

# HIPPS 在油气集输工程中的设计与应用

白英<sup>1\*</sup>, 曾宇平<sup>2</sup>, 王小东<sup>2</sup>, 刘黎明<sup>1</sup>

(1. 中国石油管道局工程有限公司天津分公司, 天津 300457;

2. 中国石油管道局工程有限公司, 河北 廊坊 065000)

**摘要:**介绍了高压完整性压力保护系统(HIPPS)系统在油气集输工程中的实际应用,并利用OLGA动态模拟软件对HIPPS的关断过程进行模拟研究HIPPS系统在超压工况下的作用。

**关键词:**高完整性压力保护系统(HIPPS);油气集输工程;安全仪表系统(SIS);机械泄放设施(PSV);OLGA

中图分类号:TE88

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2017)07-0206-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2017.07.050

## Design and application of HIPPS in oil and gas gathering project

BAI Ying<sup>1\*</sup>, ZENG Yu-ping<sup>2</sup>, WANG Xiao-dong<sup>2</sup>, LIU Li-ming<sup>1</sup>

(1.China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd., Tianjin Branch, Tianjin 300457, China;

2.China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd., Langfang 065000, China)

**Abstract:** This paper introduces the practical application of HIPPS system in oil and gas gathering system. HIPPS activation is analyzed by OLGA dynamic simulation software to study the function of HIPPS system under overpressure conditions.

**Key words:** high integrity pressure protection system (HIPPS); oil and gas gathering project; safety instrument system (SIS); mechanical relief device (PSV); OLGA

在以前的工程设计标准中,通常使用机械泄放设备(如压力泄放阀和爆破片等)作为工艺系统超高压的最后一级安全保护屏障。随着各项工程设计对于安全生产、环境保护、降低投资以及更高的可靠性需求,仪表设备(HIPPS)已逐渐应用于各类油气田开发工程中。目前在中国,高压完整性压力保护系统(HIPPS)已用于高压天然气长距离输送管道的分输支口<sup>[1]</sup>、海上平台<sup>[2-7]</sup>、陆上终端、水下生产系统<sup>[8]</sup>。目前仅塔里木三高(高压、高产、高硫化氢)气井上应用了HIPPS系统<sup>[9]</sup>。而在国外油气田开发项目中陆上油气集输项目中HIPPS系统的应用较为成熟。伊拉克巴德拉油田、西古尔纳油田、SIBA油田、格拉夫油田等均设置了HIPPS系统。HIPPS可以保证人员、工厂和工艺安全,使其免受超压的影响。

## 1 HIPPS 简介

HIPPS属于安全仪表系统(SIS)中的一种特殊技术,是在满足和符合IEC 61508/61511等电气/电子/可编程电子系统(E/E/PE)功能安全标准的条件下的特殊应用<sup>[6]</sup>。其主要通过切断危险压力源来防止下游管道和设施超压,从而实现安全保护的

目的<sup>[1]</sup>,避免在使用PSV保护时向环境或下游设施大量泄放流体<sup>[3]</sup>。

与常规SIS系统基本保护原则一样,工艺系统正常运行时HIPPS一般处于监控状态,并不参与生产过程的控制,只有当生产状况达到临界的危险状态时才触发安全保护动作<sup>[1]</sup>。HIPPS在保护层中的位置如表1所示。

表1 保护层中的位置

层次	名称	说明
第一层	过程设计	过程设计中实现本质安全
第二层	基本过程控制系统(BPCS)	如DCS,以正常运行的监控为目的
第三层	区别于BPCS的重要报警	操作员介入需要有一定的必要余度时
第四层	安全仪表系统(SIS)	系统自动地使工厂安全停车
第五层	物理防护层(一)	安全阀泄压、过压保护系统
第六层	物理防护层(二)	将泄漏液体局限在局部区域的防护堤
第七层	工厂内部紧急应对计划	工厂内部紧急应对计划
第八层	周边区域防灾计划	周围居民、公共设施的应急计划

HIPPS 通过低成本解决方案实现高等级的保护:无大量有毒气体排放;避免或减少使用放空火炬;降低或避免对设备的损害;不会由于设备损坏而导致大范围停车;无人员伤亡,减少人员危险。

## 2 HIPPS 的基本配置和功能要求

图 1 显示了典型 HIPPS 系统结构中最重要部件单元和互连方式。整个系统的设计满足所需的 SIL 等级和特定应用中要求的过程安全时间。为了满足整个安全回路的保护等级,必须评估各种安全元件的参数,HIPPS 系统的 SIL 等级可以被定义为 SIL2、SIL3,甚至 SIL4。

