

地下储气库大型脱水装置模块化建设实践

邱廷东

四川省天宇锐集团有限公司 四川 成都 610041

摘要: 脱水装置大型化是大型地下储气库建设降本增效的必然要求, 模块化设计建造技术在安全管理、生产效率、占地面积、工程建设周期、工程质量、物资采购、资源整合利用、成本控制等方面均较传统的建设方式表现出较大的优势, 模块化建造是实现节约占地、缩短施工周期、提高施工质量和降低安全风险等目标的重要途径。本文从模块策划、设计、制造和现场安装等环节详细论述了西南某储气库扩建的1000万方/天三甘醇脱水装置模块化建设过程, 对我国后续地下储气库大型脱水装置模块化建设具有重要的指导作用。

关键词: 地下储气库; 大型脱水装置模块化建设

前言

地下储气库储气及调峰能力强, 是调峰保供的重要手段。我国高度重视地下储气库建设, 截至2021年, 全国地下储气库已形成 $164 \times 10^8 \text{Nm}^3$ 工作气量, 占天然气消费量的7.1%, 但调峰能力远低于国际平均水平^[1]。随着天然气消费的持续增长, 我国将持续加强地下储气库建设, 以突破我国天然气安全稳定供应短板。

天然气脱水装置是地下储气库的重要设施, 在采气保供阶段承担着干燥地层采出气、使其达到外输标准的重要任务。脱水装置大型化在节约投资、减少占地方面优势明显, 是降低地下储气库建设和运维成本、增加储气库市场竞争力的重要措施^[2]。随着设备制造水平的提升, 我国地下储气库脱水装置规模逐步增大, 2010-2013年建设的以呼图壁储气库、相国寺储气库、双6储气库为代表的储气库, 单套脱水装置的规模为 $700 \sim 800 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$; 2020年以后新建、扩建的储气库脱水装置规模达到 $1000 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ 。

橇装化、模块化建设一直是我国油气田地面工程建设的重要思路, 但受制造水平、运输条件等限制, 模块化三甘醇脱水装置主要以 $300 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ 以下的小规模装置为主, 中石油文23储气库建设了 $500 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ 模块化三甘醇脱水装置。西南某储气库首次建成了 $1000 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ 模块化三甘醇脱水装置, 本文从策划、设计、制造和现场安装等方面详细论述了该模块化建造案例, 对后续地下储气库大型装置模块化建设具有重要指导作用。

1 模块化建设优势步骤

1.1 模块化建设优势

因钢结构用料、运输费用和现场复装费用的增加, 模块建造成本将略高于常规建设方式, 但其在节约占

地、缩短施工周期、提高施工质量和降低安全风险方面具有明显优势^[3]。

1.1.1 节约占地

模块化装置具有集成、多层安装的特点, 与常规建设方式相比, 用地面积更小。

1.1.2 缩短工期

常规建设方式的施工顺序为: 场地平整→基础施工→设备和工艺管道安装→检测与试压→设备调试→单元调试、联合调试, 现场焊接、检测、试压工作量大, 施工周期长。模块化建设则在现场土建施工的同时在工厂内开始工艺设备安装、管道预制, 基础施工完成即可开始模块吊装, 大大缩短施工周期。

1.1.3 提高施工质量

大部分焊接在工厂内完成, 焊接环境条件好, 并且可充分采用自动焊技术, 焊接效率高、质量高, 有利于提高施工质量。

1.1.4 降低施工安全风险

工厂预制极大地减少了现场工作量, 降低了恶劣天气对施工的影响, 减少了施工脚手架的安装和拆卸, 减少了高处作业, 从而有效降低了施工安全风险^[4]。

1.2 模块化建设步骤

模块化建设基本步骤为: 项目策划→模块设计→模块制造→拆分、运输及现场复装。

1.2.1 项目策划

项目开始前开展运输条件调研, 根据运输限制条件确定最大外形尺寸和重量, 确定哪些设备模块内安装。

1.2.2 模块设计

开展包括设备、工艺管道布置、钢结构、仪表电气设施在内的三维设计, 同时确定钢结构、工艺管道、电缆等拆分点。

1.2.3 模块制造

在工厂内完成除计划现场安装的大型容器、塔器外的其他全部结构、工艺和仪电设备，包括钢结构焊接、工艺设备安装、管道预制和仪电设备安装，开展无损检测、压力试验，以及设备单体测试。

