

扬子石化 D 套空分的空气净化系统配管设计

王为江

(南京扬子石油化工设计工程有限责任公司, 江苏 南京 210048)

摘要: 扬子石化 D 套空分的空气净化系统, 配管空间小, 管径大, 且不断经历冷热循环变化, 管道应力呈周期性变动, 不适宜的配管设计易引起管道或设备管口变形甚至损坏。利用 CAESAR II 应力分析软件辅助空气净化系统的配管设计, 按照一定的步骤进行调整, 得到适宜的配管走向及支架位置的设置。

关键词: 配管设计; 应力; 步骤; 调整; 设置

中图分类号: TE96

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2011)S2-0094-06

Yangzi petrochemical D sets of air separation plant air cleaning system piping design

WANG Wei-jiang

(Nanjing Yangzi Petrochemical Design Engineering Co., Ltd., Nanjing 210048, China)

Abstract: Yangzi Petrochemical D sets of air separation plant air cleaning system, narrow piping space, large pipe diameter, and continue to experience hot and cold cycles change, cyclical changes in pipe stress, inappropriate design easily lead pipes piping beyond the allowable stress range of stress or cause the device connected with the pipe nozzle thrust, torque out of range, will cause the nozzle pipe or equipment damage or deformation. In this paper, CAESAR II stress analysis software supporting the air purification system, piping designed in accordance with certain procedures to adjust, and ultimately determine the appropriate piping to and support the position set.

Key words: piping design; stress; procedure; adjust; set

空分装置的生产工艺流程是空气经过过滤、压缩、预冷、净化、低温精馏分离等工艺过程, 分离出氮气、氧气以及空气中的惰性气体等产品供用户使用。其中净化工艺过程是除去压缩空气中的水分、二氧化碳及烃类等杂质。

南京扬子石化 D 套空分装置为节约用地, 设备布置紧凑导致配管空间小, 而净化系统管径大, 且净化系统在运行过程中不断经历冷热循环变化, 管道所受应力存在较大的周期性波动, 不适宜的配管设计会引起管道应力超许用应力范围, 或令与之相连的设备管口推力、力矩超允许范围, 导致管道或设备管口变形甚至破坏, 影响装置安全运行。故对空气

净化系统配管设计需要通过应力分析计算来设计合适的配管。

本文浅析利用应力分析软件 CAESAR II 来辅助空气净化系统配管设计, 解决空气净化系统配管设计中遇到的应力问题, 确定适宜的配管设计。

1 空气净化系统流程及工艺参数

1.1 系统流程

空分装置空气净化系统的流程: 压缩空气经过空气冷却塔 (E2416) 冷却后, 通过管线 (GA-08-48") 进入分子筛吸附器 (A2626A/B), 去除空气中水分、二氧化碳以及烃类物质后, 经过净化干燥的

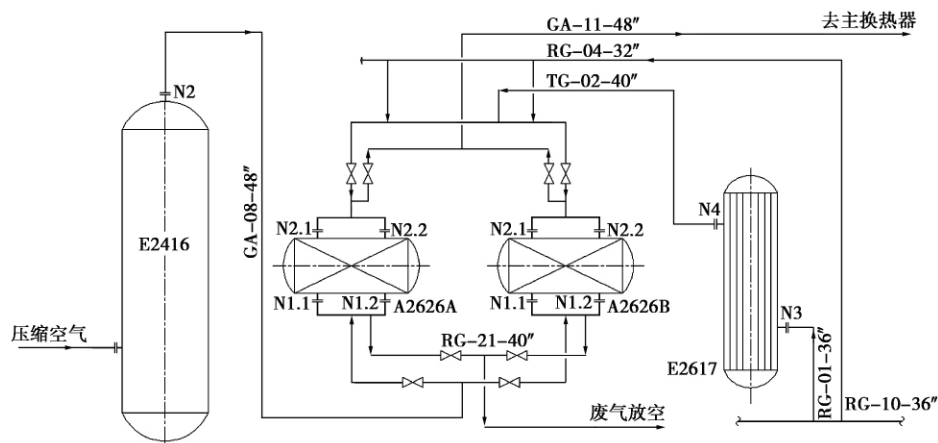


图 1 空气净化系统流程图

收稿日期: 2011-07-17

作者简介: 王为江 (1977-), 男, 大学, 工程师, 从事化工设计工作, 025-57785888-3539, wang.wei Jiang@ypdi.com.cn.

