ICS 13.220
CCS P 72
备案号：J3425-2025

SH

中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3240—2025

石油化工危险与可操作性分析（HAZOP）技术规范

Application guidelines of Hazard and Operability (HAZOP) studies in petrochemical industry

2025-04-10 发布

2025-11-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目　次

前言 …… V
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　基本规定 …… 2
5　分析准备 …… 3
5.1　资料收集 …… 3
5.2　会议准备 …… 4
6　分析技术要求 …… 5
6.1　一般规定 …… 5
6.2　节点划分 …… 6
6.3　偏差确定 …… 6
6.4　原因分析 …… 7
6.5　后果分析 …… 7
6.6　现有安全措施 …… 7
6.7　风险评估 …… 8
6.8　建议措施 …… 8
7　质量要求 …… 9
7.1　分析团队要求 …… 9
7.2　分析质量与控制 …… 10
7.3　审查要求 …… 11
附录 A（规范性）　HAZOP 分析工作流程 …… 12
附录 B（资料性）　安全风险矩阵示例 …… 13
附录 C（资料性）　风险可容许标准示例 …… 17
附录 D（资料性）　初始事件（IE）典型频率值 …… 18
附录 E（资料性）　典型独立保护层（IPL）与要求时的平均失效概率（PFDavg）对应关系 …… 20
附录 F（资料性）　HAZOP 分析记录表 …… 21
附录 G（资料性）　HAZOP 报告模板 …… 22
附录 H（资料性）　偏差矩阵 …… 25
附录 I（规范性）　HAZOP 分析流程 …… 28
附录 J（资料性）　典型 HAZOP 分析案例 …… 29

参考文献 …… 38
本标准用词说明 …… 39
附：条文说明 …… 40

Contents

Foreword V
1 Scope 1
2 Normative references 1
3 Terms and definitions 1
4 General requirements 2
5 Preparation of HAZOP study 3
5.1 Collect data and documentation 3
5.2 Plan the study 4
6 Technical requirement of HAZOP study 5
6.1 General requirement 5
6.2 Node 6
6.3 Deviations 6
6.4 Identify causes 7
6.5 Identify consequences 7
6.6 Identify safe guards 7
6.7 Assessment of the identified risks 8
6.8 Suggested actions 8
7 Quality management 9
7.1 HAZOP team 9
7.2 Procedure and examination 10
7.3 Documentation 11
Appendix A (Normative) HAZOP workflow 12
Appendix B (Informative) Example of safety risk matrix 13
Appendix C (Informative) Example of tolerable risk 17
Appendix D (Informative) Initiating event typical PFD 18
Appendix E (Informative) Corresponding relationship of IPL and PFDavg 20
Appendix F (Informative) HAZOP analysis record table 21
Appendix G (Informative) HAZOP report template 22
Appendix H (Informative) Deviation risk 25
Appendix I (Informative) HAZOP analysis procedure 28
Appendix J (Normative) Case of HAZOP analysis 29

References ····· 38
Explanation of wording in this standard (Specification) ····· 39
Add: Explanation of articles ····· 40

前　言

根据中华人民共和国工业和信息化部办公厅《2018 年第四批行业标准制修订计划》（工信厅科〔2018〕73 号）的要求，标准编制组广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 7 章和 10 个附录。

本标准主要技术内容有：范围、规范性引用文件、术语和定义、基本规定、分析准备、分析技术要求、质量要求等。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布和管理机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国石油化工集团有限公司负责管理，由中国石油化工集团有限公司安全卫生消防技术中心站负责日常管理，由中石化上海工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送日常管理单位和主编单位。

本标准日常管理机构：中国石油化工集团有限公司安全卫生消防技术中心站

通讯地址：北京市朝阳区安慧北里安园 21 号

邮政编码：100101

电　　话：010-84876994

邮　　箱：zhangli.sei@sinopec.com

本标准主编单位：中石化上海工程有限公司

通讯地址：上海市浦东新区张杨路 769 号

邮政编码：200120

电　　话：021-58366600-3337

邮　　箱：jiawei.ssec@sinopec.com

本标准参编单位：中国石化健康安全环保管理部
中石化安全工程研究院有限公司
中国石化工程建设有限公司
中石化广州工程有限公司
中石化宁波工程有限公司
挪威船级社（中国）有限公司
中国石油化工股份有限公司长岭分公司
中韩（武汉）石化有限公司

本标准主要起草人员：贾　微　张　翼　张　斌　吕世军　王若青　张元元　胡晓昕　张　毅
王小军　朱　红　穆　帅　单　丹　杜南荣　苏　柯　朱　逸　王　东

本标准主要审查人员：文科武　孟庆鹏　葛春玉　黄云松　胡　敏　温一平　李　冬　刘丹丹
蔡明锋　张建华　冯双虎　李　汉　黄玖来　赵　斌　李元军　陈　驰
孙伟心　齐　青　李少鹏　宋贤生　张　力

本标准 2025 年首次发布。

微信搜一搜
HSE中心

石油化工危险与可操作性分析（HAZOP）技术规范

1 范围

本标准规定了石油化工过程工业开展危险和可操作性分析（HAZOP 分析）过程中的技术和质量要求。

本标准适用于石油化工企业建设项目（新建、改建和扩建）和在役装置（设施）的 HAZOP 分析。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 21109（所有部分） 过程工业领域安全仪表系统的功能安全

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

分析节点 node

需要分析的、确定边界的工艺单元或操作步骤。

3.2

引导词 guide word

一种特定的用于描述要素设计目的（意图）或操作目的（意图）偏离的词或短语。用于引导识别工艺过程的危险。

3.3

参数 parameter

与过程有关的物理和化学性质，包括概念性参数和具体参数。

3.4

偏差 deviation

分析过程中构造的实际参数偏离于设计目的（意图）或操作目的（意图）的状态，用来识别、构造系统潜在的危险。通常构成为“引导词+参数”。

3.5

偏差矩阵 matrix of deviation

由所有参数与引导词的组合构成有实际意义的偏差的集合。

3.6

原因 cause

导致偏差的事件、条件或行为。

3.7

后果　consequences

偏差所造成的一种或多种结果，包括人员伤害、财产损失、环境影响、非财务与社会影响等。

3.8

场景　scenario

可能导致不期望后果的一种事件或事件序列，每个场景至少包含两个要素：初始事件及其后果。

3.9

初始风险　initiating risk

不考虑任何保护措施作用下的事故场景的风险。

3.10

剩余风险　residual risk

在考虑了现有安全措施的作用下仍存在的风险。

3.11

最终风险　final risk

在考虑了现有保护措施或/和建议措施的作用下仍存在的风险。

3.12

独立保护层　independent protection layer

IPL

能够阻止场景向不期望后果发展，并且独立于场景的原因或其他保护层的设备、系统或行动。化工企业保护层作为独立保护层时，应满足独立性、有效性、安全性、变更管理、可审查性的基本要求。

4　基本规定

4.1　建设项目和在役装置（设施）应开展全流程的 HAZOP 分析。建设项目 HAZOP 分析提出的与设计相关的建议措施应在设计阶段落实。

4.2　建设项目基础工程设计阶段开展 HAZOP 分析后，若后续设计阶段发生变更，宜针对变更部分开展 HAZOP 分析。

4.3　在役装置（设施）HAZOP 分析，宜对分析对象开展现场调查。HAZOP 分析的资料内容应与现场相一致。

4.4　本标准适用的 HAZOP 分析方法为引导词法。HAZOP 分析应由 HAZOP 分析团队以会议的形式进行。

4.5　HAZOP 分析团队应包含多专业领域人员。典型的 HAZOP 分析人员包括但不限于：HAZOP 主席、HAZOP 记录员、工艺、设备、仪表、安全等专业人员和有操作经验的相关人员。HAZOP 分析会议过程应有关键人员或关键岗位人员参与。

4.6　HAZOP 分析应在 HAZOP 主席引导下进行，HAZOP 分析团队应识别适用于本次分析流程的有效偏差，并识别该偏差发生的原因以及可能产生的后果。

4.7　HAZOP 分析团队应辨识并记录生产危险和操作风险，并进行风险评估和决策，确认所采取的现有安全措施是否足够和适当。若风险评估后剩余风险不满足可容许风险，则应进一步提出需要采取的建议措施，直至满足可容许风险的要求。

4.8　HAZOP 分析团队应在 HAZOP 分析记录表上对分析过程进行完整记录，记录内容应能如实反映 HAZOP 分析过程和分析结果。HAZOP 分析过程应留有书面记录。

4.9　HAZOP 分析工作流程应包括：分析启动、分析策划、展开分析、编制报告。HAZOP 分析应符合

微信搜一搜
HSE中心

附录 A 的工作流程。

4.10 HAZOP 分析对象应为具有工艺流程的装置（设施）。开展 HAZOP 分析所需资料应符合第 5.1 条规定。

4.11 对于连续生产的装置（设施），HAZOP 分析应按照工艺流程逐步开展分析；对于间歇生产装置（设施），HAZOP 分析宜按照其操作目的（或操作程序和步骤）开展分析。

4.12 HAZOP 分析应采用安全风险矩阵开展风险评估。所采用的安全风险矩阵、可容许风险、可靠性数据库应依据合同与企业等利益相关方确定，安全风险矩阵、可容许风险、可靠性数据库应在 HAZOP 分析准备阶段予以确定，并在项目的整个执行过程中应予采用。风险矩阵的样式可参考附录 B，可容许风险的样式可参考附录 C，可靠性数据库可参考附录 D 和附录 E。

4.13 HAZOP 会议前应开展初步的分析准备工作。节点划分应进行节点编号，节点编号应具有唯一性。节点划分技术要求和原则应符合第 6.2 条的规定。

4.14 HAZOP 分析应明确分析原则、事故假设的前提和界限。HAZOP 分析原则应符合第 6 章相关规定。

4.15 HAZOP 分析风险评估过程应按照独立保护层的原则确认现有保护措施和提出建议措施。

4.16 工艺包阶段的HAZOP分析建议措施，应优先采用工艺措施，从源头控制危害；设计阶段的HAZOP分析建议措施，应优先采取工程措施，在工程技术条件有限的情况下，可提出有效管理控制措施降低风险；在役装置（设施）的 HAZOP 分析建议措施，应优先采取工程措施，当现场或技术条件有限时，可提出有效的管理控制措施使风险降低至可容许风险。

4.17 针对 HAZOP 分析中需要进一步量化风险的场景，可开展辅助的风险分析。

5 分析准备

5.1 资料收集

5.1.1 建设项目 HAZOP 分析所需设计资料应包括：

a） 工艺流程图（PFD）；
b） 工艺管道及仪表流程图（P&ID）；
c） 公用工程管道仪表流程图（UID）；
d） 工艺流程说明；
e） 涉及危险化学品的化学品物性数据或化学品安全技术说明书（MSDS/SDS）；
f） 设备一览表；
g） 工艺控制及联锁方案或说明文件；
h） 安全联锁因果图或说明文件。

5.1.2 建设项目 HAZOP 分析所需其他资料宜包括：

a） 项目工程设计统一规定；
b） 辅助资料性设计文件（必要时）；
c） 工艺反应风险评估报告（必要时）；
d） 建设项目自然条件；
e） 安全预评价报告和/或安全现状评价报告；
f） 同类/类似装置事故案例或调查报告；
g） 其他需要的技术资料，如已有的风险辨识或安全分析报告等。

5.1.3 辅助性资料性设计文件可包括：

a） 爆炸危险区域划分图；
b） 消防系统的设计依据及说明；

微信搜一搜 HSE中心

c) 泄压、通风和排污系统及公用工程系统的设计数据及说明；
d) 废弃物的处理说明；
e) 设备设计的最大物料储存量；
f) 工艺参数的安全操作范围；
g) 对设计所依据的各项标准或引用资料的说明；
h) 全厂总平面布置图；
i) 装置（单元）设备平面布置图；
j) 物料平衡表；
k) 管道一览表；
l) 设备数据表；
m) 装置界区条件表；
n) 安全设施设计资料，包括安全阀、爆破片、阻火器等安全设施的设计操作参数和工况分析说明。

5.1.4 在役装置（设施）HAZOP 分析所需资料除第 5.1.1 条规定外，应包括：
a) 相关的技术改造和技术措施等变更资料；
b) 相关的联锁、控制和报警参数等变更资料；
c) 装置（设施）的检修记录、维修记录（必要时）；
d) 装置（设施）事故记录及事故调查报告以及异常工艺事件记录（如有）；
e) 装置（设施）的现行操作规程。

5.2 会议准备

5.2.1 开展 HAZOP 分析前，企业应委派 HAZOP 分析项目负责人。HAZOP 分析项目负责人启动 HAZOP 分析工作和计划，包括确定开展 HAZOP 分析的时间，指派 HAZOP 主席或委托 HAZOP 分析单位，选择分析团队，参与 HAZOP 分析策划，提供必需资源。

