

炼油厂设备加热炉 设计手册

第二分篇 炼油厂设备设计 中册

中国石油化工总公司石油化工设计院

炼油厂设备加热炉设计手册

第二分篇

炼油厂设备设计

中 册

中国石油化工总公司石油化工规划院

一九八六年二月

出版说明

炼油厂设备加热炉设计手册是我院组织有关单位编写的，委托中国石油化工总公司北京设计院主编，炼油设备设计技术中心站负责具体组织工作，并邀请各方面专家组成编制委员会负责审定工作。

全书共分四个分篇：第一分篇炼油厂设备设计资料及数据、第二分篇炼油厂设备设计、第三分篇炼油厂加热炉设计、第四分篇炼油厂的腐蚀与防腐。

第二分篇共有十一章，分为上、中、下三册出版。上册包括六章：第一章标准与系列、第二章材料、第三章焊接、第四章密封与紧固件、第五章计算、第六章单体专用设备；中册只包括第七章空气冷却器；下册包括四章：第八章热交换器、第九章压力与常压容器、第十章钢梯子平台、第十一章保温、保冷、防火层及油漆。

参加本章编写工作的有杭州炼油厂朱坚，哈尔滨工业大学马义伟，哈尔滨空气调节机厂钱辉广，抚顺石油机械厂[谢宝龙]，九江炼油厂卢友结，中国石油化工总公司北京设计院尹秀贞、陈胜颐，中国石油化工总公司洛阳设计研究院刘巍。全章由朱坚定稿，最后经编制委员会审定。

全书虽经多次讨论、审查，力求能有助于炼油厂设备加热炉设计工作，但限于水平和专业的局限性，一定存在着许多不足和缺点、错误，恳切期望广大读者提出意见，以便再版时补充或修正。

中国石油化工总公司石油化工规划院

一九八六年二月

编制委员会委员名单

邵祖光	袁宗虞	齐树柏
王竹生	刘以宏	佟吾卫
陈荣秩	陈锡祚	郑定绪
赵世龙	黄宇梁	蒋津
王兰田	孙家孔	刘谨如
李应阳	卢鹏飞	周体伟
潘祖成		

序

新中国成立后，随着石油工业的发展，我国自行设计、施工、建造的大型炼油厂一座一座地顺利投产，我国炼油设备的设计、制造、操作水平也不断提高。在党的十一届三中全会以后，从事这一专业的各方面技术人员，为能给“四化”多做贡献，都迫切希望能把卅年来的经验总结起来，编著出一本既是我国自己的炼油设备（包括加热炉）丛书又是一本工具书——炼油设备设计手册，以利于进一步提高水平、统一技术观点、方便工作和培训新生力量。

为此，一九七九年我院开始组织了这一工作，在承德召开了第一次编制委员会会议，得到了中国石油化工总公司北京设计院、洛阳设计研究院、炼油设备设计技术中心站、杭州炼油厂、哈尔滨工业大学、哈尔滨空气调节机厂、九江炼油厂、石油二厂、茂名石油公司炼油厂、荆门炼油厂、齐鲁石油化工公司胜利炼油厂、燕山石油化工公司东方红炼油厂，兰州石油机械研究所等单位和热心于编著这本书的同志们的大力支持。经过编委和编著同志们四年来的努力，终于脱稿了，现我代表编委会谨向上述各单位和参加编著的全体同志致以衷心的感谢。本书作为初版，由于缺乏经验，在组稿中难免欠周，望请读者多提意见，以便改进。

石油化工规划院

邵祖光

1984年6月

目 录

SK—100	概述	(1)
—101	空气冷却器的应用.....	(1)
—102	空气冷却器的基本部件.....	(1)
SK—200	符号说明	(2)
SK—200	总体设计	(2)
—201	总体设计内容.....	(2)
—202	空冷器总体结构型式及选择.....	(3)
—203	管束.....	(9)
—204	风机.....	(17)
—205	构架.....	(20)
—206	百叶窗.....	(22)
—207	空冷器的布置.....	(24)
—208	空冷器的调节.....	(26)
—209	空气流道密封结构设计.....	(31)
—210	操作平台要求.....	(33)
SK-100、SK-200	参考文献	(33)
SK—300	符号说明	(35)
SK—300	空冷器的工艺设计及计算	(41)
—301	空冷器的设计条件与基本参数.....	(41)
—302	热负荷.....	(43)
—303	传热系数与阻力计算.....	(44)
—304	空气出口温度.....	(61)
—305	有效平均温差.....	(67)
—306	传热面积.....	(72)
—307	风机功率.....	(72)
—308	干式空冷器工艺计算及例题.....	(82)
—309	易凝油品空冷器的设计及举例.....	(104)
SK—300	参考文献	(110)
SK—400	符号说明	(112)
SK—400	管束结构设计及强度计算	(116)
—401	原始资料.....	(116)

