

西北地区空冷器在煤化工的应用及其布置设计

夏云¹, 潘峰²

1. 武汉江汉化工设计有限公司, 湖北 武汉 430233;

2. 中国五环工程有限公司, 湖北 武汉 430233

摘要:随着国家环保政策的加强,空气冷却器广泛应用于煤化工领域,特别是在中国西北部严重缺水区域,其低碳环保节能优势相较于水冷却系统有着明显优势.为将空气冷却器应用到宁夏地区的工业中,结合空冷器的设备特点及类型、工业应用、设备布置、工艺管道布置的常规要求,以煤产丰富的宁夏地区煤气化装置的空冷器为实例进行了研究.结合西北部地区项目空冷器的特点、当地的气温参数等工艺要求提出了设计方案:以空冷器为主,水冷器为辅的复合性冷却系统,以满足西北地区煤化工工艺的冷却要求,提升空冷器在煤化工领域应用效果,提高其冷却效率.

关键词:空冷器;煤化工;设备布置;管道布置

中图分类号: TQ545

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1674-2869.2015.02.010

1 空气冷却器的设备构成与类型

空气冷却器,简称空冷器,该设备为将高温工艺介质冷却或冷凝到要求的温度,使用环境空气作为其冷却的介质,在石油化工、冶金、炼油、发电站、能源动力等工业中广泛应用了空冷器作为冷凝和冷却系统设备.空冷器节水节能,操作方便,环境无污染、运转费用低等优势,伴随加强的国家环保政策,普遍运用于中国西北部严重缺水区域.尤其是在宁夏地处西部高寒缺水沙漠地区,化工装置中合理设置冷却系统对其高温、高压的工艺流程至关重要,该地区非常适合采用空冷器.

管束、构架、风机及百叶窗等作为重要部件构成了空冷器.管束一般由若干排翅片管组成,是传热的基本部件.构架由钢结构组成以支撑整个空冷器设备,空气经风机驱动通过管束带走热量,使其工艺介质实现冷却或冷凝,再由百叶窗或者风机转速来控制其空气的流量,保证冷却量的同时保护翅片管.空冷器的通风形式的分类有:自然通风式和引风式以及鼓风式空冷器;按冷却方式可分为:湿式、干式以及干湿联合空气冷却器;按管束布置形式分为:斜顶式、立式、圆环式以及水平式空冷器.水平鼓风式或引风式空冷器是当今中国煤化工运用最广泛的空气冷却器装置,水平鼓风式空冷器在本装置中也得到了很好的应用.

2 空气冷却器的工业应用

空冷器相较于水冷器一次投资高,设备数量更多,重量更大,所需钢结构支撑费用更高,占地也更大.但是空冷器无需循环水的使用,节省循环水场的建设投资、占地和能耗.占地面积方面,空冷器设备虽然占地绝对面积较大,但是空冷器支撑的下层钢结构可做管廊或布置泵等其它设备,有较高的空间利用率^[1].管道布置方面,塔顶出来的回流液体经冷凝后为两相流液体,要求尽可能靠近下游的设备装置铺设两相流管道,以达到保证管道使用寿命,防止管道震动的目的.通常空冷器由多个设备并联组成,并布置在管廊框架顶部.并联的空冷器设备其进出口管道布置难度较大,是由于其管道的分布较多且呈对称布置.布置在主装置结构上的水冷器,其进出口管道少于空冷器,且距下游的设备装置更近,因此其管道布置也更加方便.总体上空冷器和水冷器相比的优势重点在于:无需其他附属配套设备及费用的空气能够任意获取;寿命长、腐蚀小以及维护费用少;对环境友好、无污染等.但空冷器也同样有若干缺点:其在空气侧存在较小的传热膜系数,因此需要增大传热的安装面积;环境温度的变化影响其冷却效果非常明显;运行噪声较大等.

显而易见,在我国西北区域、淡水资源供给匮乏、调配水成本高的区域、水质腐蚀性强和水冷

易结垢的地区,使用空气冷却冷凝比较有利.通常满足下述条件中的4项及以上就比较适合采用空冷^[2]:

(1)温度高于50~60℃的出口热流体,且高于3~5℃允许波动温度.

(2)进口的空气温度和出口的热流体温度的温度差在15℃之上.

(3)空气的设计气温小于38℃.

(4)有效对数平均温差不小于40℃.

