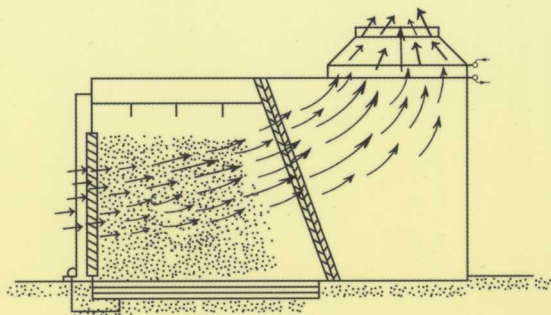


石油化工设备技术问答丛书

空冷器 技术问答

章湘武 姚志东 编著



中國石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

石油化工设备技术问答丛书

空冷器技术问答

章湘武 姚志东 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书采用问答形式,通俗地介绍空气冷却器的结构型式、基本部件、技术原理、设计选型、加工制造、安装调试、操作调节以及维护检修等方面的技术知识,同时介绍了目前国内常用的空气冷却器的主要参数。

本书可供现场技术人员、操作工、维修工和管理人员使用,也适合于用作培训教材以及考核试题参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

空冷器技术问答/章湘武,姚志东编著.
—北京:中国石化出版社,2007
(石油化工设备技术问答丛书)
ISBN 978-7-80229-155-3

I. 空… II. ①章… ②姚… III. 石油炼制-空气
冷却器-问答 IV. TE965-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 020438 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京密云红光制版公司制版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 32 开本 3.5 印张 72 千字

2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

定价:10.00 元

序

设备是企业进行生产的物质技术基础。现代化的石油化工企业，生产连续性强、自动化水平高，且具有高温、高压、易燃、易爆、易腐蚀、易中毒的特点。设备一旦发生问题，会带来一系列严重的后果，往往会导致装置停产、环境污染、火灾爆炸、人身伤亡等重大事故的发生。因而石油化工厂的设备更体现了设备是企业进行生产、发展的重要物质基础。“基础不牢，地动山摇”。设备状况的好坏，直接影响着石油化工企业生产装置的安全、稳定、长周期运行，从而也影响着企业的经济效益。

为了确保石油化工厂设备经常处于良好的状况，就必须强化设备管理，广泛应用先进技术，不断提高检修质量，搞好设备的操作和维护，及时消除设备隐患，排除故障，提高设备的可靠度，从而确保生产装置的安全、稳定、长周期运行。

为了加强企业“三基”工作，适应广大石油化工设备管理、操作及维护检修人员了解设备，熟悉设备，懂得设备的结构、性能、作用及可能发生的故障和预防措施，以提高消除隐患，排除故障，搞好操作和日常维护能力的需要，中国石化出版社针对石油化工厂常见的各类设备，诸如，各类泵、压缩机、风机及驱动机、各类工业炉、塔、反应器、压力容器，各类储罐、换热设备，以及各类工业管线、阀门管件等等，组织长期工作在石油化工企业基层，有一定设备理论知识和实践经验的专家和专业技术人员，以设备技术问答的形式，编写了一系列“石油化工设备技术问答丛书”，供大家学习和阅读，希望对广大读者有所帮助。本书即为这套丛书之一。

中国石化设备管理协会副会长 胡安定

目 录

第一章 结构型式	(1)
1. 什么是空气冷却器?	(1)
2. 哪些工业企业需要应用空气冷却器?	(1)
3. 空气冷却器有哪些优点?	(2)
4. 空气冷却器如何分类?	(3)
5. 空气冷却器有哪些基本结构型式?	(6)
6. 水平式空气冷却器有什么特点?	(7)
7. 直立式的空气冷却器有什么特点?	(8)
8. 斜置式的空气冷却器有什么特点?	(8)
第二章 基本部件	(9)
1. 空气冷却器由哪几部分组成?	(9)
2. 典型的表面蒸发式空气冷却器结构如何?	(10)
3. 空气冷却器构架有哪些要求和结构型式?	(11)
4. 空气冷却器的风机有哪些基本型式?	(12)
5. 空气冷却器的风机有哪些基本要求?	(13)
6. 空气冷却器风机的叶片型式种类有哪些?	(13)
7. 什么是可调角风机?	(13)
8. 引风式风机有哪些优缺点?	(13)
9. 鼓风式风机有哪些优缺点?	(13)
10. 空气冷却器风机配置需要考虑哪些技术要求?	(14)
11. 空气冷却器的百叶窗有何作用? 百叶窗有哪些 结构型式?	(15)
12. 空气冷却器百叶窗的调节机构有哪些结构型式?	(17)

