

危险与可操作性分析在气田集输工程 安全设计中的应用

任 启 瑞

(中国石油集团工程设计有限公司西南分公司)

任启瑞.危险与可操作性分析在气田集输工程安全设计中的应用.天然气工业,2007,27(3):131-133.

摘 要 气田集输工程是风险性很高的复杂系统工程,安全设计非常关键。国外广泛应用危险与可操作性分析对工程设计进行安全评价,分析系统中装置、设备、管道的个别部分工艺参数偏离、故障或误操作引起的潜在危险,分析偏离、故障出现的原因,根据后果、原因和已设计的保护装置,评估可接受的风险,并有针对性地提出安全对策和措施,用以指导修改、完善工程的安全设计和操作管理。通过与国外公司合作,危险与可操作性分析在我国陆上气田首次得到了应用。在陕西长北气田和川东罗家寨高含硫气田开发地面集输工程安全设计中,对设计和运行管理提出了改进意见,并修改了设计。不仅对保证工程的安全起到了重要作用,同时也促进安全设计理念、设计水平的进步。

主题词 气田 地面工程 安全 工程设计 评价 方法

危险与可操作性分析^[1] (Hazard and Operability Analysis, HAZOP)是一种系统安全评价的常用方法。其特点是评价过程全面、系统,评价方法容易掌握,评价意见容易理解,适用于石油、化工工艺系统的定性安全评价。

一、HAZOP 技术的发展

HAZOP 技术最早由英国皇家化学工业石油化工部所开发,主要应用于石油化工装置的安全可靠性分析^[2]。HAZOP 分析过程是在具有丰富专业知识和经验的资深专家引导下,由各专业人员(包括设计和有经验的运行管理及操作人员)共同完成。分析方法简便易行,可操作性强,分析结果能定性确定系统存在的危险,并能针对每个存在风险的具体环节提出对策和措施,结论可信度高,能及时指导修改完善系统的安全设计。国外逐步将 HAZOP 分析推广应用于陆上和海上石油开采的工程设计中。由于 HAZOP 分析的技术日臻完善,在西方工业技术发达国家,如英国已将 HAZOP 列为工程建设必须进行的 HSE 专项评价,并对评价机构和从业人员实行资质认证,以保证 HSE 专项评价的可信度。

二、HAZOP 分析在国内的应用

上世纪 70 年代末,我国化工部门率先引进了 HAZOP 分析技术并首先应用于风险性较高的化工工程设计中,后来在海上石油工程设计中逐步推广应用。

在我国陆上油气田地面工程设计中,克拉 2 气田首先应用 HAZOP 分析对设计进行系统安全专项评价。该工程建设初期,由于壳牌公司的介入,要求设计在执行中国现行标准的同时,还需满足壳牌公司标准 DEP 规定的最低安全要求。在工程建设项目前期(相当于国内可行性研究阶段)、基础设计(初步设计)和详细设计(施工图设计)阶段,壳牌公司工程项目安全评价体系均要求进行 HAZOP 分析,重点是基础设计阶段。克拉 2 项目的 HAZOP 分析由壳牌公司聘请有资质的资深专家进行,分析研究小组还邀请了设计和运行管理各方面专业技术人员参加,对工程设计中的工艺、自控、供电、消防、供热等专业进行了分析研究,最终形成评价报告。设计按照评价报告中的意见逐条进行了答复并修改完善了系统安全设计。2005 年在壳牌公司与中国石油共同

作者简介:任启瑞,1945 年生,高级工程师;长期从事油气储运工程设计。地址:(610017)四川省成都市小关庙后街 28 号。电话:(028)86014379。E-mail:ren7411@163.com

建设的长北气田开发地面工程设计中,从开发方案设计、基础设计和详细设计的 3 个阶段都进行了 HAZOP 分析。通过与国外公司的合作,使我们在安全理念、设计思路、安全标准、工程安全措施、安全评价方法等方面都有了新的认识和提高。安全要以人为本,安全是企业、员工和社会的共同要求,安全是最大的效益等理念逐步建立。每项工程设计必须采取一切可能措施,发现和消除隐患,使每项工程建设成为本质安全工程。

