外表面为基准的管内污垢热阻, 米²·时·℃/千卡;
 r_1 —以光管内表面为基准的管内污垢热阻, 米²·时·℃/千卡;
 R_w —以光管外表面为基准的管壁热阻, 米²·时·℃/千卡;
 R_g —以光管外表面为基准的管外壁与翅根的间隙热阻, 米²·时·℃/千卡;
 r_g —以翅片外表面为基准的间隙热阻, 米²·时·℃/千卡;
 R_f —以光管外表面为基准的翅片热阻, 米²·时·℃/千卡;
 R_o —以光管外表面为基准的管外污垢热阻, 米²·时·℃/千卡;
 r_o —以翅片外表面为基准的管外污垢热阻, 米²·时·℃/千卡;
 S_1 —管子横向间距, 米;
 S_2 —管子纵向间距, 米;
 T_1 —工艺流体入口温度, ℃;
 T_2 —工艺流体出口温度, ℃;
 t_1 —空气入口温度, ℃;
 t_2 —空气出口温度, ℃;
 T_m —管内流体平均温度, ℃;
 t_0 —湿式空冷器界限温度, ℃;
 t_{g0} —湿式空冷器来流空气干球温度, ℃;
 t_{a0} —湿式空冷器来流空气湿球温度, ℃;
 t_{g1} —湿式空冷器入口空气干球温度, ℃;

t_{t2} —湿式空冷器出口空气干球温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_{p1} —湿式空冷器入口空气露点温度, $^{\circ}\text{C}$;

Δt_{lm} —对数平均温差, $^{\circ}\text{C}$;

Δt_m —传热平均温差, $^{\circ}\text{C}$;

δ_{t1} —湿式空冷器管束的空气温升, $^{\circ}\text{C}$;

U —以翅片外表面为基准的总传热系数, 千卡/米²·时 $^{\circ}\text{C}$;

U_o —以光管外表面为基准的总传热系数, 千卡/米²·时 $^{\circ}\text{C}$;

V —通风量, 米³/时;

$\overline{V}$ —风量系数;

V_f —风机风量, 米³/秒;

v_F —迎面风速, 米/秒;

v_{NF} —标准迎面风速, 米/秒;

v_L —工艺流体流速, 米/秒;

v_t —风机叶尖速度, 米/秒;

W —流体的质量流量, 公斤/时;

W_L —液相流体质量流量, 公斤/时;

W_V —气相流体质量流量, 公斤/时;

η —风机空气效率, %;

η_d —机械效率, %;

η_m —电动机效率, %;

η_{Σ} —风机总效率, %;

η_{st} —静压效率, %;

θ —温度准数;

风机转角, 度;

λ —导热系数, 米·时· $^{\circ}\text{C}$ /千卡;

λ_w —管壁导热系数, 米·时· $^{\circ}\text{C}$ /千卡;

μ —粘度, 公斤/米·时;

ξ —湿温系数;

ρ —密度, 公斤/米³;

ρ_L —工艺流体密度, 公斤/米³;

φ —翅片高度修正系数;

叶片角, 度;

ψ —管排修正系数;

翅片高度修正系数;

相似准数

Nu —努赛尔特数;

Pr —普朗特数;

Re —雷诺数

目 录

前言

主要符号表

第一章 总论	1
1-1 空气冷却方式和水冷却方式的比较	1
1-2 空气冷却技术的应用	4
1-3 我国空冷技术的发展	6
参考文献.....	7
第二章 空气冷却器的结构	8
2-1 空气冷却器的结构型式	8
2-2 构架	11
2-3 翅片管	13
2-4 管束	25
2-5 风机	33
参考文献.....	49
第三章 空气冷却器的传热计算	50
3-1 传热系数和传热热阻	50
3-2 翅片效率和翅片热阻	55
3-3 翅片管的间隙热阻	58
3-4 空冷器的管外传热和阻力计算	62
一、光管管束的管外传热和阻力.....	62
二、翅片管束的管外传热和阻力.....	64
三、湿式空冷器的管外传热和阻力.....	68
3-5 空冷器管内传热和阻力的计算	72
一、单相流体的冷却.....	72
二、饱和蒸汽的凝结.....	78
三、含不凝气的混合气体的冷凝.....	89
3-6 污垢热阻	92
3-7 空冷器的传热平均温差	94
3-8 空冷器的温度效率E—传热单元数 NTU	101
参考文献	105
第四章 空气冷却器的工艺设计	107
4-1 干式空冷器的设计.....	107
一、空冷器的管路连接	107
二、空冷器的布置	108
三、干式空冷器的几个设计参数	110

