

在役装置进行 HAZOP 分析的特点浅析

周远¹ 官业青²

(北京华清国诚安全技术有限公司, 北京, 100025)

摘要: 本文用举例的方法阐述了对在役装置进行 HAZOP 分析的作用, 从在役装置自身特点出发, 详细的说明了如何正确开展在役装置的 HAZOP 分析. 并且阐述了在役装置进行 HAZOP 分析存在的问题和注意事项, 以及 HAZOP 与其他风险分析方法的结合。

关键词: 在役装置; HAZOP 分析; PSM; 工艺变更; 事故; 风险分析

第一作者: 周远 (1985—), 男, 大学本科, 工程师。

引言

在役装置经过长年累月的运行，会暴露出不同程度的问题，诸如设备老化、管道腐蚀等问题会陆续出现，甚至会出现安全事故。为消除隐患或者杜绝类似安全事故的再次发生，工厂往往采取加强管理、系统改造、局部设备管道更新等措施，虽然操作条件有所改善，但由于缺乏有效的风险管理手段以及受到经济条件、生产任务等因素的限制，很多装置仍存在一定的安全隐患。不仅如此，国内大部分在役装置在项目建设初期就没有进行工艺危害分析，它们普遍存在工艺落后、安全管理不系统的问题。因此对在役装置定期开展工艺危害分析是非常有必要的，而且是非常紧迫的，它将有效降低在役装置的运行风险，提高装置的工艺安全管理（Process Safety Management, 简称 PSM）水平^[1]。

HAZOP 分析是 PSM 中最常用的一种工艺危害分析方法之一，它具有系统全面、简单易学、针对性和可操作性强等特点。HAZOP 以其在杜绝、减少事故的发生，降低灾害带来的损失及事故原因分析等发挥的积极重要作用，被公认为是可极大提高工厂生产安全性、可靠性的一种安全评价方法^[4]。

1 HAZOP 分析的发展

HAZOP 分析方法最早起源于 1963 年，由英国帝国化学工业集团（ICI）所开发，1983 年 Trevor Kletz 教授正式将其命名为 HAZOP。中国国家安监总局根据国际电工委员会发布的 IEC 61882:2001HAZOP 实施导则，翻译并转化成（AQ/T3049—2013）《危险与可操作性分析（HAZOP 分析）应用导则》^[2]，并先后发布 76 号和 88 号文，要求凡是涉及“两重点一重大”的新建装置必须在基础设计阶段开展 HAZOP 分析，在役装置要采用 HAZOP 分析技术，一般每 3~5 年进行一次。

2 HAZOP 分析对在役装置的作用

对在役装置进行 HAZOP 分析，可以全面的辨识装置内潜在的安全隐患，找出有效的保护措施，如现有措施不足，可以提出针对性的建议措施，最大程度的降低风险发生的可能性或后果造成的严重性。

下面结合某沥青公司在役罐区 HAZOP 分析，总结 HAZOP 分析对在役装置的作用：

该沥青公司于 2002 年建成，已运行十几年，相关设施比较陈旧，在役罐区储存 LPG、轻质油、重质油、沥青等多种危险化学品，通过此次 HAZOP 分析，发生了诸多问题，其中比较典型的有以下几点：

- 1) 通过现场检查，发现罐区周围没有火焰探测设施，一旦发生火灾，不能及时发现。因此提出建议增设火焰探测设施，消除安全隐患。
- 2) 隔油池周围可能存在可燃气体和硫化氢有毒气体，潜在的可燃气体点燃、人员中毒风险。因此提出建议在隔油池周围增设可燃气体及硫化氢报警设施；操作规程