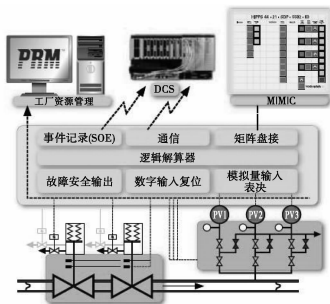


图 1 典型的 HIPPS 系统配置结构

典型的 HIPPS 要求 SIL3 等级。组成 HIPPS 的 3 个安全部分(即变送器、逻辑解算器和切断阀)对 SIL 的影响为 30%、10%和 60%。

作为工艺系统的最后一级安全保护,HIPPS 的主要功能是在故障工况下能够在极短的时间内有效切断上游的高压压力源,以保证下游的低压系统不受上游高压源的影响。HIPPS 实现上述功能的基本要求为<sup>[2]</sup>:①整个系统符合 DIN3381 标准;②HIPPS 的设计、安装和操作程序都必须有第三方的认证;③为保证 HIPPS 的安全可靠性,系统中的所有仪表完全独立,不受平台或工厂工艺关断系统、应急关断系统或其他控制系统的控制;④一旦缺失仪表风、液源、电源及仪表信号,HIPPS 将故障关闭;⑤HIPPS 故障关闭后必须现场复位后才能恢复正常。

## 3 HIPPS 的功能特点

HIPPS 的主要功能是安全隔断和关断生产设备以及启动相关的报警方式,HIPPS 具有下述特点<sup>[5-6]</sup>:①完全自动地连续监视安全参数;②根据自动监测结果,通过自动反应来关闭 HIPPS 关断阀,以防止非正常状态而产生的所有关联后果;③HIPPS 的快速切断保护功能解决了传统泄放方式

引起的大量排放,保护了环境;④HIPPS 系统的所有仪表完全独立,不受平台或工厂工艺关断系统、应急关断系统或其他控制系统的控制,使工厂可靠性操作经济性得到提高,灾害性风险得到有效控制;⑤HIPPS 通常能够提供在线智能诊断,具备设备监控、故障和动作报警的功能,支持日常操作和维护;⑥HIPPS 控制柜不仅支持盘面读取和操作,还支持控制柜与平台中控系统的 RS485 串行接口通信,以便中控的监控报警和浏览存储等。

## 4 HIPPS 的应用

### 4.1 HIPPS 在伊拉克巴德拉原油集输工程中的应用

伊拉克巴德拉油田有 17 座单井井场,单井所产原油经 17 条 8"输油支线输送至 3 座生产管汇,然后通过 3 条 22"输油干线输送至 CPF 进站管汇。单井产量高达 10 000 BOPD。井流物中硫化氢摩尔分数高达 3.5%,氯离子质量分数高达 15%,原油输送温

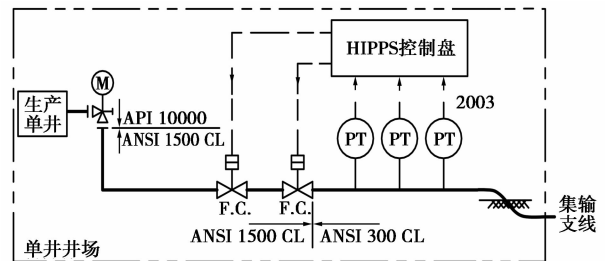


图 2 伊拉克巴德拉原油集输单井井场工艺流程简图

表 2 巴德拉原油集输工程项目参数情况

参数	数值
井流物	油、气、水(三相)
最大关井压力/MPa	18.9
井口压力/MPa	2.5
HIPPS 阀上游(包括 HIPPS)压力等级	1500lb
HIPPS 阀上游(包括 HIPPS)设计压力/MPa	19.9
HIPPS 系统高报压力/MPa	3.8
HIPPS 系统关断压力/MPa	4.2
HIPPS 阀下游压力等级	300lb
HIPPS 阀下游设计压力/MPa	4.3
HIPPS 阀尺寸/mm	150
HIPPS 阀最大开启时间/s	12
HIPPS 阀最大关断时间/s	3
HIPPS 系统安全完整性等级	SIL3

度高、压力大。巴德拉油田地处荒漠地区,地理环境恶劣,井场和生产管汇站场采用无人值守。目前在每座单井井口设置了 HIPPS 控制系统,未设置传统的被动安全泄放设施,如机械式安全阀和放空火炬等。单井井场流程如图 2 所示。项目参数情况见表 2。

本工程在单井集输管道上安装了 HIPPS 系统,可将下游集输系统的压力等级降低到正常设计水平,而不是按照采油树的最大关井压力进行全压设计。该系统将工艺安全保护方法由传统的被动泄放转变为主动防御,从源头消除危险,从而达到保护下游工艺系统的功能,解决了传统泄放方式引起的大量排放,取代了单井井场的机械泄放设备和高压放空火炬等设施,可靠性更高,可用性更强,消除了能源的浪费,降低了对环境的污染,同时又降低了投资。