四、设计程序	114
五、例题	115
4-2 湿式空气冷却器的设计	118
一、湿式空冷器的结构和性能	118
二、湿式空冷器管束	119
三、喷淋装置	121
四、设计气温和界限温度	123
五、设计计算步骤	124
六、计算举例	126
4-3 联合型空冷器的设计	130
一、联合空冷器的结构型式	130
二、联合空冷器的流程	131
三、热负荷分配	132
四、联合空冷器的其他问题	133
五、联合空冷器设计程序及举例	134
参考文献	136
第五章 空冷器的几种应用	138
5-1 汽轮机排汽的空冷凝汽器	138
5-2 低温环境中的空冷器	146
5-3 在炎热干燥地区使用的空冷器	151
5-4 塔顶空冷器	153
参考文献	155
第六章 空气冷却器的调节和试验	156
6-1 空气冷却器的调节	156
6-2 翅片管的性能试验	162
6-3 自动调角风机的特性试验	164
6-4 空气冷却器的噪声试验	167
6-5 空气冷却器的现场试验	169
参考文献	174
附表1 单位换算	175
附表2 $B=760$ 毫米汞柱时干空气的物理参数	177
附表3 在饱和线上蒸汽的物理参数	177
附表4 在饱和线上水的物理参数	178

第一章 总 论

采用水作为冷却器的冷却介质已有多年的历史，但是，由于下列三方面的原因，这种传统的冷却方式已有所转变：

1. 工业迅速发展使工业用水量大幅度增加，出现了供水不足的情况；

2. 人们开始注意到保护环境，免受污染的重要性。如采用河水冷却，本身就是对河水的一种热污染，河水温度升得太高就会破坏河流中的生态平衡；而对水质的污染，则会造成更为严重的问题。

3. 更新型空冷器设计的经济性。

因此，在过去的30年中，有一部分水冷却逐渐为空气冷却所代替，有更多的炼油厂和石油化工厂安装了空气冷却器或空冷凝汽器。空气冷却技术在动力、冶金、原子能等等部门的应用也有了新的进展。事实证明：这些设备不仅维护费用低廉，若与水冷却系统相比较，具有更长的使用寿命。

如果有冷却水可用，水冷却器与空冷器之间的选择取决于经济性以及环境保护；如果冷却水的供应有困难，那就没有别的选择，只能采用空冷；为防止对水源的污染，也要优先采用空气冷却。

1-1 空气冷却方式和水冷却方式的比较

空气冷却是在空气冷却器中实现的，冷却介质为空气，可用于各种流体的冷凝和冷却。

由于空气的比热小（约为0.24千卡/公斤·℃），仅为水的比热的四分之一，因此若传热热量相同，冷却介质温升相同，则所需的空气量将为水量的四倍。再考虑到空气的密度远小于水，则相对于水冷却器，空冷器的体积是很大的。

另外空气侧的膜传热系数很低，约为50千卡/米²·时·℃左右，导致光管空冷器总传热系数也很低，较水冷却器的传热系数约低10~30倍。为抵消空气侧膜传热系数较低的影响，所以空冷器一般均采用扩张表面的翅片管，其翅化比（定义见后）大致为10~24。

