

浅谈氨压缩制冷系统紧急切断阀优化

张晓东

联泓（山东）化学有限公司

摘要：联泓（山东）化学有限公司（以下简称“联泓化学”）净化装置氨压缩制冷岗位任务是在确保安全和环保的情况下，主要是为低温甲醇洗工序提供足够冷量，满足低温甲醇洗装置的生产需求；氨压缩制冷装置的工艺气系统由一、二期两套单独系统组成，进界区气氨管线、出界区液氨管线一二期公用；一期系统有液氨贮罐和省功器两台设备主要存放液氨，液氨贮罐为卧式设备操作压力为 1.66 MPa，设计压力为 2.4 MPa，容积为 60 m³；省功器为卧式设备操作压力为 0.6 MPa，设计压力为 2.4 MPa，容积为 36 m³；本文介绍氨压缩制冷岗系统工艺流程及特点，分析从安全角度如何设置切断阀，使系统在出现异常时能保证在短时间内能够切出隔离，系统在安全稳定运行同时满足安全要求。

关键词：制冷；液氨；重大危险源；切断阀

氨压缩制冷单元的岗位任务是在确保安全和环保的情况下，主要是为低温甲醇洗工序提供足够冷量，满足低温甲醇洗装置的生产需求。氨压缩制冷装置的工艺气系统由一、二期两套单独系统组成，进界区气氨管线、出界区液氨管线一、二期公用。

低温液态氨在蒸发器中吸收热量蒸发成气态，经过一段分离器后进入离心式压缩机，经低压缸压缩后，进入中间冷却器，冷却后与来自二段分离器的蒸发氨蒸汽进一步混合后，进入高压缸再次压缩，然后进入防喘振冷却器及氨冷凝器进行冷却，冷凝后的液氨送入液氨贮槽^[1]。

1 氨压缩制冷工艺流程

氨压缩制冷工艺流程如图 1 所示，来自低温甲醇洗工序的气氨（工况参数：0.073 MPa、-38℃），经切断阀 HV2530A/B 分别进入低压缸进口分离器（V2501A/B）进行气液分离，分离

后的气态氨进入离心式压缩机低压缸，经 6 级压缩后，形成工况为 0.37 MPa、104℃ 的高温高压氨气。该氨气进入一段出口冷却器（E2501A/B）冷却后，与来自高压缸进口分离器（V2502A/B）的氨气充分混合，形成工况为 0.37 MPa、35℃ 的氨气，随后进入压缩机高压缸；高压缸采用两段式压缩设计，共计 7 级压缩；经第一段压缩后，氨气工况变为 0.74 MPa、107℃，进入二段出口冷却器（E2502A/B）冷却至 0.72 MPa、42℃，再进入第三段压缩，最终形成 1.66 MPa、130℃ 的高温高压氨气。该氨气依次进入防喘振冷却器（E2503A/B）、氨冷凝器（E2504A/B）进行冷却冷凝，冷凝后的液氨经切断阀 XV2551A、XV2552B 送入液氨贮罐（V2504A/B）储存；液氨再通过调节阀 PV2542A/B 减压闪蒸后进入省功器（V2505A/B），最后经切断阀 XV2552A、XV2551B 及流量计 FT2542A/B 计量后，输送至低温甲醇洗工序的各台氨冷器，为其提供冷量^[2]。

为保障压缩机密封效果，从高压缸出口引出一股气氨作为机组的一级密封气源。为有效防止机组运行过程中出现喘振现象，本系统设置两路防喘振保护装置：一路从高压缸出口经防喘振冷却器（E2503A/B）冷却后的气氨，通过防喘振阀 FV2533A/B 引入高压缸进口分离器（V2502A/B），回流至压缩机二级入口；另一路气氨经防喘振阀 FV2530A/B 引入低压缸进口分离器（V2501A/B），回流至压缩机一级入口。

为精准调节低压缸、高压缸的进口氨温度，从液氨贮罐（V2504A/B）引出液氨，分别经温度自调阀 TV2530A/B、TV2533A/B 送入低压缸进口分离器（V2501A/B）和高压缸进口分离器（V2502A/B），通过液氨蒸发吸热实现进口温度调控。