中明确操作人员隔油池检修及正常操作时，佩戴便携式硫化氢报警仪。

- 3) 沥青公司通过改造，在原油外送泵进口增设了气动阀，可以快速有效的进行火灾隔离；可是一旦气动阀失气或其他原因导致阀门故障关闭时，原油外送泵可能抽空气蚀，造成损坏，严重时可能造成火灾等事故。通过分析，此项工艺变更没有考虑对原油外送泵的影响，因此提出建议增加气动阀关闭时联锁停止原油外送泵运行，有效防止事故的发生。
- 4) 转油泵出口管线没有止回阀，一旦泵故障停止作业，没有及时将出口阀关闭，会造成泵倒转、油品互混等事故。因此建议转油泵出口管线增设止回阀。
- 5) 该装置位于北方地区，冬季气温低，需要防冻，防冻阀门开关现场不明确，因此从管理的角度出发，建议其对相关防冻阀门进行编号挂牌，消除隐患。

从以上建议可以看出，在役装置 HAZOP 分析的作用主要有以下几个方面：

- 1) HAZOP 能够发现装置潜在的安全隐患，补充和完善现有操作规程。
- 2) HAZOP 能够辨识出在役装置工艺变更(如技改技措、检维修等)带来的新的风险，提高装置的本质安全。
- 3) HAZOP 能够提高装置的可操作性，减少操作人员误操作的概率。
- 4) HAZOP 可以从安全与可操作性的角度出发，提高现有生产管理水平。

不仅如此，HAZOP 分析本来考虑的是不正常工况，同时在役装置又可以整理和分析以往发生的事故，因此我们完全可以将 HAZOP 分析成果作为装置事故应急处置预案的编写依据；此外，在役装置 HAZOP 分析还可以为企业技改技措、节能降耗等提供素材。

3 在役装置 HAZOP 分析方法和步骤

在役装置 HAZOP 分析作用有如此之多，那么如何成功开展在役装置的 HAZOP 分析呢？首先，我们要了解在役装置的主要特点。与新建装置不同的是，在役装置普遍存在工艺安全信息不完整，工艺变更未及时记录在案等问题；其次，图纸老旧，更新不及时，甚至有缺失的问题存在；另外，在进行在役装置 HAZOP 分析时，小组成员大多来自车间的操作人员和技术人员，他们操作娴熟，但有时候对设计意图及标准规范不是很了解；再者，国内很多企业领导对在役装置 HAZOP 分析认识不足，认为做过安全评价没有必要再做 HAZOP 分析，这将直接关系到小组成员的技术力量及工作态度。

针对在役装置的这些特点，在开展 HAZOP 之前，我们应该将问题预防在准备阶段，只有合理的准备和规划，才能成功高效的完成 HAZOP 分析任务。那么该如何准备呢？我们大致可以将其分为以下几个步骤^[2]：

- 1) 组建 HAZOP 分析小组

HAZOP 分析小组（以下简称小组）成员的知识水平、技术组成和经验程度对分析结果起着至关重要的作用。在役装置小组成员一般由 6~8 人组成，包括 HAZOP 主席、HAZOP 记录、装置工艺工程师、维修工程师、装置班长或主操、装置仪表工程师、装置安全工程师，

其他专业人员能保证随叫随到。在役装置组建团队时应确保小组成员对装置十分的熟悉，人员组成包括各个专业，他们必须全程参与，并且原则上不能更换。

2) 资料的准备

正常 HAZOP 分析需要准备的资料包括：工艺管道仪表流程图(P&ID)、工艺流程图(PFD) (含物料平衡数据表)、联锁逻辑图/因果表、工艺说明及操作规程、危险化学品安全技术说明书、设备数据表、爆炸危险区域划分图、紧急放空及泄压设计原则、紧急关断设计原则等。在役装置还应包括以下资料：变更后的 P&ID 图纸（如有）、装置以往安全评价报告（包括 HAZOP 分析报告及关闭情况）、所有技改技措和检维修等工艺变更记录、以往事故记录及事故调查处理报告、装置的事故应急处置预案等，这些资料应在会议开展前由业主方认真仔细的收集，并且确保其真实且完整^[3]。