空气冷却方式和水冷却方式的讨论持续了相当长的时间，到目前仍在进行两者间的经济分析与讨论，但是空冷器的优越性愈来愈受到人们的注意，以空冷代替水冷的趋势，仍在持

表 1-1 空气冷却优于水冷却

空气冷却的优点	水冷却的缺点
1. 空气可以免费取得，不需各种辅助费用	1. 冷却水一般是难于取得的，即使可以取得，也必须设置各种泵站和各种管线
2. 采用空冷，厂址选择不受限制	2. 特别是大厂的厂址，取决于水源的条件
3. 空气腐蚀性低，不需采取任何清垢和清洗的措施	3. 水有腐蚀，需要进行处理，以防止结垢及脏物的淤积
4. 由于空冷器的压力降损失为10~20毫米水柱左右，所以空冷器的运行费用低	4. 水的运行费用较高，循环水泵压头高（取决于冷却器和冷水塔的位置）
5. 空冷系统的维护费用一般为水冷却系统维护费用的20~30%	5. 由于水冷却设备多，易于结垢，水中含有在温暖条件下能生长的生物，这些生物能附着在换热器表面上，需要停下设备清除，因此，冷却水系统的维护费用高

续发展。

表1-1、1-2对空气冷却和水冷却的优缺点进行比较^[1]。

表 1-2 水冷却优于空气冷却

水 冷 却 的 优 点	空 气 冷 却 的 缺 点
1. 水冷却通常能将工艺流体冷却到比空气低3~6℃,且循环水在冷水塔中可被冷却到接近环境湿球温度	1. 由于空气比热低,且冷却效果决定于空气的干球温度,通常不能将流体冷却到低温
2. 在被证明传热良好的各种换热器设计中,结构紧凑,水冷却器的冷却面积比空气冷却器要少得多	2. 由于空气侧膜传热系数及比热低,所以空冷器需要较大的面积
3. 水冷却对环境气温变化不敏感	3. 空气温度的季节性变化会影响到空冷器的性能,如雨水、阳光能引起管内流体温度的变化,在冬季易引起管内流体的冻结
4. 水冷却器可以设置在其他设备之间	4. 空冷器不能靠近大的障碍物(如建筑物、树木等),因为这会引起热空气再循环
5. 一般的管壳式换热器即可满足要求	5. 空冷器需要一种有特殊工艺技术要求的翅片管

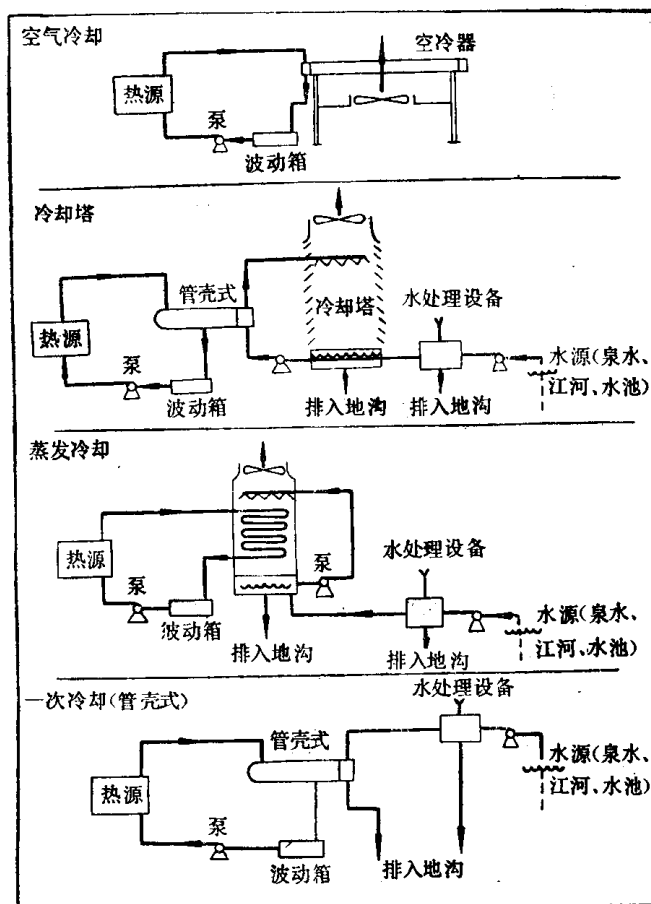


图 1-1 四种冷却方式的系统连接

文献[2]对空气冷却、冷水塔、蒸发冷却、开放式水冷却等4种冷却方式(图1-1)进行了比较,列出比较项目20条(表1-3),可以看出空气冷却具有绝对的优势。

表1-4列出抚顺石油二厂北蒸馏装置的湿式空冷器和水后冷器的技术经济比较^[3],表1-5列出南京炼油厂汽油再蒸馏装置的联合空冷器和水冷却器的技术经济比较^[4]。可以看出,空气冷却方式在许多方面优于水冷却方式。