四川罗家寨高含硫气田开发地面工程设计中,设计充分认识到高含硫天然气的风险,建议对气田内部集输工程初步设计进行 HAZOP 专项分析研究。中国石油西南油气田公司聘请了国外风险管理公司,对初步设计进行了 HAZOP 分析。在铁山坡高含硫气田的集输工程设计中也进行了 HAZOP 分析。在高风险气田开发工程设计中进行 HAZOP 分析研究,完

善系统安全设计,降低工程安全风险起到了很好的作用。目前已将 HAZOP 分析研究推广应用于哈萨克斯坦第三油气处理厂和 PK 油田注气工程设计中。

三、分析方法

HAZOP 分析研究一般由独立的专门咨询机构负责,设计、管理派员参加共同完成。项目组人员由项目负责人 1 名、技术专家若干名、设计运行管理人员组成。

HAZOP 分析过程和报告中常用术语含义详见表 1^[2]。分析方法是:在了解确定的设计意图基础上,分析工艺流程图中某一节点的参数变化给整个系统带来的后果,同时假定设置的安全设施失效,分析带来的危险性并评价其风险。分析过程中常用表 2 中的引导词来引导分析。对选择的单元进行 HAZOP 分析的工作流程如图 1^[3]。

表 1 HAZOP 分析常用术语表

项 目	说 明
工艺单元	具有确定边界的,由设备、阀门、管道等构成的工艺系统
节点	工艺单元中某一环节或控制点构成的系统
设计意图	设计想要达到的目的,一般用工艺参数指标或操作信号表示
操作步骤	由 HAZOP 分析组分析的操作步骤,可能是手动、自动或计算机自动控制的操作
工艺指标	工艺过程正常操作条件的参数,用文字或图表进行说明,如工艺说明、流程图、PID 图等
引导词	用于定性设计工艺指标的简单词语,引导识别工艺过程偏差产生后造成的危险
工艺参数	与工艺过程有关的物理和化学特性,如温度、压力、流量、组成、相数等
偏差	分析组使用引导词系统地对每个分析节点的工艺参数(如流量、压力)进行分析发现的一系列偏离工艺指标的情况(如无流量、压力高等);通常用“引导词+工艺参数”
原因	偏差的原因,可能是设备故障、人为失误、不可预见的工艺状态(如组成改变)、外部条件的改变等
后果	偏差所造成的后果;分析组常假定发生偏差时安全保护系统失效;不考虑细小的与安全无关的后果
安全保护	指设计的工程系统或调节控制系统(如报警、连锁、安全泄放等)
措施或建议	修改设计、操作规程或者进一步分析研究(如增加压力报警、改变操作顺序)的建议

表 2 HAZOP 分析常用引导词及意义表

引导词	意 义	备 注
NONE(不或没有)	完成这些意图是不可能的	任何意图都实现不了,但也任何事情发生
MORE(过量)	数量增加	与设计确定值相比数值偏大,如温度、压力、流量偏高
LESS(减量)	数量减少	与设计确定值相比数值偏小,如温度、压力、流量偏低
AS WELL AS(额外)	定性增加	所有设计与操作意图均伴随其他活动或事件的发生
PART OF(部分)	定性减少	仅有部分意图能够实现
REVERSE(相反)	逻辑上与意图相反	出现与设计意图完全相反的事或物
OTHER THAN(异常)	完全不同	出现了与设计要求不相同的情况

