

空分装置布置与管道设计探讨

周 静 (中国成达工程有限公司, 成都 四川 610041)

摘 要: 石油化工企业的快速发展对空分装置的产能提出了更高的要求。随着产能的逐级扩大, 空分装置的大型化使得设备布置及管道设计也更加复杂化。空分装置以洁净空气为原料, 布置设计包含过滤及压缩系统、预冷系统、纯化系统、空气增压压缩系统、冷箱精馏系统以及液态储存系统。各单元的合理布置及管道设计, 是空分装置设计过程中的重要内容。

关键词: 石油化工; 空分; 布置; 管道; 设计

Abstract: the rapid development of petrochemical enterprises puts forward higher requirements for the capacity of air separation unit. With the gradual expansion of production capacity, the large-scale air separation unit makes the equipment layout and pipeline design more complex. The air separation unit uses clean air as raw material, and the layout design includes filtration and compression system, precooling system, purification system, air pressurization and compression system, cold box distillation system and liquid storage system. The reasonable layout of each unit and pipeline design are important contents in the design process of air separation unit.

Key words: petrochemical industry; Air separation; arrangement; Piping; Design

0 前言

随着我国各行业对氮气、氧气的需求日益增大, 空分装置的设计规模亦逐渐扩大, 目前国内 $100000\text{m}^3/\text{h}$ 的空分装置已在稳定运行中。用于输送工艺及公用工程介质的管道一直以来被称为石油和化工装置中的“工厂的血管”, 同样在空分装置中, 管道的合理设计与系统的稳定运行密不可分。笔者以参与设计的 $70000\text{m}^3/\text{h}$ 空分装置为例, 对空分装置中主要单位的设备布置及配管设计进行探讨。

1 空气过滤及压缩系统

空气过滤器布置位置需考虑远离散发乙炔、碳氢化合物等有害气体发生源, 符合相关规范要求^[1]。此外还需根据主压缩机入口高度确定自洁式空气过滤器的安装高度, 并保持过滤器出口与主压缩机入口相同轴向定位, 过滤器通常布置在压缩厂房外, 并尽量靠近厂房。主压缩机、透平、增压机和各级间冷却器通常布置在压缩厂房内混凝土平台上, 平台高度需考虑汽轮机乏汽管线的布置高度。级间冷却器的布置需考虑换热管束的抽芯检修预留空间。需配置桥式起重机配合压缩机及换热器的检维修, 起重机牛腿高度需结合吊钩起吊高度及最大检修部件外形综合考虑, 且厂房内考虑预留一条最大部件起吊运行的空间通道, 以便检修部件顺利运出厂房。润滑油站布置在压缩机组润滑油回油一侧为宜, 高位油箱布置高度由压缩机厂家计算确定。此外, 本项目采用西门子厂家压缩机, 空气出口管口朝向相对固定, 下游空冷塔、水冷塔设备宜布置在压缩机出口一侧。

过滤器与主压缩机之间的管道通常要求短且直, 管道与主压缩机管口采用橡胶膨胀节连接, 避免振动传递。防喘管线设计需考虑防喘阀与压缩机管口距离要求、防

喘阀前后直管段要求, 防喘阀后管线引至消音器放空。级间冷却器循环水管线与设备管口处采用软连接。动力蒸汽管线走向结合应力分析确定, 通常以汽轮机固定点为中心, 形成 S 形走向, 以便于在管道与透平固定点处的水平坐标轴的交点附近分别设置限位架, 减小管道对透平管口的作用力。高压蒸汽进汽轮机入口前可增设拆卸法兰, 以便高压管线吹扫及打靶 (图 1)。震动管道尽量独立设置管架及管架基础, 不在厂房结构上做支撑, 如需在厂房上支撑, 须有减震措施。

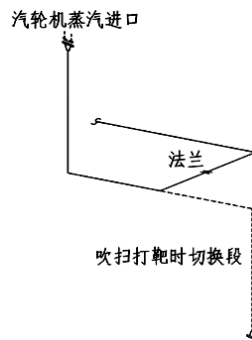


图 1 高压蒸汽管线吹扫打靶切换段

2 预冷系统

空冷塔、水冷塔及其泵布置在预冷厂房内, 厂房屋顶约 8m , 厂房一侧预留出设备吊装空间, 屋顶可布置循环水及冷冻水管线相关阀组。由于空冷塔进出口空气管线管径较大, 空冷塔宜与出压缩厂房的空气管线轴向对齐。空冷塔、水冷塔内部都装有填料, 厂房屋顶平台预留出填料集中堆放区, 并适当增大堆放区楼面均布荷载。

进空冷塔和水冷塔的气相管线应考虑缓冲和防止冷冻水倒灌的措施, 进塔第一个弯头前需留出一定高度的直管段, 如果第一个弯头距塔管口较远, 这部分直管支

撑时需按满液考虑荷载(停车工况)设计管架。空冷塔顶部出口管线上的温、压仪表点及取样点宜与设备管口留有一段距离。水泵进口管线大小头宜采用顶平,与泵管口连接处尽量留有3~5D直管段。

