工程管理
Journal of Project Management
第 7 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文| 刊号（ISSN）：2737-4580(P) / 2737-4599(O)

石油化工装置动火作业安全管理体系优化与实践

蔡宝利　李怀超　黄柄粟
山东海盛海洋工程集团有限公司
DOI:10.32629/jpm.v7i10.9056

[摘　要] 石油化工装置动火作业属于高危特殊作业类型，动火作业的安全控制水平同企业整体安全生产状态息息相关。本文根据传统动火作业管理中风险识别不全面、作业流程衔接不好、现场管理手段简单化等问题，以系统安全理论为依托，对动火作业安全管理进行了系统性的改进，建立了包括风险分级预判、作业过程闭环、现场智能管控、事后复盘改进这四个方面动火作业安全管理优化体系。经过一段时间，在某大型石化企业连续执行 18 个月的动火作业时，企业的动火作业审批时间平均缩减了 32%，动火作业现场隐患发现数量提高到了原值的 47%，动火作业相关事故减少到了原来水平的 100%。研究表明优化后的管理体系既可以降低动火作业安全风险又可以提高生产运行效率，可以给国内其他石化企业特殊作业安全管理提供可以借鉴的实践经验。
[关键词] 石油化工装置；动火作业；安全管理体系；风险分级；闭环管控

Optimization and Implementation of the Safety Management System for Hot Work in Petrochemical Plants

Cai Baoli　Li Huaichao　Huang Bingsu
Shandong Haisheng Marine Engineering Group Co., Ltd.

[Abstract] Hot work in petrochemical plants constitutes a category of high-risk special operations, and the level of safety control for such operations is closely linked to the overall safety performance of an enterprise. Addressing common issues in traditional hot work management—such as incomplete risk identification, inadequate coordination of operational workflows, and oversimplified on-site management practices—this study employs systems safety theory to implement systematic improvements in hot work safety management. Consequently, an optimized hot work safety management framework has been established, comprising four key components: risk classification and prediction, closed-loop process control, intelligent on-site management, and post-incident review and improvement. Following 18 consecutive months of implementing this framework at a large petrochemical enterprise, the average approval time for hot work operations was reduced by 32%, the number of hazardous conditions identified on-site increased to 47% of the original count, and the incidence of hot work-related accidents decreased to 0% (i.e., zero) compared to baseline levels. The research demonstrates that this optimized management system not only mitigates safety risks associated with hot work but also enhances production operational efficiency, thereby providing actionable practical experience for other petrochemical enterprises in China to optimize their special operations safety management.
[Key words] petrochemical plants; hot work; safety management system; risk classification; closed-loop control

引言

石油化工生产过程中的易燃、易爆、有毒危险化学品动火作业属于装置检维修、技术改造过程中最常见的特殊作业，也是安全事故高发场所。近些年国内石油化工行业中接连发生过数起较大以上的安全事故，其中很多都是由于动火作业过程中的违规行为或者缺乏足够的风险预估而产生的，所以动火作业安全问题一直被看作是制约石化行业安全生产的关键点[1]。

传统动火作业管理模式存在着明显的三个不足之处，即风险识别依靠作业人员的经验，不同人员对于同一次动火作业所面临的风险判定标准存在着较大差异，容易造成风险识别的空缺；作业审批流程有层层签字的规定，不过责任的范围并不明确，在实际操作中会引发“签而未审”的形式主义现象出现；现场管理手段较为单一，主要依靠现场监护人对作业过程中出现的介质泄漏、环境参数突然变化等情况进行人工观察、监测，不能对这些异常及时发出预警。随着石油化工装置向大型化、集约化发展，装置内各区域物料之间的耦合关系越来越复杂，

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

传统的管理模式已经不能满足当前的安全管控需要了。本文以石油化工企业动火作业的实际场景为立足点，从体系架构、流程设计、技术赋能三个方面展开系统的优化研究工作，在保证安全的同时提高作业运行效率，弥补了传统管理模式中存在机制漏洞的不足。

1 石油化工装置动火作业安全管理现状与痛点分析

1.1 现有管理体系的运行特征

目前国内石化企业的石油化工企业一般都遵循了关于特殊作业的安全规范及相关标准，动火作业基本形成了一个从动火作业申请、安全条件检查、动火作业审批到动火作业实施、动火作业竣工验收的基本流程，在很大程度上保障了动火作业的有序进行。但是大多数企业管理体系仍停留在满足合规底线的层面，没有根据自身装置物料特性、工艺条件等开展针对性细化，体系颗粒度、适配性不足[2]。

一些企业的动火作业管理存在着明显的“被动应对”特点，日常管理以隐患排查、事后追责为主，缺少对作业风险的提前预测和全面控制，常常是一起事故之后才制定出一项制度，结果是管理要求不断叠加、流程重复出现，反而促使作业人员为了提升作业速度而违反制度的规定。

