

检查,清除叶轮表面结垢、杂质,修复磨损、变形的叶片,重新安装平衡块并进行动平衡校验,确保动平衡精度达到G1级,校验合格后方可重启机组。对于转子弯曲问题,需对主轴进行校直处理,若弯曲程度超过允许范围,应及时更换主轴,同时排查冷却系统、启停操作流程,优化机组启停方案,避免主轴再次发生热变形。

4.2.2 气动力扰动的应对

针对喘振问题,技术人员应当立即开大防喘振阀,调整回流管线流量,确保机组运行流量高于临界值,远离喘振边界,同时检查下游管网压力,排查管网堵塞、阀门故障等问题,及时调整管网压力,恢复正常工况;若喘振由防喘振系统故障引发,需校验防喘振阀灵敏度、流量传感器精度,修复或更换故障部件,优化防喘振控制策略,确保系统响应及时、准确。对于旋转失速问题,需调整机组负荷,增大进气流量,消除气流分离现象,同时检查叶轮表面状况,清理叶片结垢、杂质,优化流道设计,减少气流分离的可能性。

4.2.3 安装偏差的应对

技术人员通过精准校准、加固整改等方式,消除安装隐患,确保机组安装精度符合标准。具体来看,对于基础安装偏差,检查地脚螺栓紧固情况,对松动的螺栓进行紧固,若基础存在沉降、开裂等问题,需进行基础加固处理,重新校准基础平整度,确保基础强度满足机组运行要求,避免基础共振。对于联轴器对中偏差,重新进行冷态对中和热态对中对准,采用专业对中仪器,调整驱动装置与压缩机的相对位置,确保两轴中心线重合,消除附加力矩,校准后进行试运行,监测振动情况,确保振动达标^[9]。对于机组水平度偏差,采用水平仪进行精准校准,调整机组支撑部件,确保机组水平度符合安装标准,避免转子受力不均。

4.2.4 密封系统异常的应对

对于干气密封异常,技术人员需要停机检查密封面状况,清理密封面杂质、划痕,若密封面损坏严重,需更换密封部件,同时检查干气压力、纯度,确保干气供应稳定、纯净,调整干气密封间隙,避免密封面接触摩擦。定期检测干气密封压差、泄漏量,确保达到零泄漏标准。对于迷宫密封异常,需检查密封叶片损坏情况,修复或更换损坏的叶片,调整迷宫密封间隙,减少气流泄漏量,消除气流扰动引发的振动。

加强密封系统的润滑、冷却管理,定期更换润滑介质,检查冷却系统运行状态,确保密封部件温度控制在合理范围,避免部件变形影响密封性能。

4.3 强化振动问题预防能力

优化机组运行工况,制定科学的运行规程,规范机组启停、负荷调整等操作,避免工况参数突变,确保机组在稳定工况下运行,减少气动力扰动引发的振动;合理调整裂解气介质组分,稳定进气参数,避免介质波动对机组的影响。二是加强设备日常维护保养,制定分级维护方案,每月进行润滑油样分析与过滤器清洁,每季度完成仪表校准与密封系统检查,每年实施全面检修,包括转子动平衡校验、流道清洗、密封部件更换等,及时清除潜在隐患;定期检查设备基础、地脚螺栓、管道支撑等部位,确保其处于良好状态。引进先进的振动监测、故障诊断技术,提升技术人员的专业能力,加强对转子平衡、联轴器对中、密封维护等关键技术的研究,优化振动处置技术方案。

5 结语

裂解气压缩机作为乙烯装置连接裂解与深冷分离的核心设备,其运行稳定性直接关系到乙烯生产的连续性、安全性和经济性。文章通过系统分析裂解气压缩机的技术原理与技术特点,深入剖析了转子系统异常、气动力扰动、安装偏差、密封系统异常、环境波动五大类振动诱因的产生机理与表现特征,结合行业实践经验,提出了针对性的处理与预防举措,形成监测-识别-处置-预防的闭环管理模式。

参考文献

- [1] 马红杰,周尖,丁少辉等.乙烯装置裂解气压缩机段间冷却器腐蚀原因分析[J].炼油技术与工程,2024(6):38-42.
- [2] 李坤,胡壮,李海波等.乙烯装置裂解气压缩机异常振动原因分析与解决措施[J].石油化工设备技术,2026(1):66-69.
- [3] 张立冬.裂解气压缩机高压缸轴位移、温度升高原因分析及对策[J].当代化工,2025(1):236-240.
- [4] 孙耀威,周家成,邱思等.裂解气压缩机盘车装置故障原因分析和解决措施[J].乙烯工业,2025(4):27-29.
- [5] 黄安福.裂解气压缩机振动故障诊断与检修分析[J].造纸装备及材料,2025(7):34-36.

