

# Modularize Well Process Piping Technology

Gangfeng Zhang

China National Petroleum Pipeline Second Engineering Co., Ltd., Xuzhou Jiangsu  
Email: 39874819@qq.com

Received: Jun. 22<sup>nd</sup>, 2020; accepted: Jul. 22<sup>nd</sup>, 2020; published: Sep. 15<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

As the development of oil and gas fields in our country, the construction scale and wells of oil & gas has expanded dramatically. In actual operation, due to the underground geological tainted with sand, water, the well often cannot meet the design life; most of the wells' running life is less than 10 years; some wells even only run 2 to 5 years. According to current specification requirements, well process piping facilities cannot be reused. This results in significant waste of well process piping facilities already in production. Traditional construction methods mostly adopt well site sequential installation, which is restricted by well gas tree installation period, process pipeline and equipment civil foundation, leading to long construction cycle and high occupancy cost. Modularizing well process piping technology can greatly shorten the construction period, reuse some well-functioning modules, and reduce the construction cost.

## Keywords

Oil and Gas Field Wellsite, Modular Construction of Process Pipeline, Method

---

# 油气田井场工艺管线模块化施工工法

张钢锋

中国石油天然气管道第二工程有限公司, 江苏 徐州  
Email: 39874819@qq.com

收稿日期: 2020年6月22日; 录用日期: 2020年7月22日; 发布日期: 2020年9月15日

## 摘要

近年来随着我国油气田发展速度加快、建设规模扩大, 油气田采气单井井场地面建设工程在实际运行过程中, 往往因为井下地质含沙、含水量超标, 导致单井往往达不到设计使用年限, 多数运行在10年以内, 甚至有的单井使用年限只有2~5年, 由此导致已投产完成的工艺管线和设备严重浪费, 按照目前的工艺安装技术无法重复使用, 只能重建新的单井工艺。传统施工方法多采用单井井场现场顺序组对安装, 受单井采气树安装工期、工艺管线及设备土建基础成型制约, 造成施工周期长、占用成本高等问题。

## 关键词

油气田井场, 工艺管线模块化施工, 工法

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

中国石油天然气管道第二工程有限公司(以下简称“管道二公司”)在克拉苏气田克深5区块试采地面工程中, 在传统施工工艺的基础上, 创新工艺管线模块化施工技术, 采气单井井场工艺管线现场预制率达95%, 工艺管线现场安装全部通过法兰连接, 实现现场快速安装或者搬迁, 节省施工时间60%以上, 在维护、操作和管理上更加方便安全。2016年至2018年, 管道二公司应用本工法先后完成克拉苏气田克深5区块试采地面工程井场4座、伊拉克鲁迈拉油田地面项目井场14座、长庆油田第二采气厂2018年产能建设地面工程井场21座工艺管线施工, 施工成本低、施工周期短, 设备重复利用效率高。管道二公司通过总结、梳理形成《油气田井场工艺管线模块化施工工法》, 为类似油气田井场工艺管线安装工程施工提供良好的技术借鉴。

“油气田井场工艺管线模块化施工技术”2017年荣获中国石油管道局工程有限公司技术革新二等奖。

## 2. 工法特点

### 2.1. 模块化预制功效高

井场工艺管线分成多个独立的预制模块, 每个模块具有独立的结构, 单独安装成橇, 模块化焊接预制率达到95%以上, 工期缩短60%。

## 2.2. 安装速度快、安全风险低

井场预制模块之间、预制模块与采气(油)树、放空管线之间通过法兰连接,安装速度快,且为不动火安装,有效降低油气场所作业的安全风险。

## 2.3. 避免工序交叉、便于整体吊装

将传统的混凝土管墩及设备墩改为两个钢制安装撬,管墩基础为整体条形基础。可提前在场外进行预制焊接,避免了与土建的交叉施工。每个模块具有独立的结构,便于后续整体吊装。电气仪表设备可同时预制安装就位,减少了电气仪表机组的现场工作量。

## 2.4. 可重复利用、经济效益好

井场工艺管线可在因特殊原因停井时直接拆卸、搬迁至其他井场进行快速安装,工艺管线及设备重复利用率高。

## 3. 适用范围

本工法适用于 DN80-DN200, 输送介质为原油、天然气、地下水等井场工艺管线安装施工。

## 4. 工艺原理

根据井场标准化设计图纸,结合井场工艺设备及仪表管阀件分布情况,对其进行功能分析和分解,在此基础上合理划分并设计施工标准撬装模块,采用各模块独立预制拼装、现场整体就位组合的施工方法,快速完成单井地面建设,最终实现缩短工期、降本增效的目的。具体关键技术工艺原理如下:

### 4.1. 模块划分技术

根据井场标准化设计图纸中工艺设备及仪表管阀件的分布情况,遵循方便后续吊运、组装的原则,利用三维制图软件,将井场工艺管线和设备划分为多个标准撬装模块。

### 4.2. 模块化预制技术

以法兰为界,将各标准撬装模块细化分解为预制单元,按照设计图纸及现场测量数据绘制单管图,利用预制平台的胎具对管道、设备等进行空间定位,完成各预制单元组对焊接。利用各类型钢制作撬装底座,结合井树及撬装基础等的实际位置、标高,在撬装底座上完成各撬装模块的成撬拼装。

## 5. 施工工艺流程及操作要点

### 5.1. 施工工艺流程见(图 1)

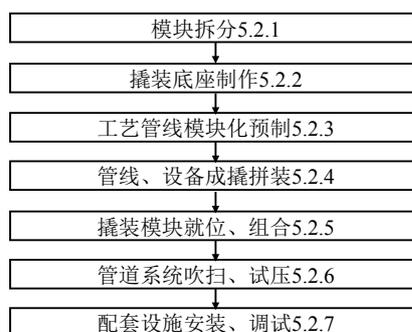


Figure 1. Construction process flow chart

图 1. 施工工艺流程图

## 5.2. 操作要点

### 5.2.1. 模块拆分

模块划分需要结合各部分工艺管线不同的功能和安装位置，利用三维制图软件分解成多个独立的模块如(图 2)所示。各模块独立预制，通过法兰连接拼装成撬，整体吊运至井场就位组合，完成井场工艺管线安装。

模块划分原则：工艺设备及仪表管阀件密集管段成撬原则；模块之间法兰连接原则；方便后续吊运、组装原则。

下面以 KS501 单井为例，介绍各模块划分要点：[1]

克拉苏气田克深 5 区块试采地面工程采用标准化井场设计，井场工艺管线主要由三部分构成：高压采气树部分、放空及计量部分、连接管部分。

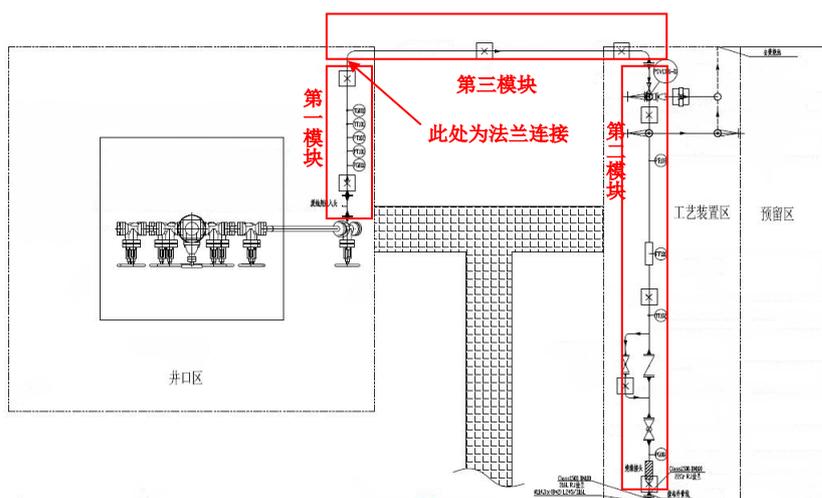


Figure 2. Schematic diagram of module division

图 2. 模块划分示意图

#### 1) 第一模块

第一模块为高压采气树部分，主要包括甲醇加注头及配套阀组、压力表及压力变送器、温度表及温度变送器如(图 3)所示。

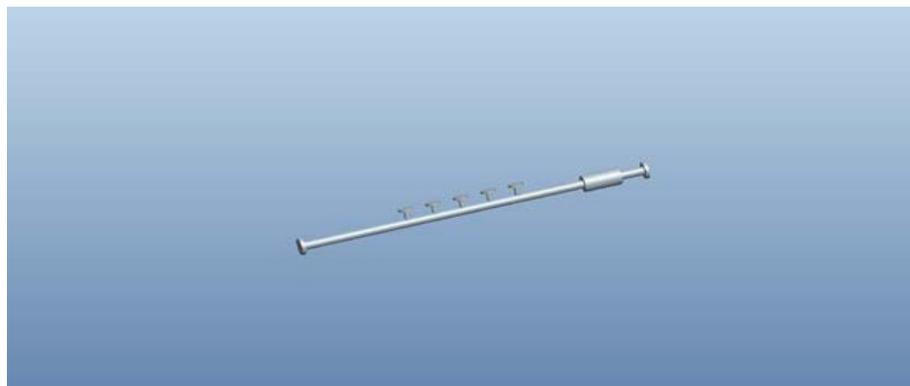


Figure 3. 3D model of the first module process pipeline

图 3. 第一模块工艺管线三维模型

采气树的安装一般由钻井单位完成，试油完成后井树如(图 4)所示。井场试油完成后只安装至一级节流部分，然后井盖封存如(图 5)所示，待正式施工后再安装二级节流部分。