5.2.2 建设项目的 HAZOP 分析，HAZOP 主席应由非项目设计组的人员担任。

5.2.3 HAZOP 分析项目负责人应与 HAZOP 主席共同策划 HAZOP 分析工作，应至少包括下列内容：
a) 分析目标和范围、分析深度与要求；
b) 分析成员的名单、职责和参会专家需求与推荐；
c) 分析采用的安全风险矩阵和企业可容许风险标准、可靠性数据库来源和说明；
d) 详细的技术资料和参考资料的清单；
e) 管理和进度安排、HAZOP 分析会议日程，包括日期、时间和地点；
f) 要求的记录内容及形式，典型的 HAZOP 分析记录表可参考附录 F；
g) 要求的 HAZOP 分析报告内容及模板，典型的 HAZOP 报告模板可参考附录 G；
h) 交付成果。

5.2.4 不同阶段的 HAZOP 分析团队选用应满足下列要求：
a) 设计阶段 HAZOP 分析团队成员应至少包括本项目工艺、设备、仪表、安全专业设计人员，以及专利商、企业操作代表和企业 HSE 人员，除设备专业设计人员以外，其他人员应全程参与。
b) 设计阶段开展 HAZOP 分析时，工艺专业参会人员应为本项目工艺专业负责人和/或本项目工艺设计人员，仪表专业参会人员应为本项目仪表专业负责人和/或本项目仪表设计人员。
c) 在役装置（设施）HAZOP 分析团队应包括：企业负责具体装置（设施）的工艺、设备、仪表、操作、安全等专业人员，除设备专业人员以外，其他人员应全程参与。
d) 在役装置（设施）开展 HAZOP 分析时，操作代表应熟悉相关的生产装置或设施，宜为班组长以上职务。

e） 在 HAZOP 分析过程中，HAZOP 分析团队成员宜保持不变。

5.2.5 HAZOP 分析项目负责人应按 HAZOP 分析会议召开时间，提前将所需资料准备齐全，并提交 HAZOP 主席。

5.2.6 在 HAZOP 分析会议前，HAZOP 分析主席应依据合同或企业要求明确 HAZOP 分析范围、分析目标和分析阶段、HAZOP 分析的系统边界，以及系统与其他系统之间的界面。

5.2.7 在 HAZOP 分析会议前，HAZOP 主席和 HAZOP 记录员应对准备资料的版次、内容深度及完整性进行检查，确认资料是否满足 HAZOP 分析要求。对于在役装置（设施），HAZOP 主席应要求企业提供与当前运行装置（设施）一致的资料。

5.2.8 在 HAZOP 分析会议开始前，HAZOP 主席应提出适用于本项目的偏差矩阵。偏差矩阵的选用可参考附录 H。

5.2.9 HAZOP 分析会议开始前，HAZOP 主席应确保分析团队成员均已获得分析计划和必要的参考资料。

5.2.10 HAZOP 分析会议开始前，HAZOP 主席应对 HAZOP 分析团队介绍下列内容：

a） HAZOP 分析方法与原则；

b） HAZOP 分析计划；

c） 节点的划分；

d） 选用的偏差矩阵；

e） 选用的安全风险矩阵和说明；

f） 选用的可容许风险；

g） 选用的可靠性数据库及要求。

6 分析技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 HAZOP 分析应对工艺系统中潜在的、由于偏离设计意图而出现的事故场景与可操作性问题进行综合分析与审查。

6.1.2 HAZOP 主席应对节点划分负责。HAZOP 分析开展之前，HAZOP 主席应按节点划分的原则，依据工艺流程和/或操作程序和步骤，将分析范围内的所有工艺流程划入节点。节点划分的原则应满足第 6.2 条的要求。

6.1.3 每个节点开始分析前，工艺专业人员应说明下列内容：

a） 该节点的设计意图和流程；

b） 该节点的主要操作参数和设计参数；

c） 该节点的主要控制方案和联锁逻辑方案；

d） 该节点涉及的操作程序。

6.1.4 HAZOP 分析团队应通过使用引导词和参数构造偏差矩阵，根据所划分节点的工艺特点识别所有的有效偏差并开展分析。偏差确定的原则应满足第 6.3 条的要求。

6.1.5 HAZOP 分析过程中所有的偏差应按分析流程进行分析，原因、后果、安全措施、建议措施、风险等级等记录内容项之间应为一一对应的关系，并能够表达出清晰、完整的事故场景。HAZOP 分析应符合附录 I 的流程。

6.1.6 HAZOP 分析应考虑上下游界面关系，和界面偏离可能造成的影响。

6.1.7 HAZOP 分析过程中的危险辨识与所分析偏差的逻辑推理关系应合理准确，不应遗漏危险场景辨识。

6.1.8 风险评估应准确、可信，并应符合下列规定：

a） 风险评估应根据各事故场景的严重程度等级以及对应的事件频率，按企业安全风险矩阵评估对应事故场景的风险等级，风险评估过程应客观实际且合理可信；

b） 风险评估应考虑保护措施失效以及不同工况下保护措施发挥作用是否充分。当事故场景中的剩余风险等级仍较高时，应进一步提出建议措施降低风险，以满足最终风险等级符合尽可能合理降低（ALARP）的准则。

6.1.9 建议措施应满足下列要求：

a） 针对性：应针对所分析的事故场景，通过改进设计、操作规程，增加或修改安全保护措施等手段降低风险等级；

b） 有效性：应有效降低事故场景发生的频率和/或降低事故剧情的后果严重度，以降低风险等级；

c） 可靠性：应具有较低的失效率，能有效降低事故发生频率；

d） 可行性：技术应可行且经济合理。

6.1.10 HAZOP 分析会议记录应向分析组全体人员公开，并由每个参会人员签字确认。参会人员应包括全程或部分参加会议的所有人员。

6.1.11 HAZOP 分析会议结束后，HAZOP 主席应负责组织 HAZOP 分析团队编写分析报告，汇总、统计建议措施项。

6.1.12 HAZOP 的分析案例模板可参考附录 K。

6.2 节点划分

6.2.1 节点的大小应基于系统的复杂性和危险的严重程度。

6.2.2 宜根据工艺功能和/或操作目的划分节点。关键设备应单独作为节点，附属的管线和设施宜划入同一节点。

6.2.3 节点划分应能体现完整独立的工艺意图。

6.2.4 节点划分应全面覆盖要求范围内的工艺过程或操作程序。

6.2.5 节点划分应涵盖所有设备、管线、仪表。

6.2.6 每个节点的范围应包括工艺流程中的一个或多个功能系统。

6.2.7 对于间歇操作的工艺流程，HAZOP 分析节点宜按操作程序或步骤进行划分。

6.2.8 节点的描述应至少包含下列内容：

a） 包括工艺流程简单说明、主要设备位号等的工艺描述；

b） 关键设计和操作参数、特殊操作工况等。

6.2.9 应在 P&ID 图中标识节点划分范围，并标注节点编号。

6.3 偏差确定

6.3.1 应针对每一个节点考虑所有可能的偏差。HAZOP 主席宜根据实际工况完善和修改偏差矩阵。

6.3.2 对于引导词+参数组成的偏差，参数应包含具体参数和概念性参数，应根据工艺实际条件选用具体参数和概念性参数。

6.3.3 应在理解工艺意图的基础上，根据偏差矩阵，识别和分析有效偏差，偏差应能覆盖全部工艺过程。

6.3.4 详细偏差应在节点内寻找。

6.3.5 描述或记录详细偏差时，应为实际运行工况出现的偏差，非测量仪表的测量值偏差。

6.3.6 对可能产生偏差的管线和设备应单独确定偏差。

6.3.7 对间歇操作，应将时间或顺序等纳入参数选用范围，或使用操作步骤构成有效偏差进行分析。

6.3.8 对安全关键性程序开展 HAZOP 分析时，其引导词的意义与常规引导词有所不同，应辨识操作

微信搜一搜 HSE中心

程序的变化对设备及系统的影响。

6.3.9 偏差描述应满足下列要求：

a） 应记录所有可能的偏差；

b） 应明确具体管路或设备，标明名称或位号；

c） 应说明某具体的操作步骤的偏差。

6.4 原因分析

6.4.1 偏差原因应写直接原因。

6.4.2 原因的查找或辨识应全面。

6.4.3 查找出的原因应逐条表述，不应全部表述在同一行。

6.4.4 记录原因时，应清楚写明从原因到详细偏差的逻辑关系。

6.4.5 不宜将偏差当原因，如有确需偏差当原因的情况，应在该原因处标注说明，以便进一步追踪。

6.4.6 原因与偏差应一一对应。同一偏差对应多个原因的情景，分析过程的记录应确保其一一对应。

6.4.7 原因的频率数据可采用企业可靠性数据库，也可参考典型的原因频率数据（附录 D）。可根据企业的具体条件对数据进行修正，根据附录 D 修正后的可靠性数据可作为企业适用的可靠性数据库。

6.5 后果分析

6.5.1 考虑后果时应全系统性考虑，分析所有可能的后果。

6.5.2 后果应是不考虑任何保护措施所可能造成的结果。查找后果的顺序应为原因-偏差-后果。

6.5.3 记录后果时应注明详细偏差到后果的逻辑关系，应记录每一个原因对应的偏差的所有后果。后果应能落实到与风险矩阵对应的量化的损失。

6.5.4 记录后果时应分开表述，不同后果不应写在一行内。

6.5.5 如出现偏差当后果的情况，应在该后果后面标注参见的内容，以便于进一步追踪。

6.6 现有安全措施

6.6.1 应针对某一原因造成偏离导致的事故后果，识别现有安全措施。

6.6.2 寻找和选用现有安全措施时应系统性考虑。

6.6.3 现有安全措施应与原因、偏差、后果一一对应。

6.6.4 应优先按照独立保护层（IPL）的原则寻找，只有独立保护层才能进行风险的削减。独立保护层要求时的失效概率（PFD）可采用企业可靠性数据库。典型的独立保护层说明及风险降低能力可参考附录 E。

6.6.5 独立保护层（IPL）应独立于原因和其他独立保护层。

6.6.6 如确需管理措施作为安全措施降低风险，应注明管理措施满足独立保护层（IPL）的依据或记录。

6.6.7 以下管理措施由于可能会影响有关独立保护层的要求时的失效概率（PFD），故不宜作为独立保护层（IPL）使用：

a） 培训及取证：在确定操作人员行动的要求时的失效概率（PFD）时，需要考虑这些因素，但是他们本身不是独立保护层（IPL）；

b） 程序：在确定操作人员行动的要求时的失效概率（PFD）时，需要考虑这些因素，但是他们本身不是独立保护层（IPL）；

c） 正常的测试和检测：正常的测试和检测将影响某些独立保护层（IPL）的要求时的失效概率（PFD），延长测试和检测周期可能增加独立保护层（IPL）的要求时的失效概率（PFD）；

d） 维护：维护活动将影响某些独立保护层（IPL）的要求时的失效概率（PFD）；

微信搜一搜 HSE中心

e） 通信：差的通信将影响某些独立保护层（IPL）的要求时的失效概率（PFD）；

f） 标识：标识自身不是独立保护层（IPL），标识可能不清晰、模糊、容易被忽略等，标识可能影响某些独立保护层（IPL）的要求时的失效概率（PFD）；

g） 火灾保护：火灾保护的可用性和有效性受到所包围的火灾/爆炸的影响，如果在特定的场景中，企业能够证明它满足独立保护层（IPL）的要求，则可将其作为独立保护层（IPL）。

6.6.8 记录现有安全措施时，应按本质安全设计、基本过程控制（BPCS）、有效报警与人员响应、安全仪表功能、物理保护、释放后保护措施及工厂或社区应急响应等措施分类描述。

6.6.9 建设项目现有安全措施应有书面依据，在役装置（设施）现有安全措施应为现场实际投用或执行的措施，且应具有有效性。

6.6.10 安全措施的记录应明确设备或设施位号、仪表位号。

6.7 风险评估

6.7.1 对偏差导致的每一种后果，均应按安全风险矩阵进行风险评估。

6.7.2 应分别判定事故场景的发生频率、后果的严重程度等级、使能条件频率（如有），评估事故场景的初始风险，并做记录。

6.7.3 应根据现有安全措施评估剩余风险、确认可容许风险和评估最终风险，并做记录。

6.7.4 如剩余风险高于企业可容许风险，应提出建议措施降低风险，直至满足可容许风险要求。

6.7.5 最终风险应符合尽可能合理降低（ALARP）的准则，且不应高于企业可容许风险。

6.7.6 HAZOP 分析过程中采用的事件频率应结合可靠性数据库和装置（设施）的实际运行情况进行判断和调整。

6.7.7 由某一原因造成偏离导致的事故场景，其发生的最终可能性应按式（6.7.7）表示。

$$F = F_{\mathrm{I}} \times F_{\mathrm{IPL}} \times F_{\mathrm{M}} \quad \cdots\cdots (6.7.7)$$