(5)热流体管内的给热系数低于 $2\,300\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{℃})$.

(6)热流体的凝固点在0℃之下.

(7)热流体的管侧设计压力高于100 kPa,允许压力降高于10 kPa.

由于本项目所在的宁夏地区属于缺水地区,考虑到用水成本,单凭水冷器完成冷却操作,其费用过大,但独立使用空气冷却器在夏季则不能达到本装置的工艺降温的要求目标.综合考虑,本装置中选择组合冷却,即先空气冷却后水冷却,先由空冷器完成绝大部分的冷却量,再利用水冷器冷却其工艺介质到要求温度,满足工艺要求的同时降低了相应的操作成本.为使水冷器与空气冷却器的整

体设备费用、能耗以及水耗的总费用最低,在精馏过程中空气冷却器选择最经济合理的温度点进入水冷却器,在整个冷却系统中空气冷却器处理了热负荷总量的85%以上.

3 空气冷却器设备及其管道的布置

3.1 空冷器的一般布置要求

一般在构架的顶层或管廊的顶部布置空气冷却器的设备,直接就地布置通常是不被允许的.因为和管廊有比较远的间隔,在气体压缩机的凝汽式汽轮机装置中空气冷却器作为其冷凝冷却器时,最好在靠近压缩机的构架上布置空气冷却器.《石油化工企业设计防火规范》GB50160中空气冷却器满足其规定的同时^[3],作为塔顶的冷凝冷却器时,为节省塔顶管道和占地,宜将空气冷却器尽量靠近塔顶.空冷器不能在输送或储存液化烃设备的上方布置,也不能在操作温度高于物料自燃点的设备上方布置^[4].若是实际占地面积受到限制,则需要按防火规范的要求选择非燃烧体的隔板,使两类设备上下隔离.

空冷器的布置要求^[4]:

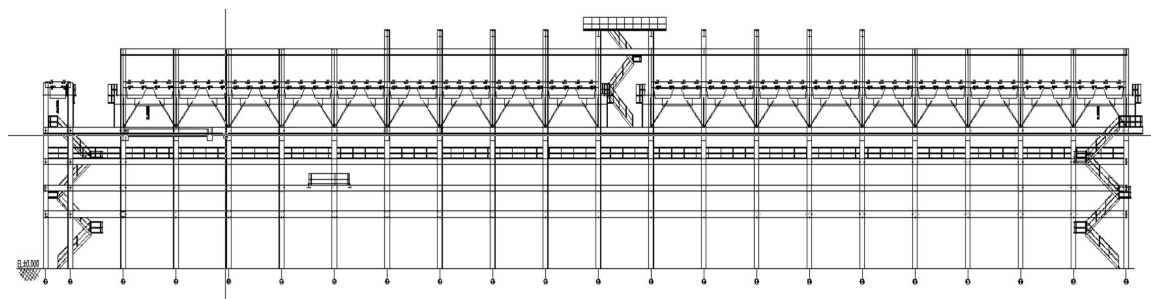


图1 管廊顶部空冷器立面布置图

Fig.1 Top air cooler pipe gallery facade layout

(1)空气冷却器冷却塔顶馏出物时其布置需要考虑热膨胀对塔顶馏出物管道的影响.

(2)在布置空气冷却器的框架或者管廊一侧地面,为了方便检修与操作,必须留有场地与通道进行检修,平台与梯子必须布置在空气冷却器管束两端的管箱处.

(3)布置在一起的多组空气冷却器,通常其布置必须选择统一的形式,通常都选择布置成列的形式,也可布置成排的形式,必须防止成排和成列混合布置.

(4)斜顶式空冷器最好选用成列形式的设置,若必须成排设置的情况下,为方便管道操作维修和安装,两排设备应有大于3 m的间隔.

(5)空气冷却器作为换热设备其管束中的介

质是利用空气进行冷却的.故风向对其冷却效果的程度有一定的影响,在允许的情况下,特别是在夏季,必须考虑风向对冷却效果的影响.

a.为减少甚至避免热风或者腐蚀性气体进入管束的附近,必须在装置夏季最小频率风向的下风侧布置空气冷却器.

b.为避免妨碍空气冷却器的通风,高于冷却器的建筑物、构筑物 and 大型设备在空冷器的全年最小频率风向的上风侧20~25 m范围中不能出现.

c.两组空气冷却器必须靠近布置,以避免造成热风循环,不能留有多余空间距离,必须互相靠近布置多组形式相同的空气冷却器.为防止热风循环,若必须隔开布置时,两组空冷器应有大于12 m的间距.