Study the Application of Modularization in Chemical Engineering Projects

Lifeng Lu

Shaanxi Tianding Engineering Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

In recent years, with the acceleration of internationalization, a large number of EPC projects have emerged. More and more engineering companies have transformed from their previous status as design institutes to true engineering companies, gradually introducing the concept of modular design. Modular design makes the execution of the entire engineering project more orderly, the rhythm easier to control, and it also overcomes many difficulties in on-site construction. Modular design, modular manufacturing, modular construction, etc. are highly favored by the owners. Furthermore, modularization will accelerate the transformation and development of engineering companies and lay a solid foundation for the next step of digital design.

Keywords

engineering company; modularization; transformation; development

探究模块化在化工项目中的应用

芦利峰

陕西天鼎工程技术有限公司, 中国·陕西 西安 710000

摘要

近年来,随着国际化步伐的加快,大量的EPC项目涌现,越来越多的工程公司从以往的设计院属性转型为真正的工程公司,逐渐引入了模块化设计的概念。模块化设计,使得整个工程项目的执行更有条不紊,节奏易于把控,而且克服了很多现场施工困难。模块化设计,模块化制造,模块化施工等深受业主的青睐。进一步的,模块化将加快工程公司的转型和发展,为下一步数字化设计打下坚实基础。

关键词

工程公司; 模块化; 转型; 发展

1 引言

模块化最早源于生产,即模块化生产(Modular Production)。当前石化行业处于高度国际化,从设计、采购、施工每个环境几乎都存在不同程度的国际交叉情况,面对这种情况,新的理念:模块化设计、模块化制造、模块化交付显得再合适不过。因此模块化设计在EPC项目中显得尤为关键。

2 模块化概述

工程图纸分为以下几个阶段:手工绘制图纸为第一阶段,计算机绘图为第二个阶段,第二阶段又经历了两个过程:计算机二维图纸和计算机三维建模。如今,三维模型现在已经实现普及,几乎所有的工程项目均要求三维建模,计算机自动出图,且正在发展为数字化交付。我们正在经历第三个

阶段:模块化设计。模块化对传统的工程设计理念带来了更大的考验和机会,模块化设计理念的逐渐清晰,为即将到来的AI智能设计做好准备,不久的将来工程设计将进入全面数字化,模块化就是全面数字化的排头兵。

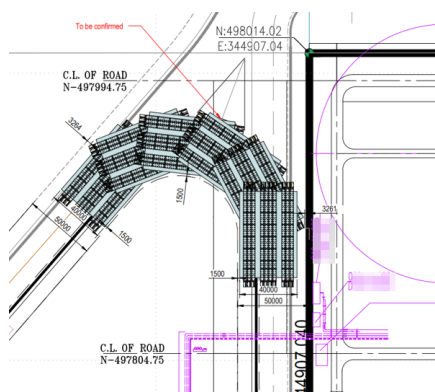
一家工程公司的设计部,是由很多个不同的专业室组成。各个专业室之间相互沟通、协调,齐心协力,共同完成一个工程项目的设计工作。整个设计过程好比一条生产线,大家各司其职,上游的专业室做完一项工作,流转到下专业室,依此类推,一个一个传递,整个过程会有条不紊的进行。但模块化设计理念的出现,恐怕要打破这种模式:原来比较晚开展工作的专业室,可能在项目一开始就需要参与,一起讨论制定方案。整个模块化设计过程,要求几乎所有的专业室都需要提前介入模块设计工作。模块化对工程设计提出了更加严谨的挑战:准确的输入数据。比如配管专业搭建设备模型时,需要准确的设备的外形尺寸,壁厚,管嘴外伸,支撑形式等,因为这些基本的数据直接影响到模块的大小、重量等。而这些在过去的设计理念中,我们是先根据工艺的

【作者简介】芦利峰(1987-),男,中国陕西富平人,本科,从事石油及化工行业管道设计,模块化设计研究。

数据表先搭建设备外形，之后随着设备专业工作的开展，不断修改深化模型，可能需要项目进行到一定深度才可以完全锁定设备模型的所有数据。模块化设计则不同，这些基本的数据在模块方案阶段均需要得到确定，因为直接关系到模块的尺寸和重量，影响的是一系列的工作：安装顺序，吊装方案，运输方案等等。一些关键部位的控制阀、大口径管道上的阀门、管件都需要确定的尺寸外形，只有这些准确的数据，才能支撑我们模块设计的准确性和可行性。当然，模块的最大运输尺寸和重量是需要专业的运输公司根据项目条件核算后确定，该数据关系到项目的成本和可行性，项目前期需要投入交到精力落实。