式中：

F——最终可能性；

F_{I}——原因的频率；

F_{IPL}——独立保护层失效频率；

F_{M}——使能条件或修正因子频率。

6.7.8 后果的严重性应根据装置（设施）的实际情况判定，对 HAZOP 分析会上不能明确界定后果、剩余风险的高风险事件，应后续进行专项分析确定后果。

6.8 建议措施

6.8.1 应根据现有的安全措施及风险评估结果，结合企业可容许风险，确定是否提出建议措施。

6.8.2 建议措施应系统性考虑，应与原因、偏差、后果一一对应。

6.8.3 经过建议措施削减后的最终风险应满足可容许风险。

6.8.4 建议措施应能起到减缓后果的严重程度和/或降低发生的可能性的作用。

6.8.5 建议措施应为基于风险分析和技术的可行性得出的建议措施。

6.8.6 建议措施应明确具体要求和目的，有可执行性。

6.8.7 应按下列给出的优先顺序选择建议措施：

a） 独立保护层（IPL）；

b） 非独立保护层；

c） 管理措施。

6.8.8 如分析过程出现无法明确的问题，应提出开展下一步工作的建议。

7 质量要求

7.1 分析团队要求

7.1.1 HAZOP 主席应具备下列能力：

a） 具有领导安全审查分析团队的能力；
b） 熟悉 HAZOP 分析程序和审查方法；
c） 熟悉石油化工工艺知识，具有工艺安全经验；
d） 具有主持审查会议的经验技巧；
e） 具有 HAZOP 分析业绩。

7.1.2 HAZOP 主席应履行下列职责：

a） 参与制定 HAZOP 分析计划；
b） 进行 HAZOP 分析准备；
c） 协同 HAZOP 分析项目负责人确定分析 HAZOP 团队成员；
d） 对 HAZOP 分析团队开展 HAZOP 分析方法培训；
e） 主持 HAZOP 分析会议；
f） 根据需求划分节点，并带领 HAZOP 分析团队完成 HAZOP 分析工作；
g） 主持 HAZOP 分析会议，当 HAZOP 分析团队无法达成一致意见时，HAZOP 主席应决定解决方案；
h） 指导 HAZOP 记录员对 HAZOP 分析过程进行记录，并确认记录完整、准确；
i） 对 HAZOP 分析报告负责。

7.1.3 HAZOP 分析记录员应履行下列职责：

a） 记录 HAZOP 分析过程，对记录的准确性和完整性负责；
b） 协助 HAZOP 主席整理 HAZOP 分析报告。

7.1.4 工艺工程师应履行下列职责：

a） 负责介绍工艺流程以及对相关的控制和联锁控制方案说明，解答工艺问题，协助查找相关资料或数据，参与讨论；
b） 协调工艺专业人员落实 HAZOP 分析提出的与本专业有关的意见和建议。

7.1.5 安全工程师应履行下列职责：

a） 为 HAZOP 分析会议提供安全方面的信息，并参与讨论；
b） 协调和管理 HAZOP 分析报告所提意见和建议的落实。

7.1.6 仪表工程师应履行下列职责：

a） 配合 HAZOP 分析的进行，负责提供工艺控制和安全仪表系统等方面的信息；
b） 协调仪表专业人员落实 HAZOP 分析提出的与本专业有关的意见和建议。

7.1.7 设备工程师应履行下列职责：

a） 配合 HAZOP 分析的进行，负责提供设备及其控制等方面的信息；
b） 协调设备专业人员落实 HAZOP 分析提出的与本专业有关的意见和建议。

7.1.8 企业操作代表（操作人员）应履行下列职责：

a） 负责解释流程、操作目的及步骤、应急处理方法等操作方面的问题。当 P&ID 与现场实际情况不符时，应识别出来，并说明现场改造情况。
b） 协调相关操作人员落实并完成 HAZOP 分析报告提出的有关安全操作的要求。

7.1.9 技术提供方代表（专利商）应履行下列职责：

a） 负责对专利技术提供解释并提供有关安全信息；

b） 参与制定改进方案。

7.1.10 HAZOP 分析参会其他人员应履行下列职责：

a） 接受 HAZOP 分析方法培训；

b） 参加 HAZOP 分析会议时，其他专业人员应从各自专业的角度提出偏差产生的原因、导致的后果，识别安全措施，评估风险，并提出建议措施；

c） 与 HAZOP 分析团队就 HAZOP 分析结论达成一致意见并落实 HAZOP 分析报告中与本专业有关的意见和建议。

7.2 分析质量与控制

7.2.1 HAZOP 分析报告（见附录 F）应包括下列内容：

a） 项目背景概况；

b） HAZOP 分析目标与分析范围说明；

c） 工艺流程简述；

d） 主要控制系统说明及联锁说明；

e） HAZOP 分析方法简介；

f） 采用的风险矩阵及说明；

g） 可容许风险标准；

h） 主要工艺单元危险性控制的建议措施总结；

i） 附件，可包括 HAZOP 分析记录表、HAZOP 分析技术资料清单、带节点标注的 P&ID 等。

7.2.2 HAZOP 分析报告的形式应满足下列要求：

a） 输入资料应完整，包括资料来源、HAZOP 分析团队人员组成、流程说明、选用的偏差、已有安全措施、风险评估（分级）等过程信息；

b） HAZOP 分析团队应根据分析过程以及分析提炼出的结果，准确记录；

c） HAZOP 分析记录表中的内容描述应清晰完整，各记录项之间的关系应一一对应，能后续管理跟踪；

d） HAZOP 分析内容可作为改进设计或生产方式、完善操作程序与维修程序以及编制针对性应急指南或预案的基础材料。

7.2.3 HAZOP 分析报告的技术内容应满足下列要求：

a） 内容应与分析的工艺技术特点相符合；

b） 节点划分应合理，节点描述应准确，符合第 6.2 条的规定；

c） 偏差确定应符合实际情况，全面和合理，符合第 6.3 条的规定；

d） 原因后果应可信和完整，符合第 6.4 条和第 6.5 条的规定；

e） 现有保护措施应符合第 6.6 条的规定；

f） 风险辨识应充分，风险评估应客观、合理可信，符合第 6.7 条的规定；

g） 建议措施应合理可靠，符合第 6.8 条的规定。

7.2.4 HAZOP 分析团队成员应对分析报告初稿进行审阅，并根据 HAZOP 分析团队成员反馈意见进行修改。HAZOP 分析报告终稿应经所有 HAZOP 分析团队成员确认。

7.2.5 HAZOP 分析资料提供方应确保提供资料的真实性、准确性、一致性。HAZOP 分析报告的分析内容及结果仅适用于当前版本的图纸及资料。

微信搜一搜
HSE中心

7.3 审查要求

7.3.1 HAZOP 分析报告质量审查包括形式审查和技术审查。

7.3.2 HAZOP 分析报告形式审查宜从 HAZOP 分析资源的合理性、HAZOP 分析执行过程的系统性以及 HAZOP 分析最终报告的完整性等几个方面进行审查：

a） HAZOP 分析团队人员组成和能力要求按第 5.2.4 条和第 7.1 条；

b） HAZOP 分析所用技术资料齐全而且可靠，要求按第 5.1 条；

c） HAZOP 分析工作表记录清晰完整，要求按第 6 章；

d） HAZOP 分析报告的形式和技术内容按第 7.2 条。

7.3.3 HAZOP 分析报告技术审查应结合 HAZOP 分析工艺技术特点，从技术层面判断 HAZOP 分析的准确性、合理性和完整性，以及针对潜在的安全风险辨识的充分性。HAZOP 分析方法的正确应用主要包括但不限于下列几个方面：

a） 节点划分的合理性和节点描述的准确性；

b） 偏差确定的全面性和合理性；

c） 原因和后果分析的针对性、逻辑性、充分性与可信性；

d） 现有安全措施的有效性、独立性；

e） 风险分析的合理性；

f） 建议措施的可靠性和可行性。

微信搜一搜
HSE中心

附 录 A
（规范性）
HAZOP 分析工作流程

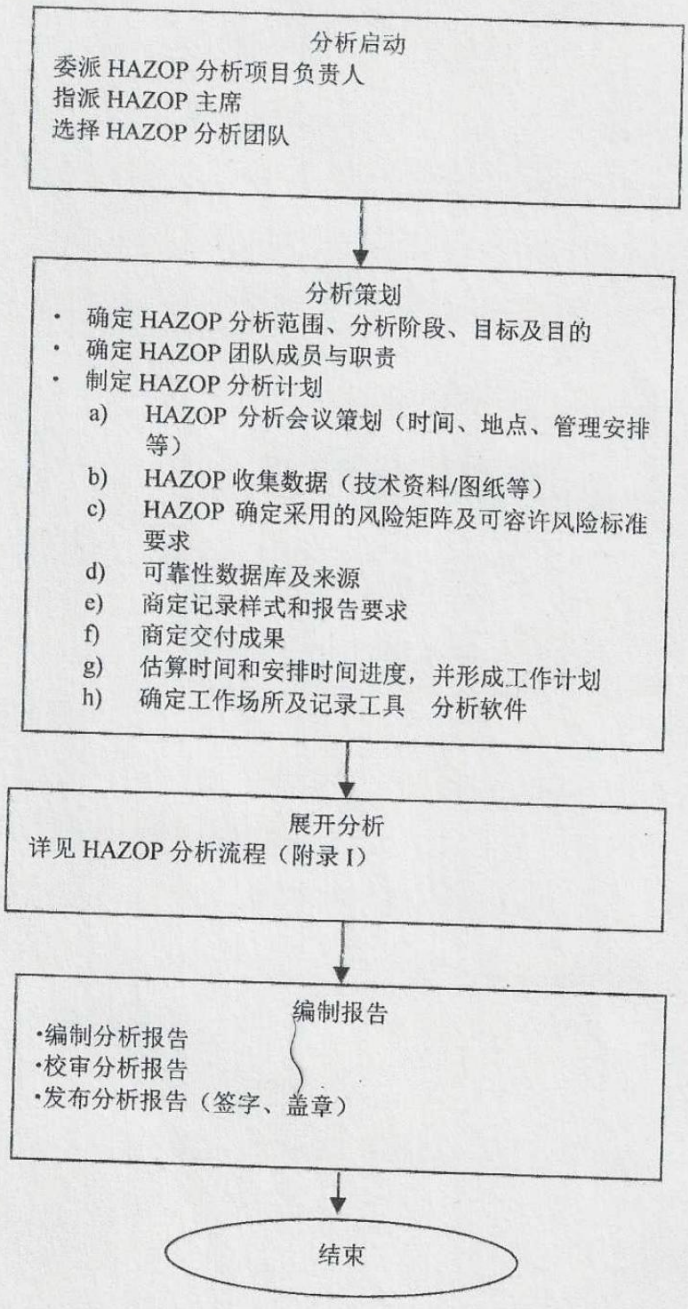

图 A HAZOP 分析工作流程

附 录 B
（资料性）
安全风险矩阵示例

B.1 安全风险矩阵见表 B.1。

表 B.1 安全风险矩阵

安全风险矩阵		发生的可能性等级--从不可能到频繁发生 ⟹							
		1	2	3	4	5	6	7	8
事故严重性等级（从轻到重）⇓	后果等级	类似的事件没有在石油石化行业发生过，且发生的可能性极低	类似的事件没有在石油石化行业发生过	类似事件在石油石化行业发生过	类似的事件在本集团曾经发生过	类似的事件在本企业相似设备设施（使用寿命内）或相似作业活动中发生过	在设备设施（使用寿命内）或相同作业活动中发生过1或2次	在设备设施（使用寿命内）或相同作业中发生过多次	在设备设施或相同作业活动中经常发生（至少每年发生）
		≤10^{-6}次/年	10^{-6}–10^{-5}次/年	10^{-5}–10^{-4}次/年	10^{-4}–10^{-3}次/年	10^{-3}–10^{-2}次/年	10^{-2}–10^{-1}次/年	10^{-1}–1次/年	>1次/年
	A	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	B	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
	C	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	D	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
	E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
	F	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
	G	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8

