



华陆工程科技有限责任公司

中国化学 HUALU ENGINEERING & TECHNOLOGY CO.,LTD.

化工项目对制冷系统和设备技术性需求及工程案例分享

邹军华

ZJH2326@CHINAHUALUENG.COM

WWW.CHINAHUALUENG.COM

2024-04

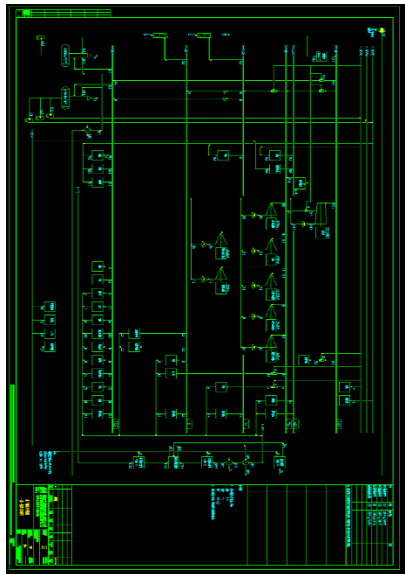
中国制冷展专题研讨会

中国·北京

华陆工程科技有限责任公司前身系成立于1965年的化学工业部第六设计院，是国务院国资委直属的中国化学工程集团(股份)有限公司的重点骨干企业。

- 现有员工1200多名，本科及以上学历人员占比88%，高级职称及以上人员占比49%，有全国工程勘察设计大师1人，石油和化工行业工程勘察设计大师4人，陕西省工程勘察设计大师1人，享受政府特殊津贴技术专家31人。
- 自主开发新工艺、新技术100多项，开发化工新产品200多种，拥有专有技术和专利技术300余项。
- 业务遍及全国以及南亚、中亚、中东、非洲等国家和地区，先后承担大中型工程总承包项目及工程设计项目2900余项。
- 拥有工程设计综合甲级、施工总承包壹级等资质，服务于精细化工、新材料新能源、新型煤化工、石油和天然气化工等产品领域的中高端业务。