文献[5]对空冷还是水冷进行了分析,对几种冷却方式比较了传热面积、动力消耗、投

表 1-3 四种冷却方式的比较

空冷和水冷换热器比较表	空气冷却	冷却塔	蒸发冷却	开放式水冷却
初投资				
基本投资	●	●	●	○
占地面积	△	●	●	○
运行费用				
水量消耗	○	●	●	△
污水费用	○	●	●	△
电能消耗	○	●	●	○
水处理	○	●	●	●
火灾保险金	○	△	○	○
维护和修理费用				
垢和生物的清除	○	●	△	△
机械设备数量	○	●	●	○
生水腐蚀	○	△	△	△
系统冷却能力				
根据高的干球温度	○	*	△	●
根据湿球温度	△	○	○	△
在低温时干球对湿球	○	●	●	●
长期结垢	○	●	●	●
长期生物生长	○	△	△	●
污染的控制				
蒸汽云和飞溅噪声	○	△	△	○
自然水的热污染	○	●	●	△
事物性化学污染	○	●	●	△
排 污	○	△	△	●
排 水	○	△	△	△

○ 优于平均值 ● 平均值 △ 劣于平均值 * 不适用

表 1-4 湿式空冷器和水冷却器技术经济比较*

项 目	水冷却器	湿式空冷器	湿式空冷器 水冷却器 %	
夏季汽油出口温度, ℃	50	35		
用水量	新鲜水	2	0.14**	0.03***
	循环水			0.01
一次投资, 万元	0.38	0.15	39	
年运行费用, 万元	0.27	0.19	70	
金属消耗量, 吨	0.40	0.27	68	
占地面积, 米 ²	1.67	0.91	55	

注: *—按每小时处理 1 吨汽油计;

**—全用新鲜水, 回水不回收使用;

***—回水回收循环使用。

资和操作费用后,提出了下列几种冷却方式的大致应用范围:循环水冷却小于60℃;干空冷大于60℃;增湿空冷50~90℃;湿式空冷小于80℃。

表 1-5 联合空冷器和全水冷器的技术经济比较

	比较项目		全 水 冷	联 合 空 冷
1	汽油加工能力		700吨/日 (29.2吨/时)	850吨/日 (35吨/时)
2	使用 设备	设 备	F 700-130-16-2 I 二台 FL600-100-16-2 I 六台	X 4.5×2-4 $\frac{916}{39}$ —16 I 八片 P 9×3-2 $\frac{1510}{65}$ —16 I 二片
		总面积, 米 ²	860	442
		指标, 米 ² /吨汽油	39.5	12.2
3	钢 材	设备用钢材, 吨	30.1	26.9
		构架用钢材, 吨	24.87	9
		指标, 吨/吨汽油	1.8	1.03
4	一 次 投 资	设备费, 万元	23.76	18.04
		水系统费, 万元	6.3	0.7
		指标, 万元/吨汽油	1.03	0.55
5	用 水 量	工业水, 吨/时	250	夏季平均 2 吨/时, 冬季不用
		指标, 吨/吨汽油	8.6	夏季平均 0.0572
6	年 费 用	动力费, 万元	6.05	2.48
		折旧费, 万元	7	3.7
		维修费, 万元	1	0.2
		指标, 万元/吨汽油	0.496	0.182
7	占地面积, 米 ²		100	77
	指标, 米 ² /吨汽油		3.42	2.2
8	汽油冷后温度, ℃		夏季 45~50	夏季低于环境温度 2.4℃

1-2 空气冷却技术的应用^[6]

在国外,自30年代空气冷却器投入工业使用以来,在石油化工迅速得到应用。从轻油到重油、渣油,从正压到负压,从炎热地区到寒冷地区,从水源充足地区到缺水地区都成功地使用了空气冷却器。