表 B.1 内容说明：

a） 伤害后果需要考虑健康与安全影响、财产损失影响、非财务与社会影响三类，按严重性从轻微到特别重大分为 7 个等级，依次 A、B、C、D、E、F 和 G，后果严重性等级分类详见表 B.2-1，其中重伤标准、事故直接经济损失按相关规定执行。

b） 伤害后果发生的可能性从低到高分为 8 个等级，依次为 1、2、3、4、5、6、7 和 8，可能性分级详见表 B.2-2。

c） 对于某风险的具体风险等级，应取三种后果中最高的风险等级，采用后果严重性等级的代表字母和可能性等级数字组合表示。例如：当后果等级为 A，可能性等级为 7 时，其对应的风险等级为 A7。

d） 风险级别分为重大风险、较大风险、一般风险和低风险 4 个级别。

e） 可容许风险（Tolerable Risk）是尽可能合理降低（ALARP）区域的上限值，当超过该值时，风险属于不可容忍的风险。

B. 2 后果严重性分级见表 B.2-1，可能性等级见表 B.2-2。

表 B. 2-1 后果严重性分级表

后果等级	健康和安全影响（人员损害）	财产损失影响	非财务性影响与社会影响
A	轻微影响的健康/安全事故： 1. 急救处理或医疗处理，但不需住院，不会因事故伤害损失工作日； 2. 短时间暴露超标，引起身体不适，但不会造成长期健康影响	事故直接经济损失在 10 万元以下	能够引起周围社区少数居民短期内不满、抱怨或投诉（如抱怨设施噪声超标）
B	中等影响的健康/安全事故： 1. 因事故伤害损失工作日； 2. 1 至 2 人轻伤	直接经济损失 10 万元以上，50 万元以下；局部停车	1. 当地媒体的短期报道； 2. 对当地公共设施的日常运行造成干扰（如导致某道路在 24 小时内无法正常通行）
C	较大影响的健康/安全事故： 1. 3 人以上轻伤或 1 至 2 人重伤（包括急性工业中毒，下同）； 2. 暴露超标，带来长期健康影响或造成职业相关的严重疾病	直接经济损失 50 万元及以上，200 万元以下；1 至 2 套装置停车	1. 存在合规性问题，不会造成严重的安全后果或不会导致地方政府相关监管部门采取强制性措施； 2. 当地媒体的长期报道； 3.在当地造成不利的社会影响，对当地公共设施的日常运行造成严重干扰
D	较大的安全事故，导致人员死亡或重伤： 1. 界区内 1 至 2 人死亡或 3 至 9 人重伤； 2. 界区外 1 至 2 人重伤	直接经济损失 200 万元以上，1000 万元以下；3 套及以上装置停车；发生局部区域的火灾爆炸	1. 引起地方政府相关监管部门采取强制性措施； 2. 引起国内或国际媒体的短期负面报道
E	严重的安全事故： 1. 界区内 3 至 9 人死亡或 10 人及以上，50 人以下重伤； 2. 界区外 1 至 2 人死亡或 3 至 9 人重伤	事故直接经济损失 1000 万元以上，5000 万元以下；发生失控的火灾或爆炸	1. 引起国内或国际媒体长期负面关注； 2. 造成省级范围内的不利社会影响；对省级公共设施的日常运行造成严重干扰； 3. 引起了省级政府相关部门采取强制性措施； 4. 导致失去当地市场的生产、经营和销售许可证

表 B. 2-1　后果严重性分级表（续）

后果等级	健康和安全影响（人员损害）	财产损失影响	非财务性影响与社会影响
F	非常重大的安全事故，将导致工厂界区内或界区外多人伤亡： 1. 界区内 10 人及以上，30 人以下死亡或 50 人及以上，100 人以下重伤； 2. 界区外 3 至 9 人死亡或 10 人及以上，50 人以下重伤	事故直接经济损失 5000 万元以上，1 亿元以下	1. 引起了国家相关部门采取强制性措施； 2. 在全国范围内造成严重的社会影响； 3. 引起国内国际媒体重点跟踪报道或系列报道
G	特别重大的灾难性安全事故，将导致工厂界区内或界区外大量人员伤亡： 1. 界区内 30 人及以上死亡或 100 人及以上重伤； 2. 界区外 10 人及以上死亡或 50 人及以上重伤	事故直接经济损失 1 亿以上	1. 引起国家领导人关注，或国务院、相关部委领导作出批示； 2. 导致吊销国际国内主要市场的生产、销售或经营许可证； 3. 引起国际国内主要市场上公众或投资人的强烈愤慨或谴责

表 B. 2-2　发生的可能性等级分级表

可能性分级	可能性描述	发生的频率 F（次/年）
1	类似的事件没有在石油石化行业发生过，且发生的可能性极低	$\leqslant 10^{-6}$
2	类似的事件没有在石油石化行业发生过	$10^{-5} \geqslant F > 10^{-6}$
3	类似事件在石油石化行业发生过	$10^{-4} \geqslant F > 10^{-5}$
4	类似的事件在本企业曾经发生过	$10^{-3} \geqslant F > 10^{-4}$
5	类似的事件在本企业相似设备设施（使用寿命内）或相似作业活动中发生过	$10^{-2} \geqslant F > 10^{-3}$
6	在设备设施（使用寿命内）或相同作业活动中发生过 1 或 2 次	$10^{-1} \geqslant F > 10^{-2}$
7	在设备设施（使用寿命内）或相同作业中发生过多次	$1 \geqslant F > 10^{-1}$
8	在设备设施或相同作业活动中经常发生（至少每年发生）	>1

B. 3　风险等级说明见表 B.3。

表 B. 3　风险等级说明

风险级别	风险水平	风险等级
低风险	广泛可接受的风险	A1　A2　A3　A4　A5　A6 B1　B2　B3　B4　B5 C1　C2　C3　C4 D1　D2 E1
一般风险	容忍的风险（ALARP 区）	A8　A7 B7　B6 C6　C5 D4　D3 E3　E2 F2　F1 G1

表 B.3　风险等级说明（续）

风险级别	风险水平	风险等级
较大风险	高风险，不可容忍的风险	B8 C7　C8 D5　D6 E4　E5 F3　F4 G2　G3
重大风险	非常高的风险，不可容忍风险	D7 E6 F5 G4
	极其严重的风险，不可容忍的风险	D8 E7　E8 F6　F7　F8 G5　G6　G7　G8

附 录 C
（资料性）
风险可容许标准示例

表 C 可容许风险标准示例

后果等级	可容许风险，次/年		
	健康和安全影响	财产损失影响	非财务性影响与社会影响
A	$\leqslant 10^{-1}$	$\leqslant 10^{-1}$	$\leqslant 10^{-1}$
B	$\leqslant 10^{-2}$	$\leqslant 10^{-1}$	$\leqslant 10^{-1}$
C	$\leqslant 10^{-3}$	$\leqslant 10^{-2}$	$\leqslant 10^{-2}$
D	$\leqslant 10^{-5}$	$\leqslant 10^{-4}$	$\leqslant 10^{-4}$
E	$\leqslant 10^{-6}$	$\leqslant 10^{-5}$	$\leqslant 10^{-5}$
F	$\leqslant 10^{-7}$	$\leqslant 10^{-6}$	$\leqslant 10^{-6}$
G	$\leqslant 10^{-7}$	$\leqslant 10^{-6}$	$\leqslant 10^{-6}$

附 录 D
（资料性）
初始事件（IE）典型频率值

表D 初始事件（IE）典型频率值

分类	初始事件（IE）	频率	单位
阀门	1）单向阀完全失效	1	次/年
	2）单向阀卡涩	1×10^{-2}	次/年
	3）单向阀内漏（严重）	1×10^{-5}	次/年
	4）垫圈或填料泄漏	1×10^{-2}	次/年
	5）安全阀误开或严重泄漏	1×10^{-2}	次/年
	6）调节器失效	1×10^{-1}	次/年
	7）电动或气动阀门误动作	1×10^{-1}	次/年
容器和储罐	1）压力容器灾难性失效	1×10^{-5}～1×10^{-7}	次/年
	2）常压储罐失效	1×10^{-3}～1×10^{-5}	次/年
	3）过程容器沸腾液体扩展蒸气云爆炸（BLEVE）	1×10^{-6}	次/年
	4）球罐沸腾液体扩展蒸气云爆炸（BLEVE）	1×10^{-4}	次/年
	5）容器小孔（≤50mm）泄漏	1×10^{-3}	次/年
公用工程	1）冷却水失效	1×10^{-1}	次/年
	2）断电	1	次/年
	3）仪表风失效	1×10^{-1}	次/年
	4）氮气（惰性气体）系统失效	1×10^{-1}	次/年
管道和软管	1）泄漏（法兰或泵密封泄漏）	1	次/年
	2）弯曲软管微小泄漏	1	次/年
	3）弯曲软管大量泄漏	1×10^{-1}	次/年
	4）中口径（≤150mm）管道大量泄漏	1×10^{-5}	次/年
	5）大口径（>150mm）管道大量泄漏	1×10^{-6}	次/年
	6）管道小泄漏	1×10^{-3}	次/年
	7）管道破裂或大泄漏	1×10^{-5}～1×10^{-6}	次/年
操作维修	1）操作维修加锁加标记（LOTO）规定没有遵守	1×10^{-3}	次/年
操作失误	1）无压力下的操作失误（常规操作）	1×10^{-1}	次/年
	2）有压力下的操作失误（开停车、报警）	1	次/年
机械故障	1）泵体坏（材质变化）	1×10^{-3}	次/年
	2）泵密封失效	1×10^{-1}～1×10^{-2}	次/年
	3）有备用系统的泵和其他转动设备失去流量	1×10^{-1}	次/年
	4）透平驱动的压缩机停转	1	次/年

表 D　初始事件（IE）典型频率值（续）

分类	初始事件（IE）	频率	单位
机械故障	5）冷却风扇或扇叶停转	1×10^{-1}	次/年
	6）电机驱动的泵或压缩机停转	1×10^{-1}	次/年
	7）透平或压缩机超载或外壳开裂	1×10^{-3}	次/年
	8）涡轮/柴油发动机超速，外套破裂	1×10^{-3}～1×10^{-4}	次/年
仪表	BPCS（基本过程控制系统）回路失效	1×10^{-1}	次/年
外部事件	1）雷电击中	1×10^{-3}～1×10^{-4}	次/年
	2）外部火灾	1×10^{-1}～1×10^{-2}	次/年
	3）易燃蒸气云爆炸	1×10^{-3}	次/年
	4）第三方破坏（挖掘机、车辆等外部影响）	1×10^{-2}～1×10^{-4}	次/年

附 录 E
（资料性）
典型独立保护层（IPL）与要求时的平均失效概率（PFDavg）对应关系

表 E 典型独立保护层（IPL）与要求时的平均失效概率（PFDavg）对应关系

独立保护层（IPL）		说明 （假设具有完善的设计基础、充足的检测和维护程序、良好的培训）	保护层要求时的平均失效概率（PFDavg）
本质安全设计		如果正确执行，将大大地降低相关场景后果的频率	1×10^{-1}～1×10^{-6}
BPCS		如果与 IE 无关，BPCS 可作为一种 IPL	1×10^{-1}～1×10^{-2}
关键报警和人员响应	人员行动，有 10min 的响应时间	行动应具有单一性和可操作性	1.0～1×10^{-1}
	人员对 BPCS 指示或报警的响应，有 40min 的响应时间		1×10^{-1}
	人员行动，有 40min 的响应时间		1×10^{-1}～1×10^{-2}
安全仪表功能	安全仪表功能回路等级 SIL1	见 GB/T21109	≥1×10^{-2}～<1×10^{-1}
	安全仪表功能回路等级 SIL2		≥1×10^{-3}～<1×10^{-2}
	安全仪表功能回路等级 SIL3		≥1×10^{-4}～<1×10^{-3}
物理保护	安全阀	此类系统有效性对服役的条件比较敏感	1×10^{-1}～1×10^{-5}
	爆破片		1×10^{-1}～1×10^{-5}
释放后保护措施	防火堤	降低由于储罐溢流、断裂、泄漏等造成严重后果的频率	1×10^{-2}～1×10^{-3}
	地下排污系统	降低由于储罐溢流、断裂、泄漏等造成严重后果的频率	1×10^{-2}～1×10^{-3}
	开式通风口	防止超压	1×10^{-2}～1×10^{-3}
	耐火涂层	减少热输入率，为降压、消防等提供额外的响应时间	1×10^{-2}～1×10^{-3}
	防爆墙/舱	限制冲击波，保护设备 / 建筑物等，降低爆炸重大后果的频率	1×10^{-2}～1×10^{-3}
	阻火器或防爆器	如果安装和维护合适，这些设备能够防止通过管道系统进入容器或储罐内的潜在回火	1×10^{-1}～1×10^{-3}
	遥控式紧急切断阀	切断物料，防止事故发生或事故后果扩大	1×10^{-1}～1×10^{-2}

附 录 F
（资料性）
HAZOP 分析记录表

表 F HAZOP 分析记录表

公司名称		装置名称		日期	
工艺单元		分析组成员		图纸号	
分析节点					
节点描述					

序号	参数	引导词	偏差	可能原因	后果	使能条件或修正因子	初始风险			现有安全措施	剩余风险*			建议措施	最终风险*		
							人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响
1																	
注：*表示最终风险原则上应满足企业可容许风险的要求。																	