1.2.4 拆分、运输及复装

按照设计好的拆分点，将预制完成的装置拆分成单个撬块，进行合理的包装后运往项目现场，然后按顺序进行复装。

2 某储气库 1000 万方装置模块化建设案例

2.1 项目背景

西南某地下储气库拟扩建1套三甘醇脱水装置，建设地点临近环境敏感点，需要节约用地；扩建区域靠近已建装置，施工场地有限；项目位于山区，夏季多暴雨、冬季多雾，现场施工风险因素多。经综合研究，确定采用模块化建造。

拟建装置规模 $1000 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$ ，设计压力11MPa，三甘醇循环量 $5 \text{m}^3/\text{h}$ ，工艺流程见图1所示。

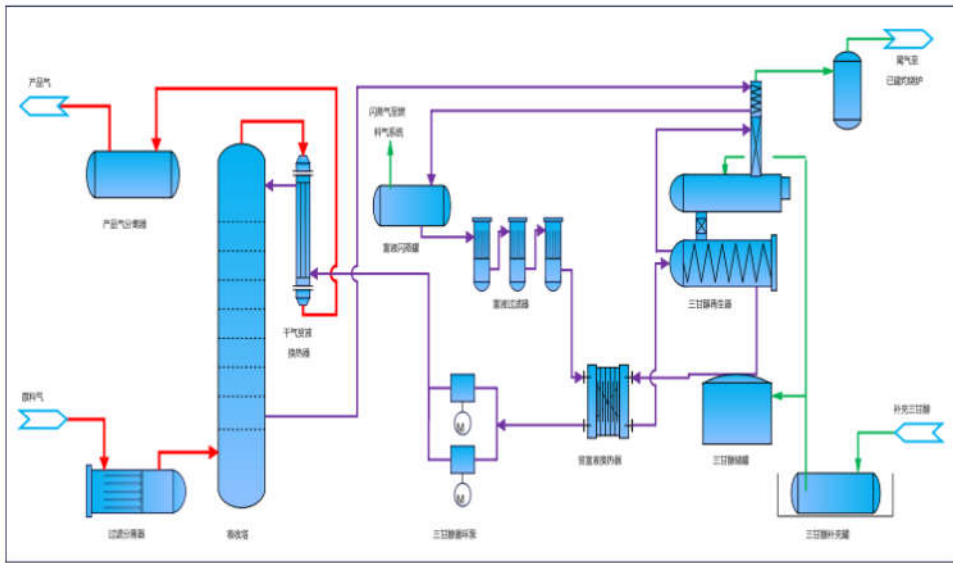


图1 拟建三甘醇脱水装置流程图

2.2 模块设计

装置工艺流程确定后，以工艺流程顺直、满足操作、检修、防火、防爆要求为基本原则，开展模块详细设计^[5]。

主要开展如下工作：

第一、模块策划。根据工艺设备尺寸，确定哪些设备模块内安装，哪些设备模块外安装。本工程三甘醇吸收塔、干气贫液换热器、三甘醇储罐模块外安装，其余设备模块内安装。

第二、模块主体设计。开展主要设备、管道、阀门布置和主体钢结构设计。设备布置满足工艺流程走向顺直、检修便利的要求，对于需要进行抽芯的过滤分离器，要考虑抽芯和更换滤芯的空间，三甘醇循环泵等机泵设备应布置在装置边缘。

第三、模块拆分设计。模块拆分是将模块拆分为多个符合运输要求的撬块。本工程将模块拆分点设置在撬块底板H型钢下翼缘0.5m处，采用螺栓拼接。管道拆分点优

先设置在法兰连接的阀门或设备处，若无法设置在装置本身具有的法兰位置，则视情况设置拆卸法兰或采用焊接。本工程三甘醇脱水装置拆分为9个撬块，见图所示。

2.3 模块制造

模块制造阶段主要完成模块预制、压力试验和厂内检验测试等工作，是整个工程最为关键的一步，本工程从如下几个方面开展严格的质量控制：

第一、充分开展设计交底。组织各参建单位参加设计交底会，对设计内容、设计意图、施工技术要求进行详细沟通，充分了解设计意图，为后续施工组织和质量控制奠定基础。

第二、严格执行物资入厂质量检验。各类物资在入场前严格按照设计文件和相关规范要求进行质量检验。

第三、严控焊接和无损检测质量。在焊接生产开始前，均应进行焊接工艺评定，根据合格的焊接工艺评定结果制定相应的焊接工艺规程，再按焊接工艺规程进行现场焊接，并严格按照设计要求进行焊缝检验。

