

农家书屋 必备书系

第8卷

农村实用技术常识之②⑤

# 空冷器 检修知识

国家启动的农村劳动力转移培训“阳光工程”，开展农村劳动力转移培训，是加快农村劳动力转移、促进农民增收的重要环节，也是提高农民就业能力，增强我国产业竞争力的一项重要基础性工作。结合农业结构的调整，加强农村农民朋友职业技术教育，为解决“三农”问题提供技术服务，特编写本丛书。主要内容包括：家用电器维修养护技术，农用机械维修养护技术，建筑工程与设备系统维修技术，致富维修技术，实用职业技能技术等。

刘利生/主编 余志雄/副主编



陕西科学技术出版社

“农家书屋”必备书系·第8卷·农村实用技术常识

之二十五

# 空冷器检修知识

主 编 刘利生

副主编 余志雄

陕西科学技术出版社

# 目 录

第一章 结构型式 .....	( 1 )
第一节 空冷器的概念及特点 .....	( 1 )
第二节 空冷器的分类 .....	( 3 )
第三节 空冷器的结构和特点 .....	( 6 )
第二章 基本部件 .....	( 8 )
第一节 空冷器的组成 .....	( 8 )
第二节 空冷器的配件及其功能 .....	( 9 )
第三章 技术原理 .....	( 20 )
第一节 基本特征和原理 .....	( 20 )
第二节 空气冷却器各配件工作原理和特点 .....	( 22 )
第三节 不同工艺及特点 .....	( 26 )
第四节 空气冷却器风机的特性曲线 .....	( 29 )
第五节 空气冷却器运行产生噪声的原因 .....	( 30 )
第四章 设计运行及选型 .....	( 31 )
第一节 设计 .....	( 31 )
第二节 选择 .....	( 34 )
第三节 运行及选型方法 .....	( 38 )
第四节 喷淋系统 .....	( 49 )
第五节 其他要求及标准 .....	( 53 )

第五章 加工制造 .....	( 56 )
第一节 材料选用 .....	( 56 )
第二节 翅片工艺及要求 .....	( 57 )
第三节 叶片工艺及要求 .....	( 66 )
第六章 安装调试 .....	( 69 )
第一节 安装及要求 .....	( 69 )
第二节 调整及要求 .....	( 73 )
第七章 操作调节 .....	( 77 )
第一节 调节基本知识 .....	( 77 )
第二节 空气冷却器的调节型式 .....	( 79 )
第三节 调节须知 .....	( 80 )

# 第一章 结构型式

## 第一节 空冷器的概念及特点

### 一、空气冷却器的概念

空气冷却器是以环境空气作为冷却介质,横掠翅片管外,使管内高温工艺流体得到冷却或冷凝的设备,简称“空冷器”,也称“空气冷却式换热器”,也叫做翅片风机,常用它代替水冷式壳-管式换热器冷却介质,在水资源短缺地区特别适宜。

### 二、哪些工业企业需要应用空气冷却器

国外自 20 世纪 30 年代空气冷却器投入工业使用以来,在石油化工等工业企业迅速得到应用。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。

在炼油企业,美国 1948 年在 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。英国 50 年代末期在水源充足的 Whitecate 炼油厂和 Nolyton 炼油厂也全部采用了空气冷却,加拿大土坡角炼油厂全部使用空气冷却器。目前实现全部空气冷却的炼油厂在不断增加,国外新建炼厂都有扩大使用空气冷却器的趋势,用水单耗均在 1t/吨原油以下。比利时费芦炼油厂新鲜水平均单耗为 0.195t 水/吨原油。

在化工企业,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。

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气器也日渐增多。至1972年,GEA公司共生产200台汽轮机排汽空冷凝气器,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进展,高炉循环水的空气冷却已有了成熟的经验。

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。冷冻和空气调节设备中氟里昂、氨或丙烷的冷凝多采用小型空气冷却器。

原子能反应堆中应急的心部空气冷却是一个应用实例。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,二是假如发生溶盐或金属从管子的工艺侧泄漏,不会发生危险反应。