1.2 现存核心痛点梳理

第一，风险分级判定没有量化的标准。大部分企业对于动火作业级别的划分只根据作业区域的宏观属性来确定，没有结合作业点周围介质存量、压力等级、密封点分布等重要参数进行详细的评估，造成一些高危作业被错误地归类为低危作业，安全控制资源配置匮乏，给事故留下隐患。

第二，作业的全流程责任没有完全落实。动火作业涉及的作业申请人、审批人、监护人、作业人员等各岗位安全职责没有明确的可追溯界定，隐患出现时不能准确找到责任环节，容易造成责任推诿，各个岗位人员的积极性无法被激发出来。

第三，缺少对施工过程的管控技术支持手段。大多数动火作业现场仍然采用人工检测可燃气体的方式，检测频次和检测点位都是现场人员自行决定的，不能实现作业全过程的环境参数连续监测，当作业过程中出现相邻设备物料泄漏的时候，很难及时发现并处理。

第四，作业数据还没有建立起可以持续使用的机制。以前动火作业申请、审批、隐患记录等资料大多采用纸质方式保存，不能对以后的分析挖掘动火作业中不同区域、不同类型动火作业的风险变化规律，同类隐患在同一个区域内重复出现的现象无法得到彻底解决。

2 动火作业安全管理优化体系的构建

2.1 体系构建的核心原则

本次体系优化有三个基本原则，风险导向原则，所有的管理流程都是从动火作业的主要风险点出发，不设立没有任何实际安全价值的多余步骤；权责匹配原则，每一个作业环节所对应的职责都直接指向具体的岗位人员，“谁签字，谁负责，谁作业，谁负责”可以进行全链条追溯；安全与效率协同原则，在保证安全的基础上简化不必要的审批程序，防止由于审批环节过多而使作业人员产生抵触情绪，提高管理体系的执行落地性[3]。

2.2 优化体系的整体框架

经过优化动火作业的安全管理体系由风险分级预判模块、作业流程闭环模块、现场智能管控模块和复盘改进迭代模块四个互相配合的子模块构成，这些子模块一起覆盖动火作业全过程，即从前期准备工作开始直到结束后的复盘总结阶段。

2.3 核心模块的具体设计

2.3.1 风险分级预判模块

打破传统仅根据作业区域来决定动火级别的方式，创建起一个“作业区域固有风险+作业过程动态风险”并存的双重评价模型，把动火作业总体风险分门别类地划分为不同的级别，并且对各个级别的动火作业实施差别化的安全管控资源配置标准。评估过程中设有 12 个可以被量化评价的评分项，即作业点与易燃易爆介质设备距离、作业点周围密封点数、作业过程中是否进行交叉作业、作业人员从事过类似作业的经验等，所有的评分标准都给出了具体的量化值，杜绝了因个体主观差异而造成的评价误差[4]。

2.3.2 作业流程闭环模块

对动火作业的审批链进行重新设计，把原来的多层线上签字改成分级现场确认的方式，一级动火作业必须由车间安全负责人到现场进行安全条件确认并填写好作业票后才能报公司批准，二级动火作业由班组安全员现场确认并在作业票上签字，特殊高危动火作业还要加上工艺工程师的联合确认。作业许可中注明每一个岗位的安全确认内容，防止出现只签字不确认的形式化情况。

2.3.3 现场智能管控模块

对动火作业现场人员配备人员定位终端，发生人员聚集预警时，3 人黄色、4 人到 6 人（含本数）为橙色，6 人以上为红色进行区分。同时发生人员聚集预警 5s 内应自动警示聚集区内人员立即分散；当人员聚集风险预警区周边发生可燃气体、有毒气体报警时，警示聚集区人员立即分散撤离至安全处。

2.3.4 复盘改进迭代模块

建立动火作业全数据台账，每一个动火作业完成后，系统就会把作业时长、现场检测数据、发现的隐患种类等信息归档下来，并且每月自动生成一份动火作业安全分析报告，分析当月出现的高频隐患类型，从而有针对性地改善后续同类作业的安全控制要求，促使管理体系不断改进。

3 体系实践应用与效果分析

本次优化后的管理体系在某大型石油化工企业的某海洋 3 座大型平台装置开展了为期 18 个月的落地试点，试点期间累计完成各类动火作业 726 项，未发生任何一起动火作业相关的安全事故，整体运行效果达到预期。

3.1 试点作业的风险等级分布统计

试点期间所有动火作业经过量化风险评估后的等级分布情况如下表所示：

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文| 刊号（ISSN）：2737-4580(P) / 2737-4599(O)

动火作业风险等级	作业数量	占比（%）	平均审批时长（min）	现场平均隐患排查数量（项/项）
特级动火	42	5.78	45	2.3
一级动火	217	29.89	32	1.5
二级动火	435	59.92	18	0.7
三级动火	32	4.41	10	0.2