13. 空气冷却器的翅片管有哪些基本要求?	(18)
14. 空气冷却器翅片管有哪些型式?	(18)
15. 空气冷却器管箱有哪些型式?	(21)
第三章 技术原理	(22)
1. 空气冷却器与传统水冷器相比有何优点?	(22)
2. 空气冷却器与传统水冷器相比有何缺点?	(22)
3. 空气冷却器的工艺流程布置有哪些模式?	(23)
4. 空气冷却器是如何使空气流过管子的?	(23)
5. 什么叫空气冷却器的迎风速? 它的大小有什么 影响?	(24)
6. 空气冷却器有哪些通风方式?	(24)
7. 空气冷却器中的自然通风式有哪些优缺点?	(24)
8. 表面蒸发式空气冷却器的工作原理是什么?	(25)
9. 表面蒸发式空气冷却器与传统空气冷却器相比 较有何特点?	(25)
10. 表面蒸发式空气冷却器适用于什么场合?	(26)
11. 空气冷却器为什么要用翅片管?	(27)
12. 湿空冷和干空冷有什么不同?	(27)
13. 空气冷却器中前干空冷-后水冷的工艺流程布置有 哪些适用场合、特点及缺点?	(27)
14. 空气冷却器中前干空冷-后湿空冷的工艺流程布置 有哪些适用场合、特点及缺点?	(28)
15. 空气冷却器中干湿联合型的工艺流程布置有哪些 适用场合、特点及缺点?	(28)
16. 空气冷却器中全干型的工艺流程布置有哪些适用 场合、特点及缺点?	(29)
17. 空气冷却器中全湿型的工艺流程布置有哪些适用 场合、特点及缺点?	(29)
18. 如何使用空气冷却器风机的特性曲线?	(30)

19. 空气冷却器运行产生噪声的原因是什么?	(30)
第四章 设计选型	(32)
1. 空气冷却器总体结构设计应从哪些方面作选择性考虑?	(32)
2. 空气冷却器的布置应注意哪些问题?	(32)
3. 空气冷却器的管程数如何选择?	(33)
4. 空气冷却器管束一般选用多少排管? 长度是多少?	(33)
5. 如何在低温环境中选用空气冷却器?	(34)
6. 低温环境下空气冷却器可选用哪些热风循环形式?	(36)
7. 如何在炎热干燥地区选用空气冷却器?	(38)
8. 空气冷却器减少热风再循环可采取哪些措施?	(39)
9. 塔顶空气冷却器有什么优点?	(40)
10. 空气冷却器为什么要设置百叶窗?	(40)
11. 提高空气冷却器风机效率有哪些措施?	(40)
12. 降低空气冷却器运行噪声的措施有哪些?	(41)
13. 如何选择空气冷却器翅片类型?	(42)
14. 空气冷却器 L 型翅片管有哪些适用范围、特点及缺点?	(43)
15. 空气冷却器 LL 型翅片管有哪些适用范围、特点及缺点?	(43)
16. 空气冷却器 G 型(镶嵌式)翅片管有哪些适用范围、特点及缺点?	(43)
17. 空气冷却器 KL 滚花型翅片管有哪些适用范围、特点?	(44)
18. 空气冷却器双金属轧制翅片管有哪些适用范围、特点及缺点?	(44)
19. 空气冷却器椭圆管套矩形片翅片管有哪些适用范围、特点及缺点?	(45)
20. 空气冷却器集管式管箱有哪些适用范围、特点及	