### 三、空气冷却器的优点

空气冷却器有以下一些优点:

(1)空气冷却器安装厂址不受水源、水质、取水等条件的限制。

(2)空气冷却器安装布置不受供排水设施具体要求的限制。

(3)空气冷却器在生产运行过程中,空气冷却介质的许可温升范围比水冷却介质大,同时不存在水垢与冷却水设备腐蚀管壁的问题。

(4)空气冷却器在设备维修方面,除需要定期观察和润滑

操作以外,不需要大拆大修,因此空气冷却器比水冷却器操作周期长。

(5)空气冷却器在设备投资方面,由于所需供、排水设施的规模大大缩小,因此在一般操作条件下空冷比水冷便宜。

(6)空气冷却器在操作费用方面,在一般操作条件下,空冷设备与水冷设备的(马达)功率大致相等。但空冷的操作时间在85%以上是在比设计气温低 $10^{\circ}\text{C}$ 左右的情况下进行的,因此,一般认为空冷的实际功率消耗比水冷低,其操作费用平均为水冷的50%。空冷的设备维修费用,约比水冷低 $1/2$ 左右。

(7)空气冷却器在设备潜力方面上,与水冷相比,设备处理量有较大的提高余地。老厂扩建时可将水冷装置改换为空冷设备,使用风扇或马达,即可在一定程度上提高设备处理量。

### 第二节 空冷器的分类

以空气冷却器冷却方式分类,可分为:干式空冷器、湿式空冷器、干、湿联合空冷器和两侧喷淋联合空冷器;以空气冷却器管束布置型式分类,可分为:水平式空冷器、斜顶式空冷器、立式空冷器和圆环式空冷器;以空气冷却器通风方式分类,可分为:自然通风式空冷器、鼓风式空冷器和引风式空冷器。

空气冷却器主要有以下类型:

#### 1. 水平式空气冷却器

水平式空气冷却器的管束水平放置。多用于介质的冷凝、冷却。根据送风方式不同又分鼓风式空冷器和引风式空冷器。引风式空冷器的风机叶片(螺旋桨),位于管束的上方,百叶窗亦装在风筒出口上。这种结构的空冷器传热管束受到日照、风雪等气候影响较小,排出的热空气也不易回流,因此用于介质出口终端温度要求严格控制者,且在相同的风量下,噪音要比鼓风

式小 3 分贝[ dB(A) ]。但其结构较复杂,风机的维护、管束检修和更换较麻烦。风机所耗功率要比鼓风式约大 10%。鼓风式空冷器管束置于风机的上方,风机由下向上送风,这是空气冷却器使用最多的一种形式。它的安装、维护十分方便。

### 2. 斜顶式空气冷却器

斜顶式空气冷却器的管束 45°斜置于构架顶部。被冷介质由上而下流动,多用于介质的冷凝。斜顶式空气冷却器占地面积较小,用于介质冷凝时,管内阻力和膜放热系数要比水平式好,但管束排出的热空气容易回流,造成空气入口风温增高,且结构也较为复杂。

### 3. 湿式空气冷却器

湿式空气冷却器管束立置,介质水平流动。管束外侧安装喷水系统,风机为引风式。湿式空气冷却器介质入口温度一般不宜大于 100℃。夏季启动喷水系统,增湿降温,且水膜在翅片表面蒸发强化传热,能将介质冷却到较低的温度。在石油化工厂用湿空冷器代替水后冷器,可以节约水,降低操作费用。缺点是对喷淋用水的水质和雾化喷头有较严格的要求。为了防止水对传热管的腐蚀,一般宜选用双金属轧制翅片管或双 L 绕制翅片管。与水冷却器相比,设备造价也较高,多用于水资源短缺地区。一般来说,当油品进口温度大于 100℃,而出口需冷却到 40~50℃时,前段可用干式空气冷却器将油品冷却到 70~80℃,再用湿式空气冷却器冷却至终温。因高温段采用干式空气冷却器比较经济,另一方面湿式空气冷却器进口温度过高,耗水量过大,同时翅片表面易结垢,影响湿式空气冷却器的使用效果和寿命,因此湿式空气冷却器进口温度一般不宜大于 80℃。