Figure 4. Schematic diagram of well tree after oil test

图 4. 试油完成后井树示意图



Figure 5. Block diagram of well tree after completion of oil test

图 5. 试油完成井盖封存图

采气树二级节流部分在井盖吊装以后才能安装。因为一级节流球阀、二级节流角阀短节不是固定长度(主要是重复利用造成)，所以每一口井的采气树高度都会不同，如果都按照统一高度安装，后期施工会造成管件和焊道增加，如(图 6)所示。为避免出现以上情况，第一模块预制时将双相不锈钢管预制到水平弯头连接部分，并在此位置增加 2 片法兰，以便与第三模块快速安装拆卸。具体位置如(图 7)所示的点“1”。



Figure 6. Schematic diagram of traditional single-well wellsite process pipeline  
图 6. 传统单井井场工艺管线示意图



Figure 7. Schematic diagram of the first module process pipeline  
图 7. 第一模块工艺管线示意图

## 2) 第二模块

第二模块为放空及计量部分：主要包括工艺管线放空阀组、超声波流量计、出站球阀及预留球阀组、绝缘接头、压力表及压力变送器、温度变送器、出站材质转换法兰如(图 8、图 9)所示。

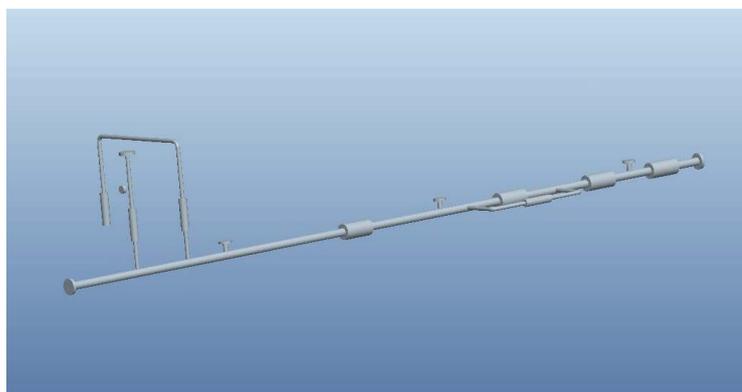


Figure 8. 3D model of the second module process pipeline  
图 8. 第二模块工艺管线三维模型



Figure 9. Schematic diagram of the second module process pipeline  
图 9. 第二模块工艺管线示意图

第二模块连接放空管线，如(图 10)所示，为线路紧急放空使用，设计压力较低，后端连接井场外焚烧池，管线材质为普通碳钢管，施工难度相对较低，且不在三大模块范围内，可根据资源前期施工，施工时不与三大模块冲突，可待三个模块主体连接及试压完成后再接入井场工艺管线。



Figure 10. Schematic diagram of vent pipeline  
图 10. 放空管线示意图

### 3) 第三模块

第三模块为连接管部分，用于连接第一模块与第二模块。在第一模块的 90°弯头处增加一对法兰，由原来的弯头固定连接变为法兰活动连接，便于快速拆卸。三个模块通过法兰连接，最终实现井场工艺管线成型。如(图 11)所示。

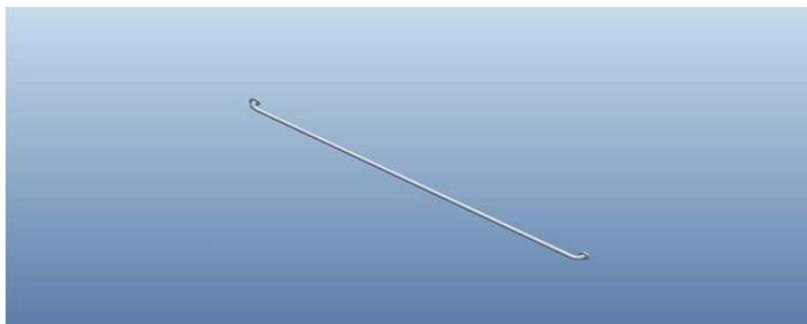


Figure 11. 3D model of the third module process pipeline

图 11. 第三模块工艺管线三维模型

连接管线最终长度通过撬装模块现场组合时实际测量确定。测量时，要先将第一模块和第三模块的水平调到高度一致，轴线一致，避免强力组对造成法兰处泄露或增加焊口，可以通过管支撑的高度进行调节。