缺点?	(45)
21. 空气冷却器整体锻造管箱有哪些适用范围、特点及缺点?	(45)
22. 空气冷却器丝堵型管箱有哪些适用范围、特点及缺点?	(46)
23. 空气冷却器可卸盖板管箱有哪些适用范围、特点及缺点?	(46)
24. 空气冷却器绕制翅片管、轧制翅片管、串制翅片管各有什么特点?	(46)
25. 空气冷却器常用翅片管翅片外径、翅片厚度、翅片间距是多少?	(47)
26. 空气冷却器湿式空冷器翅片管翅片间距选用多少合理些? 为什么?	(48)
27. 什么是空气冷却器的喷淋系统?	(48)
28. 空气冷却器喷淋水循环系统的设计原则是什么?	(48)
29. 空气冷却器喷淋系统的喷头有哪几种结构型式?	(48)
30. 什么是空气冷却器漩流型喷头? 性能如何?	(49)
31. 什么是空气冷却器集合喷头? 性能如何?	(49)
32. 什么是空气冷却器螺旋型喷头? 性能如何?	(50)
33. 空气冷却器螺旋型圆锥喷头采用什么结构型式?	(51)
34. 空气冷却器喷淋系统的喷头有何要求?	(51)
35. 空气冷却器喷头的布置有何原则?	(52)
36. 空气冷却器喷淋水的压力和温度有何要求?	(52)
37. 空气冷却器喷淋水质有何要求?	(53)
38. 空气冷却器湿空冷喷淋水用一般的冷却水行吗?	(53)
39. 空气冷却器构架主要承受哪些载荷?	(53)
40. 空气冷却器在设计、制造、验收中都执行哪些标准? ...	(54)
第五章 加工制造	(56)
1. 空气冷却器翅片管的管子材料如何选用?	(56)

2. 空气冷却器管箱的材料如何选用?	(56)
3. 空气冷却器百叶窗的材料如何选用?	(57)
4. 空气冷却器翅片管的翅片材料如何选用?	(57)
5. 空气冷却器管束的翅片制造工艺有哪些?	(58)
6. 什么是翅片管的串片工艺?	(58)
7. 翅片管的串片工艺有哪几种密接方法?	(58)
8. 什么是翅片管的绕片?	(59)
9. 翅片管的绕片工艺有哪几种?	(59)
10. 什么是翅片管的轧片工艺?	(61)
11. 什么是翅片管的开槽工艺?	(61)
12. 翅片管的翅片制造质量有何要求?	(63)
13. 焊接管箱为什么要做焊后热处理?	(63)
14. 翅片管制造前基管外表面为什么要除锈? 除锈后 外径有何要求?	(63)
15. 什么是浸镀法?	(63)
16. 什么是胀管法?	(64)
17. 什么是接触焊?	(64)
18. 什么是电阻焊接法?	(64)
19. 翅片管制造前基管为什么要水压实验? 有何要求?	(65)
20. 翅片管的基管能否拼接? 有何要求?	(65)
21. 翅片管与管板有哪些连接型式?	(65)
22. 空气冷却器翅片管与管板的连接有何要求?	(65)
23. 什么是翅片管与管板的胀接连接?	(66)
24. 什么是翅片管与管板的焊接连接?	(66)
25. 空气冷却器风机的叶片制造材料有哪些? 有何特点? ...	(66)
26. 空气冷却器风机叶片的材料如何选用?	(66)
27. 为什么风机叶片制造后要测量叶尖部位的跳动半径? 有何要求?	(67)
28. 为什么风机叶片制造后要测力矩平衡? 有何要求?	(67)