附 录 G
（资料性）
HAZOP 报告模板

G.1 HAZOP 分析报告封面如图 G.1 所示。

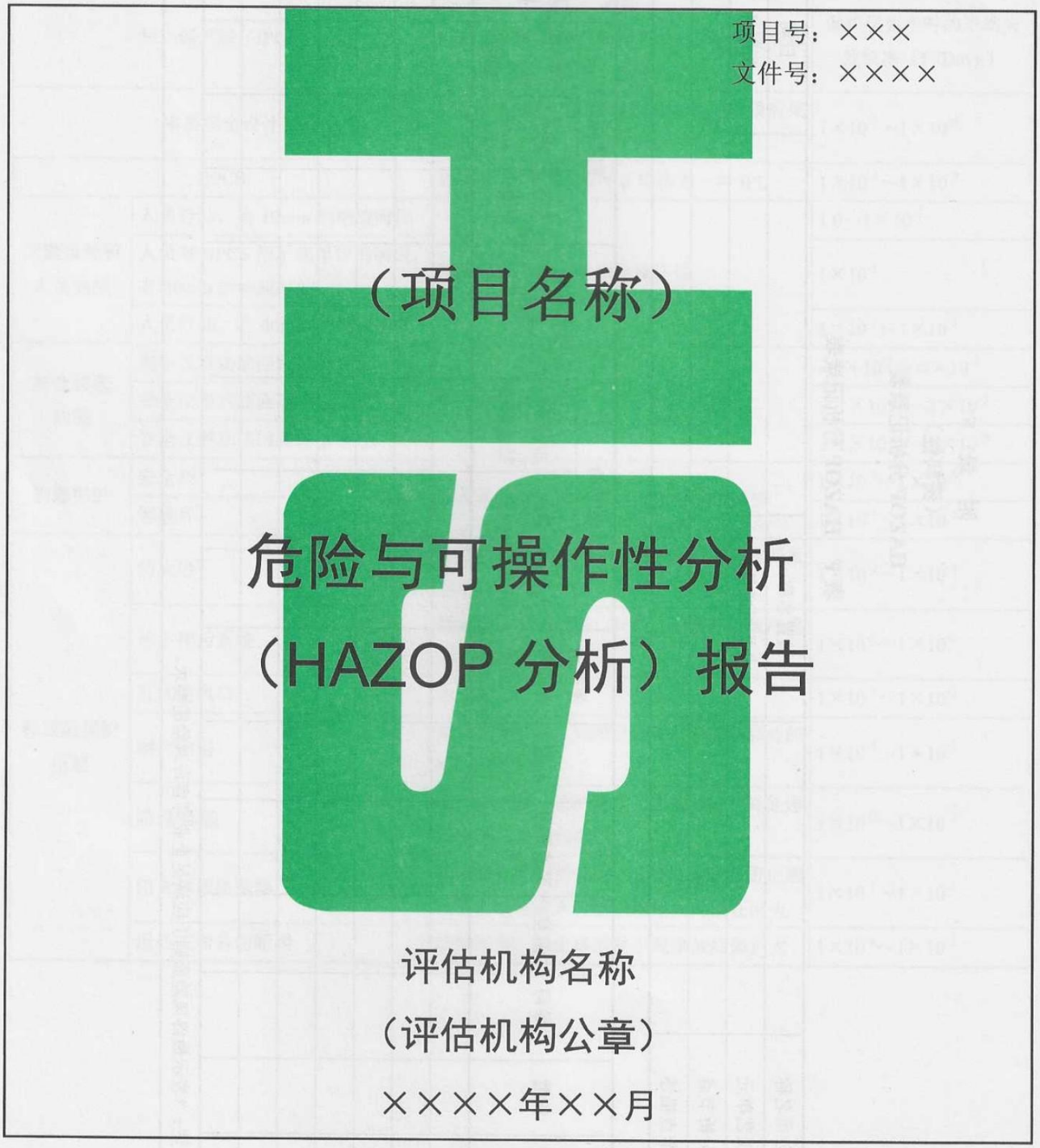

图 G.1 HAZOP 分析报告封面

微信搜一搜
HSE中心

G.2 人员名单页如下：

HAZOP 主席：

HAZOP 分析报告编制人：

HAZOP 分析报告校核人：

HAZOP 分析报告审核人：

HAZOP 分析会议参会人员名单：

至少包括姓名、公司、专业等，详见签到表。

G.3 HAZOP 分析报告典型的章节编排格式如下：

1 项目背景

2 工艺部分

2.1 工艺流程说明

2.2 主要控制系统说明及联锁说明

3 HAZOP 分析目标及范围

3.1 HAZOP 分析目标

3.2 HAZOP 分析范围

3.3 HAZOP 分析阶段

4 HAZOP 分析方法

4.1 HAZOP 分析步骤

4.2 HAZOP 分析术语

4.3 HAZOP 分析资料和依据

4.4 HAZOP 分析节点划分

HAZOP 分析节点划分如表 1 所示。

表 1 ×××项目 HAZOP 分析节点

节点编号	节点名称	节点描述
1		
2		
…		

4.5 采取安全风险矩阵及说明

4.6 风险可容许标准

5 HAZOP 分析建议措施总结/建议项清单

HAZOP 分析建议项清单如表 2 所示。

表 2 HAZOP 分析建议项清单

序号	节点编号	建议措施
1		
2		
…		

6 HAZOP 分析会议签到表

HAZOP 分析会议签到表如表 3 所示。

微信搜一搜 HSE中心

表 3　×××项目 HAZOP 分析会议签到表

HAZOP 分析会议签到表					
项目名称					
日期					
序号	姓名	工作单位	工作部门	专业	备注

7　附件

7.1　HAZOP 分析记录表

7.2　技术资料清单

7.3　带节点标注的 P&ID

附 录 H
（资料性）
偏差矩阵

H.1 具体参数的偏差矩阵见表 H.1。

表 H.1 具体参数的偏差矩阵

序号	引导词	具体参数	说明
1	无	流量	进入管线或容器的流量无
2	过高		进入管线或容器的流量过高
3	过低		进入管线或容器的流量过低
4	伴随		进入管线或容器的流体掺入杂质
5	部分		进入管线或容器的流体缺少某种物质
6	异常		进入管线或容器的流体完全替代、跑错料
7	相反		进入管线或容器的流体反向流动
8	过高	压力	1. 设备中压力过高； 2. 对于降压管线、排放管线，应考察异常情况下可能存在的高压串低压，或者阀门等设施的压力等级选取未考虑异常工况的危险
9	过低		设备中压力过低
10	真空		设备压力为负压
11	过高	液位/界位/料位	容器中液位/界位/料位过高
12	过低		容器中液位/界位/料位过低
13	无		容器中无液位/界位/料位无
14	过高	温度	设备中温度过高
15	过低		设备中温度过低
16	伴随	组分	物质的组分掺入杂质
17	伴随	相态	异常的两相或多相
18	过多	重量	容器的重量过多
19	过少		容器的重量过少
20	无	（转动设备，如搅拌器）转速/速率	设备无转动/转速/速率
21	过多		转速/速率快
22	过少		转速/速率慢
23	过多	pH 值	溶液显碱性
24	过少		溶液显酸性
25	无	步骤	没有执行此步骤
26	部分		部分执行此步骤
27	伴随		执行此步骤时执行了其他的内容
28	异常		执行此步骤时出现混乱
29	早		执行此步骤过快
30	晚		执行此步骤过慢
31	先		优先执行此步骤
32	后		过后执行此步骤

H.2　概念性参数的偏差矩阵见表 H.2。

表 H.2　概念性参数的偏差矩阵

序号	概念性参数	说明
1	腐蚀	腐蚀工况造成的材质减薄速度过快。考察当前节点中是否存在腐蚀工况，所采取的措施是否足够
2	泄漏	内漏和外漏
3	仪表	节点中仪表、自控、联锁方面的缺陷。 仪表的审查是对具体参数的一个补充。主要考虑以下方面： 1. 仪表故障安全模式，如在出现空气或信号故障时，控制阀能否实现上下游管线设备都处于安全状态； 2. 仪表选型，如易聚合/腐蚀的物料的仪表选型； 3. 仪表设置，如仪表的设置是否会导致上游或下游管道或设备超载（超压、过热或过冷）； 4. 可操作性问题，如安全仪表系统是否与基本过程控制系统充分独立； 5. 仪表是否需要在线维护，有 SIL 等级的仪表是否满足其维护要求
4	材料分界	材料分界主要关注由于物料的变化而导致对材质要求的改变，这种情况下选材不当，如： 1. 物料的状态是否发生改变，如液态丙烯降压气化； 2. 是否发生了反应，如反应生成硫化氢和水； 3. 是否添加其他物料，如对带有硫化氢的气体进行水洗
5	维护	识别： 1. 维护需要的便利性条件是否具备； 2. 停车检修时发生的危险； 3. 日常维护可能发生的危险； 4. 维护所需要的条件是否充分，如倒空、置换、吹扫、隔离、蒸煮等； 5. 日常维护不到位
6	维修	设备检修过程中发生的危险
7	保温/保冷	缺少对设备的保温或保冷的措施或材料选用不合理
8	采样	识别取样过程可能发生的危险（比如中毒、滑倒、泄漏、烫伤、冻伤等），化验分析数据不准可能产生的误判并导致误操作。 1. 什么地方需要取样，而没有取样点： 1）　主物料进出界区； 2）　物料发生化学反应； 3）　物料分离后。 2. 识别取样过程可能发生的危险： 4）　取样过程中造成人员中毒； 5）　人员烫伤和冻伤； 6）　取样管线位置设置不合理； 7）　取样阀不方便操作。 3. 选取的采样形式不对，如密闭式取样、开放式取样

微信搜一搜
HSE中心

表 H.2　概念性参数的偏差矩阵（续）

序号	概念性参数	说明
9	启动停止	用于识别开车和停车、紧急停车过程中的问题，复杂的开停车或在开停车过程中可能造成重大危险的，要对开停车步骤进行 HAZOP 分析，找出其存在的问题。 主要识别以下几个方面： 1. 开停车主要步骤（例如：进料、循环、升温、升压等）； 2. 每个步骤所需要的条件是否具备； 3. 每个步骤启动或停止时是否需要与其他装置或岗位协调与配合； 4. 每个步骤正常开、停车时本节点存在哪些需要的注意事项及风险； 5. 异常情况下的启停可能带来的风险； 6. 泵、阀、搅拌器、换热器、反应器、精馏塔等的紧急启动、关闭操作的注意事项； 7. 非正常开停车操作
10	开停车条件	主要识别是否缺少开停车的便利性条件
11	噪声	识别有没有超过人体承受的噪声
12	静电	识别由于流体流动摩擦产生静电积累
13	振动	识别设备的非正常振动
14	公用工程失效	电、水、蒸汽、仪表风、氮气等失效后的影响
15	人为因素	识别操作过程中人的影响，包括人为因素带来的危害。 如标识与指令清晰程度、程序充分性；如疲劳/压力、体能或条件和工作负荷；如沟通和经验学习等
16	以往事故	对照以往事故或工艺异常事件的原因、后果及处理措施对系统进行危险识别
17	反应	识别反应异常造成的风险
18	其他	根据流程需要增加其他的概念性参数，比如隔离、偏流、燃烧、时间、频率等

