

Application of centrifugal propylene refrigeration unit in polyvinyl chloride plant

Zhang Fan

China Chengda Engineering Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610041, China

Abstract

With the scaling up of ethylene plants and escalating domestic environmental protection requirements, ethylene-based VCM production has become the mainstream approach in new capacity construction [1]. In ethylene-based vinyl chloride (VCC) production units, propylene refrigeration units are typically employed to supply cooling capacity to critical process condensers such as HCl tower feed condensers and high-boiling-point column exhaust deep coolers. These units require temperature regulation to 2 °C and -41 °C respectively, with varying cooling demands at each temperature. This paper introduces the application of centrifugal propylene refrigeration units in polyvinyl chloride (PVC) plants, using a common unit as a case study to detail its structural configuration, operational parameters, and auxiliary equipment specifications. The paper points out the key points in the design and operation, and provides a reference for the selection of similar units in the future.

Keywords

polyvinyl chloride; refrigeration with propylene; centrifugal compressor; application

离心式丙烯制冷机组在聚氯乙烯装置中的应用

张凡

中国成达工程有限公司, 中国 · 四川 成都 610041

摘 要

随着乙烯装置的大型化和国内环保要求逐渐升级, 乙烯法生产VCM逐渐占据新建产能的主流^[1]。在乙烯法的氯乙烯生产装置中, 通常使用丙烯制冷机组为装置中的HCL塔进料冷凝器、高沸塔排气深冷器等关键工艺冷却器提供冷量, 冷量用户需要分别被冷却到2°C、-41°C等不同的温度, 且每个温度所需的冷量也不同。本文介绍了离心式丙烯制冷机组在聚氯乙烯装置中的引用, 以某常见的机组为例, 介绍了机组的结构、参数、辅机配置, 并指出了设计和操作中的要点, 为今后类似机组的选型提供了参考。

关键词

聚氯乙烯; 丙烯制冷; 离心式压缩机; 应用

1 引言

近年来, 随着国内大型乙烯项目的密集投产, 乙烯原料供应日趋充足, 叠加环保部门对高能耗、高污染项目的管控力度不断加大, 国内新建 VCM 产能中乙烯法占比已超过 80%, 成为绝对主流的生产工艺。在乙烯法 VCM 生产流程中, 从乙烯与氯气反应生成二氯乙烷, 到二氯乙烷裂解制 VCM, 再到 VCM 精制提纯, 多个关键工序均需要稳定的低温冷源支持。

离心式丙烯制冷机组作为一种高效的低温制冷设备, 通过丙烯介质的压缩、冷凝、节流、蒸发循环实现冷量的持续输出, 其单机组制冷量可达数千千瓦, 且能通过多级压缩与中间补气技术满足多温度级的冷量需求, 完美适配乙

法 VCM 装置的工艺特点。本文以某年产 30 万吨 PVC 项目配套的离心式丙烯制冷机组为实际案例, 绍了机组的主要参数、配置、选型以及安装操作的关键点。同时探讨当前国内离心式丙烯制冷机组的市场现状与国产化发展方向, 为后续同类项目的设备选型、系统设计及现场施工提供切实可行的参考依据, 推动国内乙烯法 PVC 装置制冷系统的技术升级与自主化发展^[2]。

2 机组的主要参数和配置

2.1 工艺参数要求

该 PVC 项目的 VCM 制备装置中, 1.7°C 用户冷量要求为 1608kW, -41°C 用户冷量要求为 2708kW, 工艺包要求机组有 12% 的负荷余量, 制冷机组的额定制冷负荷为 4834kW, 制冷剂为丙烯。丙烯制冷机组采用离心式压缩机, 从丙烯压缩机出来的丙烯气体经冷却水冷凝后进入闪发式经济器兼储罐; 储罐中的液相分两路进入高温过热器, 一路

【作者简介】张凡 (1991-), 男, 中国四川广安人, 硕士, 工程师, 从事化工机泵及压缩机等的选型设计研究。

蒸发提供冷量后回到压缩机入口，一路接受冷量后部分进入 1.7℃ 用户提供冷量，其余进入低温过冷器。液相丙烯在低温过冷器中继续深冷后供给 -41℃ 用户。由氯乙烯工序各冷剂用户返回的气相丙烯，经丙烯压缩机压缩冷凝后，制冷剂送至各用户，由此不断循环，进行连续制冷，如图 1。

2.2 压缩机的结构和主要参数

本项目选用单轴五级离心式压缩机，符合 API-617《石油、化学和气体工业用轴流、离心和混流式压缩机》标准（带偏离条款，适配丙烯介质的低温特性），具体结构与参数设计如下：