1948年,美国在Texco Corpris Christi炼油厂第一次全部采用空气冷却法代替传统的水冷却法。50年代末期,英国在水源充足的Whitegate炼油厂和Nolyton炼油厂也全部采用了空气冷却,目前实现全部空气冷却的炼油厂在不断增加。

表1-6列出1968年后国外新建炼厂使用空冷器的情况^[7]。可以看出国外新建炼厂都有扩大使用空冷器的趋势,用水单耗均在1吨水/吨原油以下。加拿大土坡角炼油厂全部使用空冷器。比利时费芦炼油厂新鲜水平均单耗为0.195吨水/吨原油。

在化工厂中,合成氨、合成甲醇、氯化物、聚氯乙烯及单体氯乙烯等生产工艺过程都有采用空气冷却的实例。对与水接触能发生爆炸的介质,采用空气冷却方式是合适的。

表 1-6 国外新建炼油厂使用空冷器情况

国外炼厂	投产 时间	处理量 万吨/年	使用 情 况	水耗量, 吨/时		吨水/ 吨原油
				新鲜水	循环水	
英国 提兹港	1968	600	85% 空冷		2200	
美国 维尼西亚	1969	400	70% 空冷	250		
西班牙 石油化工	1969	450	97% 空冷	170	4600	
苏联 普洛夫克	1970	670	广泛采用空冷, 水耗量降低46%			0.20
美国 樱桃角	1971	500	尽量采用空冷, 水耗量降低55%	550	1400	0.83
加拿大 魁北克	1971	500	90% 空冷	14		0.20
加拿大 土坡角	1971	430	全部用空冷			0.20
比利时 费芦	1971	650	尽量采用空冷	113		0.195
美国 阿来恩思	1972	800	60% 空冷			
法国 韦尔农		300	大量采用空冷	125		0.35
西德 沃斯	1973	350	80% 空冷	450	2400	1.0

在动力工业, 由于水源紧张, 汽轮机排汽的直接空冷方式和间接空冷方式日益得到重视, 发展很快。在国外的炼油厂、石油化工厂的驱动透平采用空冷凝汽器也日见增多^[5]。目前, 汽轮机直接空冷方式的最大机组为33万千瓦, 间接空冷方式的最大机组为22万千瓦。至1972年, GEA公司共生产200台汽轮机排汽空冷凝汽器, 总容量达到300万千瓦, 其中用于石油化工厂的驱动透平约占40%。