—402	材料	(116)
—403	管束设计计算	(116)
—404	管箱设计	(124)
—400	参考文献	(143)
SK—500	符号说明	(145)
SK—500	构架结构设计	(148)
—501	一般规定	(148)
—502	结构布置和材料选择	(148)
—503	荷载及荷载组合	(149)
—504	构架的内力计算	(152)
—505	杆件截面设计	(155)
—506	节点设计与构造	(158)
—507	例题	(165)
SK—600	空气冷却器的安装、操作、维护	(199)
—601	空冷器的安装	(199)
—602	空冷器的操作	(202)
—603	空冷器的维护	(204)
SK—600	参考文献	(205)
附录		
SKF—A、B、C、D、E、F、G	符号说明	(206)
SKF—A	湿式空冷器设计计算及举例	(209)
—A1	设计计算方法	(209)
—A2	设计计算举例	(211)
SKF—B	干湿联合型空冷器的设计及计算	(215)
—B1	联合型空冷器的结构型式	(215)
—B2	联合型空冷器的流程	(216)
—B3	联合空冷器设计程序	(218)
—B4	设计计算举例	(219)
SKF—C	喷淋系统及喷嘴	(220)
—C1	喷嘴及喷头	(220)
—C2	喷嘴的数量及布置	(222)
—C3	喷淋水质要求	(224)
—C4	喷淋水系统	(224)
—C5	喷淋调节方式	(225)
SKF—D	中华人民共和国机械工业部、中国石油化工总公司部标准JB1415—84 “空气冷却器型式与基本参数”	(227)
SKF—E	常用数据	(254)
—E1	全国主要城市气温一览表	(254)
—E2	全国主要城市基本风压值	(254)

—E3	钢结构设计资料	(254)
—E4	国外空冷器制造厂规格、性能	(273)
—E5	国产R型叶片风机在不同转速下各种规格的特性数据	(294)
—E6	几种材料的物理性质	(307)
SKF—F	噪声	(308)
—F1	噪声容许标准	(308)
—F2	空冷器及风机噪声计算	(308)
SKF—G	现场测试方法	(311)
—G1	热工性能测试方法	(311)
—G2	电功率测试方法	(314)
—G3	空冷器噪声测试方法	(315)
SKF—H	表格化计算书	(316)
H1	管箱强度计算表(丝堵式组焊矩形管箱)	(318)
H2	管箱强度计算表(半圆形管箱)	(320)
H3	管箱强度计算表(可卸盖板式管箱)	(324)
H4	空冷器工艺设计及计算表(无相变气体或液体冷却)	(328)
H5	空冷器工艺计算表(湿式空冷器)	(335)
SKF	参考文献	(341)

第七章 SK 空气冷却器

SK—100 概述

SK—101 空气冷却器的应用

几十年前，炼油厂及石油化工厂大都采用水来冷却工艺流体，这种方法的优点是投资费用较低，虽然其运转费用较高，但仍较其他方法经济。但是，由于工业用水的不断增长，已出现用水不足的情况，另外，人们已开始了解到保护环境免受污染的重要性，如采用河水冷却，就是对河水的一种热污染。

因此，在过去的几十年中，某些水冷却方式已逐渐被空气冷却方式所代替，有更多的炼油厂和石油化工厂安装了空气冷却器或空气冷凝器。事实说明，这些设备不仅运转费用低廉，同时与水冷却方式相比，具有更长的使用寿命。

我国自1964年研制成功空气冷却器以来，在炼油厂和石油化工厂迅速得到应用。从轻油到重油、渣油；从正压到负压；从炎热的南方到严寒的北方；从水源充足的地区到缺水地区，都已成功地使用了空气冷却器。在电力工业，空气冷却器也有着广泛应用的前景。