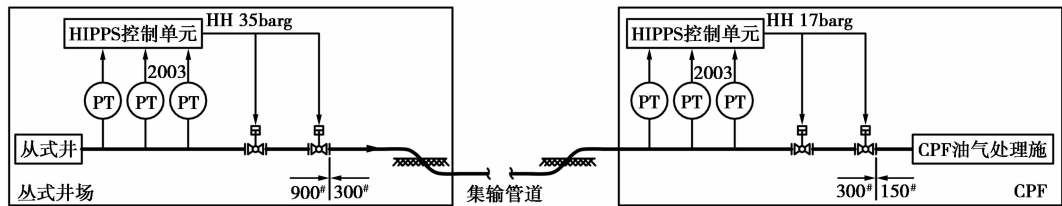


图 3 伊拉克西古尔纳二期油田集输工程项目工艺流程简图

表 3 西古尔纳二期油田集输工程项目参数情况

参数	数值
井流体	油、气、水(三相)
最大关井压力/MPa	14.2
井口压力/MPa	3.0
HIPPS 阀上游(包括 HIPPS)压力等级	900lb
HIPPS 阀上游(包括 HIPPS)设计压力/MPa	14.2
HIPPS 系统关断压力/MPa	3.5
HIPPS 阀下游压力等级	300lb
HIPPS 阀下游设计压力/MPa	3.8
HIPPS 阀尺寸(WP-2/WP-12)/mm	600/400
HIPPS 阀最大关断时间(WP-2/WP-12)/s	21/13
HIPPS 系统安全完整性等级	SIL3

本工程在丛式井场中用 HIPPS 系统取代机械泄放设施(比如 PSV)作为工艺系统超压的最后一级安全保护,降低了下游集输系统的压力等级,而在单井井场中未设置 HIPPS 系统,下游集输系统采用全压设计。这也充分说明了在工程设计时,需具体结合工艺系统的安全保护理念,综合考虑可靠性和

## 4.2 HIPPS 在伊拉克西古尔纳二期油田集输工程中的应用

伊拉克西古尔纳二期油田有 2 座丛式井场(WP-2、WP-12),2 座单井井场(WQ-11、WQ-13),共包括 18 口生产油井,单井 WQ-11 和单井 WQ-13 所产原油通过输油支线 6"(井场 WQ-11)、8"(井场 WQ-13)输送至已建井场 WP-10。井场 WP-2 和井场 WP-12 所产原油汇合到井场内的生产管汇后通过 24"(井场 WP-2)、16"(井场 WP-12)的输油干线输送到 CPF-MISHRIF。井场采用无人值守。目前在每座丛式井场生产管汇出口管道上设置了 HIPPS 控制系统,未设置传统的被动安全泄放设施,如机械式安全阀等。CPF 进站管汇出口管道上也设置了 HIPPS 控制系统。单井井场未设置 HIPPS 控制系统,集输系统全部采用全压设计。丛式井场流程如图 3 所示。项目参数情况见表 3。

可用性,整体评估工程、社会、环境等方面的收益及代价与投资之间的关系,选取合理的安全保护方案<sup>[1]</sup>。

## 5 HIPPS 的动态模拟

为研究 HIPPS 系统在超压工况下的作用,本模拟以伊拉克西古尔纳二期油田集输工程项目中井场 WP-2 中安装的 HIPPS 为例,采用国际上普遍认为能较准确地对多相流管道进行动态工艺模拟计算的 OLGA 软件作为计算平台,模拟 HIPPS 的关断过程。

井场 WP-2 至 CPF 输油干线,管道规格  $\phi 610 \times 12.7$ ,管道末点操作压力 1.5 MPa,操作温度 34℃,管道起点温度 60℃,液量 1 645 201 kg/h,在系统平稳运行 60 min 后关断 CPF 的 ESDV 阀,当没有 HIPPS 时,管道起点压力变化如图 4 所示。在关断 CPF 的 ESDV 阀后的 12.8 min 管道起点压力达到 3.5 MPa(HIPPS 关断压力),在 14.8 min 管道起点压力达到 3.8 MPa(下游集输系统设计压力),这表示在没有 HIPPS 系统的保护下,管道起点压力从 3.5 MPa 升到 3.8 MPa 需要用 2 min。图 5 表示在 HIPPS 系统保护下管道起点压力随时间的变化。从

