

往复式解吸气压缩机管道设计

陈武高（上海汉兴化工科技有限公司，上海 202403）

摘 要：本文对甲醇制氢中往复式解吸气压缩机管道设计进行论述，包括压缩机厂房布置、管道选材、管道布置、防振支吊架设置及振动分析等，结合具体项目对管道专业的进行相关介绍。

关键词：压缩机；制氢；管道；设计；振动分析

Abstract: This paper discusses the design of desorption of methanol and hydrogen compressor piping, including compressor layout, pipe material, pipe hanger set layout, anti vibration and vibration analysis, combined with the specific project to introduce the main work of professional piping

Keywords: compressor; hydrogen production; piping; design; vibration analysis

0 引言

在氢气提纯的变压吸附过程中，会产生大量含可燃气体的解吸气，可通过解吸气压缩机对其进行增压，输送至工业炉作为燃料气进行回收。往复式压缩机压缩比高，热效率高，适应较广泛的压力范围等优点，在输送解吸气时，此类压缩机应用较广泛。本文结合相关项目对往复式解吸气压缩机管道设计进行介绍。

1 解吸气压缩机厂房的一般要求

解吸气中含有大量可燃气，故解吸气压缩机厂房宜敞开或半敞开式布置，压缩机本体与明火设备、非防爆的电气设备的间距应符合《石油化工企业设计防火规范》的要求。核对压缩机厂家给出的资料，确定压缩机和辅机的数量，附属设备较少时，可利用压缩机基础来设置操作平台，当附属设备较多时，宜设置钢格栅型二层平台。梯子的数量要满足建筑设计防火规范的要求为了检修压缩机的部件，要设置吊装孔。大小由需要通过吊车吊装的压缩机最大部件的尺寸来确定，还需要考虑结构梁及吊车车档所占空间，二层设置检修承重区。压缩机周围必须确保维护，操作，巡检的空间。特别是检修所需的空，如压缩机和驱动设备解体部件临时放置所需的位置。当压缩机气缸抽芯抽出时，距离厂房边缘的净距离一般在2.5m左右。

厂房的高度一般由内部吊车的轨顶标高来确定，通过吊车吊钩与轨顶之间的高度关系和最大检修件可以算出吊车的轨顶标高。由于结构梁本身的宽度以及吊车所占据的空间，吊车行车运行范围不可能到达吊车梁的尽头，存在死点，设计时需按照死点位置留出空地并确定吊装孔的位置。

2 解吸气压缩机进出口管道选材

根据管道的操作温度和操作压力计算管道的设计

温度、设计压力，再结合金属材料的适用温度范围和工艺介质的种类确定合适的管道材料和管道压力等级和检验级别。

2.1 管线材料选择

以某公司20000Nm³/h甲醇制氢装置为例，该装置使用石化标准，采用甲醇裂解、脱碳和提氢流程，最后伴随着纯度99.9%的氢气而逆放的提氢解吸气，组份为氢气53.21%，一氧化碳11.53%，二氧化碳35.26%，在进入解吸气压缩机时管线设计温度60℃，设计压力为0.21MPa，氢分压为0.12MPa，按照设计温度加30℃查Nelson曲线，所选材料在碳钢线下方，因此选用碳素钢20。经过压缩机后，出口管线设计温度117℃，设计压力为1.08MPa，氢分压为0.58MPa，按照设计温度加30℃查Nelson曲线，所选材料在碳钢线下方，因此选用碳素钢20。解吸气中的氢气属于甲类可燃气体，管道设计压力小于4.0MPa，设计温度大于-29℃，因此该管道为GC2管道，检验级别为SHB3，管道对接焊缝需10%射线检测，合格等级为III级。

2.2 管线压力等级确定

根据标准SH/T3406-2022《石油化工钢制管法兰技术规范》，碳素钢20所属材料组别为1.0，根据该组别钢制管法兰压力-温度额定值表用内插法求得，Class150的钢制管法兰在60℃的最大允许工作压力为1.52MPa，在117℃的最大允许工作压力为1.47MPa，能满足压缩机进口管线设计压力0.21MPa的要求，也能满足压缩机出口设计压力1.08MPa的要求，并有20%以上余量，故选用压力等级Class150的管道标准件。