空气通过管线(GA-11-48") 送往主换热器单元进一步处理。2 台分子筛吸附器交替运行,当其中 1 台在吸附时,另 1 台进行再生。再生的流程是引一股被再生加热器(E2617) 加热的污氮通过管线(RG-02-40") 进入需再生的吸附器,以除去吸附器内的水分和二氧化碳等,再引一股未被加热的污氮通过管

线(RG-04-32") 送入再生吸附器,把再生的吸附器温度降下来备用,再生用过的污氮通过管线(RG-21-40") 去放空线放空。其流程简图如图 1 所示。

1.2 工艺参数

如图 1 所示,主要有 7 根管线与空气净化系统运行相关联。空气净化系统管线索引表见表 1。

表 1 空气净化系统管线索引表

管线号	公称 直径/in	物料		管线起止点		压力/MPa		温度/℃	
		名称	状态	起	止	操作	设计	操作	设计
GA-08	48	空气	气	E2416	A2626A/B	0.442	0.7	14/80	120
GA-11	48	空气	气	A2626A/B	主换热器	0.434	0.7	14/189	220
RG-01	36	污氮	气	RG-10	E2617	0.014	0.7	14	60
RG-02	40	污氮	气	E2617	GA-11	0.013	0.3	189/14	220
RG-04	32	污氮	气	RG-10	RG-02	0.014	0.3	14	220
RG-10	36	污氮	气	氮气总管	放空	0.00	0	14	60
RG-21	40	污氮	气	A2626A/B	放空	0.013	0.7	80/14	120

如表 1 所示,与分子筛吸附器 A2626A/B 相连接的管线操作温度会有较大的周期性变化。例如,当吸附器 A2626A 进行吸附工况时,管线 GA-08-48"与 A2626A 管口 N1.1、N1.2 相连接部分的操作温度是 14℃,管线 GA-11-48"与 A2626A 管口 N2.1、N2.2 相连接部分的操作温度也是 14℃,而此时 A2626B 吸附器进行再生工况,管线 GA-11-48"与 A2626B 管口 N2.1、N2.2 相连接部分的操作温度先从 14℃升到 189℃,再逐渐下降到 14℃,管线 GA-08-48"与 A2626B 管口 N1.1、N1.2 相连接部分的操作温度则从 14℃逐渐升到 80℃再降到 14℃;

因此在 2 台分子筛吸附器交替运行的过程中,分子筛吸附器进出口管线由于温度的变化承受着周期性变化的应力。

2 空气净化系统的设备平面布置

南京扬子石化 D 套空分装置为节约用地设备布置紧凑。空气净化系统的设备平面布置如图 2 所示,分子筛吸附器 A2626A/B 布置在场地的中间靠右侧位置,2 台吸附器中心的距离是 9 m,空气冷却塔 E2416 布置在场地中间靠左侧位置,距离吸附器 A2626A 13 m,再生加热器 E2617 布置在场地上

(上接第 93 页)
很少;F-512 1 个月切换清洗 1 次,内部杂质较少。这是一个渐进的过程。

(3) 从去年和今年系统停车检修塔罐检查情况来看,设备底部沉积杂质很少,而且是继续优化的势头,特别是从今年检查情况看,沉积杂质很少。较使用超滤前发生了根本性的改观。