图5中可以看出,在关断 CPF 的 ESDV 阀后的 12.8 min 管道起点压力达到 3.5 MPa,触发 HIPPS 阀在 21 s 内关断, HIPPS 关断后下游系统压力逐渐下降,从而起到超压保护的作用。同时本工程的井流物是油、气、水三相混合物,由于气体的可压缩性,在迅速关断 HIPPS 阀后不会出现所谓的水击现象一瞬间的压力升高。

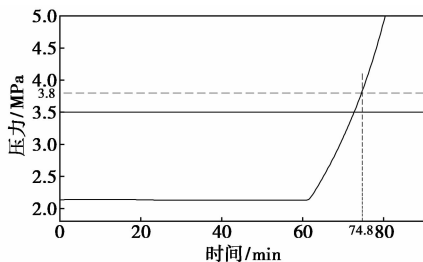


图4 无 HIPPS 系统时管道起点压力随时间的变化

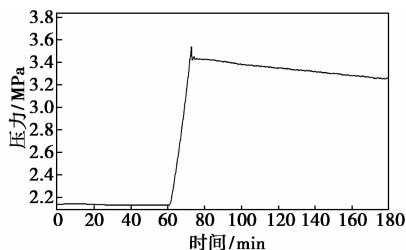


图5 HIPPS 系统保护下管道起点压力随时间的变化

## 6 结论

HIPPS 由于其高可靠性、强可用性,在油气集输

工程中取代传统的被动安全泄放设施作为系统的最后一级保护,降低了下游集输系统的压力等级,解决了传统泄放方式引起的大量排放,消除了能源的浪费,降低了对环境的污染,同时又在一定程度上降低了投资。

在工程设计时,需具体结合工艺系统的安全保护理念,综合考虑可靠性和可用性,整体评估工程、社会、环境等方面的收益及代价与投资之间的关系,选取合理的安全保护方案。

## 参考文献

- [1] 任新华.石油天然气工程中 HIPPS 的设计与应用[J].自动化仪表,2013,34(6):77-79.
- [2] 郝蕴. HIPPS 在深水高压气田开发中的应用[J].油气储运,2013,32(2):5-9.
- [3] 冯传令,张峰,张恩俭. HIPPS 在海洋石油工程中的应用研究[J].石油矿场机械,2007,36(5):94-97.
- [4] 董小刚.海洋工程高完整性压力保护系统(HIPPS)生命周期内的管理[J].仪器仪表标准化与计量,2009,16(4):27-31.
- [5] 孙伯娜,张伟,孙伯彬. HIPPS 在海上油气田开发的运用研究[J].石油和化工设备,2015,18(12):50-52.
- [6] 许沫,高国强. HIPPS 在南海平台中的应用[J].新技术新工艺试验与研究,2014,(4):95-98.
- [7] 郑晓彩.高完整性压力保护系统在 NB35-2 项目中的应用[J].中国修船,2008,21(S1):57-59.
- [8] 俞曼丽.高完整性压力保护系统在水下生产系统中的应用[J].石油化工自动化,2010,(5):73-76.
- [9] 邹应勇,李国娜,吉万成,等. HIPPS 在塔里木三高气井的应用[J].试验研究,2012,31(10):24-25. ■

## 基因改造让微藻油脂产量翻番

6月18日英国《自然·生物技术》在线发表了一篇生物学重要成果:在使用包括 CRISPR-Cas9 技术在内的多种工具进行基因改造后的水藻品系,油脂产量可达其野生亲本的两倍,且能达到与后者类似的生长速度。这项新成果标志着微藻源可持续生物燃料的最终商业化向前迈进了一大步。

自20世纪70年代末以来,人们一直在积极研究使用光养微藻所产生的油脂来制造生物柴油,以补充基于石油的运输燃料。光养微藻是一种借助光、水和二氧化碳生长时可产生油脂的微生物。科学家们已经发现,海洋富油微拟球藻具有作为生物柴油原料进行开发的潜力,其产油量可达实验室品系的6倍。不过,经过了数十年研究,提升微拟球藻的产油效率却总是会导致其生长

受损,因此该属物种的商业潜力仍未得到充分发挥。

此次,位于美国加利福尼亚州的合成基因组公司研究人员艾瑞克·穆勒宁及同事,使用包括 CRISPR-Cas9 基因编辑技术在内的多种改造工具来识别 ZnCys 因子,正是这种因子负责调控海洋富油微拟球藻的油脂累积。改造 ZnCys 因子后,研究团队发现,微藻的产油效率翻了一番——最高可达每天每米 5 g,且生长速度未受影响。

有效利用基因工程或遗传操作手段改造微藻、提高产量,对实现商业化生产非常重要。研究人员表示,提高微藻油脂产量的同时保持其生长能力不变,意味着人们在微藻光养产油过程上又前进了一步,而这最终将减少依靠陆地植物产糖来制造生物柴油。(科技日报)