微信搜一搜
HSE中心

附 录 I
（规范性）
HAZOP 分析流程

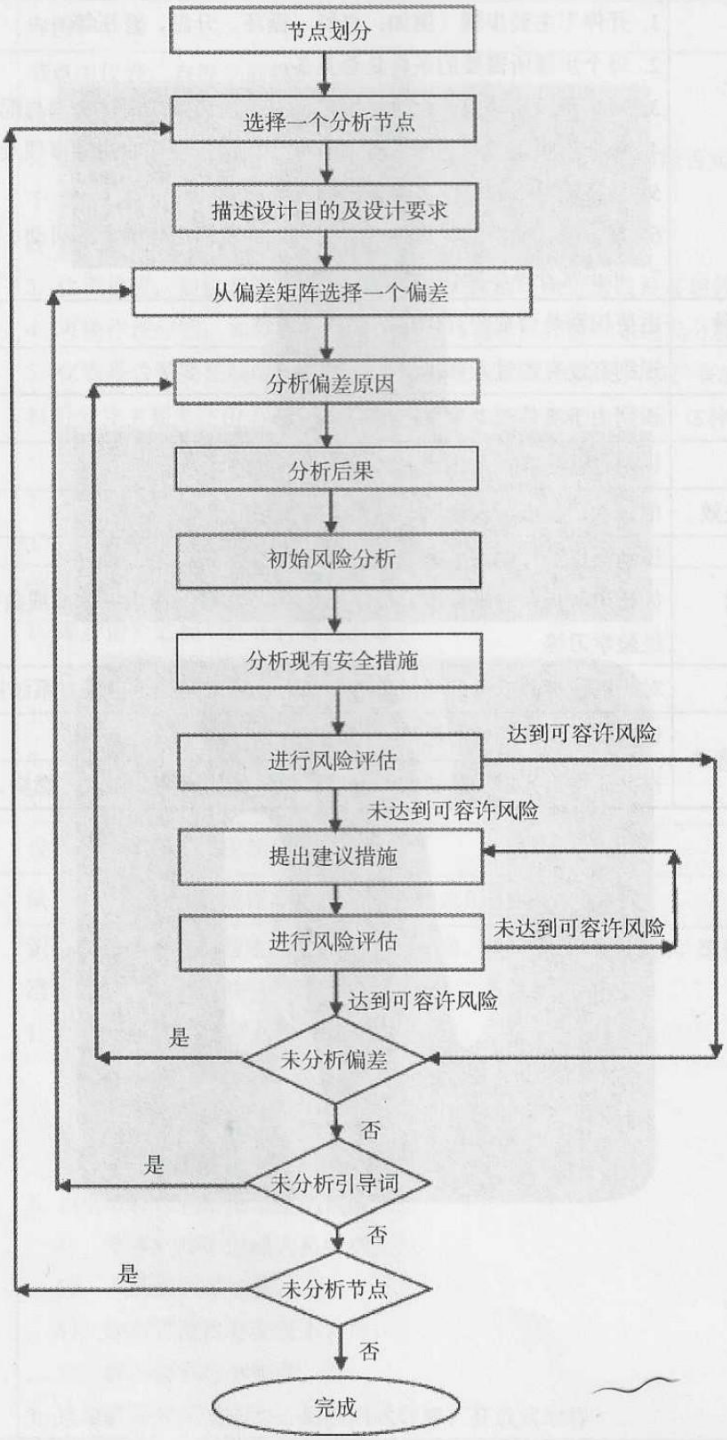

图 I HAZOP 分析流程

微信搜一搜
HSE中心

附 录 J
（资料性）
典型 HAZOP 分析案例

J.1 第一种典型 HAZOP 分析案例

本条包含的示例旨在举例说明本标准中风险矩阵的使用过程。示例中的工艺设计已进行了简化，仅用于演示。

油蒸发器（图 J.1）HAZOP 分析（本示例仅分析偏差：主燃烧器天然气火嘴压力低/无）。

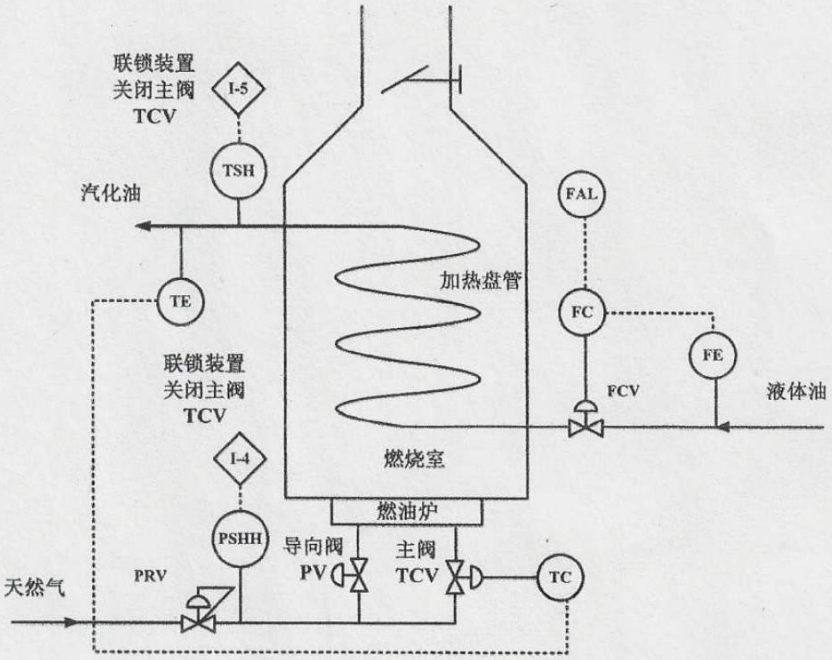

图 J.1 油蒸发器

油蒸发器 HAZOP 分析案例引自 IEC 61882—2001《危险与可操作性分析（HAZOP 分析）应用导则》附录 B，为举例说明参数优先的 HAZOP 分析流程，对原文案例进行了修改。

油蒸发器主要的工艺描述如下：

油蒸发器由包含加热盘管和燃烧器的加热炉构成，加热炉的燃料为天然气。

油以液态进入加热盘管，蒸发气化，离开加热盘管时成为过热蒸气。

天然气和外部的空气一起进入燃烧器，燃烧产生高温火焰。燃烧产生的烟气通过烟筒排出。

油流量的控制装置包括流量控制阀 FCV、油流量检测元件 FE、流量控制器 FC 和油流量减少到一定值时的低流量报警器 FAL。

天然气流经一个自力式减压阀 PRV，到达主燃烧器控制阀 TCV、导向阀（副操作阀）PV。主燃烧器控制阀是由温控器 TC 来控制，TC 接收温度检测元件 TE 的信号，TE 测量的是油蒸气排出的温度。

高/高限压力开关 PSHH 在天然气管线上是联锁的，如果气体压力过高，将通过 1-4 关闭主燃烧器控制阀 TCV。如果油被加热超过最高允许温度，汽化油出口的高温开关 TSH 将联锁关闭主燃烧器控制阀 TCV。此外，还有一个火焰探测装置（图中没有画出），它在火焰熄灭时将关闭两个天然气阀门。

油蒸发器 HAZOP 分析工作表示例见表 J.1。

表 J.1　油蒸发器 HAZOP 分析工作表示例

公司名称	第**团队	装置名称	油蒸发器	日期	××××.××.××
工艺单元	油蒸发器	分析组成员	甲、乙、丙……	图纸号	001
分析节点	油蒸发器的液体油加热气化管路和油蒸发器天然气燃料管路				
设计意图	来自上游的液体油经油蒸发器燃烧室加热变成过热油气送往下游。来自上游的天然气经减压后给燃油炉的长明灯和主燃烧器提供燃料。 主要的控制方式包括： 1. 液体油进口设置流量控制器 FC，调节控制 FCV 阀； 2. 加热盘管出口设置气化油温控器 TC，调节控制主燃烧器主阀 TCV 开度； 3. 汽化油出口设置高温开关 TSH，联锁关闭主燃烧器控制阀 TCV； 4. 燃油炉设置火焰探测装置，在火焰熄灭时联锁关闭长明灯 PV 和主燃烧器阀门 TCV； 5. 设置天然气高/高限压力开关 PSHH，联锁关闭主燃烧器控制阀 TCV。					

序号	参数	引导词	偏差	可能原因	后果	使能条件或修正因子	初始风险			现有安全措施	剩余风险			建议措施	最终风险		
							人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响
1	天然气火嘴压力	低/无	主燃烧器天然气火嘴压力低/无	1. 上游天然气来气压力低/无；	1. 天然气压力低，在点火阶段严重时加热炉点火不成功天然气持续积聚。被动回复（再打火）时导致炉膛闪爆，引起炉体损坏或人员伤害。 正常运行时天然气压力低，严重时炉内熄火；天然气持续积聚。遇到高温炉膛可能引起炉膛闪爆，炉体损坏或人员伤害	人员在现场概率 0.1（假设人员在受影响区域内的停留时间为 12 分钟，平均 2 小时巡检一次）	D5	D6	D6	1. 燃油炉设置火焰探测装置，在火焰熄灭时联锁关闭长明灯 PV 和主燃烧器阀门 TCV	D4	D5	D5	1. 在天然气管路上增设压力低报警； 2. 建议长明灯管路设置压力低低联锁（SIS），并在长明灯管路和主燃料气管路设置紧急切断阀。长明灯压力低低联锁触发停炉操作并切断长明灯管路和主燃料气管路。该联锁不与 DCS 共用。并应在 SIL 定级中对该条 SIF 回路的 SIL 等级提出明确要求。 3. 建议炉子设防爆门。	D2	D1	D2

表 J.1　油蒸发器 HAZOP 分析工作表示例（续）

序号	参数	引导词	偏差	可能原因	后果	使能条件或修正因子	初始风险			现有安全措施	剩余风险			建议措施	最终风险		
							人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响
				2. 火嘴压力低造成天然气回火，管路出现火灾爆炸风险		人员在现场概率 0.1（假设人员在受影响区域内的停留时间为 12 分钟，平均 2 小时巡检一次）	D5	D6	D6	1. 燃油炉设置火焰探测装置，在火焰熄灭时联锁关闭长明灯 PV 和主燃烧器阀门 TCV	D4	D5	D5	1. 建议长明灯和主燃烧器天然气管线分别设置阻火器。 2. 建议主燃料气设置压力低低联锁（SIS），主燃料气设置紧急切断阀。联锁触发时切断切断阀，防止回火，并应在 SIL 定级中对该条 SIF 回路的 SIL 等级提出明确要求。	D2	D3	D3
				2. PV 阀故障关闭/关小	导致点火不成功，天然气积聚可能出现闪爆	人员在现场概率 0.1（假设人员在受影响区域内的停留时间为 12 分钟，平均 2 小时巡检一次）	D5	D6	D6	1. 燃油炉设置火焰探测装置，在火焰熄灭时联锁关闭长明灯 PV 和主燃烧器阀门 TCV（不进行风险削减。该措施不独立于原因）	D5	D6	D6	1. 建议长明灯管路设置压力低低联锁（SIS），并在长明灯管路和主燃料气管路设置紧急切断阀。长明灯压力低低联锁触发停炉操作并切断长明灯管路和主燃料气管路。并应在 SIL 定级中对该条 SIF 回路的 SIL 等级提出明确要求。 2. 建议炉子设防爆门。 3. 建议火焰监测联锁纳入安全联锁范围，并应在 SIL 定级中对该条 SIF 回路的 SIL 等级提出明确要求。火焰检测器联锁应避免共用 DCS 控制阀。独立设置切断阀	D2	D2	D3

表 J.1　油蒸发器 HAZOP 分析工作表示例（续）

序号	参数	引导词	偏差	可能原因	后果	使能条件或修正因子	初始风险			现有安全措施	剩余风险			建议措施	最终风险		
							人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响
				2. 加热盘管置气化油温控回路故障，导致主阀关小	1. 导致炉子加热不足，加热炉炉膛温度低，汽化油温度低，影响后系统操作或形成两相流带来冲击		C6	C6	B6		C6	C6	B6	1. 设置炉膛温度低报警 TILXXXX 或汽化油出口温度低报警 TILXXXX 及人员响应。 2. 在管道布置和加固时考虑气化不无完全带来的气液冲击（本质安全设计）	C4	C4	B4
					2. 火嘴压力低造成天然气回火。导致天然气管路出现爆燃或爆轰	人员在现场概率 0.1（假设人员在受影响区域内的停留时间为 12 分钟，平均 2 小时巡检一次）	D5	D6	D6		D5	D6	D6	1. 建议主燃烧器天然气管线设置阻火器。 2. 建议主燃料气设置压力低低联锁（SIS），主燃料气设置紧急切断阀。联锁触发时切断切断阀，防止回火，并应在 SIL 定级中对该条 SIF 回路的 SIL 等级提出明确要求。	D2	D3	D3
				3. PRV 故障导致减压后天然气压力低	1. 导致阀后天然气压力低，在点火阶段严重时加热炉点火不成功天然气持续积聚。被动回复（再打火）时导致炉膛闪爆，引起炉体损坏或人员伤害。 正常运行时天然气压力低，严重时炉内熄火；天然气持续积聚。遇到高温炉膛可能引起炉膛闪爆，炉体损坏或人员伤害	人员在现场概率 0.1（假设人员在受影响区域内的停留时间为 12 分钟，平均 2 小时巡检一次）	D5	D6	D6	1. 燃油炉设置火焰探测装置，在火焰熄灭时联锁关闭长明灯 PV 和主燃烧器阀门 TCV	D4	D5	D5	1. 在天然气管路上增设压力低报警。 2. 建议长明灯管路设置压力低低联锁（SIS），并在长明灯管路和主燃料气管路设置紧急切断阀。长明灯压力低低联锁触发停炉操作并切断长明灯管路和主燃料气管路。该联锁不与 DCS 共用。并应在 SIL 定级中对该条 SIF 回路的 SIL 等级提出明确要求。 3. 建议炉子设防爆门。	D2	D2	D3

表 J.1　油蒸发器 HAZOP 分析工作表示例（续）

序号	参数	引导词	偏差	可能原因	后果	使能条件或修正因子	初始风险			现有安全措施	剩余风险			建议措施	最终风险		
							人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响
					2. 火嘴压力低造成天然气回火，管路出现火灾爆炸风险	人员在现场概率 0.1（假设人员在受影响区域内的停留时间为 12 分钟，平均 2 小时巡检一次）	D5	D6	D6	1. 燃油炉设置火焰探测装置，在火焰熄灭时联锁关闭长明灯 PV 和主燃烧器阀门 TCV	D4	D5	D5	1. 建议长明灯和主燃烧器天然气管线分别设置阻火器。 2. 建议主燃料气设置压力低低联锁（SIS），主燃料气设置紧急切断阀。联锁触发时切断切断阀，防止回火，并应在 SIL 定级中对该条 SIF 回路的 SIL 等级提出明确要求。	D2	D3	D3