### 5.2.2. 撬装底座制作

根据设计图纸，结合现场实际情况，对各类基础进行统一浇筑，同时使用型钢和钢管制作整体撬装底座。制作撬体底座时利用水准仪、全站仪等核对基础和撬体的标高，避免因高度差异而造成的后期组装错位。撬装底座制作如(图 12)所示。



Figure 12. Schematic diagram of skid mount base

图 12. 撬装底座示意图

### 5.2.3. 工艺管线模块化预制

1) 积极组织图纸会审，明确细化预制单元。会同设计、监理单位等相关方，开展图纸会审。结合设计图纸及现场测量数据，明确预制深度，细化各模块至预制单元，并绘制单管图，各预制单元通过法兰连接拼装成撬。

2) 根据物资到场情况，合理选择预制场地。如果井场物资到货时间集中，可将预制场设置在井场附近，利用挖机平整预制场场地，井场物资使用吊车和平板车集中吊运至预制场，模块预制和拼装全部在现场完成，可减少后期运输和吊装就位工作量，但需采取措施对现场焊接环境(如风速、温度、湿度等)进行有效控制。如果井场物资到货分散，可将预制场设置在营地内，利用营地市电进行预制，可全天候开展模块化预制，质量、进度可控，但后期预制模块吊运、就位工作量相对较大。

3) 检查核对到货物资，分类入库妥善存放。配合监理、设计单位等相关方，完成到场物资验收。严格按照设计文件及规范要求，检查核对到货物资材质、规格、数量、质量等。验收合格的物资分类存放，

质量证明文件、检验报告等出厂材料分类造册。物资存放需重点保护管件坡口、法兰密封面、防腐层等。同时，应避免不锈钢和碳钢直接接触，杜绝“碳污染”发生。如遇特殊情况要在室外存放时，必须进行管口封堵，并采取必要的防晒、防雨措施。对于未通过验收的物资，应立即退场，严禁入库、使用。

4) 利用胎具空间定位，预制安装工艺管线见(图 13)。工艺预制遵循先大管后小管、先水平后纵向、先埋地后地面的预制顺序。选择可调支架作为胎具，完成工艺管线、设备的空间定位，如图 13 所示。若预制单元为不锈钢材质，需在其与胎具间加垫 10 mm 厚橡胶板，以减少震动造成的金属间相互磨损，同时杜绝“碳污染”。可调支架的高度可利用扳手或管钳转动锁紧螺母进行调节，其亦可用于后期工艺管线、设备撬拼装过程，制作简便，应用广泛，可批量制作。组对前，按照施工图核对、登记每根管子的管号、炉号、管径、长度、壁厚、材质等信息，将管口的尺寸进行级配，保证管口组对尺寸符合焊接工艺规程要求。组对由管工、起重工、机械操作手完成，所用的吊装设备、对口器、吊具等应具有足够的载荷能力，且处于正常工作的安全状态下。电焊工应持有有效资质证件，并通过上岗考试，按照监理批准的焊接工艺规程要求施焊。仪表根部元件密集管段的焊接可采用反变形法，防止管段受焊接应力影响弯曲变形。如井场工艺管线材质为双相不锈钢，焊接过程中必须严格控制线能量和层间温度，以保证焊缝和接头处具有优良的力学和耐腐蚀综合性能，焊后须使用铁素体检测仪进行铁素体含量及分布检测。焊接完成后，管口处须采取有效措施进行封堵，同时，按照要求做好各工序施工记录的记录工作。