为分离系统中混入的不凝气体，从氨冷凝器（E2504A/B）壳程引出部分气氨，与来自液氨贮罐（V2504A/B）的气氨一同进入空气分离器（E2505A/

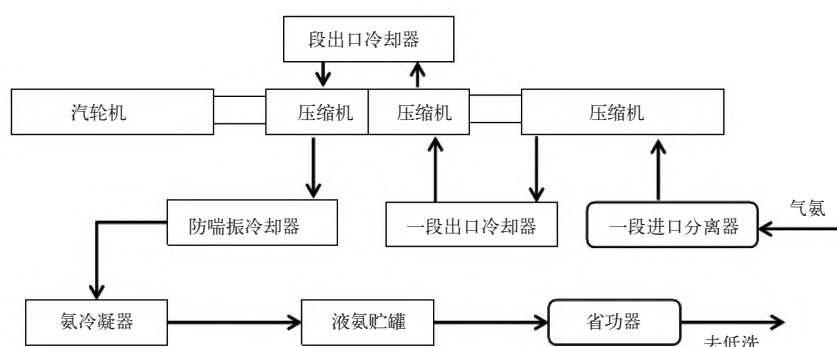


图1 氨压缩制冷工艺流程

B)的管程,采用来自液氨贮罐(V2504A/B)底部的液氨对其进行冷却,冷却后产生的液氨从空气分离器底部回流至液氨贮罐(V2504A/B),分离出的不凝气经压力调节阀PV2545及PV2538输送至放空气总管;空气分离器(E2505A/B)壳层上部的气氨则回流至中间贮罐(V2503A/B)。

低压缸进口分离器(V2501A/B)和高压缸进口分离器(V2502A/B)内分离出的液氨,均汇入中间贮罐(V2503A/B);之后通过氨泵(P2501A/B)加压后,送回液氨贮罐(V2504A/B)循环使用。

省功器(V2505A/B)的压力调节采用双路径设计:一是通过开启压力调节阀PV2533A/B,将其内部气氨送至V2502A/B进口管线实现调节;二是通过新配置的安全阀根部阀后管线,将气氨引至一段进口气氨管线进行压力调节^[3]。

2 氨压缩制冷目前切断阀设置方式

2.1 根据重大危险源辨识和分级

根据重大危险源辨识规则,当单元内危险化学品为单一品种时,该危险化学品的实际存在总量即为单元内危险化学品总量;若该总量等于或超过对应危险化学品的临界量(即满足判定条件 $q/Q \geq 1$,其中: q 为危险化学品实际存在量,单位:t; Q 为该危险化学品对应的临界量,单位:t),则该单元定义为重大危险源。

本项目中,氨压缩制冷单元涉及的危险化学品为液氨与气氨,其合并临界量为10t。经核查,氨压缩制冷界区内液氨实际存在量远超过10t,满足重大危险源判定条件,因此氨压缩制冷界区被判定为重大危险源。

2.2 重大危险源分级判定

重大危险源分级指标 R 的计算,需综合考虑以下核心参数:每种危险化学品的实际存在量(t)、对应危险化学品的临界量(t)、对应危险化学品的校正系数,以及该危险化学品重大危险源厂区外暴露人员的校正系数。经精准计算,氨压缩制冷界区的重大危险源分级指标 R 满足 $50 \leq R < 100$ 的区间要求,因此该区域被判定为二级重大危险源。

2.3 二级重大危险源安全设施配置说明

氨压缩制冷单元作为二级重大危险源,其液氨贮罐进口及省功器出口均设置切断阀;液氨贮罐与省功器为串联连接,如图2所示。由于液氨贮罐与省功器均为柱形容器,且两者的设计压力、

设计温度参数完全一致,配套安全阀的起跳压力也统一标准,同时两者通过调节阀组实现连通,因此将液氨贮罐与省功器视为一个整体安全单元进行管理,并在该整体单元的进出口分别设置切断阀,以保障其安全运行。

3 氨压缩制冷切断阀设置方式

根据DB37/T1914—2024《液氨存储与装卸作业安全技术规范》第5.2.2条,液氨贮罐应设置液位高、低报警和高高、低低限报警及联锁,其中低温液氨贮罐应设温度显示和高限报警;液氨贮罐进出口管线应设置双切断阀,其中一只出口切断阀为紧急切断阀;将液氨贮罐和省功器看作两个独立的设备需要在进出口都设置切断阀。