3) 现场调研

有的在役装置运行周期长，中间还可能经过了多次技术改造或扩建，他们保存的资料可能不完整或者可能不真实，为了确保 HAZOP 分析的准确性，HAZOP 小组成员应对装置现场进行调研。不仅如此，在我看来，只要条件允许，且在确保安全的前提下，我们开展每次在役装置的 HAZOP 分析之前，最好都能对现场进行调研一次。因为这样能帮助我们了解整个装置的运行状况，现场的管理水平，操作人员的素质等等。除了了解这些，在进行现场调研时，还应重点关注重大改造变更是否存在新的风险、以往事故发生的场所是否有改进措施或者警示标牌、装置的应急通道是否设置合理、装置的可燃/有毒/火焰探测器是否配置到位等等^[3]。

4) 会议场所的选择

在役装置 HAZOP 会议场所一般由项目业主方决定，最好选在距离装置较近的地方，以便获取相关的资料，同时如有需要，也能够最快的对现场进行查勘。

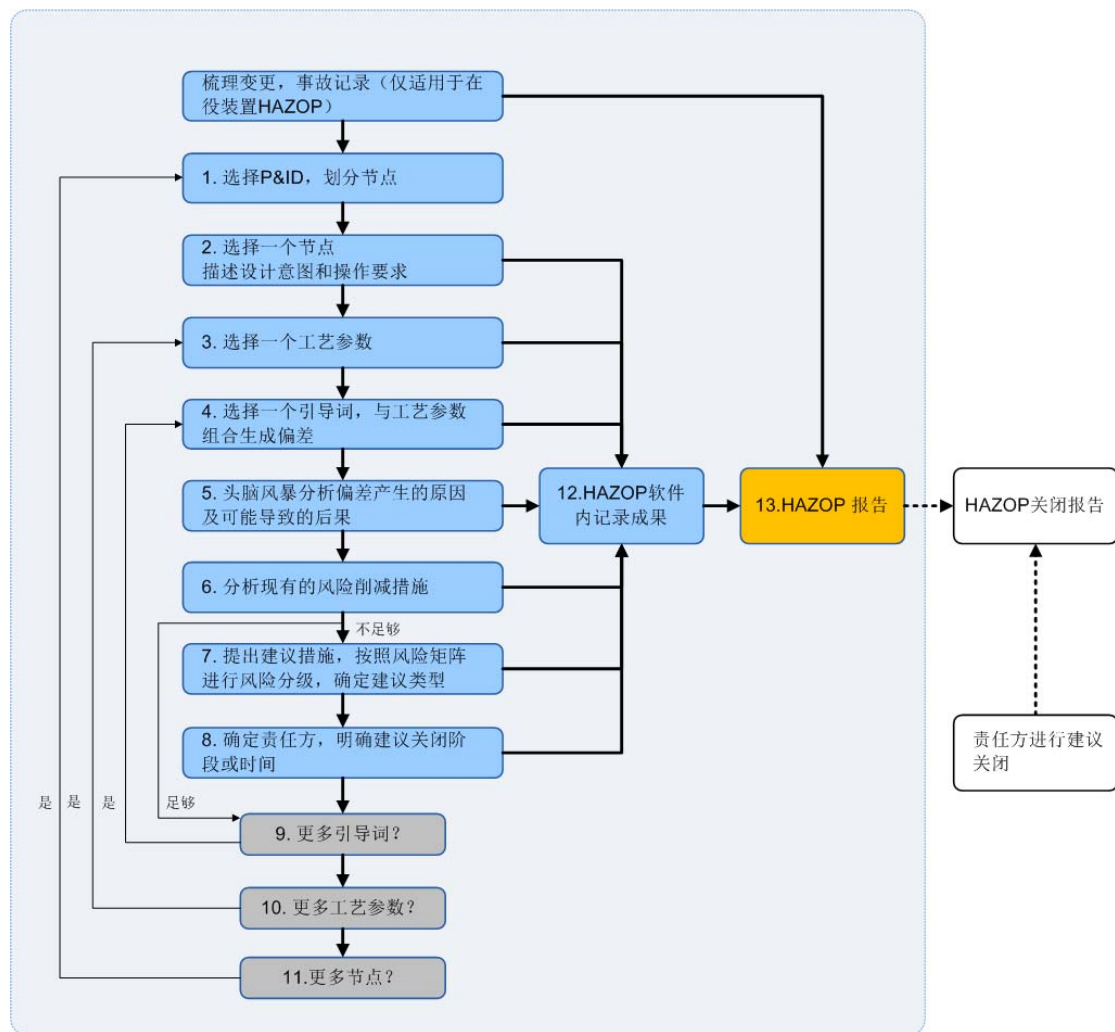
5) 分析工具的准备

为了保证分析工作的有序进行，需要准备分析记录软件和确定项目业主的风险标准，国内大多数企业没有自己的风险标准，在役装置 HAZOP 分析时可以借用相似企业的风险标准，但必须得到项目业主方的认可。

6) HAZOP 培训

在分析会议开展之前，由 HAZOP 主席负责对项目业主方进行一个简短培训。这个培训非常重要，因为有可能有项目业主方的领导参加。利用这个培训会议，不但能使业主方领导了解到在役装置 HAZOP 分析的重要性，同时也能让所有人了解 HAZOP 分析方法的步骤，与小组成员明确 HAZOP 分析的前提假设。

以上准备工作全部完成之后，可以进入 HAZOP 正式的分析流程。在役装置与新建装置 HAZOP 分析流程大致上是一致的，具体流程见下图：