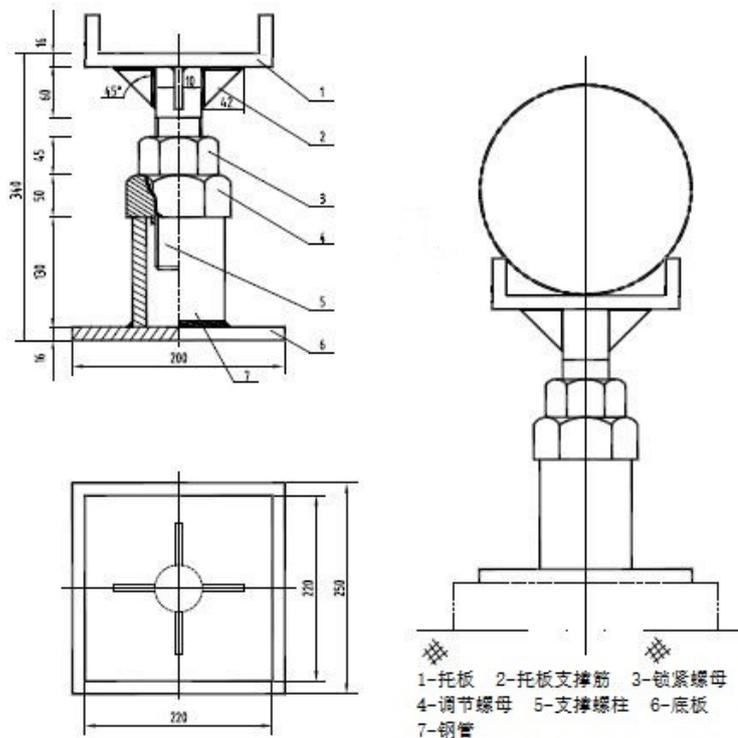


Figure 13. Schematic diagram  
图 13. 胎具示意图

#### 5.2.4. 管线、设备撬拼装

撬装底座及各模块工艺管线预制完成后，按设计图纸将预制管线、阀门、可调支架等拼装、固定在撬装底座上，预制管线与阀门之间通过法兰连接，可调支架与撬装底座通过满焊连接。预制管线、阀门等应按照管道系统图顺序、对号拼装，法兰连接应符合规范要求。

### 5.2.5. 撬装模块就位、组合

1) 管线、设备成撬拼装完成后, 利用吊车和半挂车将其从预制场吊运至井场。吊运过程中应注意对撬装模块的成品保护, 避免撬体损伤、变形。吊装时, 撬体两端应设专用牵引绳, 以便撬装模块的准确就位。运输时, 必须采用绳索固定撬体, 并妥善设置橡胶皮或其他软质材料衬垫, 以免运输途中颠簸损伤撬体。

2) 撬装模块就位前, 需确认撬装基础验收合格, 并在基础上测量放线, 确定装置轴线, 使得第一和第二模块轴线平行, 同时实测第一和第二模块的跨距, 提前预制第三模块。现场撬装模块就位应保证撬装底座水平, 若基础水平度不足, 应加垫铁, 垫铁选择合适厚度, 每处垫铁不应超过 3 块。

3) 第一和第二模块就位完成后, 调节可调支架高度使得井口工艺管线与井口节流阀高度一致, 以便于井口工艺管线与井口节流阀连接。将第三模块吊装就位, 通过法兰连接与第一、第二模块连接为一个整体。在第三模块预制过程中, 可预留一道焊口作为调整焊口, 各模块就位组合时现场焊接, 用以解决采集树出口的位置偏差。利用可调支架使井场工艺管线向出站水平方向有 2% 落差, 防止工艺管线内积存液体造成腐蚀。

### 5.2.6. 管道系统吹扫、试压

1) 管道吹扫使用空压机进行爆破吹扫, 吹扫流程与工艺流程一致, 爆破压力控制在 0.3 MPa~0.5 MPa 之间, 爆破膜选用青裸纸。不参与系统吹扫的设备及管道系统, 应与吹扫系统隔离。管道支吊架应牢固, 必要时进行加固。管道吹扫后在管道末端排气口用白靶检查, 以无铁锈、灰尘及其他杂物为合格。

2) 管道试压分为强度试验和严密性试验, 试验介质的选择应符合设计及规范要求。升压时速度应缓慢平稳, 达到 30% 强度试验压力时稳定 15 min, 检查所有管件和连接段是否有异常情况。确认无异常继续升压至 60% 强度试验压力, 停止升压, 稳定观察 15 min, 检查是否有异常情况和系统的完整性。确认无异常继续升压, 直至试验压力。压力稳定后, 开始 4 小时的强度稳压, 试验管段无变形、无渗漏、且压降不大于 1% 试验值, 即通过强度试验。强度试验合格后进行严密性试验, 严密性试验压力稳定后, 开始 24 小时的严密性稳压, 试验管段无泄漏、且压降不大于 1% 试验值, 即通过严密性试验。