J.2　第二种典型 HAZOP 分析案例

本条包含的示例旨在举例说明本标准中风险矩阵的使用过程。示例中的工艺设计已进行了简化，仅用于演示。

异丙苯中间储罐 T-402（图 J.2）HAZOP 分析（本示例仅分析偏差：异丙苯中间储罐 T-402 液位高/低）

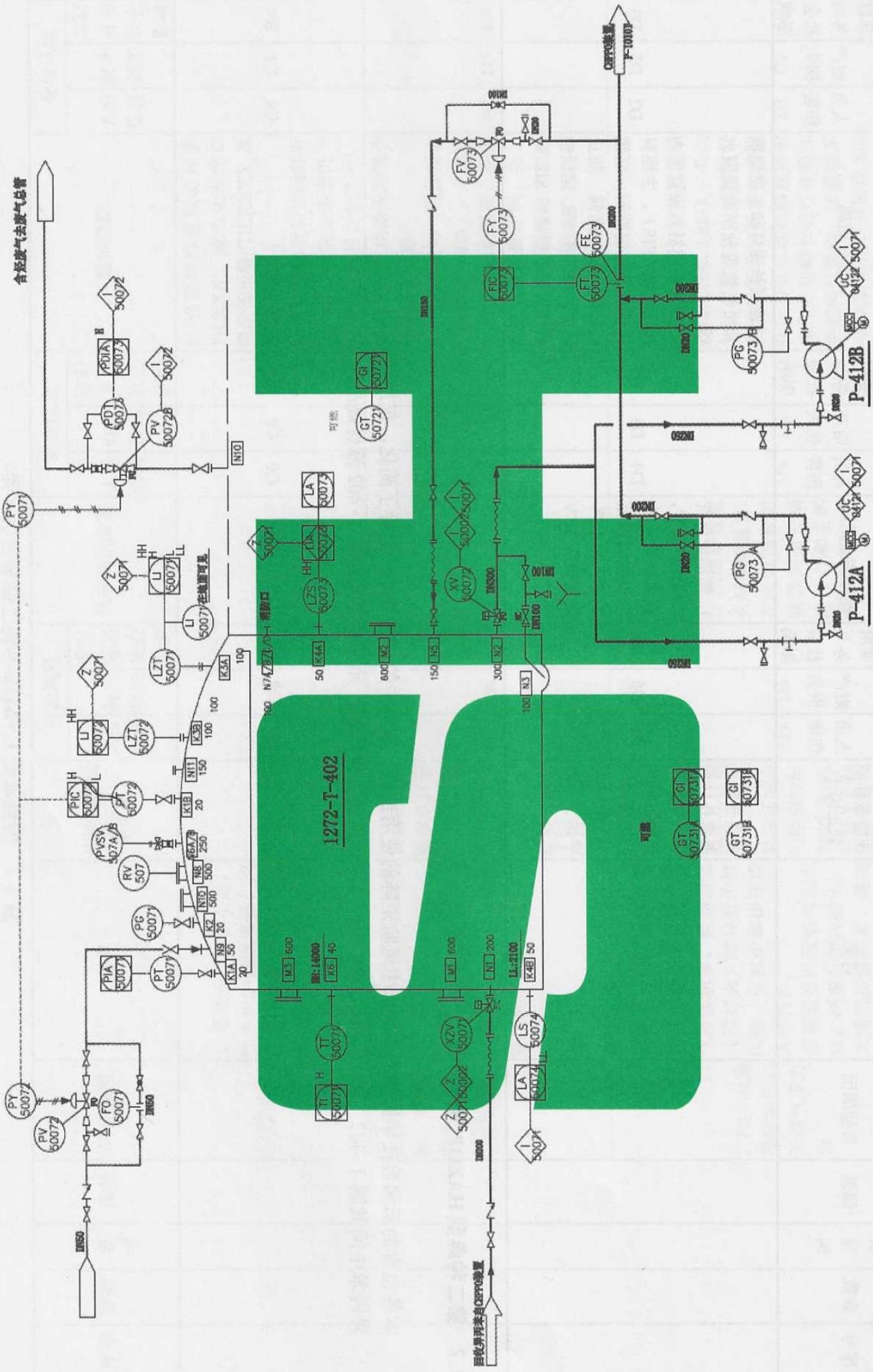

图 J.2 丙苯中间储罐 T-402

异丙苯中间储罐 T-402 主要的工艺描述如下：

异丙苯中间储罐为内浮顶储罐，该储罐设置氮封。容积为 6000m^3.设计温度为 65℃。设计压力为 2/-0.5kPa（表压）。操作温度为 40℃，工作压力为常压。液相异丙苯通过装置外送泵送入储罐 T-402 进行缓存。储罐出料通过外送泵 P-412AB 外送至下游 CHPPO 装置。

储罐设置了压力分程控制回路 PIC-50072 实现异丙苯储罐的压力调节功能，储罐设有压力低报警 PIL-50071。储罐废气外送管路调节阀和阻火器前后设置了压差高报警 PDIAH-50073，并设置了 DCS 联锁 I-50072，当压差过高时关闭 PV-50072B 防止含烃废气背压过高导致废气倒窜。储罐设有呼吸阀 PVSV507A/B、泄放人孔 RV507。

储罐设置了液位指示、报警及联锁。储罐设置了液位高联锁 Z-50071。其检测仪表为 LZT50071，LZT50072 和 LZS50073，检测仪表设置为三取二表决。其联锁动作为切断储罐进料切断阀 XZV-50071。储罐设有液位低 DCS 联锁，其联锁号为 I-50071。其检测仪表为 LS50074 和 LZT50071，检测仪表设置为二取二表决。其联锁动作为切断储罐出料切断阀 XV-50072 并停泵 P-412AB。

表 J.2　异丙苯中间储罐 HAZOP 分析工作表示例

公司名称	第**团队	装置名称	异丙苯中间储罐 T-402	日期	××××.××.××
工艺单元	异丙苯中间储罐 T-402	分析组成员	甲、乙、丙……	图纸号	001
分析节点	异丙苯中间储罐 T-402 及附属管线及设施，包括泵 P-412AB。				
设计意图	液相异丙苯通过装置外送泵送入储罐 T-402 进行缓存。储罐出料通过外送泵 P-412AB 外送至下游 CHPPO 装置。 主要的控制方式包括： 1. 储罐设置了压力分程控制回路 PIC-50072 调节氮气调节阀 PV-50072 和外排废气调节阀 PV-50072B； 2. 储罐废气外送管路调节阀和阻火器前后设置了压差高报警 PDIAH-50073，并设置了 DCS 联锁 I-50072，当压差过高时关闭 PV-50072B； 3. 储罐设置了液位高联锁 Z-50071。其检测仪表为 LZT50071,LZT50072 和 LZS50073，检测仪表设置为三取二表决。其联锁动作为切断储罐进料切断阀 XZV-50071； 4. 储罐设有液位低 DCS 联锁，其联锁号为 I-50071。其检测仪表为 LS50074 和 LZT50071，检测仪表设置为二取二表决。其联锁动作为切断储罐出料切断阀 XV-50072 并停泵 P-412AB。					

序号	参数	引导词	偏差	可能原因	后果	使能条件或修正因子	初始风险			现有安全措施	剩余风险			建议措施	最终风险		
							人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响
1	异丙苯中间储罐 T-402 液位	高	异丙苯中间储罐 T-402 高液位	单台液位仪表故障或假指示	导致储罐内高液位满罐，液相通过呼吸阀外溢至操作环境，遇点火源发生火灾爆炸事故，引起人员伤亡及财产损失；如未点燃，导致环境污染和财产损失。	人员在现场概率 0.1（假设人员在受影响区域内的停留时间为 12 分钟，平均 2 小时巡检一次）	D5	D6	D6	1. 储罐设置了液位高联锁 Z-5001，其联锁动作为切断储罐进料切断阀 XZV-50071；	D4	D5	D5	1. 建议液位高联锁进 SIS，并应在 SIL 定级中对该条 SIF 回路的 SIL 等级提出明确要求。 2. 建议核实储罐罐区防火堤设置是否满足要求	D2	D3	D3

表 J.2　异丙苯中间储罐 HAZOP 分析工作表示例（续）

序号	参数	引导词	偏差	可能原因	后果	使能条件或修正因子	初始风险			现有安全措施	剩余风险			建议措施	最终风险		
							人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响		人员伤害	财产损失	非财务与社会影响
				人员误操作未及时切换关闭进储罐料切断阀	导致储罐内高液位满罐，液相通过呼吸阀外溢至操作环境，遇点火源发生火灾爆炸事故，引起人员伤亡及财产损失；如未点燃，导致环境污染和财产损失。	人员在现场概率 0.1（假设人员在受影响区域内的停留时间为 12 分钟，平均 2 小时巡检一次）	D5	D6	D6	1. 储罐设置了液位高联锁 Z-5001，其联锁动作为切断储罐进料切断阀 XZV-50071；	D4	D5	D5	1. 建议液位高联锁进 SIS，并应在 SIL 定级中对该条 SIF 回路的 SIL 等级提出明确要求。 2. 建议核实储罐罐区防火堤设置是否满足要求	D2	D3	D3
		低	异丙苯中间储罐 T-402 低液位	单台液位仪表故障或假指示	可能导致内浮顶储罐 T-402 浮盘落地，造成浮盘损坏，财产损失。可能导致浮盘架桥后罐内气相空间增大，严重时储罐内部气相空间形成爆燃环境，出现点火源有火灾爆炸风险。	人员在现场概率 0.1（假设人员在受影响区域内的停留时间为 12 分钟，平均 2 小时巡检一次）	C5	C6	C6	1. 储罐设置了液位低 DCS 联锁 I-50071。其联锁动作为切断储罐出料切断阀 XV-50072 并停泵 P-412AB。	C4	C5	C5		C4	C5	C5
				人员误操作未及时停泵关阀	可能导致内浮顶储罐 T-402 浮盘落地，造成浮盘损坏，财产损失。可能导致浮盘架桥后罐内气相空间增大，严重时储罐内部气相空间形成爆燃环境，出现点火源有火灾爆炸风险。	人员在现场概率 0.1（假设人员在受影响区域内的停留时间为 12 分钟，平均 2 小时巡检一次）	C5	C6	C6	1. 储罐设置了液位低 DCS 联锁 I-50071。其联锁动作为切断储罐出料切断阀 XV-50072 并停泵 P-412AB。	C4	C5	C5		C4	C5	C5

注 1：本案例分析仅按照图纸中的一个具体偏离进行举例。

注 2：本案例所采用的风险矩阵和可容许风险标准均为本规范资料性附录 B 和附录 C。

参 考 文 献

[1] AQ/T 3049—2013 危险与可操作性分析（HAZOP 分析）应用导则
[2] AQ/T 3054—2015 保护层分析（LOPA）方法应用导则
[3] T/CCSAS 001—2018 危险与可操作性分析质量控制与审查导则

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1） 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2） 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3） 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4） 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工危险与可操作性分析（HAZOP）技术规范

SH/T 3240—2025

条 文 说 明

2025 年 北 京

微信搜一搜
HSE中心

制 定 说 明

《石油化工危险与可操作性分析（HAZOP）技术规范》（SH/T 3240—2025），经工业和信息化部 2025 年 04 月 10 日以第 7 号公告批准发布。

本标准制定过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了近 10 年来我国石油化工工程建设中，石油化工危险与可操作性分析（HAZOP）技术在设计和应用中的实践经验，同时参考了大量国内外石油化工行业及其他行业技术标准和有关资料，通过广泛征求意见，认真讨论，分析研究，取得了共识。

为便于广大设计、生产、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《石油化工危险与可操作性分析（HAZOP）技术规范》编制组按章、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

微信搜一搜
HSE中心

目　次

1　范围 …… 43
3　术语和定义 …… 43
4　基本规定 …… 44
5　分析准备 …… 45
5.2　会议准备 …… 45
6　分析技术要求 …… 46
6.1　一般规定 …… 46
6.2　节点划分 …… 47
6.3　偏差确定 …… 47
6.4　原因分析 …… 47
6.5　后果分析 …… 48
6.6　现有安全措施 …… 48
6.7　风险评估 …… 48
6.8　建议措施 …… 49
7　质量要求 …… 49
7.1　分析团队要求 …… 49
附录 J（资料性）　典型 HAZOP 分析案例 …… 49

微信搜一搜
HSE中心

石油化工危险与可操作性分析（HAZOP）技术规范

1 范围

本标准用于石油化工过程工业的生产工艺过程以及储运工艺过程的危险与可操作性分析的指导工作。不包括其他过程，如电气、仪表、机械等过程。新材料的化工工艺过程和新能源装置设施的HAZOP分析可参照执行。

本标准仅用于指导HAZOP工作程序和报告编制。对于HAZOP报告中建议措施的关闭管理情况需由企业后续进行跟踪落实。

本标准适用于石油化工企业工业试验装置的HAZOP分析。

3 术语和定义

3.2

引导词 guide word

引导词术语来源于AQ/T 3049相关术语条款，本标准对引导词定义进行了扩展，补充说明了引导词不仅仅包含描述要素设计目的（意图）的词或短语，还应包含描述要素操作目的（意图）的词或短语（如早、晚、先、后等）。基本引导词及其含义见表1。

表1 基本引导词及其含义

引导词	含义
无，空白（NO或者NOT）	设计目的的完全否定
多，多量（MORE）	量的增加
少，少量（LESS）	量的减少
伴随（AS WELL AS）	性质的变化/增加
部分（PART OF）	性质的变化/减少
相反（REVERSE）	设计目的的逻辑取反
异常（OTHER THAN）	完全替代