对于一个工程,需按单元分专业的逐个节点进行分析,对提出的意见按重要程度分 4 级处理;F 为结果,表示应按推荐意见修改设计,优先处理;R 为

保护建议,表示应在下一步设计中进行修改;P 为程序,表示不属于设计修改的意见,应在管理操作和维护时制定的规程和事故应急预案等;O 为关注,表示

由于讨论过并记录在案,以后需继续关注。

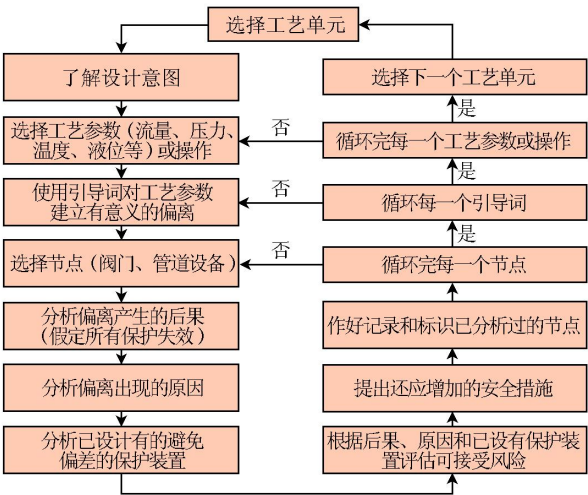


图 1 HAZOP 分析流程图

四、分析结果

根据 HAZOP 分析会议纪要编制 HAZOP 分析报告,内容除对 HAZOP 分析过程进行说明外,重点是对会议结果(必须优先处理的问题)逐一进行分析论述,并提出建议和意见。例如,对罗家寨气田内部集输工程设计提出了 76 条建议。分为:建议设计采纳的发现(结果)项 2 项,设计中要考虑并研究、跟踪、改进的建议 56 项,注意观察的关注项 10 项,建议生产单位建立完善管理制度,制定事故预案和操作规程的程序项 8 项。另有两项意见在工程所有单元进行相应修改:①由于天然气中 H₂S 含量高,在系统带压而又必须打开操作或检修的地方必须设置双截断阀,在两阀门中间设置放空阀,以保证操作、维修截断的安全要求;②由于必须确保高含硫天然气放空点火燃烧以消除 H₂S 的危害,点火系统必须设置 2 套,并设置火焰监测系统,保证放空火炬的常明火能可靠点燃放空的高含硫天然气。

对长北气田集输工程基础设计 HAZOP 分析报告提出修改意见 85 条,其中:设计已修改 47 条,详细设计再修改 19 条,建议生产单位建立完善管理制度、制定事故预案和操作规程的程序 19 项。对

每口油气井的主要修改意见如下。①必须制定操作规程,保证注入甲醇后井下 100 m 处的安全阀上不形成水合物,使井下安全阀处于正常工作状态。②在需截断管道检修操作时,必须增设双截断阀,并在双阀之间增设放空阀,或单阀门加“8”字盲板,以保证操作的安全性。③冬季开井时,由于环境气温低,下游管路压力开始为 0,开井节流压差会很大,因此,为减少放空气量和保护环境,不允许放空开井;为防止水合物堵塞,应考虑临时加热措施;管道材料必须考虑适应低温的工作条件。④改油气井永久试井为间歇试井,井口不设分离器和计量装置,用移动橇装分离计量车定期计量。

五、HAZOP 分析意见的处理

HAZOP 分析报告按优先级别不同提出的推荐意见,设计应认真逐条研究,对结果(F)推荐意见必须及时进行修改;对保护建议(R)可在详细设计阶段去修改、完善;对程序(P)类意见应在设计文件中提出要求;提示管理操作单位在工程投产前判定相应规程和应急预案,并跟踪执行情况。

HAZOP 分析是油气田地面工程设计的一种系统安全评价的有效方法。建议在石油工程设计中逐步推广应用,并不断学习、总结经验、培养人才,逐渐建立起我国自己的 HAZOP 分析评价机构和人才队伍,提高石油工程安全设计和建设管理水平。

本文在撰写过程中得到长北、罗家寨工程项目组的大力支持,并参考了两个工程的 HAZOP 分析报告及有关资料,在此一并致谢。

参 考 文 献

[1] 王汉松.石油化工设计手册(第 4 卷)[M].北京:化学工业出版社,2002.
[2] 魏新利,等.工业生产过程安全评价[M].北京:化学工业出版社,2005.
[3] 郑津洋,等.长输管道安全风险辨识、评价、控制[M].北京:化学工业出版社,2004.

(修改回稿日期 2007-01-29 编辑 赵 勤)