(4) 随着甲醇的净化,换热设备使用周期延长,低温甲醇洗工况长期保持在一个良好的工况下运行,随运行时间的延续工艺参数变化不明显。

5 存在问题

超滤器的投用,对优化工艺操作效果明显,但

滤芯的超声波再生清洗效果不好。原设计该过滤器不用人工清理,用超声波震荡后,滤芯所吸附的渣质自动脱落,但在使用过程中,滤芯经过超声波再生后,滤芯下部 1/3 渣质大部分脱落,上部 2/3 部分几乎没有效果,在超滤器超声波再生无效的情况下,被迫人工清理滤芯,既费事又费力,并对人体有害。

现在超滤器配套使用的超声波再生清洗机已坏,由于清洗效果不好,也没有再修复或配置,全部用人工清理滤芯。

从以上情况可以看出,超滤器应用于低温甲醇洗系统过滤杂质完全可行,对系统的净化效果也很好,但超声波再生方面需要进一步改进。■

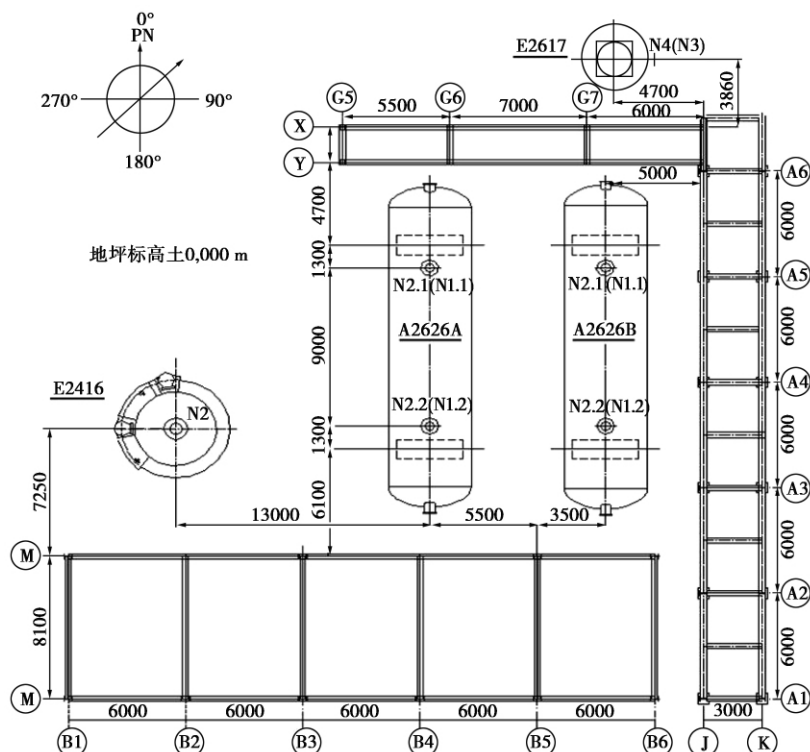


图 2 空气净化系统设备平面布置图

侧管廊的上方靠右侧位置。分子筛吸附器 A2626A/B 管口 N1.1、N1.2 在设备下部,管口方向朝下,管口 N2.1、N2.2 在设备上,管口方向朝上,空气冷却塔 E2416 的管口 N2 在罐顶,再生加热器 E2617 的进、出口管口 N3、N4 在设备罐壁上下一条直线上,管口方向向右。

3 配管设计和应力分析

3.1 配管设计和应力分析步骤

管道应力分析是辅助配管设计的,二者之间有一个合理顺序安排问题,合理的步骤是:

(1) 根据设备平面布置和工艺流程图,绘制出管道平面布置草图,然后把配管数据以及管线相关操作参数输入应力分析软件进行计算。

(2) 对结果中超允许范围的数据进行原因分析,然后调整相应配管走向或支架设置,再进行应力分析计算。

(3) 如结果仍不符合要求,则继续调整配管设计,再进行应力分析计算,直至得到符合应力分析要求的结果。

3.2 应力分析步骤

为了尽快通过简洁的应力分析计算得到合适的配管设计结果,每一步管道应力分析计算要解决的

问题要注意先后顺序,本项目应力分析解决问题的具体步骤主要有 2 步:

(1) 首先要关注在不同工况下管道上三通、弯头、支架等处的应力是否超过许用应力范围,这里的应力主要是指二次应力,所谓二次应力是指管道变形受到约束而产生的应力,它不直接与外力平衡,二次应力的特点是具有自限性。二次应力过大时,将使管道产生疲劳破坏。在管道中,二次应力一般由热胀、冷缩和端点位移引起。在空气净化系统中管道应力主要是二次应力。管道应力值不能超过管道许用应力范围,一般不超过 80% 许用应力范围^[1]。

有 2 个工况不断交替进行,工况一是分子筛吸附器 A2626A 在吸附, A2626B 在再生; 工况二是 A2626B 在吸附, A2626A 在再生。

(2) 通过调整配管走向或支架设置解决了管道应力的问题后,再关注设备管口推力及力矩是否超过设备管口载荷允许范围。

4 空气净化系统配管应力分析与配管调整

4.1 配管应力分析

4.1.1 空气净化系统配管图

空气净化系统配管图如图 3 和图 4 所示,图中“△”表示支架。弯头、三通、支架以及设备管口等

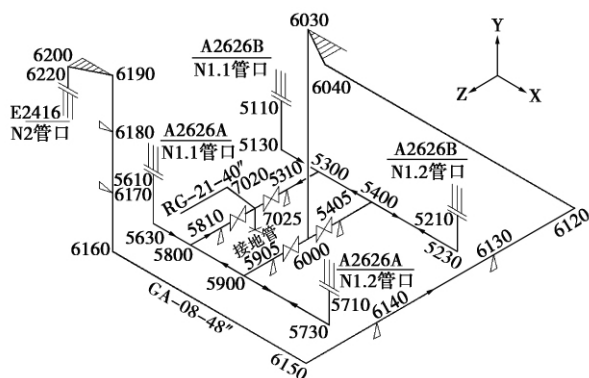


图3 空气净化系统进口配管示意图

均标有节点号。应力分析软件将算出节点处的应力大小,并判断其是否超过允许范围。

图3中GA-08-48"管线上6180点支架是承重架,6170点是导向架,管线RG-10-36"上1710、1730、1760、2215等节点处设置导向架,节点1860处支架设置的是固定架,管线GA-11-48"上节点1070处设置固定架,其他节点处支架均为滑动架。节点1070、1860处设置成固定架,把空气净化系统和其他单元分隔开,简化空气净化系统的应力分析计算。支架类型的选择是否合适,需通过应力分析计算检查。