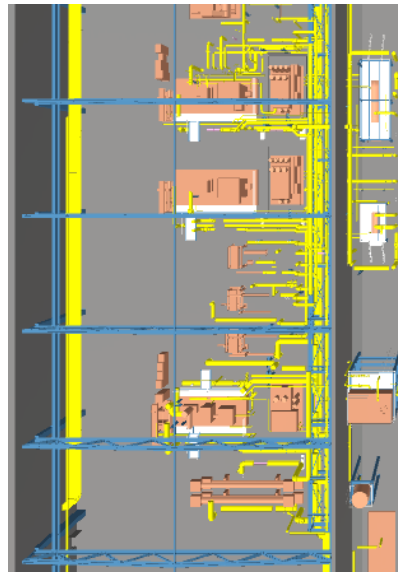
供热系统、供冷系统



供热工程、供热装置、热力管网工程设计



供冷工程、供冷装置、供冷管网工程设计



能源相关新技术研发和工程应用



蒲城70万吨/年煤制烯烃项目\EPC\国家优质工程金质奖



广东石化POX和动力中心项目\E+S\广东五一劳动奖状



东华能源宁波PDH项目\EPC\全世界最大PDH项目



NRL UPGRADATION PROJECT\EPCC\国家海外典型工程案例



云南通威高纯晶硅绿色能源项目\EPC\国家优质工程奖



华陆新材年产5万立方米硅基纳米气凝胶项目\EPC\自主技术和投资



西安热工院sCO₂发电试验台\5MWe\E\世界首台套



中科院工热所低碳sCO₂循环试验台\5MW\E\国家重大科技基础设施建设项目



陕西建龙5MWe熔岩储能工程\E



中科院湿法脱硫烟气消白及热回收示范项目(热泵技术)\E

PART -1 化工项目中的制冷系统



空调

- 民用建筑：宿舍
- 工业建筑：厂前区、仓库
- 装置厂房：



热量交换

- 介质冷却：工艺介质冷却
- 设备冷却：机泵
- 维持低温：反应器

PART - 1 化工项目中的制冷系统

总制冷量

- 最小：几kW
- 最大：几万kW

单台机组容量

- 最小：几kW
- 最大：近万kW

温度

- 最低：-175℃
- 最高：+12℃

制冷方式

- 吸收式
- 压缩式

制冷机组

- 溴化锂机组
- 电制冷机组
- 单/多级压缩式制冷机组
- 复叠式压缩式制冷机组

PART - 1 化工项目中的制冷系统

压缩机类型

- 螺杆机
- 离心机
- 活塞机

制冷剂

- 水
- 氟利昂
- 氨

载冷剂

- 溴化锂
- 乙二醇溶液
- 二氯甲烷
- 其他

PART - 2 案例分享/某10万吨多晶硅项目

制冷系统在工艺流程选取和设备选型时原则和考虑：

1. 符合现场环境条件

- 选取正确的终端冷却方式，水冷、空冷、蒸发冷等；
- 确定合理的冷凝温度；
- 设备布置和防护等级满足要求，室内、露天、半露天、防爆、防尘、防晒等。

2. 满足工艺装置需求

- 冷量满足需求，有一定的富裕，并应考虑机组冷量衰减；
- 供冷方式满足用户侧换热方式需求，蒸发器、换热器、夹套等；
- 蒸发温度或换热温差满足要求。

3. 安全性和可靠性有保证

- 有相似工程使用业绩，已经过长时间运行验证，检维修周期与全厂匹配等；
- 各种情况下制冷系统可保证自身安全、相关系统安全；超压、超温、介质泄漏、介质互窜等；
- 仪表设置和控制系统与制冷系统工艺流程和用户需求相匹配；HAZOP、LOPA分析等。

4. 环保节能

- 制冷剂、载冷剂满足环保和安全要求；
- 制冷系统低负荷时有高的COP等。

5. 其他特殊要求

- 如要求制冷剂\载冷剂为无水系统，且是非防爆介质；
- 如夹套式反应器必须采用载冷供冷；
- 如受厂房布置空间限制机组要尽可能紧凑；
- 如受周边装置影响必须设置为防爆机组；
- 如为了降低造价需要将蒸发器和机组其他设备分隔布置等等。

PART - 2 案例分享/某10万吨多晶硅项目

某10万吨/年多晶硅项目制冷系统主要用于空调系统和工艺气冷却器、反应器低温环境。冷量需求如下：

- 7°C: 75000kW
- 12°C: 62000kW
- -25°C: 15200kW
- -45°C: 10500kW
- -75°C: 3300kW

注：部分随装置附带机组的制冷量需求未统计在内。

PART - 2 案例分享/某10万吨多晶硅项目

1. 7°C冷水系统

7°C冷水用户主要为工艺用户。本项目工艺副产热水有富裕，因此采用热水型溴化锂机组制取7°C冷水，不足部分用电制冷机组补充。7°C冷水用户比较集中，各用户阻力相差不大，因此采用一级泵循环系统，且冷水回水、压力供水和冷水供水均采用母管制。同时，虽然本项目循环水温较高，但受当地气象条件，也无其他更好的冷却方式，机组采用循环水冷却。

- 机组：8×7564kW热水型溴化锂机组+3×9000kW电制冷机组
- 电制冷机组制冷剂：R134a
- 机组冷水侧设计压力：1.2MPag
- 机组和用户侧流量分配：手动控制

2. 12°C冷水系统

12°C冷水用户为空调用户。考虑到能效和当地电价较低，机组选用电制冷机组。空调用户比较分散，理论上采用二级泵循环系统更好，但考虑到如用二级泵系统，全厂冷水管回路较多，没有合适的布置空间，同时投资较大，因此还是采用一级泵循环系统，且冷水回水、压力供水和冷水供水均采用母管制。同时，虽然本项目循环水温较高，但受当地气象条件，也无其他更好的冷却方式，机组采用循环水冷却。

- 机组：8×9000kW电制冷机组
- 机组制冷剂：R134a
- 机组冷水侧设计压力：1.2MPag
- 机组流量分配：手动控制
- 用户侧流量分配：自动控制

3. -25°C制冷系统

-25°C制冷系统主要向两个大的系列用户和-75°C机组供冷。

1. 冷量用户侧为换热器换热，采用蒸发器的形式更容易控制温度，换热面积需求也更低，并且本项目制冷剂进入工艺装置侧不会提高工艺装置的防火类别等，因此采用制冷剂直接供冷。
2. 考虑到可靠性的需求，避免制冷系统出现问题造成全厂性的停车，制冷系统也设置为两个独立单元，仅供液和回气设置联通管并安装隔离阀。
3. 受当地气象条件限制，气温高、空气湿度大，经经济比较后，最终确定机组采用循环水冷却。
4. 为了节能，从蒸发器到冷凝器之间不设置节流设施，并联设备之间流量的分配，主要再设计截断通过优化管道的布置实现流量的均匀分配。

PART - 2 案例分享/某10万吨多晶硅项目

3. -25°C制冷系统

- 设计制冷量：2×12250kW
- 压缩机类型\数量：单机单级螺杆压缩机\2×4台
- 制冷剂：R507a
- 冷凝温度：50°C
- 系统最高允许\设计压力：3.0MPag