当节点选取完成之后, 进入每个节点分析之前业主方需介绍工艺流程, 利用这个机会, HAZOP 主席应要求业主方重点介绍本节点的相关变更及所发生的安全事件, 确保小组成员能够充分了解装置的现状, 达到最佳的分析效果。

与新建装置不同的是, 在役装置 HAZOP 分析在执行过程中应有侧重点。在役装置 HAZOP 分析的重点在于以往工艺变更及发生的安全事故, HAZOP 主席应结合现场调研的资料, 合理安排、逐一梳理, 确保分析的完整性。同时, 在役装置 HAZOP 分析相比较于新建装置, 更侧重于操作程序和具体的操作场景, 通过与操作程序的结合, HAZOP 分析结论可以起到补充操作程序和完善应急处置预案的作用。

4 存在问题探讨

虽然 HAZOP 是目前多数石油化工企业进行工艺危害分析的首选方法, 但是, 在役装置的 HAZOP 分析由于受到各种条件和实际情况的影响, 会影响 HAZOP 的作用和分析实施效果。同时, 由于 HAZOP 分析方法本身的局限性, 也需要与其他风险分析方法结合使用, 以期获得更好的风险辨识和控制效果。

1) 在役装置 HAZOP 小组人员影响

由于在役装置 HAZOP 分析过程中很难要求原设计人员参与讨论，装置流程的设计意图需要由现场经验丰富的生产管理人员和操作人员解释，因此，生产一线人员的全程参与对于在役装置 HAZOP 分析的准确性、针对性和分析深度尤为重要。

2) 工艺安全信息及其完整性影响

工艺安全信息是实施在役装置 HAZOP 分析的基础，主要包括：工艺设计基础，物料的危害性，设备设计基础等。作为工艺危害分析的基础和条件，工艺安全信息的完整性和准确性非常重要。由于在役装置在运行过程中可能经过多次技术改造或扩建，会存在工艺安全信息与装置实际不符的情况，因此，在役装置进行 HAZOP 分析前或分析过程中，需对装置现场进行勘察调研，确认装置的变更改造内容、运行期间发生的未遂事件或异常工况等，并确认所获取资料与装置现场情况的符合性^[3]。