2.3 管道壁厚核算

按照标准SH/T 3059-2012《石油化工管道设计器材选用规范》所给的受内压直管壁厚计算公式：

$$t = \frac{PD_0}{2[\sigma]^t \phi W + 2PY} \quad (t < D_0/6 \text{ 时})$$

式中:

t- 直管计算壁厚, mm;

P- 设计压力, MPa;

D₀- 管子外径, mm;

[σ]^t- 设计温度下管子材料的许用应力, MPa;

φ- 焊缝系数, 对无缝钢管取 1;

W- 焊缝接头强度降低系数;

Y- 温度对计算直管壁厚公式的修正系数。

得到计算壁厚, 然后加上腐蚀裕量、厚度负偏差等进行圆整。以上述压缩机出口管道为例, 按管径 DN200 腐蚀余量 1.5 mm 计算壁厚:

$$S_{\text{计}} = \frac{1.08 \times 219}{2 \times 145 + 2 \times 1.08 \times 0.4} + 1.5 = 2.30$$

查 SH/T 3405-2017 (石油化工钢管尺寸系列), 最低选取 sch10 (壁厚 3.76 mm) 的管子能满足壁厚负偏差 -12.5% 的要求。

3 解吸气压缩机管道的一般布置

结合厂房的大小, 管线的进出方向, 附属设备的位置, 压缩机内部工艺流程等对解吸气压缩机的工艺管线和辅助管线进行统一规划。由各个管嘴对应的高度和方向来布置, 尽可能使工艺管线靠近地面, 防振措施采用管墩支撑。

3.1 解吸气压缩机工艺管线布置

压缩机工艺管线的布置应严格按照工艺流程图的要求来进行管道设计。一般情况下, 压缩机布置在厂房内的时候, 入口总管要设置在厂房外侧, 可以节约一部分的厂房占地面积, 也方便安装。

各级各段的入口处要设置气液分离罐, 尽量靠近入口, 使减震的效果最佳。在入口处设置过滤器, 防止异物进入压缩机。所有的压缩机管道, 要避开机组和辅助设备检修所要的空间, 也不要影响起重机的正常运行。

在上述项目中, 解吸气压缩机为两开一备, 并排布置 (如图 1 所示)。在与压缩机厂房相接的管桥下, 设置了一段宽度为 800mm 的操作平台, 入口阀门、出口阀门和仪表集中布置在操作平台两侧, 方便压缩机进行切换操作。管线的高度由压缩机入口过滤器抽滤芯时所需的高度来确定, 离地坪 1000mm 左右, 管墩在地面, 管道敷设在管墩上, 并用防振管卡进行固定, 在阀门和过滤器前后均设置管墩, 可以取得良好的防振效果, 过

滤器的抽芯, 位置要易操作, 易拆卸。管道布置尽量减少弯头, 且采用长半径弯头, 在压缩机进气缓冲罐出入口处, 采取弯曲半径为 3DN 的弯头连接, 在立管上增设防振管卡, 有效减少振动, 进入气缸的管线需伴热保温, 防止冷凝水的出现对气缸造成损害。