第六章 安装调试	(69)
1. 空气冷却器管束在安装时应注意哪些事项?	(69)
2. 水平式空气冷却器管束安装为什么有倾斜度?	(69)
3. 空气冷却器管束安装的一般要求是什么?	(69)
4. 空气冷却器构架安装的一般要求是什么?	(70)
5. 空气冷却器风机安装的一般要求是什么?	(70)
6. 空气冷却器管束安装就位后为什么要将活动管箱的 安装螺栓松开一至二扣?	(72)
7. 为什么空气冷却器固定管箱安装螺丝孔是圆孔, 而 活动管箱是长圆孔?	(72)
8. 为什么有些风机要安装可调角度叶片或安装调速 风机?	(72)
9. 空气冷却器风机安装时为什么要调整风叶尖与 风筒壁间隙? 有何要求?	(72)
10. 如何调整空气冷却器风机叶片与风筒的间隙?	(73)
11. 空气冷却器风机叶片安装后为什么要检查叶片 安装角度误差? 有何要求?	(73)
12. 空气冷却器风机安装后为什么要空载运转试验? 有何要求?	(74)
13. 空气冷却器风机试车前应注意哪些事项?	(74)
14. 空气冷却器性能试验包括哪些内容?	(75)
第七章 操作调节	(76)
1. 空气冷却器调节的目的和对象是什么?	(76)
2. 空气冷却器有哪些调节方法?	(76)
3. 空气冷却器有哪些调节型式?	(78)
4. 百叶窗截流这种风量调节方式有哪些适用场合、 特点及缺点?	(79)
5. 采用风机操作法控制的风量调节方式有哪些适用场合、 特点及缺点?	(79)

6. 调角风机调节这种风量调节方式有哪些适用场合、特点及缺点？	(80)
7. 无级调速式风机调节这种风量调节方式有哪些适用场合、特点及缺点？	(80)
8. 如何根据介质终端温度控制精度要求选择风机配置？ ...	(81)
9. 空气冷却器有哪几种仪表控制方法？	(81)
10. 空气冷却器管束操作时应注意哪些事项？	(82)
11. 空气冷却器风机操作应注意哪些问题？	(83)
12. 空气冷却器有哪些防凝防冻方式？	(83)
13. 防凝防冻方式中的热风内循环式有哪些适用场合、特点及缺点？	(83)
14. 防凝防冻方式中的伴热式有哪些适用场合、特点及缺点？	(84)
15. 防凝防冻方式中的热风外部循环式有哪些适用场合、特点及缺点？	(84)
16. 防凝防冻方式中的联合伴热式有哪些适用场合、特点及缺点？	(85)
第八章 维护检修	(86)
1. 空气冷却器风机维护保养及使用注意哪些事项？	(86)
2. 空气冷却器检修包括哪些主要内容？	(87)
3. 空气冷却器管束维护需要注意哪些事项？	(87)
4. 为什么要清洗空气冷却器？	(88)
5. 空气冷却器管箱丝堵的垫片材料选择有什么要求？	(88)
6. 空气冷却器管箱丝堵的垫片泄漏如何处理？	(88)
7. 空气冷却器换热管泄漏如何处理？	(88)
8. 风机有哪些部位需要按期加润滑油或润滑脂？	(89)
9. 为什么要调整空气冷却器风机皮带的松紧度？	(89)
10. 空气冷却器风机叶片损坏后能否单片更换？成组更换后是否做静平衡？	(89)

11. 空气冷却器翅片管弯曲变形对冷却效果有何影响?	(89)
12. 空气冷却器管束腐蚀可能发生在哪些部位?	(90)
13. 有什么方法可检查空气冷却器翅片管内部腐蚀或 结垢情况?	(90)
14. 空气冷却器冷却效果差有哪些原因?	(90)
15. 空气冷却器常见故障及排除方法有哪些?	(90)
附录一 空气冷却器维护检修规程 (SHS 01010—2004)	(92)
附录二 空冷器型号规格简介	(96)

第一章 结构型式

1. 什么是空气冷却器？

答：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，在水资源短缺地区尤为突出。

2. 哪些工业企业需要应用空气冷却器？

答：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 1 吨水/吨原油以下。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，二是如果发生溶盐或金属从管子的工艺侧泄漏，不会发生危险反应。

3. 空气冷却器有哪些优点？

答：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, 所以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°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更换为空冷设备, 使用风扇或马达, 即可在一定程度上提高设备处理量。

4. 空气冷却器如何分类?

答: 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°C 。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，多用于水源短缺地区。一般来说，当油品进口温度大于 100°C ，而出口需冷却到 $40 \sim 50^\circ\text{C}$ 时，前段可用干式空气冷却器将油品冷却到 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ ，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，所以湿式

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,二者合用风机,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,所以能耗和运行费用较低。但这种空气冷却器干、湿两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