(6) 如鼓风式和引风式不同形式的空气冷却器布置在一起时必须关注下面两个情况.

a. 引风式空冷器的管束必须比鼓风式空冷器的管束布置高度低.

b. 适合在鼓风式空冷器的最小频率风向的下风侧布置引风式空冷器.

(7) 在加热炉 15 m 范围内不宜布置空冷器.

(8) 为方便操作与检修增湿空冷器的给水系统管道, 两台干湿组合空冷器或者增湿空气冷却器的结构立式柱子的间距必须大于 3 m.

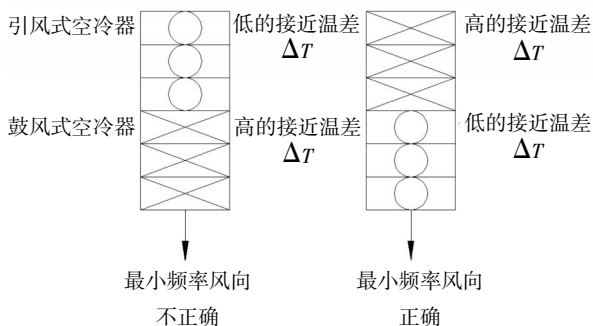


图 2 引风式空冷器与鼓风式空冷器的相邻布置

Fig.2 Induced draft air cooler with forced-air cooling device disposed adjacent

3.2 空冷器布置的特殊要求

宜依据空气冷却器的工艺操作、结构特点以及检修要求对空冷器的管道进行布置设计^[5].

通常并联两台或者两台以上的管束来组成空冷器, 其中空冷器有热流体进入时, 一般是将一根总管进行多级的分支后来实现的, 因此应对称布置空冷器的入口管道. 为使换热效果满足原设计的目标, 也应对称布置气液两相流管道. 如此这般可均匀分配各支管入口的流体流量, 保证空冷器的实际换热效果.

此外, 还应注意以下几点: 气相介质从分馏塔塔顶出来到空冷器的管道, 一般不应有“液袋”形成; 气液两相流进入空冷器入口时, 为使流体均匀分配于集合管的管底, 集合管内每个支管必须从下方插入. 且需要在集合管下面布置检修停工时排积液的管道, 连接到空冷器出口的管道; 除安装或应力有特殊要求, 其出口集合管可不靠近管口连接外, 其他情况空冷器的入口集合管必须就空冷器管口附近连接设置. 通常 1.5 倍的各个分支管截面积总和为集合管的截面积大小.

在布置空冷器的管道时也需要就应力方面的问题进行考虑: 为使标高特别高且距离特别长的空冷器入口管道的重量得以支持, 应在管道中间布置

管架. 若工艺条件允许时, 在管道数量较少的情况下, 适宜选择将管径扩大的方法来取消中间的承重管架或者由空冷器本体上的构架来承重.

本研究甲醇装置多处冷凝冷却设备采用空气冷却器, 预精馏塔及常压精馏塔塔顶冷却空冷器靠近塔的管廊顶层布置, 工艺介质管道沿精馏塔步步低对称布置连接空冷器入口, 出口管线亦对称布置收集进入水冷器, 以达工艺要求温度.

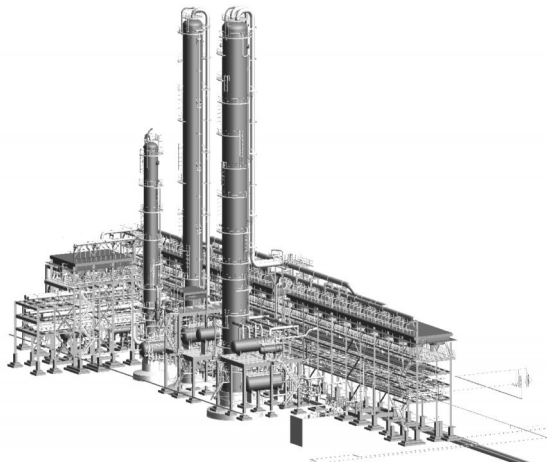


图 3 精馏区空冷器整体管道布置三维全景图

Fig.3 Rectification zone air cooler piping overall three-dimensional panorama

4 结 语

空冷器的布置除了符合标准及规范的要求外, 最关键的是使空冷器的入口处的空气温度低于其环境的温度. 升高空冷器空气入口温度的首要原因就是热风循环, 空冷器在布置时必须尽可能避免其热风循环. 空冷器管道的布置按照工艺流程布置的同时, 应分析空冷器进出口管线应力及管嘴附加位移是否满足规范和厂家要求, 以保证整条管线及设备的安全, 延长其使用寿命.