通过量化风险分级，采用升级管理，审批人都至现场利用电子作业票现场审核，大大缩短纸质票据审核时间；同时 JSA 也在电子票上显示，可逐条进行落实。

3.2 实践应用的核心成效

本次石化装置动火作业安全管理体系优化试点在经过 18 个月的实践后，在风险分级预判、作业过程闭环、现场智能管控、事后复盘改进这四个方面达到了提升管理效能的目的，各项核心指标均满足预期目标。

第一，在精确度上提高了很多。试点期间共排查出作业现场安全隐患 947 处，比上一期增加 47%。以往常规检查中容易被忽略的隐蔽性危险，比如“作业点下面地沟没有封堵”“临近设备的密封点存在少量泄漏”“周边下水井未做有效隔离”等长时间存在的管控盲区，隐患识别率比优化之前提高 60%以上，所有排查出来的风险均在作业开始之前完成闭环整改，从根本上消除了动火作业时火花进入受限空间、遇到泄漏介质出现闪爆风险的潜在威胁，真正实现了传统管控模式下无法完成的“看得见的隐患查不完、看不见的隐患查不到”的空白。

第二，作业的完成速度变快了。采用数字化分级现场确认代替过去层层流转的繁杂手工签字审批流程，常规动火作业总耗时由原来的 47 分钟缩短到 32 分钟，风险辨识合格的低风险动火作业审批和现场确认的效率提高超过 60%。管控流程的优化并没有牺牲安全标准而采取降级措施，相反，依靠权责线上同步确认的方式缩短了装置检维修期间动火作业的等待时间，削减了辅助工时，给企业的生产装置高效运行赋予了实实在在的经济效益[5]。

第三，人员安全履职意识明显增强。新的管理体系对作业审批人、现场监护人、动火操作人员、现场巡检人员等每个岗位的安全确认职责都做了明确的、可操作的划分，彻底解决了过去“审批人远程签字、现场人被动等许可”的权责不清问题，使作业人员由原来的“被动等待审批、照着指令作业”变为现在的“主动排查风险、确认安全再动手”。试点期间一线作业人员主动上报隐患的数量比优化前增加了 120%，由以前“安全是安全部门的事”变成了现在每一个岗位都是安全防线的主动参与，全员共同管控动火作业安全的氛围基本形成。

第四，同类事故零发生。经过 18 个月的完全试点运行，该企业试点区域内未发生一起由于动火作业引发的火灾、爆炸、人员灼伤等生产安全事故，动火作业相关事故次数比上一周期下降 100%，动火作业安全控制的实际效果得到了充分的证明，既直接保证了检维修作业期间的人身和设备安全，又为类似石化企业改善动火作业安全管理体系提供了一个可以模仿的参考[6]。

3.3 实践过程中发现的问题与优化调整

体系落地之初，也存在着一些一线人员对于新的量化评价标准不熟悉，智能监测终端使用不当等现象。针对上述问题企业组织了三次专项操作培训，编印了图文版的作业指导口袋书，并对安全管理人员进行了现场指导帮扶，使所有岗位人员在两个月内全部掌握了优化体系的操作方法，使优化体系完全融入到日常作业流程当中。

4 结语

石油化工装置动火作业安全管理属于一项持续不断、系统性的工作，不能依靠一次制度调整来达成长久稳定的管理成果。本文所提出的“风险分级预判—作业过程闭环—现场智能管控—事后复盘改进”四个方面的优化体系，在 18 个月的现场实践过程中得到了安全管控和运行效率两方面效果的证实，为石化企业动火作业安全管理的升级提供了切实可行的实践方案。

安全管理的本质就是对风险实施动态精准的管控，只有以作业现场的实际需求为基础，不断消除传统管理模式中存在的形式化、粗放化的缺陷，使每一个管理措施都能够切实服务到现场的风险防控中来，才能从根本上杜绝动火作业类事故的发生，给石油化工企业的安全生产提供坚实的基础。

[参考文献]

[1]邵林.石油化工储罐区动火作业安全管理分析[J].石油化工建设, 2025, 47(6):17-19.

[2]陈盼娣,李萍.石油化工企业动火作业安全管理探讨[J].中国石油和化工标准与质量, 2025(11):69-71.

[3]张小英.石油化工工艺管道动火作业安全管理分析[J].工程管理与技术探讨, 2026, 8(5):127-129.

[4]徐开成.石油化工装置检维修作业安全管理探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2021(6):2.

[5]徐林.石油化工生产装置检修作业安全管理对策[J].缔客世界, 2021(8):214-214.

[6]何自忠.石油化工企业高危特级动火作业的风险管控[J].化工管理, 2022(023):000.

一作简介：蔡宝利，1985.10.30，男，黑龙江宝清县，汉族，本科，中级，（注册安全工程师）研究方向：安全工程、石油化工；

二作简介：李怀超，1988 年 05 月 10 日，男，山东成武，汉族，本科，工程师，研究方向：海洋石油工程、安全工程；

三作简介：黄柄粟，1991 年 1 月 3 日，男，山东菏泽，汉族，本科，工程师，研究方向：海洋石油工程；石油工程。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.