在冶金工业, 空气冷却技术的应用也有了一些进展。高炉循环水的空气冷却已有了成熟的经验(图1-2)。图1-3示出了转炉循环水的蒸发冷却系统。

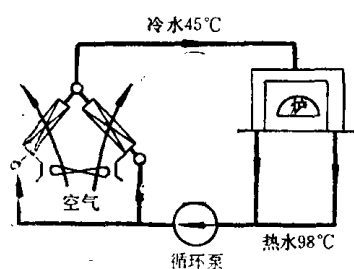


图 1-2 高炉循环水的空气冷却

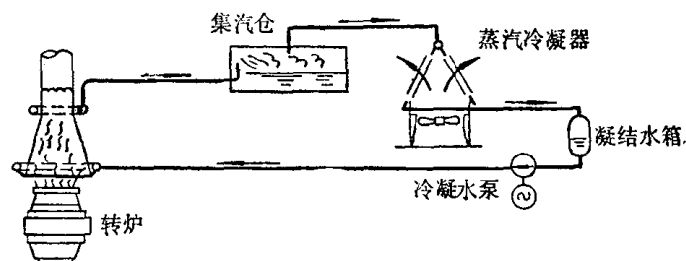


图 1-3 转炉的空气冷却系统

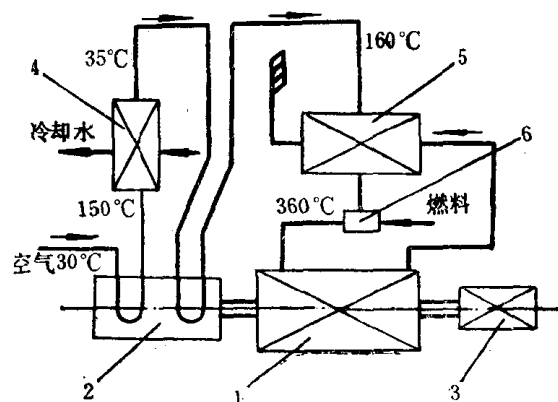


图 1-4 空冷器在燃气轮机装置中的应用

1—燃气轮机; 2—压气机; 3—发电机; 4—空气冷却器(中间冷却器); 5—空气加热器废热回收空气预热器;
6—燃烧室

空气冷却器还可用于空气压缩机的中间冷却器、燃气透平的回热器、发电机的空气冷却器及废热回收装置等（图1-4）。

液态金属快中子增殖反应堆中应急的心部的空气冷却是一个应用实例。在这一点上，空气冷却较其他的冷却方法有两个显著的优点：一是空气总是取之不尽的；二是如果发生熔融的盐或金属从管子的工艺侧泄漏，不会发生危险反应。

冷冻和空气调节设备中氟里昂、氨或丙烷的冷凝采用空气冷却器是人所共知的，但多是小型的。

1-3 我国空冷技术的发展

我国从1963年开始空气冷却器的研究工作，经过哈尔滨空调机厂、兰州石油机械研究所、北京石油设计院的共同努力，仅用了一年的时间，就突破了缠绕翅片管的技术难关，试制成功空气冷却器，装于锦西石油五厂。由于空气冷却器是节约工业用水、避免污染的有效措施，因此十多年来，在新老炼油厂得到了应用和推广。在常压塔、减压塔和蒸发塔的油品冷却采用了空气冷却方式。

表1-7列出几个使用空冷器较多的炼油厂采用空冷器的情况^[7]。可以看出：和国外情况相比（表1-6），我国的空冷事业大有可为。

表 1-7 我国几个炼厂使用空冷器情况

炼油厂名称	空冷器使用情况	水耗量，万吨/日		吨水/吨原油
		新鲜水	循环水	
抚顺石油二厂	~70%	20	(4.8)	2.66
东方红炼油厂	~75%	7.4	(90.9)	1.67
石家庄炼油厂	85%	0.864	(1.68)	0.82
河南炼油厂	82.5%			1.50

空气冷却器已有水平式、斜顶式及联合式等形式。管束长度有3米、4.5米、6米、9米，管束宽度有1.5米、2.0米和3米，管排数有2、4、6、8排等各种规格。

除鼓风式外，吸风式空冷器已试制成功。国产风机有F18、F24、F30、F36和F45等几种。自动调角风机已试制成功。

1966年，哈尔滨空调机厂和哈尔滨工业大学（以后简称哈工大）共同发起开展电站空冷的试验研究工作，在哈工大50千瓦试验电站上获得成功。1966年，北京石油设计院为山东胜利炼油厂驱动裂化油泵的750千瓦汽轮机设计了一台空冷凝汽器，该空冷凝汽器由哈尔滨空调机厂制造，1967年投产使用，安全可靠地运行到现在。

为使空冷器扩大应用到70℃以下工艺流体的冷凝和冷却，给实现炼油厂全空冷创造条件，1973年，哈工大和哈尔滨空调机厂共同开展了湿式空冷器的研究工作，在南京炼油厂的大力协助下，前后进行了两次实验室小样试验，两次工业装置的现场试验，终于在1975年，第一台湿式空冷器在抚顺石油二厂试验成功，目前已有几十台湿式空冷器投入使用。此后又在实验研究基础上，制订出湿式空冷器的设计计算方法。