在一般情况下, 在水资源匮乏的地区, 就环保和经济性角度来考虑, 应优先选择空冷器. 特别是我国宁夏等西北地区水资源严重不足, 气候湿度低, 全年平均温度低, 是采用空冷器的绝佳环境. 综上所述, 空冷器凭借着自身所具备的绿色、经济、节能、节水、环保等优点而被广泛应用到煤化工领域, 但空冷器对介质的要求相当高, 即我国西北部夏季的部分高温天气使空冷器的冷却效果很难独立达到工艺要求, 必须结合小型水冷设备到达所需工艺温度, 故实际生产过程中难免会出现相关问题, 因此应根据实际情况进行相应改进, 以实现我国空冷器在煤化工领域应用效果的提升, 提高其冷却冷凝效率, 同时实现单独满足工艺冷却条件要求.

致 谢

本文的研究与撰写工作得到了五环工程有限公司的各位领导和同事的关心和帮助,在此表示诚挚的感谢!

参考文献:

- [1] 张德姜,赵勇.石油化工工艺管道设计与安装[M].北京:中国石化出版社,2002:254-267.
ZHANG De-jiang, ZHAO Yong .Petrochemical process piping design and installation [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2002:254-267.(in Chinese)
- [2] 王松汉.石油化工设计手册:第3卷,化工单元过程[M].北京:化学工业出版社,2001:739-768
WANG Han-song.Petrochemical design manual:3rd volume,chemical unit processes [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001:739-768.(in Chinese)
- [3] GB50160-2008.《石油化工企业设计防火规范》[S].北京:中国计划出版社,2008.
GB50160-2008.《Fire protection design of petrochemical enterprises》[S].Beijing: China Planning Press,2008.(in Chinese)
- [4] 宋岢岢.压力管道设计及工程实例:2版[M].北京:化学工业出版社,2012:238-240.
SONG Ke-ke.Pressure piping design and engineering examples:2nd ed [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2012:238-240.(in Chinese)
- [5] 张德姜,王怀义,刘绍叶.石油化工装置工艺管道安装设计手册:第一篇,设计与计算[M].北京:中国石化出版社,2004:93-177.
ZHANG De-jiang, WANG Huai-yi, LIU Shao-ye.Petrochemical plant process piping installation design manual:1st chapter,design and calculation[M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2004:93-177.(in Chinese)
- [6] 章湘武,姚志东.空冷器技术问答[M].北京:中国石化出版社,2007.
ZHANG Xiang-wu, YAO Zhi-dong.Air cooler technology answers [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2007.(in Chinese)

Application and layout design of air cooler in coal chemical in northwest of China

XIA Yun¹, PAN Feng²

1.Wuhan Jiangnan Chemical Co., Ltd., Wuhan 430233, China; 2.Wuhan Engineering Co., Ltd., Wuhan 430233, China

Abstract: With the strengthening of national environmental protection policy, air coolers are widely used in the field of coal chemical industry, especially in the region of the severe water shortage in north-west China with advantages of low-carbon green and saving energy compared with water cooling system. For practical industrial application of air cooler to northwest Ningxia region, we studied taking an example of air cooler through coal gasification installed in Ningxia region with rich coal, based on the characteristics of the equipment of air cooler and type, industrial applications, equipment layout and process piping layout of conventional requirements. Meanwhile, combined technological requirements, such as the characteristics of air cooler in the north-west practical project, local temperature parameters, we proposed a compound cooling system taking the air cooler to a priority and the water cooler as a supplement, which satisfies the requirement of coal chemical process cooling in the northwestern region, enhancing the application effect of air cooler in the field of coal chemical industry and improving the cooling efficiency.

Keywords: air cooler; coal chemical industry; equipment layout; piping design

本文编辑:张 瑞