根据SH/T 3005—2016《石油化工自动化仪表选型设计规范》行业标准,10.3.5.1在有可靠仪表气源の場合应选用气动执行机构,在没有仪表气源の場合应按10.3.1.2条执行;10.3.5.5从调控信号开始的阀的全行程时间不应超过阀体尺寸的3倍(以秒计),并且不应小于阀体尺寸(以秒计);紧急切断阀的最大行程时间(阀门从正常操作位置到联锁要求的安全位置的时间)不应超过10s;任何开关阀的最大行程时间不应超过30s。

改造前冷凝后的液氨经过切断阀XV2552进入液氨贮罐V2504,液氨贮罐V2504内液氨经过压力调节

目前存在:

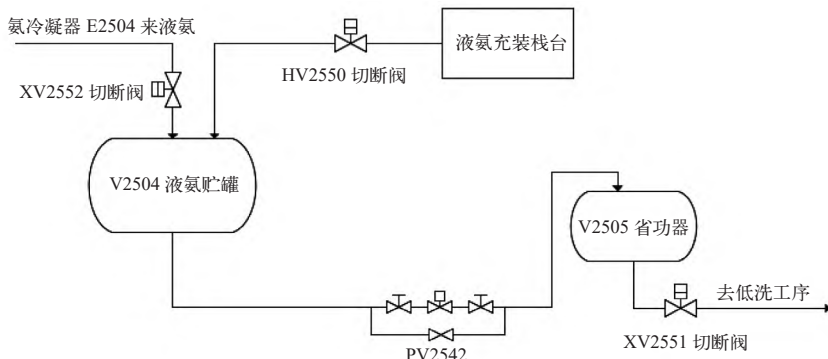


图2 改造前氨压缩制冷单元中液氨贮罐进口设置

阀 PV2542 进入省功器 V2505, 省功器 V2505 内液氨经过切断阀 HV2551 送往低洗; 外部购买液氨经过切断阀 HV2550/HV2551 进入液氨贮罐 V2504。

改造后液氨贮罐 V2504 出口更换为带切断功能的调节阀; 一二期现有卸车电动切断阀拆除, 更换为气动 SIS 切断; 将 V2504 液氨贮罐和 V2505 省功器液位设置液位高、低报警和高高、低低限报警及联锁, 如图 3 所示。

3.1 工艺改造内容

一期: 1) 拆除 V2504 液氨贮罐底部出口管线上的现有调节阀, 在原安装位置更换为具备切断功能的一体化调节阀; 2) 拆除卸车管线原有电动切断阀, 更换为气动 SIS (安全仪表系统) 切断阀, 提升紧急切断的可靠性与安全性。

二期: 1) 拆除 VII2504 液氨贮罐底部出口管线上的现有调节阀, 在原安装位置更换为具备切断功能的一体化调节阀; 2) 二期卸车管线电动切断阀拆除, 更换为气动 SIS 切断阀。

3.2 仪表改造内容

3.2.1 仪表操作功能改造

一期: 在 ITCC (透平压缩机控制系统) 中新增 V2504 液氨贮罐出口切断阀 PSV-2542A、V2504 液氨贮罐进口切断阀 HV-2550 的远程开关操作功能, 实现核心阀门的集中控制。

二期: 在 ITCC 系统中新增 VII2504 液氨贮罐出口切断阀 PSV-2542B、VII2504 液氨贮罐进口切断阀 HV-2551 的远程开关操作功能, 确保一、二期控制系统操作逻辑统一。

3.2.2 联锁逻辑优化说明

联锁说明: 对原有液氨贮罐及省功器的液位联锁逻辑进行升级, 将原“一取一”联锁方式均优化为“二取二”联锁方式, 提升联锁信号的可靠性, 避免误动作或漏动作。

一期联锁逻辑 (优化后): 1) 当 V2504 液位 LT-2539A 和 LT-2539A2 达到联锁值 2 400 mm 高高二取二时, 联

改造后:

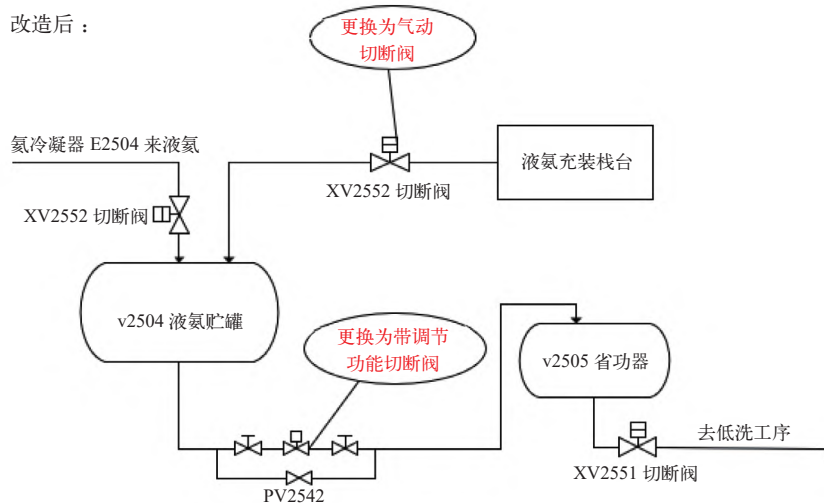


图 3 改造后氨压缩制冷切断阀设置方式

锁关闭进料切断阀 XV-2552A、HV-2550 和停止蒸汽轮机 HT2501; 2) 当 V2504 液位 LT-2539A 和 LT-2539A2 达到联锁值 100 mm 低低二取二时, 联锁关闭出料切断阀 PSV-2542A; 3) 当 V2505 液位 LT-2542A 和 LT-2542A2 达到联锁值 180 mm 低低二取二时, 联锁关闭出料切断阀 XV-2551A; 4) 当 V2505 液位 LT-2542A 和 LT-2542A2 达到联锁值 1 620 mm 高高二取二时, 联锁关闭进料切断阀 PSV-2542A。

二期联锁逻辑 (优化后): 1) 当 VII2504 液位 LT-2539B 和 LT-2539B2 达到联锁值 2 400 mm 高高二取二时, 联锁关闭进料切断阀 XV-2552B、HV-2551 和蒸汽轮机 HTII2501; 2) 当 VII2504 液位 LT-2539B 和 LT-2539B2 达到联锁值 100 mm 低低二取二时, 联锁关闭出料切断阀 PSV-2542B; 3) 当 VII2505 液位 LT-2542B 和 LT-2542B2 达到联锁值 180 mm 低低二取二时, 联锁关闭出料切断阀 XV-2551B; 4) 当 VII2505 液位 LT-2542B 和 LT-2542B2 达到联锁值 1 620 mm 高高二取二时, 联锁关闭进料切断阀 PSV-2542B。

4 结语

针对当前日益严峻的安全环保形势与监管要求, 联泓化学氨压缩制冷岗位

持续推进系统优化完善工作。在外部安全专项检查及内部常态化自查过程中, 一旦发现不符合安全规范及标准要求的问题, 均第一时间联合设计院制定专项整改方案并落地实施。

同时, 针对重大危险源切断阀等关键环节存在的优化空间, 仍需进一步开展技术摸索与深度研究。后续将加强与安全领域专家及同类型企业的沟通交流, 通过经验共享、技术探讨等方式, 共同攻克现存问题, 全面提升重大危险源安全管控水平。在液氨制冷系统的安全管理中, 液氨储罐作为核心设备, 其安全稳定运行是重中之重。唯有切实保障液氨储罐的安全管控成效, 才能为装置整体生产安全筑牢防线, 进而确保生产效益的稳定提升。

参考文献:

- [1] 潘保安. 试论液氨储罐泄漏事故模拟分析及安全对策措施[J]. 广东化工, 2018, 45(10):154-155, 160.
- [2] 徐鑫. 大型低温液氨罐区的安全设计[J]. 化工设计通讯, 2018, 44(8):180-181.
- [3] 赵昆玉, 孙琦, 谢青延. 背压对液氨制冷系统用安全阀技术性能指标影响的讨论[J]. 中国特种设备安全, 2017, 33(5):67-71.