### 5.2.7. 配套设施安装、调试

吹扫、试压后, 按施工图将放空管线与第二模块工艺管线连接并安装安全阀, 对管线进行氮气置换。同时, 完成设备间内的通信、电气设备的安装、调试, 达到投产条件。

## 5.3. 劳动力组织

以 KS501 井场为例, 其工程量如(表 1), 其劳动力配备如(表 2)。

Table 1. KS501 Wellsite engineering volume

表 1. KS501 井场工程量

管径(mm)	材质	工程量(道)	备注
DN15	00Cr22Ni5Mo3N	11	
DN40	00Cr22Ni5Mo3N	6	
DN50	00Cr22Ni5Mo3N	12	
DN100	00Cr22Ni5Mo3N	28	
DN50	Q345	2	放空管线
DN75	Q345	1	放空管线
DN150	Q345	20	放空管线
DN100	L245N/022Cr17Ni12Mo2	2	出井场管线

**Table 2.** Workforce Allocation Table

**表 2.** 劳动力配备表

序号	工种/职务	单位	数量	备注
1	项目经理	人	1	全面管理，统筹安排协调全部工作。
2	项目副经理	人	1	负责生产任务，指导现场生产。
3	安全监督	人	1	负责工程全面安全监督。
4	质量管理	人	1	负责工程全面质量监督。
5	技术管理	人	2	分别负责井场工艺安装和土建施工管理。
6	焊工	人	4	
7	管工	人	2	
8	气焊工	人	1	
9	起重工	人	1	
10	工艺配合人员	人	2	
11	土建施工人员	人	8	
12	电仪安装人员	人	2	
	合计		26	

所列劳动力(表 2)是单个井场人力配备情况，当多个井场同时施工时，需适当增加焊工、管工、工艺配合人员和土建施工人员。

## 6. 材料与设备

### 6.1. 设备

以 KS501 单井施工为例，主要施工设备见(表 3)。

**Table 3.** Main equipment configuration table

**表 3.** 主要设备配备表

序号	设备名称	规格及型号	单位	数量	备注
1	管道人焊车	每台管道人配备 2 台林肯焊机	台	2	共 4 台林肯焊机
2	吊车	25t	台	1	
3	挖机	YZ-025	台	1	
4	半挂车		台	1	
5	铁素体检测仪	SP10a	台	1	铁素体含量 30%~60%

### 6.2. 材料

以 KS501 单井施工为例，主要材料配备见(表 4)。

**Table 4.** Table of main materials

**表 4.** 主要材料配备表

序号	名称	规格	计量单位	数量	用途
1	焊把	300A	把	5	
2	氩弧把		副	4	
3	砂轮机	φ125	台	4	

## Continued

4	内磨机		台	1	
5	吊带	5T 6m	条	2	
6	手动葫芦	2t	个	2	
7	氩气	纯度达到 99.99%	瓶	30	包括投产置换
8	橡胶板	10 mm	张	2	
9	J507 焊条	φ3.2	kg	20	
10	钢管	2"	根	2	制作三脚架
11	镀锌钢管	8"	m	150	制作充氩装置和防风棚
12	槽钢	50 mm	根	30	制作防风棚
13	角钢	∠50	根	10	制作防风棚

## 7. 质量控制

### 7.1. 井场工艺管线安装施工中执行的质量标准

- 1) 《石油天然气建设工程施工质量验收规范》 SY4200—SY4209
- 2) 《油气田集输管道施工规范》 GB50819-2013
- 3) 《承压设备无损检测》 NB/T 47013-2015
- 4) 《石油天然气站内工艺管道工程施工规范》 GB 50540-2009
- 5) 《2205 双相不锈钢材料焊接施工及验收规范》 Q/SY TZ 0110—2004

### 7.2. 质量保证措施

- 1) 工艺管线安装前必须将管内泥土、砂石等异物、杂物、污物清除干净，经监理工程师进行确认后，方可安装施工。
- 2) 如果管件和管材材质较多，必须仔细对照设计图纸，避免材质使用错误，并且严格按照焊接工艺操作规程使用对应焊材。
- 3) 管道焊接前将坡口表面和边缘内外侧 100 mm 范围内的油污、铁锈、毛刺等清除干净。
- 4) 为保证焊接质量，施工现场应采取防风措施，并按照工艺规程施焊。
- 5) 焊接过程中，作业环境相对湿度不得大于 90%。
- 6) 模块预制时需注意焊接热量集中部位的变形，可采用反变形法降低主管的变形量。