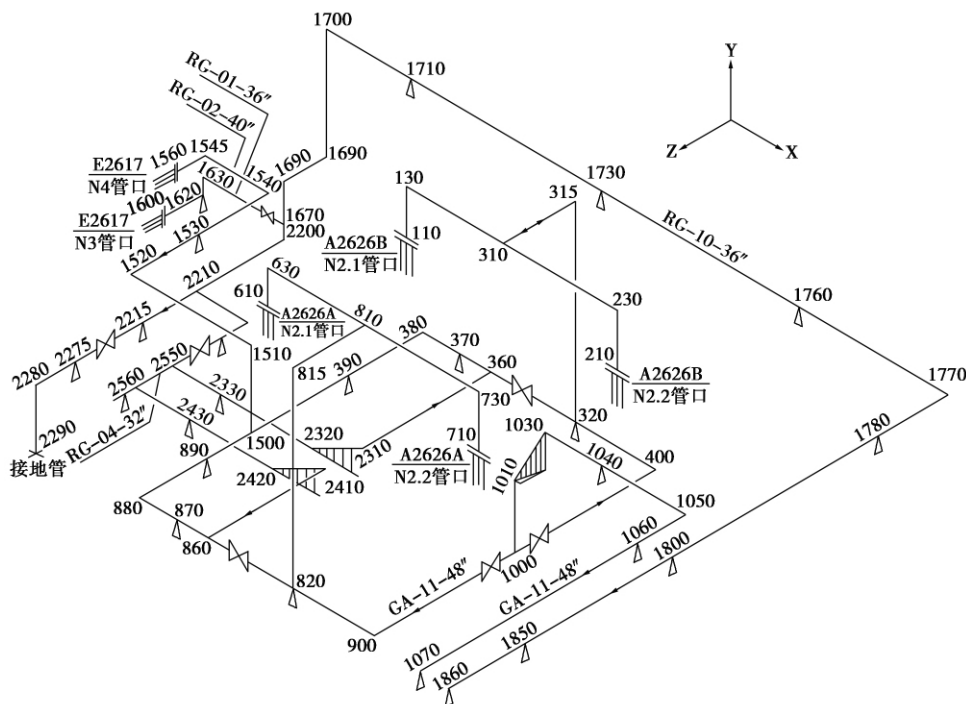


图4 空气净化系统出口配管示意图

4.1.2 配管应力超允许范围节点统计及原因分析

配管数据及各工艺参数(温度,压力),输入应力分析软件 CAESAR II 进行计算,计算出各节点的应力。应力超过许用应力允许范围节点如表 2 所示。

表2 超许用应力范围节点统计表

工况	管道 节点号	节点位 置部件	节点应 力/kPa	许用应 力/kPa	节点应力: 许用应力/ %
一	360	三通	261252.7	239370.4	109.1
	860	三通	351108.6	240297.8	146.1
	2550	三通	308855.8	258855.0	119.3
	5300	三通	305625.6	257551.9	126.5
	5310	支架	937045.7	263577.9	355.5
	5800	三通	327275.2	260716.6	125.5

二	5810	支架	550442.9	264920.7	207.8
	7020	三通	734495.0	258813.7	283.8
	860	三通	448962.4	240297.8	186.8
	2550	三通	287959.5	258855.0	111.2
	5310	支架	460742.1	263577.9	174.8
	5800	三通	433535.4	260716.6	166.3
	5810	支架	473955.9	264920.7	394.2
	5900	三通	343250.3	259716.9	132.2
	7020	三通	781493.1	258813.7	301.9

结合表 2、图 3 以及图 4 可知,超应力允许范围的管道节点集中在与分子筛吸附器 A2626A/B 进出口附近管道的三通与支架处,分析原因,主要是配管

本项目设备管口的允许推力和力矩值由设备制造商提供。

直接根据第一次管线调整后的数据计算发现,再生加热器 E2617 的 N3、N4 2 个管口推力和力矩有超允许范围的地方,具体见表 4。

表 4 再生加热器管口载荷表

	力/N			力矩/Nm		
	X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Y 方向	Z 方向
允许载荷	36000	48000	48000	39000	30000	45000
E2617 N3 管口						
工况一	2656	-48709	15796	-65615	-21972	-10953
工况二	4889	-49708	16243	-67361	-26306	-13544
E2617 N4 管口						
工况一	-34857	-29927	-30485	39668	14438	48840
工况二	-34704	-29174	-34561	42228	17813	44582

从表 4 中可以看出 N3 管口的 Y 方向推力以及 N3、N4 管口的 X 和 Z 方向的力矩超过允许载荷,造成这种情况发生的原因,主要是因为竖直布置的再生加热器 E2617 受热膨胀,导致设备管口 N3、N4 上移,把和管口相连的管线 RG-01-36"、RG-02-40"、RG-10-36"也往上抬,造成这几根管线和管线上靠管口位置最近的几个管架脱离,管架起不到支撑管线重量的作用,导致管线重量作用在管口 N3、N4 上,造成设备管口推力和力矩超允许范围。