3 模块化设计对设备布置的挑战

以某主项单元的设备布置来举例。设计项目我们要考虑以下内容：设备之间的防火间距，设备吊装检修空间，检修、消防道路的通行高度，仪表、阀门等的检修空间，火灾逃生路线等。而模块化设计需要我们在以上的基础上还得考虑以下因素：1. 模块的长宽高限制，也就是该项目的模块所被允许的最大尺寸及最大重量，一般情况，影响因素有：项目所在地的道路情况，决定了运输方案，能够允许多大的运输车通行，道路的承载能力，最大允许多少吨重量通过，这些因素均应该被考虑，否则设计的模块很可能不可行。2. 现场情况：该模块现场是否有吊装到位的空间，这个很关键，之前我们是现场搭积木，现场施工的每一个工序都可以被分解的很小：一个阀门，一个管系，一个仪表等等。现在不一样：一个模块（包含了结构、设备、仪表、电气、管道等等），尺寸和重量均不在一个层级上，现场需至少满足以下条件：模块运输车可以通畅到达；吊装模块的吊车有站位空间；模块就位后模块运输车可以顺利撤出场地。如下图所示，模块运输板车的运行轨迹需要清楚的模拟出：



3. 模块化设计需要我们在布置设备时候，带入一定的模块理念：空间的高度集成化，呼应文章开头提到的：各专业参与，协同定方案。要做到高度集成化，就需要各个专业共同努力，确保设计环节的每一个步骤都是清晰、准确的：工艺专业：根据装置负荷情况，做出精准的计算：设备大小，管道口径。仪表专业：在仪表选型时，也应该带入模块化紧

凑的设计理念，大口径管线上的控制阀、仪表等均应优先考虑结构紧凑，尺寸相对规范的制造厂。结构专业在设计钢结构时，需与上游紧密沟通，尽量选择恰当的型号，避免过度设计。当整个团队都带入了模块化设计的理念之后，划分出来的模块就相对较为合理，方案就是站的住脚的，在后期各种审查时候也能抗的住来自业主或其他专家的挑战，经得起推敲。

模块化对于工程公司有以下几点优势：1. 减少现场的劳动力成本和工程器具成本，有效控制项目的进度，更为主动的掌握项目的管理过程；2. 降低项目的风险：将项目所在地的不可控因素（比如雨季、干旱、高温等）尽量避免，在工厂内预制，施工质量更方便检测，为项目管理提供了便利条件。3. 工作前移和深度交叉，有效精简工期。比如说原来需要在现场预制的管道，现在都可以提前在工厂预制，调试，安装。一个模块内部也可以小范围的再细分，相比于现场施工的诸多因素，模块化因为在工厂内执行，工期是可控的，受天气，环境等影响较小。

4 模块化设计注意事项

主项模块化设计时，应注意以下问题：

从设备布置一开始，就需要考虑模块划分情况，将尽量多的设备布置在模块内，这样才能保证后期更多的管道、仪表等均在模块内，也就是最大化模块。这样做的好处是：现场散件量会比较少，相应的作业量就降低了，更多的工作转为模块预制完成。构架划分模块时，应注意构架内的特殊设备或者超高设备，这里所说的特殊设备一般指专用设备（该类设备属于专有制造厂制造），超高设备是指设备高度超过模块的最大允许高度。这两类设备均无法直接做到模块内，需要单独考虑。例如某项目反应构架在划分模块时，将反应构架划分为自下而上3个模块，而反应器由于是专用设备，需要自上而下穿过模块。因为该构架的模块设计时需要预留反应器下穿的空洞，作为现场安装反应器的必要条件。

管廊模块设计时，应注意以下问题：

1. 在高度方向上，管廊最顶层如果有平台，需要注意平台上的内容需要包含在模块内，如下图所示，模块 001-PAR-028 最顶层平为 TOS EL+12000，通过三维模型查看得知，该层平台上布置有消音器，安全阀等，其中消音器高处平台约 5 米，因此，我们在划分模块时，竖向高度需要超出 EL+12000 层平台至少 5 米。

2. 在模块宽度划分时，一般范围为管廊立柱每侧外沿 0.5 米即可。如下图所示，模块号为 001-PAR-019 的管廊模块 C 轴为管廊上火炬管线自然膨胀弯位置，因为该管线仅管廊最顶层有，所以 C 轴除顶层有管道，其他层几乎没有管道，仅有结构。如果将 C 轴也划分在模块内，会使得模块形状不规则，不便于运输；且造成空间浪费，模块内将有大面积的空位，没有管道，结构冗余；模块重心不易于把控。基于