第四、严格执行压力试验程序。试验介质、压力、保压时间、合格标准等严格按照设计及相关规范要求执行。

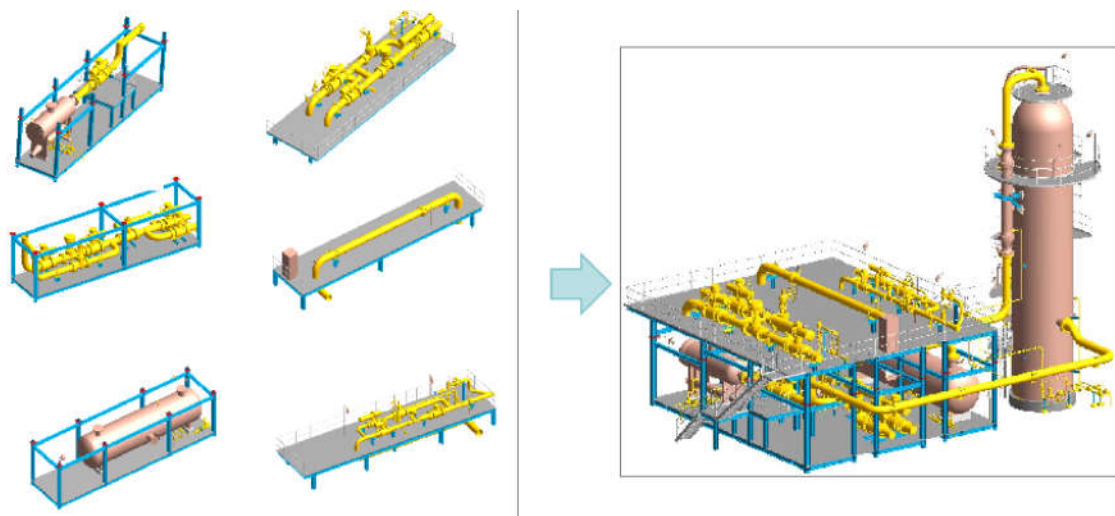


图2 高压吸附部分三维设计

2.4 拆分、运输与现场复装

模块在厂内完成测试后，按设计的拆分点拆分为单个撬块，合理包装后运输至现场。拆卸与运输应考虑如下因素：

- (1) 主体模块按设计拆分点拆分为单个撬块，以便于运输；
- (2) 撬上仪表为精密仪器，仪表类物资拆卸后装箱运输至现场进行安装，避免磕伤损坏；
- (3) 撬间钢板及部分电仪桥架需在运输前拆除，在现场复装；
- (4) 运输过程中增加临时支撑，现场复装完成后拆除；
- (5) 复装前应检查现场基础的定位和标高，保证模块的水平度和垂直度；
- (6) 各模块现场安装允许在一定偏差范围内。

模块现场安装前应编制复装专项方案，并进行详细审查，分析安装顺序及可能发生的问题，提前做好相关应对措施，并严格按照批准的复装方案施工^[6]。

2.5 实施效果

本工程通过模块化建设，实现了节约用地、缩短工期和提升质量的既定目标。

- (1) 占地节约。通过集成设计，整套装置占地1012m²，较同类装置减少20%。
- (2) 工期节约。装置现场复装仅用时20天，较传统现场组焊节约现场安装工期60%。

- (3) 质量提升。一次焊接合格率达98%，有效保障了装置高质量建成。

3 结语

模块化建造在节约占地、缩短工期、提升质量等方面具有重要作用，需要持续提升模块化建设水平并推广应用。模块化建设首先应做好项目策划，包括运输条件调研、模块内外安装设备划分；开展全专业三维协同设计，优化模块结构，做到操作方便、拆分合理、零碰撞；从焊接、检测、试压等环节严格控制施工质量。本工程实现了1000×10⁴Nm³/d三甘醇脱水装置模块化建设，对后续大型装置模块化建设具有指导意义

参考文献

- [1] 马新华, 郑得文, 魏国齐, 等. 中国天然气地下储气库重大科学理论技术发展方向[J]. 天然气工业, 2022, 42(5): 93-99.
- [2] 李建君. 中国地下储气库发展现状及展望[J]. 油气储运, 2022, 41(07): 780-786.
- [3] 刘岩. 储气库三甘醇脱水装置大型化技术研究[J]. 油气田地面工程, 2023, 42(11): 51-56.
- [4] 张建. 储气库设计与建设中的模块化技术应用[J]. 油气储运, 2022, 41(09): 1044-1051.
- [5] 王辉, 王佩红, 高威. 石油天然气装置模块化设计关键概念解析[J]. 石油与天然气化工, 2019, 48(02): 8-14+25.
- [6] 刘俊, 李大勇, 李朝阳. 模块化设计、建造在某LNG项目中的应用[J]. 天然气与石油, 2019, 37(05): 33-37.