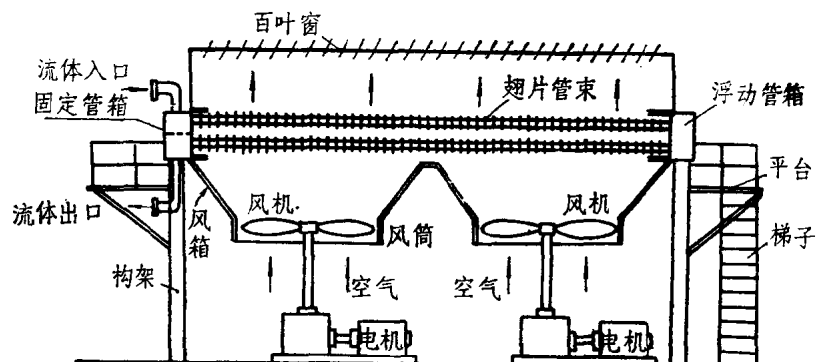
可以预料，随着工业耗水量的增加，水源的紧张和环境保护的要求，空气冷却器必将发挥它应有的作用。

SK—102 空气冷却器的基本部件

空气冷却器的基本部件如下：

1. 一组或多组带翅片的管束，需要冷却或冷凝的流体在管内通过，空气在管外流动，对流体进行冷却。
2. 一个或几个轴流风机，驱使空气流动。
3. 构架。
4. 附件，如百叶窗、蒸汽盘管、梯子、平台等。

上述基本部件示于SK—100-图1。



SK—100- 图1 空气冷却器基本结构

- A—管箱间中心距, 毫米
 B—管束宽度, 毫米
 C—管束进出口中心距, 毫米
 D—风机叶轮直径, 米
 d_r, d_{r1}, d_{r2} —翅片根部外径, 毫米
 d_t —翅片外径, 毫米
 d_0 —光管外径, 毫米
 E—管束进出口法兰面距离, 毫米
 H—管束侧梁高, 毫米
 —风机全风压, 毫米水柱
 \bar{H} —风机全风压系数
 H_{st} —风机静压, 毫米水柱
 h—翅片全高, 毫米
 N—电机功率, 千瓦
 \bar{N} —风机功率系数
 n—风机叶轮转数, 转/分
 S—翅片间距, 毫米
 V—风机流量, 标米³/时
 \bar{V} —风机流量系数
 δ_1, δ_2 —翅片根部厚度, 毫米
 δ' —翅片尖部厚度, 毫米
 η_{st} —静压效率
 η —全压效率
 ρ_B —风机出口空气密度, 公斤力/米³
 ρ —空气密度, 公斤力/米³

SK-200 总体设计

SK-201 总体设计内容

在总体设计之前, 用户或设计委托人, 应按照《一般炼油化工装置用空气冷却器设计规定》(中华人民共和国第一机械工业部、石油工业部一九八二年编制) 中表1-1的格式, 填写“典型过程及物理性质数据表”, 作为委托设计的必要前题, 并据此考虑下列问题:

(1) 根据工艺介质的冷却要求及所建装置的水源、电力情况, 进行空冷与水冷的技术经济比较, 以确定使用空冷器的合理性。

(2) 根据介质终冷温度、环境条件, 确定空冷器的型式(指干式空冷、湿式空冷、干-湿联合空冷等)。

(3) 初步估算该工艺操作条件下所需传热面积, 选择空冷器的设备结构型号(指选用管束尺寸、翅片管种类、构架、风机等)。

(4) 根据工艺介质的操作条件及物化性质, 对初选型号进行下列核算: 管内膜传热

系数及阻力降；管外膜传热系数及阻力降；总传热系数；有效平均温差；计算所需传热面积及台数；风机的动力消耗及增湿水耗等。

(5) 根据装置生产特点，综合考虑空冷的平竖面布置及调节控制方案。

(6) 此外还应考虑噪声、防凝冻措施等方面的问题。

SK-202 空冷器总体结构型式及选择

空冷器的总体结构设计，可以从下列方面作出选择性考虑：

1. 工艺流程

(1) 前干空冷-后水冷

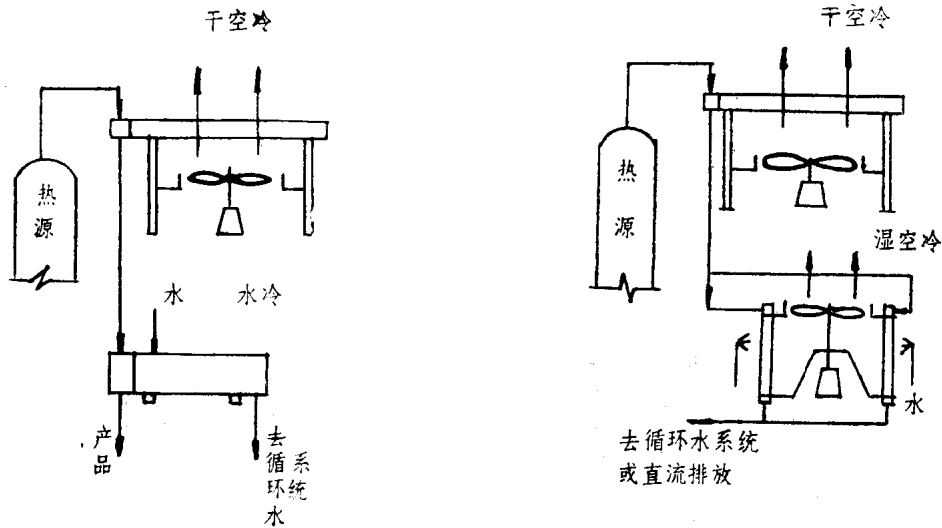
适用场合及特点：

- a. 水源充足。
- b. 要求介质终端温度接近大气湿球温度者。
- c. 装置内场地较紧凑。

缺点：

- a. 需另有循环水冷却系统。
- b. 操作费、电耗及检修费较大。
- c. 终端温度控制较差。

(2) 前干空冷-后湿空冷

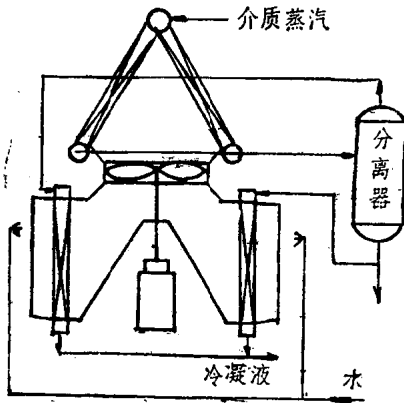


适用场合及特点：

- a. 水源不足。
- b. 要求循环水量尽可能少的场合，水耗约为(1)的5—10%左右。
- c. 介质终端温度可冷至高于大气湿球温度约5℃左右。
- d. 操作费用较使用水后冷者小20—40%。
- e. 一般湿空冷的排水可过滤后重复使用，不需另设循环水场，或作其他循环水的补充水。

缺点:

- a. 后湿空冷占地面积比后水冷略大。
- b. 操作技术比采用后水冷者要求略高。



(3) 干湿联合型空冷

适用场合及特点:

- a. 用于中、小处理量场合, 或大处理量干空冷的后冷。
- b. 占地面积小。
- c. 操作费用省。
- d. 其他优点及适用范围同(1)、(2)。

缺点:

操作技术比采用后水冷者要求略高。

(4) 全干空冷

适用场合及特点:

- a. 可用于寒冷地区或介质终端温度比夏季设计气温高15—20℃以上的场合。
- b. 可用于高压介质冷却系统, 不再设后冷。
- c. 运转费用较采用前干空冷-后水冷者为廉。

(5) 全湿空冷

适用场合及特点:

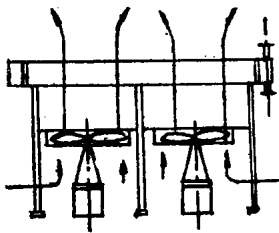
- a. 作为干空冷的补充手段。
- b. 进口温度低的介质(如: $\leq 75^\circ\text{C}$)冷却, 且终冷温度要求高于大气湿球温度约5℃左右者。

缺点:

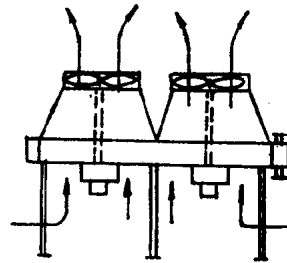
如进口温度高于80℃时, 则翅片管表面易结水垢。

2. 结构形式

(1) 水平式



(a型)



(b型)

适用场合及特点:

- a. 管束及风机叶轮呈水平状放置, 气流垂直于地面, 自下而上或反之。
- b. 结构简单, 安装方便。
- c. 管排本身或最后一行程管子, 常有一坡度(0.5—1%), 便于排液。

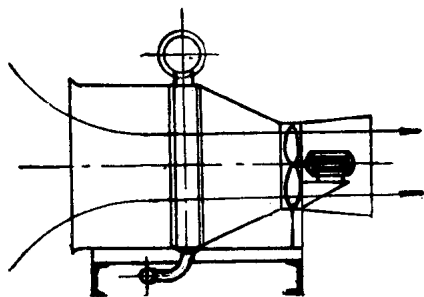
缺点:

- a. 占地面积较大。
- b. 管内阻力比其它形式为大。

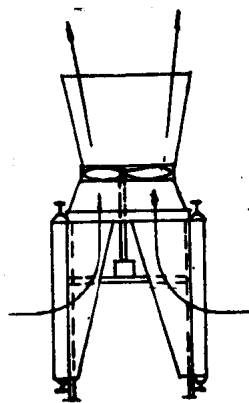
(2) 直立式

适用场合及特点:

- a. 管束垂直于地面, 风机叶轮可垂直或水平放置。



(a型)



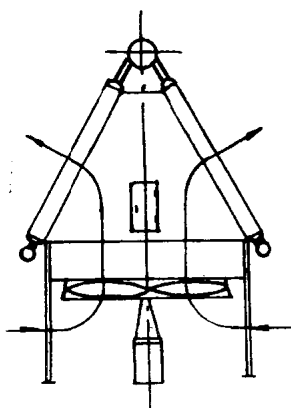
(b型)

- b. 占地面积比水平式小。
- c. 管内阻力比水平式小。
- d. (a型) 用于较小处理量或内燃机冷却系统, 鼓风或引风均可。(b型) 一般用于大处理量, 或密闭循环水冷却系统 (如大型电站), 一般均为引风式。

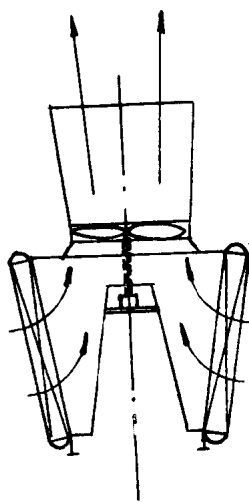
缺点:

- a. (b型) 结构略复杂。
- b. 安置方向应与常时风向配合。

(3) 斜置式



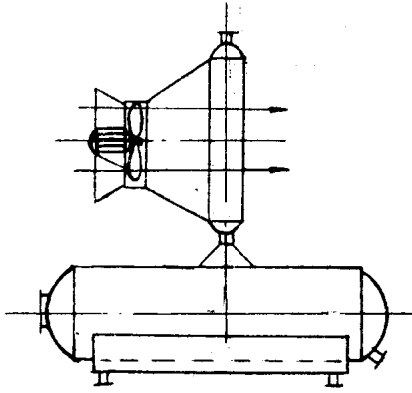
(a型)



(b型)

适用场合及特点:

- a. 管束与地平面有一夹角。
- b. 占地面积比水平式小。
- c. 管内阻力比水平式小。
- d. (a型) 一般用于气相冷凝冷却, 传热系数比水平式高, 也适用于负压真空系统。



图形参考

- 2.(1)(a型)
- 2.(3)(a型)

图形参考

- 2.(1)(b型)
- 2.(2)(b型)
- 2.(3)(b型)

(b型) 与 (2) 之 (b型) 相似, 但管束斜置, 空气侧阻力小, 分配均匀。

缺点:

构造略复杂。

(4) 联合式

适用场合及特点:

- a. 置于塔类等高耸设备顶部或其他设备上联成一体。
- b. 减少管内系统阻力, 减少投资及管路, 减少占地面积。

缺点:

检修略困难。

3. 通风方式

(1) 鼓风式

适用场合及特点:

- a. 气流先经风机再至管束, 风机工作在大气温度下。
- b. 结构较简单, 检修方便, 振动小。
- c. 由于空气的紊流作用, 管外传热系数略高。

缺点:

- a. 排出之热空气较易回流。
- b. 受日照及气候变化影响较大。

(2) 引风式

适用场合及特点:

- a. 气流先经管束再至风机, 风机工作在高温空气下, 叶片如用玻璃纤维增强塑料制作, 须耐温 80°C 以上。

- b. 受气候影响较小。
- c. 出口终冷温度要求严格控制者。
- d. 噪声可比鼓风式小3分贝。
- e. 排出之热空气不易回流。

缺点:

- a. 结构比鼓风式略复杂。
- b. 风机检修不便。

c. 所耗风机功率比鼓风式大约10%。

(3) 自然通风式

适用场合及特点:

a. 利用温差引起的空气自然对流进行冷却, 适用于大处理量的热能工厂, 如大型火电、核电站汽轮机乏汽冷凝冷却。

b. 不需风机, 节约电能。

c. 噪声小。

d. 检修少。

缺点:

一次投资大。在石油、化工装置中尚未见使用。

4. 风量控制方式

(1) 百叶窗截流

适用场合及特点:

a. 以气动或手动百叶窗来调节空气流量。

b. 机构简单、价廉。

c. 目前用于多单元组成同一台、跨时的调节手段, 或用于热风循环控制中。

d. 可作鼓风式管束的屏蔽设备。

缺点:

调节损失最大, 风机不能节电。现已不作为主要调节手段。

(2) 采用风机操作法控制

适用场合及特点:

a. 采用手动或自动开—停风机群中部分风机的方法, 改变空气流量。

b. 采用手动或自动的双速或多速马达, 改变空气流量。

c. 上述方法适用于介质终端温度控制精度不高 ($\pm 15^{\circ}\text{C}$ 以上) 的场合。

d. 与百叶窗截流调节相比, 能耗有较大节约 (约节约40%)。

缺点:

a. 控制精度低。

b. 有可能引起管束温度突变, 造成诸如水击、泄漏或管子刚性失稳等弊病。

(3) 调角风机调节

适用场合及特点:

a. 调节灵活。

b. 除可调节产品终端温度外, 并可用于冬季防冻热风循环措施。

c. 可比改变风机操作法更多地节能 (约节约总能耗的60%)。

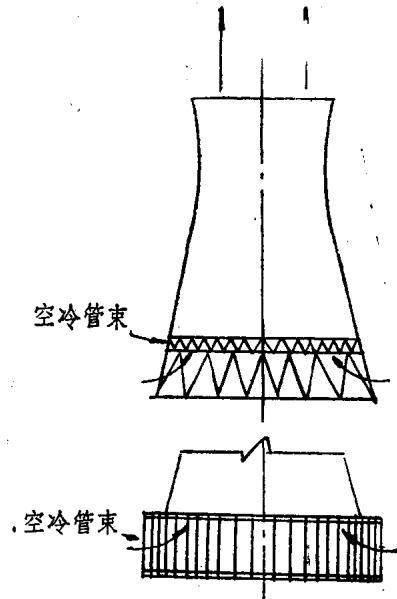
缺点:

a. 调角机构复杂, 价格较昂。

b. 需另设压缩空气源。

c. 维护工作较多。

(4) 无级调速式风机调节



- (a) 调频式
- (b) 串级调压式

适用场合及特点:

- a. 调节灵活, 滞后时间短。
- b. 可最大限度地节约能耗 (比调角式再节约30—50%)。
- c. 风机噪声可随转速下降而下降。
- d. 采用 (b) 型时, 一次投资低于调角式。
- e. 结构简单, 维护工作量小。

缺点:

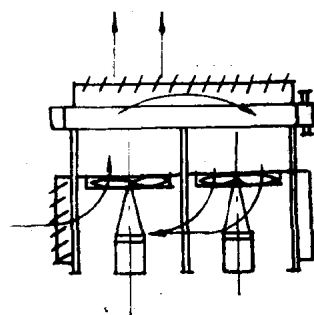
采用 (a) 型时投资较 (b) 型高。

5. 防凝防冻方式

(1) 热风内循环式

适用场合及特点:

- a. 用于介质的倾点或冰点高于最低环境设计气温 14—20°C (25—35°F) 以上, 包括介质中含水分 10% 以上者。
- b. 介质终端温度控制要求不甚精确 (大于 ±3°C) 的场合。
- c. 采用一般自调风机, 不增加特殊结构和投资。
- d. 风机应不少于两台的空冷器。



缺点:

- a. 风机能耗较大。
- b. 控制略复杂。

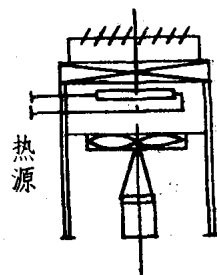
(2) 伴热式

适用场合和特点:

- a. 用蒸汽或电热器, 置于管束下方, 在最低设计气温以下启用。
- b. 结构较简单、操作技术简单。
- c. 其他适用性与 (3) 热风外部循环式同。

缺点:

能耗大, 操作费用高。



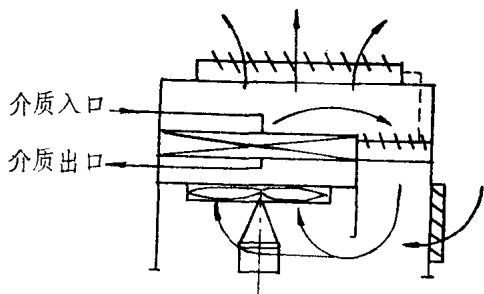
(3) 热风外部循环

适用场合和特点:

- a. 用于介质的倾点或冰点高于最低设计气温 33°C 以上 (60°F), 包括介质中水分含量大于 50% 者。
- b. 介质终端温度控制要求较高 (≤ ±3°C) 的场合。
- c. 除采用自调风机外, 尚需设置自动 (或手动) 百叶窗及外部循环风道。
- d. 有时尚需设伴热器。

缺点:

- a. 结构复杂, 投资较高。



b. 操作复杂, 自控要求较高。

c. 占地略大。

(4) 联合伴热式

适用场合及特点:

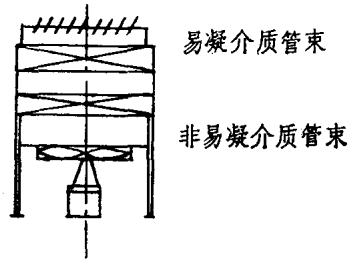
a. 用其他非易凝的高温介质管束, 置于易凝介质管束下, 作为伴热。

b. 占地少, 投资省。

c. 能耗少。

缺点:

结构略复杂。



SK-203 管束

1. 管束的基本结构形式

管束是由翅片管(或光管)与管箱及框架构成, 参阅SK-200-图4。

管子的两端胀接或焊接(或两者兼有)在管箱的侧面。管子的上、下两侧各与进出口管子相连。管子按三角形排列。其安装形式有水平、倾斜、直立等。

2. 管束的选择

2.1 管束之名义宽度, 可以是所需的任一尺寸, 但一般应设计为整数, 如: 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500等, 目前最大尺寸为3000毫米。

2.2 管束的长度随管子长度区分, 管长度一般为3000, 4500, 6000, 9000毫米等。国外最长为15米。长的更为经济(指公斤钢/平方米换热面)。

2.3 空冷管束管排数一般为2至10排, 以4—8排为常用。排数少占地面积大, 空气温升高, 空气利用率低, 投资大, 操作费用将按比例增加。但排数多, 空气侧阻力大, 则能耗也将随阻力增加。一般空气温升应不小于20℃。

2.4 排数多的管束, 如认为阻力降太大时, 可用增宽管心距或减小迎面风速来弥补之。

2.5 常用的管心距: 对高翅片管(片高16毫米)为62、64、67毫米; 对低翅片管(片高12.5毫米)为54、56、59毫米。

2.6 迎面风速选取最大不超过3.5米/秒; 最低不少于1.5米/秒(自然通风式空冷除外); 一般在2.0米/秒至3.0米/秒之间(标准状态)。

2.7 单管程冷凝器的管束, 其管子应具有1%的斜率, 以便排液。

2.8 除水蒸汽系统可用U形管外, 尾部管箱应是浮动式的, 适应热膨胀的其他补偿方法应作专门研究。

2.9 管程数的选择一般原则是:

(1) 允许管内系统阻力降大者, 可考虑采用多管程。反之, 以选用少管程数为宜。

(2) 一般液体流速应在0.5—1米/秒, 气体流速可在5—10公斤/米²·秒。根据此流速核算所选管程数, 管内阻力降应在允许范围内。

(3) 对于冷凝过程, 如对数平均温差的校正系数小于0.8, 或含有不凝气成分时, 则应考虑采用单管程以上的行程数。

2.10 对于多管程的管束, 每一行程的管子数, 应按该行程介质流率确定, 特别是气