机壳使用球墨铸铁，卧式水平剖分结构，便于拆卸。所有叶轮均为闭式叶轮，焊接成型，铝合金材质。转子前后双支撑，径向轴承为铝制锥形套筒，巴氏合金可倾瓦止推轴承。级间使用迷宫密封减少级间泄漏，在轴承和叶轮间设置有浮环密封，使用引自 4 级叶轮出口的压缩丙烯气作为缓冲气，将润滑油和工艺气隔开，但仍会有少量丙烯气进入润滑油，因此该润滑油通常会由压缩机特殊指定。排气端轴有带压油槽无需油封，吸气端油封使用油润滑的机械密封。压缩机转速 9954rpm，由电机驱动，通过齿轮箱增速。压缩机轴功率 2592.7KW，选用 3000kW 的主电机，如图 2。

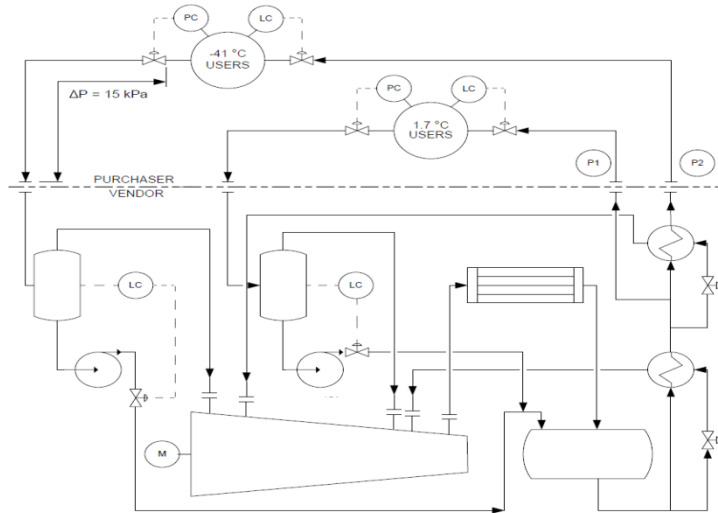


图 1 丙烯制冷机组示意图

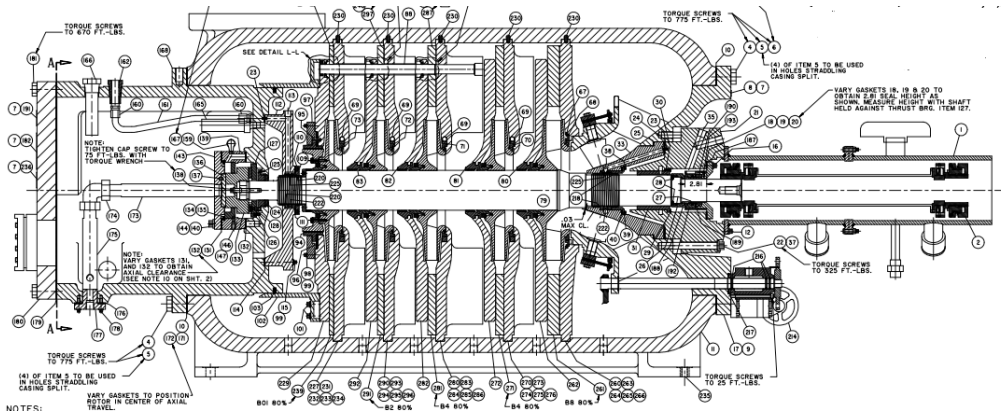


图 2 压缩机剖面图

2.3 辅机配置及机组布置

为确保离心式丙烯制冷机组的稳定运行，需配套完善的辅机系统，包括冷量调节系统、润滑油系统、换热设备、缓冲设备及控制系统，各辅机系统的配置方案如下：

压缩机入口设置了自动导叶调节阀来调节冷负荷，同时防止喘振现象发生。该调节阀由气动执行机构操作，配合热气旁通实现冷量的调节范围 0~100%，并使机组始终工作在高效点。

润滑油系统配置了轴头驱动的主油泵和电驱辅油泵，启停机阶段使用辅油泵建立油压。配置带切换阀的双联过滤器和双联油冷器，便于不停车检修。带有恒温油加热器的内置油箱。

冷凝器使用卧式管壳式换热器，低温碳钢壳体，316L 管板，铜镍合金换热管，水走管程，丙烯气体在壳程冷凝为液体。

闪发式经济器兼储罐采用卧式结构，低温碳钢壳体。

从冷凝器出来的丙烯液体，节流后进入该经济器，闪发出来的气态丙烯回到压缩机第五级的中间补气口，闪发后的中温中压丙烯液体输送给下游的过冷器，同时该经济器也作为储罐，为来自冷凝器的液态丙烯提供存储空间。