3) 其他风险分析方法与 HAZOP 方法结合使用

HAZOP 是风险分析的诸多方法之一，HAZOP 分析主要关注偏离设计参数时对装置生产操作的影响，单纯使用 HAZOP 不能完全分析生产装置的危害和隐患，并不是 HAZOP 不分析的问题就不是安全隐患。

此外，HAZOP 分析无法实现对风险的定量评估。即使在 HAZOP 分析中加入了风险矩阵来进行事件发生概率和后果的等级划分，但是风险矩阵等级的制定和评定，很大程度上受到人为主观因素的影响，不是实际真正意义上的定量风险评估。由于风险可接受标准过于定性，这也是导致在讨论是否需要额外 HAZOP 建议时，HAZOP 分析小组争论不休、无法即时决策的一个原因。

因此，为了弥补 HAZOP 过于定性化的分析缺陷，CCPS 推荐采用带有定量风险分析特点的保护层分析 (LOPA)。针对高风险事故场景，通常会在 HAZOP 分析后，对其进行安全仪表系统等级划分 (SIL) 分析，以判断是否需要为其设置安全控制回路、决定其安全控制回路的可靠性等级。HAZOP 分析的结论可以作为上述 LOPA 分析的输入条件，将 HAZOP 分析中危险等级比较高的事件作为 LOPA 中的影响事件。此外，在 HAZOP 分析过程中，识别、判断事故场景中的顶端事件 (Top-Event)，将顶端事件作为定量风险分析 (QRA) 的场景选择输入条件，进一步定量分析事故场景的后果、影响范围、风险等级。同时，这些重大事件也是装置持续运行期间安全管理的重点^[5]。

5 总结与展望

HAZOP 分析方法已在国内外得到广泛的应用，并被证实这种风险分析方法对于流程工业装置工艺安全管理具有重要意义。不仅如此，我们也认识到，HAZOP 分析方法不是万能的，如果想要将 HAZOP 技术更好的服务于我们的生产企业，还有很多需要解决的问题。基于对在役装置的 HAZOP 分析提出以下几点展望^[5]：

第一，合理配置 HAZOP 分析团队。当前，在进行在役装置 HAZOP 分析时，小组成员大都是来自车间的操作员和技术员。他们熟悉操作，但有时候对设计意图及标准规范的了解

并不透彻。因此,在进行 HAZOP 时,可以聘请其他相类似装置的技术人员或工艺设计人员参与到在役装置的 HAZOP 分析中,这样可在分析时展开全面、客观、系统的讨论,为装置的平稳、安全操作提供可靠的操作经验和理论基础^[5]。

第二,加强企业工艺安全管理,做好变更管理,及时更新工艺安全信息。HAZOP 的主要输入资料为装置的 P&ID 图。由于在役装置由于运行时间较长,期间经历了多次变更或增加设备、管线、阀门等。企业需要组织专人将变更信息及时反馈到 P&ID 图中,保证在进行 HAZOP 分析时所用的资料与装置实际情况相符^[5]。

第三,在工艺危害分析中,将 HAZOP 分析方法与其他分析方法结合使用,既可以弥补 HAZOP 只能进行定性分析的不足,又可以为后续风险分析提供系统而全面的输入条件^[5]。

参考文献

- [1] AQ/T3034-2010. Guidelines for process safety management of petrochemical corporations.
- [2] AQ/T3049-2013. Hazard and operability studies(HAZOP studies)-Application guide.
- [3]Zhao Jinsong (赵劲松),Lu Yi (鲁毅),Cui Ling (崔琳),Liu Yirong (刘映蓉),Yuan Xiaojun (袁小军),Lao Jiefeng (劳櫟锋) translated. Guidelines for the management of change for Process Safety.
- [4]Sinopec Safety Engineering Institute. Hazard and Operability Analysis. 2004
- [5]Huang Huiwei (黄会伟),Shu Xiaoqin (舒小芹),Shi Yuyin (史玉颖).Analysis and discussion on application of HAZOP technology in existing plant.