### 7.3. 质量关键控制点明细见(表 5)

Table 5. List of key quality control points

表 5. 主要质量关键控制点明细表

序号	控制内容	检查时机或工序	技术要求	检测工具	检查级别
1	碳钢与不锈钢之间的碳污染	管线、设备撬装工序	接触面加不小于 10 mm 厚的橡胶板	钢角尺	必检
2	撬装模块吊装	撬装模块就位、组合工序	吊绳之间的夹角不宜大于 90°	量角器	抽检
3	撬装模块水平就位	撬装模块就位、组合工序	加垫铁至水平且每处不超过 3 块	水准仪	抽检
4	工艺管线安装调平	撬装模块就位、组合工序	向出站水平方向有 2‰ 落差	水平尺	必检
5	采集树出口的位置偏差	撬装模块就位、组合工序	连接管预留焊口	钢盘尺	必检

## 8. 安全措施

### 8.1. 安全标准

- |                          |                |
|--------------------------|----------------|
| 1) 《重大危险源辨识》             | GB18218-2000   |
| 2) 《石油天然气工业健康、安全与环境管理体系》 | SY/T6276-2014  |
| 3) 《职业健康安全管理体系规范》        | GB/T28001-2011 |
| 4) 《施工现场临时用电安全技术规范》      | JGJ46-2005     |
| 5) 《石油工业动火作业安全规程》        | SY/T5858-2004  |

### 8.2. 安全保证措施

#### 8.2.1. 动火作业

- 1) 施工作业前各方共同召开技术施工协调会，共同制定安全防范措施。
- 2) 施工前对施工人员进行交底，确保施工人员在发生危险时有序撤离。
- 3) 施工现场要搞好场地平整和易燃易爆品的清理，并确保有足够的施工作业面和道路畅通。
- 4) 施工作业点要配置足够的灭火器，各类器材的摆放位置符合要求。
- 5) 严格服从运行人员的管理，进场前严格检测高压井口施工区可燃气体浓度及空气含氧量，并随时监测。
- 6) 高压井口处使用两个可燃气体检测仪进行监控，如可燃气体检测仪发出报警，立即停止一切作业，撤出施工人员，确定泄漏点，进行处理，待可燃气体含量符合要求后，才可继续施工。

#### 8.2.2. 吊装作业

- 1) 模块吊装应使用专用吊具，吊装作业要由持有特种作业证的起重工指挥。
- 2) 吊装时，应用牵引绳控制物资的摆动，防止碰撞伤害。

## 9. 环保措施

### 9.1. 环保标准

- |                      |              |
|----------------------|--------------|
| 1) 《建设工程施工现场环境与卫生标准》 | JGJ146-2013  |
| 2) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》  | GB12523-2011 |
| 3) 《污水综合排放标准》        | GB8978-1996  |

### 9.2. 环保措施

#### 9.2.1. 土壤污染

- 1) 工程施工过程中加强对施工工程废料、设备、生产生活垃圾的控制和治理，遵守有关防火及废弃物处理的规章制度。
- 2) 设置垃圾桶回收废弃物，将施工中用的抹布、手套等废弃物回收，统一处理。
- 3) 现场施工做到标牌清楚、齐全、各种标识醒目、施工场地整洁文明。

#### 9.2.2. 水体污染

试压废水排放前进行检测，达标后在指定区域排放。

## 10. 效益分析

### 10.1. 经济效益

以 KS501 单井为例，传统施工方法多采用单井井场现场顺序组对安装，受单井采气树安装工期、工

艺管线及设备土建基础成型制约, 施工周期长、占用成本高。管道二公司创新将井场工艺管线分成三个预制模块, 每个模块具有独立的结构, 单独安装成撬, 独立预制, 模块化焊接预制率达到 95%以上, 与传统工艺管线施工比较, 模块化工艺管线施工工期由原 40 天缩短至 15 天。经济费用对比分析见(表 6)所示。

**Table 6.** Comparison of economic costs between traditional wellsite process pipeline construction and modular construction  
**表 6.** 传统井场工艺管线施工与模块化施工的经济费用对比

施工方法对比项目	模块化施工	传统工艺管线施工
施工工期	15 天	40 天
人工费(现场)	20 人 × 15 天 × 500 元/人·天 = 15 万元	20 人 × 40 天 × 500 元/人·天 = 40 万元
材料费	不锈钢法兰一对 = 0.38 万元 撬装底座增加材料费 = 0.12 万元 整体条形基础增加费用 = 0.08 万元	设备墩、管墩以 0 元为标准
设备租赁(购置)费	管道人 380 元/台班 × 2 台 × 15 天 = 1.14 万元; 25T 吊车 1500 元/台班 × 1 台 × 15 天 = 2.25 万元; 挖机 1200 元/台班 × 1 台 × 15 天 = 1.8 万元; 铁素体检测仪 1 台购置费 = 0.16 万元	管道人 380 元/台班 × 2 台 × 40 天 = 3.04 万元; 25T 吊车 1500 元/台班 × 1 台 × 40 天 = 6 万元; 挖机 1200 元/台班 × 1 台 × 40 天 = 4.8 万元; 铁素体检测仪 1 台购置费 = 0.16 万元
合计	20.93 万元	54 万元