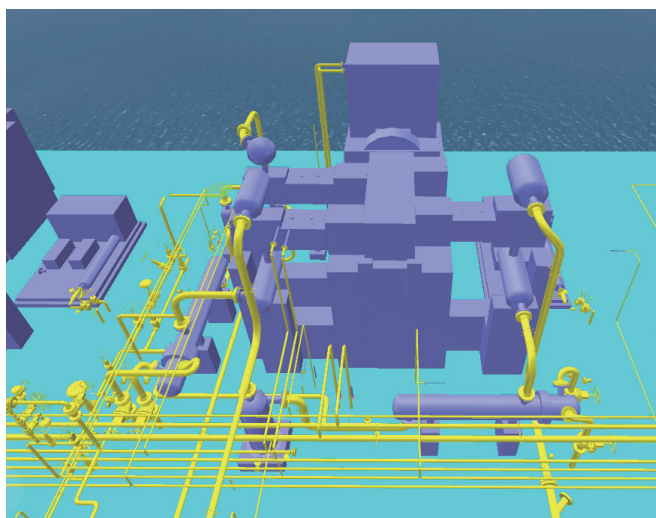


图 1 某甲醇制氢装置中解吸气压缩机管道布置三维图

压缩机级间冷却和分离的管道连接做到短而直, 尽量减少弯头, 在管道低点处设置排凝阀, 在管道高点处设置放空阀, 根据振动分析资料来设置管墩和防振管卡。当分支管 DN 不大于 40 时, 不论有无阀门, 其根部均应采取补强措施, 在振动管道弯矩大的部位, 不要设置支管。解吸气压缩机的开工返回线, 尽量靠近地面, 用管墩和防振管卡支撑, 管线穿二层平台时, 在平台开洞处做特殊平台支架, 并要求土建专业进行开洞处的补强处理。

出口管道上安装止回阀, 止回阀前后两端也需设置管墩和防振支架, 防止压缩机突然停机时, 出口管道内的介质倒流。由于解吸气中含有大量可燃气体, 所有管道的低点排液, 高点放空阀门应设丝堵或管帽或法兰盖, 以防泄露。在压缩机周围的管沟内应充砂并且二层楼板需选择钢格板来避免可燃气体的聚集。

3.2 解吸气压缩机辅助管线布置

压缩机辅助管线的布置设计, 包括油路系统, 水路系统和气路系统 (如图 2 和图 3 所示)。

在油路系统中, 为保证润滑油的质量, 从过滤器出口到机组各个供油点及全部回油管道上的所有管子、阀门、管件等应选用不锈钢材质, 回油支管与主管采用沿介质流向 45° 斜接, 回油主管沿流动方向应有 5% 的坡度坡向邮箱, 使管道不得出现地点存油; 设置温度计, 了解各轴承温度的变化, 润滑油及封油