### 4. 干、湿联合式空气冷却器

干、湿联合式空气冷却器相当于干式空气冷却器(水平式或斜顶式)与湿式空气冷却器组合在一起,两者合用风机,因此

占地面积比较小,设备投资也可节省。由于空气被利用了两次,因此能耗和运行费用较低。但这种空气冷却器干、湿两部分管束的面积应匹配得恰当,不合适的匹配往往会造成传热面积的浪费和风机能耗的增加。另外,从现场测定情况来看,顶部干管束排出的热空气循环到下部湿管束进口处的现象也较突出,因此多用于老装置的扩容改造及场地紧张的情况。

### 5. 热风循环式空气冷却器

当被冷介质在最低设计气温下,空气冷却器易发生凝结或有结晶物析出时,可采用热风循环式结构。热风循环式空气冷却器,是利用自身排出的热空气作为热源,一般不需要外加伴热设施和消耗伴热热源。其操作费用与普通空气冷却器相近。但需要有一套控制系统,根据不同的环境温度,来调节百叶窗的开度及风机的风量。自控水平要求较高,结构也较复杂,设备投资较大。热风循环湿式空气冷却器,解决了高寒地区空气冷却器过冬问题,可节约大量工业用水,但结构复杂、自控和操作要求都较高,因此设备投资较大。

热风内循环式空气冷却器可采用两台或多台风机并列。气温较低时,一台风机向上鼓风,另一台风机向下引风,构成热风内部循环。一般用于介质终端温度控制要求不甚精确( $\pm 3^{\circ} \sim \pm 5^{\circ}$ )的场合。这种型式比较简单,不需增加特殊的结构和投资,但对风机的自动调节机构要求较高。

热风外循环式空气冷却器需要增设一套自动调节百叶窗和热风外循环通道。用于对介质终端冷却温度控制要求较高( $\leq \pm 3^{\circ}$ )的场合。这种型式结构和操作都较复杂,占地略大,设备投资也较高。

### 6. 其他特殊用途的空气冷却器

自然通风式空气冷却器:利用温差引起的空气自然对流进行冷却。不需风机,电能消耗和维修费用很低。但一次投资较

高,多用于大型火力发电厂、核电站、汽轮机复水器等耗电量较大的大容量冷却系统。在石油化工装置使用较少。

光管式空气冷却器:其结构与普通水平式空气冷却器相同。但传热管无翅片,用于管内流体膜放热系数很低,且易凝结的介质冷却。如重质油品的空气冷却器。

### 第三节 空冷器的结构和特点

#### 一、空气冷却器有哪些基本结构型式

空气冷却器有水平式、直立式和斜置式这几种结构型式。

①水平式。②直立式。③斜置式。

#### 二、水平式空气冷却器的特点

水平式结构型式空气冷却器适用场合、特点及缺点如表1-1所示。

表1-1 水平式空气冷却器特点

适用场合及特点	缺点
管束及风机叶轮呈水平状放置	占地面积较大
结构简单,安装方便	管内阻力比其他型式为大
管排常有一坡度(0.5%~1%)	

#### 三、直立式的空气冷却器的特点

直立式结构型式空气冷却器适用场合、特点及缺点如表1-2所示。

表 1-2 直立式空气冷却器特点

适用场合及特点	缺点
管束垂直于地面,风机叶轮可垂直或水平放置	A 型结构略复杂
占地面积比水平式小	向茎菩方向应与常时风
管内阻力比水平式小	

### 三、斜置式的空气冷却器的特点

斜置式结构型式空气冷却器适用场合、特点及缺点如表 1-3 所示。

表 1-3 斜置式空气冷却器特点

适用场合及特点	缺点
管束与地面有一夹角	构造略复杂
占地面积比水平式小	
管内阻力比水平式小	
(B 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;管束斜置,空气侧阻力小,分配均匀	

## 第二章 基本部件

### 第一节 空冷器的组成

空气冷却器主要包括管束、构架、风机等基本部件。被冷却介质(油品)走管内,空气走管外,通过翅片管进行热交换。空气冷却器基本部件主要由以下几部分组成:

(1)管束:包括翅片管、管箱、侧梁及支持附件等部件。管束是空气冷却器的传热部件。翅片管由翅片和管基组成,是空气冷却器传热的核心元件。由于空气的膜放热系数很低,需要在传热管(基管)外表面增加翅片来强化其传热(扩大传热面积和加大空气的紊流)。管箱将单根的翅片管组合成为一个集合体,并用来分配和导向流体。每片管束至少有两个管箱。根据结构不同,可分为丝堵式管箱、可拆盖板式管箱、集管式管箱、分解式管箱等。对于两管程以上的多管程管束,当流体进出口温差较大时,各管程之间的管壁温差及热膨胀差也很大,常引起翅片管的弯曲变形,造成翅片松脱,影响传热效果。甚至因温差应力过大,拉脱传热管与管板之间的胀口(或焊缝)。因此,当同一管箱流体进出口温差大于规定值,应采用分解管箱或U形管结构。侧梁及连接附件用于支持、连接管束的各个部件。侧梁一般用钢板冷弯成型制成。刚度好,省料,也可用大型型钢制造,但目前已不多用。翅片管与管板的连接方法分强度胀接、强

度焊接和胀焊并用三种形式。

(2) 风机:由叶片、轮毂、电机、驱动机械及支持机构等组成。风机是空气冷却器的送风机械。

(3) 百叶窗:包括窗叶、调节机构及百叶窗侧梁等部件。百叶窗用于调节空气冷却器风量的大小。

(4) 构架:包括风箱及导流筒等部件。构架用于支撑管束、风机、百叶窗及其附属件的钢结构。

(5) 喷淋系统:包括分布管及雾化喷头等部件。喷淋系统用于湿式空气冷却器增湿降温 and 强化传热。干式空气冷却器不设置喷淋系统部件。

(6) 附件:包括风箱、蒸汽盘管、梯子、平台等部件。风箱组装置用于导流空气。

### 第二节 空冷器的配件及其功能

#### 一、典型的表面蒸发式空气冷却器的结构

典型的表面蒸发式空气冷却器具有的结构:

- (1) 设备顶部的引风式风机。
- (2) 风机下方的除雾收水系统。
- (3) 除雾收水系统下方的喷淋水分配器。
- (4) 喷淋水分配器下方的主换热管束。
- (5) 主换热管束下方的构架与水箱。
- (6) 喷淋水输送管线与管道泵。

上述前5个部件之间均采用螺栓连接,并在各连接面之间采用橡胶板和密封胶进行密封,以防漏风、漏水。

## 二、空气冷却器构架的要求和结构型式

空气冷却器构架通常由型钢组成,也有采用钢筋混凝土构架。钢筋混凝土构架稳定性好,造价低。空气冷却器构架应有良好的稳定性,构架的结构尺寸应与管束和风机的尺寸相对应。构架可以由数台连结成组,也可单独使用一合,独立使用一台构架称为闭式(A型),其余称为开式(B型),开式构架省去那些与闭式共用的构件,图2-3为空气冷却器的构架型式。

## 三、空气冷却器风机的基本型式

空气冷却器的风机型式如表2-1所示。

表2-1 空气冷却器的风机型式

项目	类别	说明
运行方式	鼓风式	空气先经过风机再至管束
	引风式	空气先经过管束再至风机
调节方式	调角方式	停机手调。运转中手调。运转中以压缩空气遥控或以仪表自控
	调速方式	运转中遥控,或以仪表自控
联接方式	直接传动	效率最高,适用于调速控制风机
	齿轮传动	运行可靠,效率较高,构造较复杂,噪声较大
	皮带轮传动	结构较简单,效率略低,噪声忽略不计,但皮带需要更换

### 四、空气冷却器风机的基本要求

空气冷却器风机要求压头低、流量大,一般采用空气螺旋桨型轴流风机。通常为立式安装。

### 五、空气冷却器风机叶片型式的种类

目前国内空气冷却器中采用较广的叶片型式共有 3 种系列:

- (1) R 型叶片系列。
- (2) HARTZEIJL 公司(英)叶型系列。
- (3) HUDSON 公司(美)叶型系列。

### 六、可调角风机

风机风量随叶片角的变化而变化,可以调节叶片角的风机则称为可调角风机。自动调角式风机,则可在运行中改变叶片角。

### 七、引风式风机的优缺点

引风式风机优点如下:

- ①气流分布均匀;
- ②噪音较小;
- ③管束下部空间可以利用。

引风式风机缺点如下:

- ①风机安装在管束的上部,受管束高温的影响,不利于维护风机;
- ②经管束后进入风机的空气温度较高,故引风式比鼓风式消耗功率约大 10% ;
- ③管束需从下部检修,操作不方便。

### 八、鼓风式风机优缺点

鼓风式风机优点如下:

①易于产生湍流,对传热有利;②操作费用较低;③可以从上部检修管束,操作方便。

鼓风式风机缺点如下:

①气流分布不均匀;②管束上部敞开容易受日光和雨水的影响。

### 九、空气冷却器风机配置需要考虑的技术要求

空气冷却器风机配置应考虑以下要求:

#### 1. 根据设备噪声要求配置风机

噪音是环境污染公害之一,对人体健康危害很大。而空气冷却器风机群又是石油化工厂主要的噪音来源。根据环境保护的要求,厂区空气冷却器的噪声值不应高于90分贝[ dB(A) ]。新建工厂噪声值应低于85分贝[ dB(A) ]。在靠近市区或居民区的工厂,空气冷却器的噪声值应控制在80分贝[ dB(A) ]以内。居民区的噪声值大于50分贝[ dB(A) ]时,就会影响人的睡眠。工业噪音已制定国家标准,对工厂噪音加以限制。空气冷却器风机配置应注意以下与噪音有关的技术问题:

(1) 两台相同风机的噪声迭加后,合成噪声为单台风机噪声值加3分贝[ dB(A) ]。因此从噪声考虑,在同样风量下,风机直径宜大(风量大),数量宜少,可降低风机群的组数和噪音。但一般每台(跨)空气冷却器风机数量不宜少于两台。

(2) 引风式或干—湿联合空气冷却器的噪声,比鼓风式小3分贝[ dB(A) ]。

(3) 风机的噪声与风机叶片叶尖线速4次方和风量成正比。调角风机在调角过程中,由于风机叶片叶尖线速不变,仅风量改变,因此噪声值变化较小,全调程之噪声变化在3~4分贝

[dB(A)]左右。调速风机由于风机叶片转速改变,噪声变化比较显著。

(4)要降低空气冷却器风机的噪声,有效的措施是降低风机叶片叶尖线速,选用宽叶片,低转速风机,如铝叶片低噪音风机和玻璃钢TB叶片风机等低噪声机型。

### 2. 根据介质终端温度控制精度要求配置风机

空气冷却器工艺设计时,气温一般是按当地历年最热月月平均最高温度选取的。寒冬季节,管内介质会发生“过冷”。当工艺介质终端温度控制严格时,可按介质终端温度要求进行风机配置。

### 3. 考虑节能降耗要求配置风机

在相同流量下减少能量损失,应选择大容量、大直径的风机。经济条件允许时,空气冷却器尽可能选用自控风机。

由于调速风机在节能降耗、系统调节、控制灵敏度、设备维护等方面具有技术优势,空气冷却器可考虑优先选用调速风机。

## 十、空气冷却器的百叶窗的作用及百叶窗的结构型式

百叶窗主要用来调节空气冷却器的风量,特别在热风循环式空气冷却器中,热风循环量及排放量主要靠百叶窗控制。此外,百叶窗还能起到保护管束的“屏障”作用,防止日光对管束的直照或冰雹打坏翅片。但由于百叶窗的节流作用而损耗能量,故在一般的空气冷却器中,并不作为主要的调节风量的手段。

百叶窗的结构由叶片、调节机构及框梁几部分组成。

百叶窗主要有以下三种叶片形式。