为适应老炼油厂的技术改造和炼油厂的某些特定条件，南京炼油厂在有关单位的协助

下,于1975年安装了一台联合空冷器,取得了良好的效果。目前已有多台联合空冷器投入运行。

参 考 文 献

- [1] Ganapathy, V., Process-Design Criteria, Chemical Engineering, March 27, 1978, 112-119.
- [2] Huber, F. V., Basic Principles, Advantages and limitations of Air-cooled heat exchangers, Plant Engineering, July 24, 1976, 95-97.
- [3] 哈工大热工教研室, 湿式空冷器, 石油炼制, 1977年6期, 67—75。
- [4] 南京石油化工厂、哈尔滨空调机厂、哈工大等, 联合空冷器的改进及标定报告, 1978年8月。
- [5] 何宇, 空冷还是水冷, 冷却方式选择的探讨, 化工炼油机械通讯, 1980年专辑, 空冷技术学术交流会文集。
- [6] 马义伟, 国外空气冷却器近况, 化工炼油机械通讯, 1978年2期。
- [7] 刘积文、刘兵, 国外空冷发展水平和发展我国空冷的几点看法, 化工炼油机械通讯, 1980年专辑, 空冷技术学术交流会文集。

第二章 空气冷却器的结构

2-1 空气冷却器的结构型式

空冷器是由管束、风机和构架组成的，如图2-1。

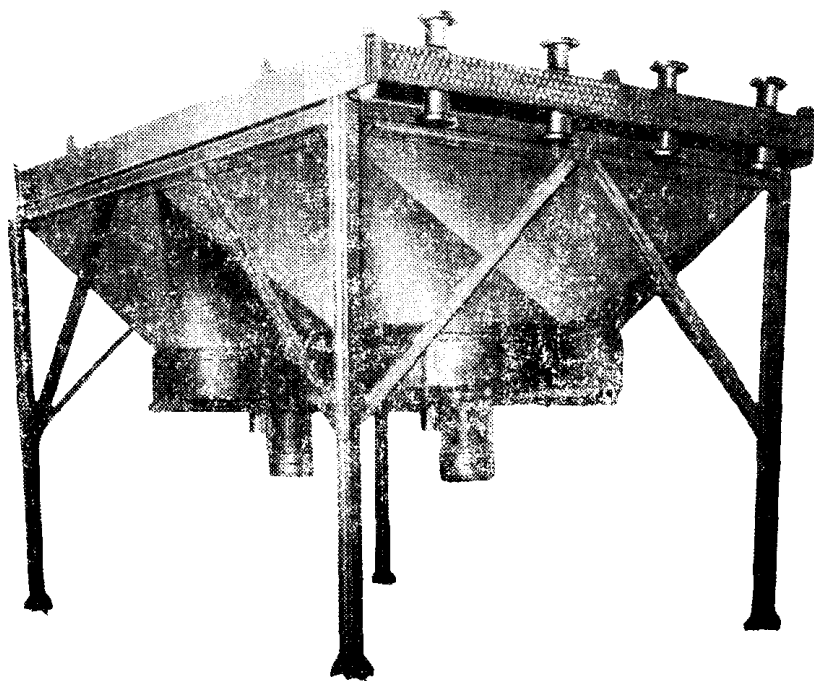


图 2-1 空冷器的基本结构

每台空冷器包括若干片管束，每片管束在结构上是独立的。每台空冷器还包括若干台风机，最好由手动调节型风机与自动调节型风机相互搭配，以便于调节风量。每台空冷器风机风圈截面积之和与管束迎风面积之和的比，不应低于40%，以保证通过管束的风速均匀，压降小，功率消耗低。每台空冷器还包括一跨构架（以及用来连接管束和风机的风筒），以支承空冷器上所有的部件。此外，还有百叶窗等附件。

从整体布置来分，空冷器结构有下列几组型式。

一、鼓风式与引风式

空气通过空冷器的方式有二种。一是鼓风式，又称压力通风式，如图2-2。另一是引风式，又称诱导式，如图2-3。二者的比较列于表2-1。

对于鼓风式与引风式二者的功率消耗的比较，过去认为引风式的功率消耗要高，约增加20%左右。理由是：在相同的空气质量流量下，引风式的排风温度高，体积流量大，因而功率消耗就要高。但是，目前认为在另一方面，引风式中空气流经管束的风速均匀，能够充分利用换热面积，压头损失也较小；并且可以充分利用自然通风效应，多带走25~30%的热量；所以功率消耗要低。HUDSON公司的试验说明，当引风式空冷器的风机进口气温与鼓风式