高温过冷器和低温过冷器均采用卧式满液换热器，壳体和换热管均为低温碳钢。来自上游的丙烯液体一路节流蒸发提供冷量，回到压缩机的中间补气口。一路吸收冷量进入下游用户。

吸气缓冲罐和旁路缓冲罐选用了低温碳钢，罐顶带有吸气挡板，用于分离压缩机进气中的液体，避免液击对压缩

机带来的危害。

机组配备 PLC 控制系统，由于在防爆区域，采用了正压通风的控制柜，完成对压缩机的启停、工艺流程、负荷、防喘振、油系统、压缩机轴系参数的控制，集成了本特利 3500 系统，能检测压缩机轴振动、轴位移、轴温等机组状态参数。

压缩机、油站、增速齿轮箱、电机集成在压缩机撬块，冷凝器和经济器集成在冷凝器撬块，高、低温过冷器集成在过冷器撬块，吸气缓冲罐和旁路缓冲罐集成在缓冲罐撬块。四个撬块均为地面上单层布置，如图 3。

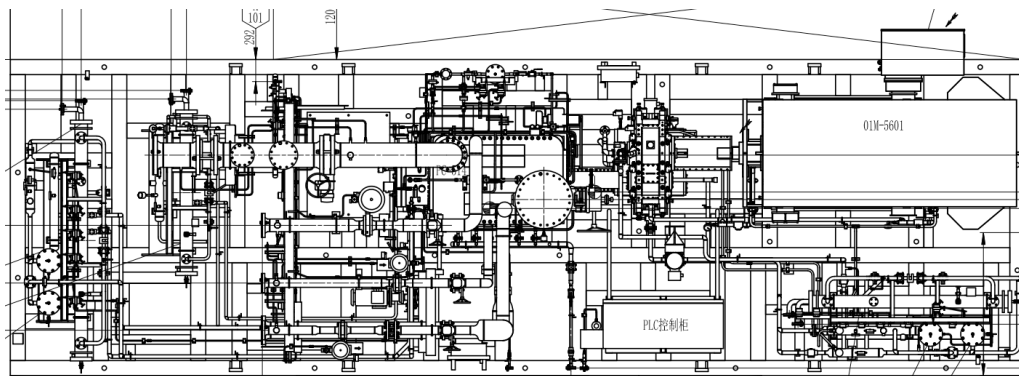


图 3 压缩机撬块布置图

3 设计和安装要点

离心式丙烯制冷机组的设计与安装质量直接决定其运行稳定性与使用寿命，结合本项目实践经验，该丙烯制冷机组在设计、安装和调试过程中应该注意以下要点，以保证机组稳定运行：

- (1) 压缩机的吸气管路不能存在液弯，并且应该设置有一定坡度，坡向容器侧，这样能有效避免吸气口积液。
- (2) 管道和辅机的材质选择应该注意低温工况，选用低碳钢或不锈钢。
- (3) 管路的吹扫、打压应该完成后再和压缩机连接，避免压缩机进水和其他异物。
- (4) 联轴器应按照相关操作手册参数对中，避免因联轴器对中偏差过大引起的机组振动和联轴器膜片断裂。
- (5) 配管完成后，需要松开管口螺栓检查管道与压缩机管口的应力，并复测联轴器对中数据，避免管道应力过大引起压缩机异常振动。
- (6) 压缩机本体、接触工艺气的辅机、管路应该做好相应的保冷措施，避免冷量损失而导致压缩机在偏离设计点的工况下长期运行^[2]。
- (7) 丙烯为易燃易爆介质，充注前需要严格进行系统氮气气密试验
- (8) 气密试验后需要将系统抽到 2mmhg 的真空度，这样能避免水在系统中残留结冰，损坏压缩机和堵塞阀门，

也能减少不凝气对系统制冷效率的影响。期间如果系统压力降低太快，系统中的水分可能会冻结。

4 结语

丙烯制冷机组是 PVC 生产装置的核心设备，合理的压缩机选型设计，正确的安装和操作是保证机组稳定高效运行的关键。笔者接触的 PVC 生产装置中，进口品牌的制冷机组占据了绝大部分市场份额，在国际贸易局势逐渐紧张升温的情况下，该制冷机组国产化的重要性日益凸显。离心式丙烯制冷机组作为乙烯法 PVC 装置的核心冷源设备，其设计合理性、设备选型准确性与安装规范性直接决定 PVC 装置的生产效率、产品质量与运行安全性^[3]。本文提到的机组选型、设计和安装要点希望为今后的类似机组选型提供参考。相信随着国内技术的不断进步，离心式丙烯制冷机组的国产化水平将逐步提升，未来有望在大型 PVC 装置中实现全面替代进口，为国内 PVC 产业的绿色化、高效化发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 颜华, 邓科. 中国PVC产业面临的挑战及发展策略[J]. 聚氯乙烯, 2018, 1;1-46
- [2] 黄威, 王臣. 丙烯制冷压缩机运行存在问题及对策[J]. 乙烯工业, 2017; 61-64
- [3] 崔守志. 离心式丙烯制冷机组在聚氯乙烯[J]. 仪器仪表用户, 2018, 25 (12):52-54