4. -45°C制冷系统

-45°C制冷系统主要向两个大的用户供冷，且用户位于冷冻机房的不同方向。

1. 冷量用户侧为换热器换热，采用蒸发器的形式更容易控制温度，换热面积需求也更低，并且本项目制冷剂进入工艺装置侧不会提高工艺装置的防火类别等，因此采用制冷剂直接供冷。
2. 考虑到可靠性的需求和调节的便利性，制冷系统设置为两个独立单元，不进行任何联通。
3. 受当地气象条件限制，气温高、空气湿度大，经经济比较后，最终确定机组采用循环水冷却。
4. 为了节能，从蒸发器到冷凝器之间不设置节流设施，并联设备之间流量的分配，主要再设计截断通过优化管道的布置实现流量的均匀分配。

PART - 2 案例分享/某10万吨多晶硅项目

4. -45°C制冷系统

- 设计制冷量：1×11000kW+1×3500kW
- 压缩机类型\数量：双机双级螺杆压缩机\6+2台
- 制冷剂：R507a
- 冷凝温度：50°C
- 系统最高允许\设计压力：3.0MPag

5. -75°C制冷系统

1. 冷量用户侧为换热器换热，采用蒸发器的形式更容易控制温度，换热面积需求也更低，并且本项目制冷剂进入工艺装置侧不会提高工艺装置的防火类别等，因此采用制冷剂直接供冷。
2. 为了节能，从蒸发器到冷凝器之间不设置节流设施，并联设备之间流量的分配，主要再设计截断通过优化管道的布置实现流量的均匀分配。
 - 设计制冷量：4200kW
 - 压缩机类型\数量：单机单级螺杆压缩机\2台
 - 制冷剂：R507a/R23
 - 冷凝温度：50°C/-20 °C
 - 高温侧/低温侧设计压力：3.0MPag/2.0MPag

PART - 2 案例分享/某10万吨多晶硅项目

制冷系统所有设备通常打包采购，工程执行过程中制冷系统设备厂家的配合对项目执行和结果极其重要。

1. 签订合同后，召开开工会确定设计和供货交界面，工艺系统设计原则。
2. 厂家需交付制冷系统工艺和系统设计所需的资料。如设备清单、机组设备数据表、公用工程消耗、工艺流程图、P&ID图、操作说明等。
3. 厂家交付设备布置及配管设计所需的资料。如设备建议布置图、设备外形图和基础图、检修及维护说明等。
4. 厂家交付电仪设计相关资料。如仪表清单、I/O清单、控制原理图、控制系统文件、接线图等。
5. 配合过程中还需要提供审查、监造、发货等相关技术文件。
6. 设备到现场后，厂家需要提供现场技术服务。如开箱、配合安装、调试等。

PART – 3 问题和建议

1. 随着系统容量的增加，通过布置使流量分配均匀越来越困难；流量分配不均将造成制冷系统出力降低。需适当增加机组设计富裕量、采用变频控制和节流分配等。
2. 随着系统容量的增加，单台储液罐的容量很难满足要求，通常都采用多台储液罐并联运行，在无其他措施的情况下，储液罐的液位无法控制，出现不平衡，甚至无液位的情况，更严重将出现工质冷油器断液无法冷却的情况，损坏压缩机。需在布置可行的情况下增加大口径平衡管，设置液位调节阀等。
3. 回气管线积液严重。大容量制冷系统的回气管线很难不出线液袋(跨路、用户和机组的高差、布置的限制)，造成回气管线积液严重，尤其是在寒冷地区和蒸发器液位控制不好时，特别明显。需设置加热器、改进保冷、升级蒸发器结构形式、优化蒸发器液位控制、设置专用的导淋管线等等。
4. 随着系统容量增大，制冷系统单体设备大小也在增加，常规的撬装方式使得现场布置变得特别困难，甚至会增加大量的土建投资。需按现场布置方式适当调整设备撬装方案。

不同化工项目对制冷系统的需求是有较大差异的，甚至相类似的化工项目由于建设地不同，对制冷系统的需求也不一致。主要体现在以下几个方面：

1. 制冷剂、载冷剂、供冷方式的选择；
2. 制冷系统的工艺流程；
3. 制冷系统安全设施；
4. 仪表及控制系统的设计；
5. 配电系统设计。

目前大多数项目制冷系统都会采用包设备模式进行采购，设备制造商有自己固有的模式，与买方的需求可能并不匹配；但化工项目中设备供货一定要严格执行买方要求，买方的每个要求都对应着特殊的需求；违背任何一个要求都可能造成现场不必要的经济损失，甚至可能造成安全事故。



华陆工程科技有限责任公司

中国化学

HUALU ENGINEERING & TECHNOLOGY CO.,LTD.

谢谢!