管道需采用法兰连接，并分段组装，每段管道的长度不应大于4m，阀门选用法兰连接型式。

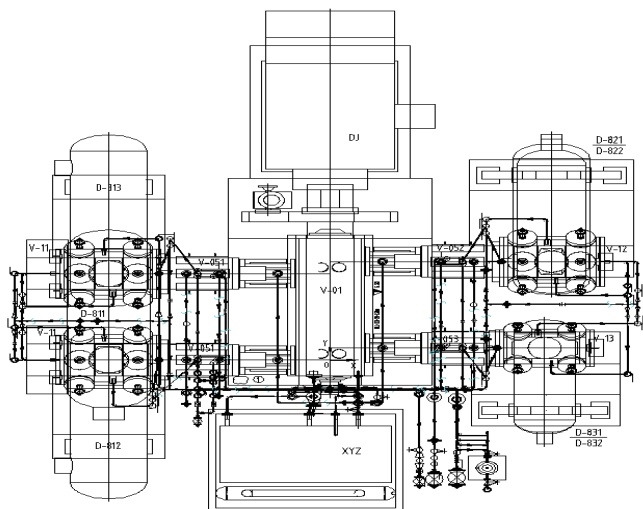


图2 某甲醇制氢装置中解吸气压缩机辅助管线布置平面图

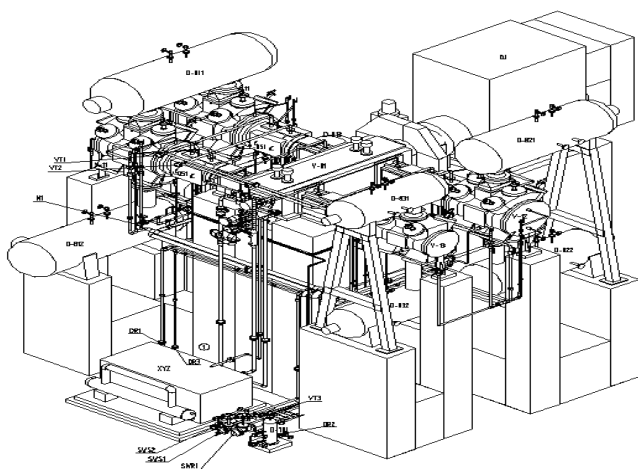


图3 某甲醇制氢装置中解吸气压缩机辅助管线布置轴视图

在水路系统中，除填料供水管线需使用不锈钢材质外，其余管线材质均可使用碳素钢。压缩机各段冷却器的循环水管道布置在冷却器的一侧，不要妨碍阀门操作。

在气路系统中，压缩机充氮分为填料充氮和中间填料充氮，两组充氮的压力不同，在接减压阀时，注意区分。机身侧放空的介质为氮气，一般排放要求为高点放空，气缸侧放空的介质为氮气和少量解吸气，一般排放要求为火炬放空。

4 解吸气压缩机振动分析

在厂家对压缩机工艺气体管道系统进行压力脉动和振动分析后（如图4所示），根据分析结果（如表1所示），通过增、减支架，调整支架形式和改变支架位置等措施，使各项指标满足相应要求。

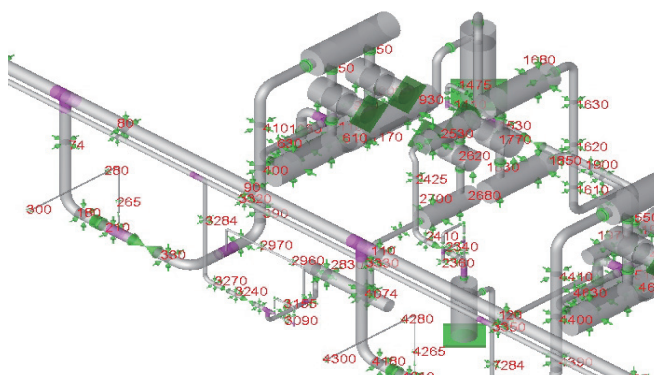


图4 某甲醇制氢装置中解吸气压缩机厂家返回部分振动分析模型图

表1 某甲醇制氢装置中解吸气压缩机厂家返回部分振动分析支撑受力条件

NODE	Load Case	FX.N	FY.N	FZ.N	MX N.m	MY N.m	MZ N.m
10	Rigid X; Rigid Y						
	1(HYD)	450	-6132	-1975	0	0	0
	2(OPE)	-503	-3292	1139	0	0	0
	3(SUS)	206	-2811	-905	0	0	0
	4(EXP)	-709	-481	2044	0	0	0
	MAX	-709/4	-6132/1	2044/4			
50	Rigid Y; Rigid Z						
	1(HYD)	-1237	-7056	3752	0	0	0
	2(OPE)	-137271	49098	2895	0	0	0
	3(SUS)	-595	-3031	1716	0	0	0
	4(EXP)	-136676	52128	1180	0	0	0
	MAX	-137271/2	-52128/4	3752/1			

5 结语

在对解吸气压缩机进行管道布置时，管道专业需要与其他专业密切沟通，熟悉相关的标准和设计规范，通过厂家返回的振动分析结果及设计经验保证管道设置安全经济，整齐美观，在满足工艺条件下尽可能节约成本，并保证装置顺利开车，稳定的运行。

参考文献：

- [1] 蔡尔辅. 石油化工管道设计 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [2] 张德姜, 王怀义. 石油化工装置工艺管道安装设计手册 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2009.
- [3] HG/T20546-2009. 化工装置设备布置设计规定 [M]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2009.
- [4] SH3012-2011. 石油化工金属管道布置设计规范 [M]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2011.

作者简介：

陈武高 (1990-), 男, 汉族, 湖北天门人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 石油化工管道设计。