单井井场工艺管线模块化施工与传统工艺管线施工比较, 可相应节省施工费用:  $54 - 20.93 = 33.07$  万元。

2016 年~2018 年, 本工法先后在克拉苏气田克深 5 区块试采地面工程、伊拉克鲁迈拉油田地面项目、长庆油田第二采气厂 2018 年产能建设地面工程等工程中推广应用, 累计节省成本 828.10 万元。

## 10.2. 社会效益

本工法在油气田井场地面建设施工中进行了大量推广应用, 模块划分和模块化预制等关键技术持续得到升级和优化。采用模块化施工的工艺管线, 可在因特殊原因停井时直接拆卸用于其他井口工艺管线安装, 实现重复利用, 节支降耗效果良好。

## 11. 应用实例

### 11.1. 克拉苏气田克深 5 区块试采地面工程[2]

克拉苏气田克深 5 区块试采地面工程中单井井场工艺主管线为 DN100 双相钢材质, 所有管阀件总长约 20 m, DN100 焊口 28 道、DN50 焊口 12 道(不含放空管线), 仪表根部原件焊接 8 处。2016 年~2018 年管道二公司在克拉苏气田克深 5 区块试采地面工程中采用本工法先后完成了 4 座双相不锈钢 16 MPa 高压气井的工艺管线安装, 模块化焊接预制率达到 95%以上, 最大限度降低了现场施工的工作量, 与传统工艺管线施工相比, 单井模块化工艺管线施工工期由原 40 天缩短至 15 天, 工效提高 60%。不仅解决了单井施工工期要求高、交叉作业多的问题, 而且在特殊原因停井时可直接拆卸工艺管线和设备安装至其他井场, 实现重复利用, 安全经济效益显著。目前, 业主已在整个油田全面推广应用撬装化、模块化安装技术。

### 11.2. 长庆油田第二采气厂 2018 年产能建设地面工程[3]

长庆油田第二采气厂 2018 年产能建设地面工程包括集输线路 157.83 km (管径  $\phi 60 \sim \phi 323$ ), 集气站

2座,井场35座,及配套道路、通信工程。管道二公司采用本工法将井场单井工艺管线模块化预制,单井工艺预制焊接从井口连接处至汇管连接处,现场施工部分仅进行地下汇管部分焊接及安装。模块化焊接预制率达到95%以上,最大限度降低了现场施工的工作量,与传统工艺管线施工相比,模块化工艺管线施工工期(井场按4口井计)由原10天缩短至4天,工效提高60%。

### 11.3. 伊拉克鲁迈拉油田地面管线项目

伊拉克鲁迈拉油田地面管线项目 $\phi 168$ - $\phi 219$ 井口管线安装165.76 km, $\phi 406$ 站间管道安装4.5 km, $\phi 762$ 注水管道安装14.15 km,井口工艺安装87座,脱气站工艺安装22座,脱气站注水分输撬安装3座,脱气站连头3处,脱气站撬装设备维修7座,等级公路顶管穿越685 m/45处,工艺管件预制78套,混凝土管墩安装16,433个,旧管线冲洗试压122条,260米跨接井口管线安装,井口管线保温管墩调整1345个,完成管线保温累计218.25千米;不锈钢扎带绑扎218.25千米,CPS6水站升级改造。管道二公司采用本工法将井场工艺管线分模块预制,预制率达到95%以上,最大限度降低了现场施工的工作量,与传统工艺管线施工相比,单井模块化工艺管线施工工期由原20天缩短至7天,工效提高65%。

### 参考文献

- [1] 姜放,曹晓燕,施岱艳,杨光,陈朝晖,编著.双相不锈钢在油气工业中的工程应用[J].天然气与石油,2011(3):58-60.
- [2] 汤晓勇,宋德琦,陈宏伟.克拉2气田集气工艺选择[J].天然气与石油,2006,24(3):7-11.
- [3] 冯宇,姬蕊,张箭啸,等.长庆油田标准化井场设计[J].石油工程建设,2010,36(3):115-118.