3 分子纯化系统

分子纯化系统包括两台卧式分子筛吸附器,一台正常工作时,另一台再生。

分子筛布置位置与冷箱需要适当留出一定距离,以便满足出口管线诸多流量计(孔板流量计、均速管流量计)前后直管段要求。分子筛进出口管线管径较大且设备管口有最小直管段要求,因此设备支撑标高离地面需有足够空间约3km。

分子筛开车时吸附和再生工况交替操作,两台分子筛空气进出口管线、吸附再生气管线都要求对称布置。由于再生气是由污氮经蒸汽加热而得,分子筛再生操作时,氮气连续排放,排放口要求距吸附器上部平台9km以上,且距地面高度大于25km。分子筛底部进气管线含水量较多,尤其在寒冷冬季易结冰,需在管线低点设置集液包,水平管线均设置坡度,坡向集液包,并不定期排除底部积水。分子筛进出口管线大小头均采用同心。分子筛进出口管线均有气动切断阀,需设置平台配合阀门检维修,注意空气管线和再生气管线流向相对,其管线上的三杆阀阀杆方向需向阀门厂商提出条件,确保阀杆在同一操作面。

4 空气增压压缩系统

膨胀机增压端,后冷却器,膨胀机布置于膨胀机房内,膨胀机房毗邻冷箱系统布置。膨胀机与冷箱系统之间通过管线过桥连接,因此膨胀机的支撑标高应根据膨胀机与冷箱过桥接口位置确定。膨胀机房内设置吊车配合膨胀机检维修,此外还需为后冷却器预留抽芯空间。厂房门需满足叉车通行的要求,以便零部件检修时运出厂房外。

管道连接时管架设置应尽量避免外力和力矩传给膨胀机及增压机,根据应力分析可设置膨胀节。膨胀机膨胀端出口和增压机进口需设置至少3D的直管段。增压机出口管线设置拆卸法兰以便膨胀机检维修。

5 冷箱精馏系统

该系统的设备(高压换热器、低压换热器、上塔、下塔、增效塔、液氧泵、液氮泵、液氧循环泵)及相应管道以厂家成套包形式提供。因此,在规划空分装置整体布置时,应考虑将冷箱精馏系统布置在毗邻马路的开阔位置,以满足上下塔吊装的要求。

冷箱内的管道设计,已有较多的文献报道^[2-3]。主要包括以下内容:冷箱配管时预留一面不要布置管道,以便运输;管道集中布置,并尽量靠近设备,便于管架设计;注意温差大的管线之前的间距,附塔管线注意垂

直方向的位移补偿;重力流的管线(液氮和液氧排放)不得有袋型;冷箱内含有富氧液空的水平管线上避免安装膨胀节;需要操作及检修的阀门手轮和执行机构伸出面板外,并设置隔箱。高低压换热器顶部管口与进出冷箱系统的汇集主管相连,需设置结构框架用于进出汇集主管支撑。高低压换热器顶部平台设有较多成套包厂家范畴内的阀门及珠光砂装填口,与厂家接管时注意不要与其干涉。

6 储存系统

该套空分装置氧产品是以高压氧气形式直接输送至下游甲醇装置,液氧储存未有涉及。三台液氮贮槽宜布置于开阔靠近马路的位置,一方面便于设备吊装,另一方面进贮槽前液氮管线有安全阀排放,将排放点布置于开阔地带有利于人员疏散。增压器和空浴式气化器宜分别布置与贮槽的一侧。

冷箱至液氮贮槽之前的管线布置时应避免局部高点和低点,通常采用“步步低”的方案。进液管线在靠近贮槽管口处设有卸放阀,切断阀,导淋阀等。注意切断阀水平安装,不应布置在竖管上;导淋阀应从主管斜下方引出,并在靠近主管约300mm范围内(热区部分),弯成Ω型通向导淋阀,Ω型的高度应为6~10倍管道外径,阀后引至砾石坑处,并设置防氮气窒息标识;贮槽出口至空浴式气化器之间管线采用“步步高”走向,避免出现低袋。液氮管道的布置需使管线具有足够的柔性,充分利用管道的自然补偿吸收冷缩位移量。低温管道支架设计需防止“冷桥”产生,管道支腿和结构或设备之前设置隔冷垫块。

7 结语

综上所述,空分装置的设备布置需满足以下布置原则:工艺对设备布置的特殊要求;压缩机、空冷塔、水冷塔、冷箱等大型设备还需考虑布置在装置区边缘且靠近道路,便于吊装;压缩机是空分装置的布置重点及难点,不同厂家的压缩机形式影响整个装置的布置。管道设计需结合PID及工艺流程特点进行规划,同时还需考虑阀门、仪表、管道特殊件的操作及检维修要求。高压蒸汽管线是空分装置需要重点关注的管线。大口径的空气管线走向对整个空分装置的布置影响大,需要在设计前期尽早规划与设计。合理的布置及配管是空分装置以及其下游用户装置顺利运行的关键因素。

参考文献:

- [1] GB 50030-2007. 氧气站设计规范 3.0.1 条 [S]. 中华人民共和国机械电子工业部,2008.
- [2] 任树强,任树胜. 空气分离工程的管道设计 [J]. 化工设计通讯,2009,32(2):42-44.
- [3] 陈渭中. 空分装置低温液体管道的配管设计 [J]. 云南化工,2019,46(5):102-103.