4.4 第二次管线调整及调整后管线应力核算

要解决再生加热器 E2617 的 N3、N4 2 个管口超允许载荷的问题,不需要改变管线走向,把管线 RG-01-36"弯头节点 1620,管线 RG-02-40"上节点 1530 处支架改为弹簧支架,管线 RG-10 上节点 1710 处设置的支架改为弹簧吊架(此处用弹簧吊架而不用弹簧支架,只是因为该处管廊位置不易设置弹簧支架),当管线上移时,弹簧架不会和管线分离开,管线的重量仍由这几个支(吊)架承担,设备管口所受的推力及力矩就会减小。措施(2)可行。

重新输入数据计算,得到的再生加热器管口载

荷如表 5 所示。再生加热器 E2617 的 N3、N4 管口原来超允许载荷的力和力矩均已大幅下降至允许范围以内。

表 5 调整后的再生加热器管口载荷表

	力/N			力矩/Nm		
	X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Y 方向	Z 方向
允许载荷	36000	48000	48000	39000	30000	45000
E2617 N3 管口						
工况一	3423	6233	12229	20031	-21355	-11773
工况二	6028	5324	12048	18397	-25453	-14877
E2617 N4 管口						
工况一	-33884	-46	-29710	1611	14334	265
工况二	-33717	725	-33848	4198	17889	4589

在开始应力分析前非常担心的分子筛吸附器 A2626A/B 进出管口 N1.1、N1.2、N2.1、N2.2 的推力和力矩,经应力分析计算,发现并没有超过设备管口载荷允许范围,这说明分子筛吸附器进出口管线目前的布置对于分子筛吸附器进出管口是合适的,不需要调整,该设备管口推力及力矩已经满足设备厂家提供的允许载荷要求。

5 结论

综上所述运用应力分析软件 CAESAR II 辅助配管设计,首先解决配管设计中的应力问题,然后解决设备管口推力和力矩问题,最终确定适宜的配管走向及支吊架的型式及位置,降低应力对管道和设备的影响。设计人员需根据应力分析软件计算结果发现问题,运用自身的知识和经验去分析计算结果,确定调整方案,得到适宜的配管设计。

参考文献

- [1] 中华人民共和国原化学工业部. GB 50316—2000 工业金属管道设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2000: 4.
- [2] 蔡尔辅. 石油化工管线设计 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1986: 309. ■

巴斯夫高吸水性树脂加强在新兴市场的地位

巴斯夫宣布将在高速发展的新兴市场投资建立生产基地以加强其在高吸水性树脂行业的市场地位。在南美洲,位于巴西卡马萨里的高吸水性树脂生产设施预计将于 2014 年底投产,年产能将达到 6 万 t。在中国,位于南京的扬子石化-巴斯夫责任有限公司(由巴斯夫和中国石化以 50:50 的股比共同投资)计划于 2012 年年中在其一体化生产基地内开工建设一处高吸水性树脂生产装置。其年产能也在巴西及中国的投资项目显示了巴斯夫对客户及新兴市场的长期承诺。“两处生产设施都将采用一流的新技术。

同时,和上游的丙烯酸生产设备整合也是一大优势。”巴斯夫全球卫生业务部门高级副总裁 Teresa Szelest 表示,“这是在新兴市场生产出高质量的高吸水性树脂的有力保证。”通过生产创新的高吸水性树脂,巴斯夫助力客户在婴儿纸尿裤、成人失禁用品、女性卫生用品市场引导新的潮流。尤其是婴儿纸尿裤,已经变得越来越薄。

如 2011 年早些时候所宣布的,巴斯夫还在评估在马来西亚关丹建立整合性高吸水性树脂生产设施的技术及经济可行性。在关丹的投资将取决于该项研究的结果。