与时间和先后顺序（或序列）相关的引导词及其含义见表2。

表2 与时间和先后顺序（或序列）相关的引导词及其含义

引导词	含义
早（EARLY）	相对于给定时间早
晚（LATE）	相对于给定时间晚
先（BEFORE）	相对于顺序或序列提前
后（AFTER）	相对于顺序或序列延后

3.3

偏差　deviation

偏差术语来自于 AQ/T 3049 相关术语条款，本标准对偏差定义进行了扩展，补充说明了偏差不仅仅包含实际参数偏离于设计目的，还应包含实际参数偏离于操作目的（如间歇操作）要求。

3.6

后果　consequence

偏离设计意图时导致的不利结果。常见后果类型主要包括人员伤害、财产损失、环境影响、声誉影响、非财务影响等。后果分析时应假定发生偏差时已有安全保护系统失效。

3.7

参数　parameter

具体参数是指能够用具体数值来表达的参数，是能用仪器（仪表）测量的参数。如温度、压力、液位及流量等。

概念性参数用于表达可能在装置出现的各种危险事件或活动。如泄漏、维护、仪表、启动停止等。

3.12

独立保护层　independent protection layer

该术语引用自 AQ/T 3054，其中独立保护层的判定要求如下。

独立性：

a）　独立于 IE 的发生及其后果；

b）　独立于同一场景中的其他 IPL。

有效性的要求：

a）　应能检测到响应的条件；

b）　在有效的时间内，应能及时响应；

c）　在可用的时间内，应有足够的能力采取所要求的行动；

d）　应满足所选择的要求时的失效概率（PFD）的要求。

安全性。应使用管理控制或技术手段减少非故意的或未授权的变动。

变更管理。设备、操作程序、原料、过程条件等任何改动应执行变更管理程序，以满足变更后保护层的 IPL 要求。

可审查性。应有可用的信息、文档和程序可查，以说明保护层的设计、检查、维护、测试和运行活动能够使保护层达到 IPL 的要求。

4　基本规定

HAZOP 分析方法是针对石油化工流程工业进行风险分析的一种方法。是对生产、储运工艺过程危害性与可操作性的严格检查。HAZOP 分析方法最早是针对化工装置进行的一种定性的危害性分析方法，逐步发展成定性或半定量的分析方法。现行的 HAZOP 分析方法通常是结合风险矩阵、失效数据库、可容许风险进行风险判定和评价。HAZOP 分析应基于全面、系统、科学客观的分析原则。

4.1　HAZOP 分析的范围应包括建设项目/在役装置合同范围内的工艺流程、公用工程、成套设备等。

HAZOP 建议措施的落实情况可分为采纳、部分采纳、不采纳。可能出现不采纳的情况如下：

a）　建议所依据的资料是错误的；

b）　建议不利于保护环境、保护员工和承包商的安全和健康；

c）　另有更有效、或更经济的方法可供选择；

d）　建议在技术上是不可行的。

微信搜一搜
HSE中心

落实到图纸上的建议措施可视为关闭，有正式传真、邮件、会议记录等说明建议措施经讨论不被采纳的也可视为关闭。

4.2 在基础设计阶段后的详细设计阶段，若详细设计较基础设计流程发生变更（该变更包含新增或补充了成套关键工艺设备流程内容），则在详细设计阶段推荐对变更内容（包括供货商提供的成套关键工艺设备）开展 HAZOP 分析。对于基础设计阶段未明确的内容，特别是工艺过程的可操作性问题，如三剂的装填、更换、活化、钝化、再生等操作，也最好开展 HAZOP 分析。

4.5 参与 HAZOP 分析会议关键人员或关键岗位人员通常是指在 HAZOP 分析会议中对 HAZOP 分析内容的准确性、合理性、全面性起重要作用、与 HAZOP 分析结果的质量密切相关、承担会议中重要的分析工作责任、具备专业关键技能且难以置换不可或缺的岗位人员。

4.7 HAZOP 分析最重要的目的是辨识风险，并进行风险评估以及提出建议措施。HAZOP 分析团队人员需要具备相关技能和经验，有较好的直觉和判断能力。HAZOP 分析要在积极思考和坦率讨论的氛围中进行。当识别出一个问题时，做好记录以便后续的评估和决策。HAZOP 建议措施要明确，翔实。使建议措施执行人员能正确执行建议措施的要求。

4.8 HAZOP 分析过程书面记录还要包含过程中形成的假设和提供的经验信息（非书面资料），以便将来周期性分析时参考和审查。书面记录要准确翔实，使非会人员能明确 HAZOP 分析过程的信息。

4.12 安全风险矩阵、可容许风险、失效数据库通常在分析准备阶段与企业等利益相关方共同商定。国内建设项目的 HAZOP 分析采用的安全风险矩阵和可容许风险标准需要满足国家及地方相关法律、法规及行业设计标准规范的要求；国内企业安全风险矩阵中可容许风险要求不能低于 GB 36894 中个人风险基准和社会风险基准要求。

4.15 独立保护层的原则和基本要求参见 AQ/T 3054 相关内容。

5 分析准备

5.2 会议准备

5.2.1 在役装置的 HAZOP 分析项目负责人通常由企业主管部门负责人担任。HAZOP 分析开展前需要确定 HAZOP 分析项目负责人。项目负责人启动 HAZOP 分析工作和计划。

建设项目 HAZOP 分析项目负责人通常由建设项目负责组织协调的人员担任，常由项目经理、设计经理、HSE 经理等人员中兼任，或委托、指派他人。项目负责人要确定开展分析的时间，指派 HAZOP 主席，并提供开展分析必需的资源。建设项目 HAZOP 分析需纳入项目执行计划，并将 HAZOP 分析及整改措施的费用纳入项目概算。

5.2.2 HAZOP 分析要公正、客观。参与项目设计的人员担任 HAZOP 主席可能无法全面真正辨识工艺中的潜在危害，或从投资、成本角度考虑而不愿意面对真正的工艺系统风险。因此 HAZOP 主席需要由独立于项目设计组（包括校核、审核、审定）的人员担任。

5.2.3 b） 参会专家通常是指除评估方、设计方、企业之外的特邀参会的行业内或领域内的专家。他们熟悉分析对象，熟知相关领域的行业动态、技术发展水平与相关标准要求，具有同类或类似项目的设计、操作、安全管理经验。

5.2.4 系统生命周期的不同阶段 HAZOP 分析典型人员名单、典型分析范围见表 3。

微信搜一搜
HSE中心

表 3　典型参会人员名单和典型分析范围

HAZOP 分析阶段	典型参会人员构成	典型分析范围
工艺包阶段 HAZOP 分析	1. 工艺包研发和设计人员。主要包括工艺、设备、仪表、安全； 2. 专业技术人员可按需参与讨论	工艺包 P&ID 全流程内容
基础设计阶段 HAZOP 分析	1. 专利商； 2. 设计单位设计人员，主要包括工艺、设备、仪表、安全； 3. 企业操作代表； 4. 其他专业设计人员可按需参与讨论	基础设计阶段合同范围内的主工艺流程和公用工程
详细设计阶段 HAZOP 分析	1. 设计单位设计人员，主要包括工艺、设备、仪表、安全； 2. 厂商主要设计人员，主要包括厂商工艺、设备、仪表、安全； 3. 企业操作代表； 4. 其他专业设计人员可按需参与讨论	合同范围内相较于基础设计阶段变更的部分和基础设计阶段未完善的成套设备和/或工艺过程的可操作性问题
在役装置 HAZOP 分析	1. 企业装置技术人员，主要包括工艺、设备、仪表、安全； 2. 有操作经验的操作人员，通常为班组长以上职位； 3. 其他专业设计人员可按需参与讨论	合同范围内的在役装置 P&ID 全流程、公用工程、成套设备等
改建、扩建装置 HAZOP 分析	1. 改建、扩建相关设计单位设计人员，主要包括工艺、设备、仪表、安全； 2. 企业的装置技术人员（主要包括工艺、设备、仪表、安全）； 3. 有操作经验的操作人员（通常为班组长以上职位）； 4. 其他专业设计人员可按需参与讨论	改扩建 P&ID 以及与改扩建内容上下游关联/衔接的部分

5.2.4　c）在装置（设施）运营阶段，常常会暴露出设计阶段未辨识出的安全隐患。特别是开停车、故障处理非正常工况、采样、更换催化剂、不正确的维修、不正确的安全管理程序等。因此对于设计阶段已开展了全面 HAZOP 分析的建设项目，投产运行后，要定期开展全流程 HAZOP 分析。

5.2.5　如 HAZOP 主席认为需要补充资料，就可以要求项目组提交。分析会议所需资料要准确、有效，避免在分析会议中花费大量时间用于确认资料的准确性，避免由此导致的错误分析结果。

5.2.7　若是 P&ID 等分析资料不满足 HAZOP 分析要求，设计方、成套设备供货商或操作方有义务协助 HAZOP 主席提供符合要求的资料。

5.2.9　原则上，要确保每个分析组成员都拥有一份完整的纸质版资料。如果采用计算机投影，除工艺管道与仪表流程图（P&ID）、工艺流程图（PFD）和设备表外，其余资料可准备一份纸质文档供参会人员随时查阅。要确保投影文档与纸质文档的一致性。

5.2.10　HAZOP 主席要对分析方法，分析计划、安全风险矩阵和可容许风险要求、可靠性数据选用和来源进行介绍。分析计划通常包括分析范围和分析目标、节点划分、进度安排。

6　分析技术要求

6.1　一般规定

6.1.1　HAZOP 分析方法通过结构化和系统化的方式识别潜在的危险与可操作性问题，HAZOP 包括辨

识可能的设计意图偏离，分析偏离可能的原因，找出相应的后果，并评估所采取的安全措施是否足够和适当，如果不足或欠缺，则要进一步提出需要采取的建议措施。HAZOP 系统性控制要点是依据操作程序和（或）工艺流程，一方面将分析范围的所有工艺流程都划入节点内，“遍历”工艺过程每一个细节，不能有遗漏；另一方面要针对所划分的节点“用尽”所有可行的引导词，按照有效的工艺偏离开展分析。结构性控制要点是分析所有的偏离都应按照固定的分析流程进行，所分析出来的原因、后果、安全措施、建议措施、风险级别这些记录项之间的关系的记录要尽可能做到一一对应，表达出清晰、完整的事故剧情。

6.1.3 每个节点开始分析前，建设项目工艺设计人员或在役项目工艺专业人员要对节点的设计意图，工艺流程、主要参数，控制和联锁逻辑，操作维护方案等进行简要介绍，使参会人员能够快速地熟悉工艺流程或操作步骤，提高参会效率和分析质量。

6.1.4 偏差矩阵的概念来源自 AQ/T 3049—2013 第 4.2 条“引导词/参数组合可视为一个矩阵。”并非所有的引导词+参数的组合都会给出有意义的偏差，因此，规定由所有参数与引导词的组合构成有实际意义的偏离的集合即为偏差矩阵。所形成的偏差矩阵中每个单元都是特定引导词和参数的组合，用以全面进行危险识别。偏差矩阵要能引导出所有的偏差。

6.1.10 会议记录要言简意赅、客观公正、表述精确、易于理解，避免模糊不清或引起歧义，能够忠实反映参会者达成的共识、分歧与建议，并且可以准确阅读。使非参会人员能够看懂，并贯彻执行，供后续相关安全评估工作参考。

6.2 节点划分

6.2.2 一个节点通常以一台或多台设备为中心，包括附属设施、附属管线与仪表。关键设备是独立表达一个工艺意图或工艺功能的设备，例如储罐、反应器、缓冲罐、压缩机、塔等。标注节点时，要在图纸上标注节点编号，标注节点的 P&ID 图作为分析报告附件。

6.2.3 HAZOP 节点划分要能够体现完整独立的工艺意图，例如：输送过程、缓冲过程、反应过程、分离过程等，通常节点划分要以工艺角度为主，而非设备角度为主。节点划分没有对与错之说，只有相对合理性，节点划分一般按照工艺流程的自然顺序进行，从进入的 P&ID 管线开始，继续直到设计意图的改变，或继续直到工艺条件的改变。节点范围过大，分析对象关系复杂，难于理解，可能忽略、疏漏一些问题，好处是较能完整掌握系统性的问题。节点范围过小，节点重复讨论的问题较多，影响分析进度，且容易见树不见林。

6.3 偏差确定

6.3.4 详细偏差是指具体到某个设备、设施、管线、步骤等的偏差。常见详细偏差原则如下：

1 流量偏差要落实到线，通常是主物料线。物料经过某一设备时，流量大小和性质不变化，作为一条线的流量偏差考虑。

2 压力偏差要落实到具体的点或具体位置（描述具体位置，例如压缩机出口或入口、压缩机位号）。例如泵的进出口压力变化、换热器的内漏造成壳程的压力过大，或者储罐进出料时，储罐压力变化。

3 温度偏差要落实到具体的点或具体位置（描述具体位置，例如反应器 R3301 顶部，换热器 E3301 出口物料管线）。

4 液位通常考虑罐、塔、反应釜、液封、池、再沸器、汽包或蒸汽发生器等的变化，只要上述设备内有液体时就要予以考虑。

6.4 原因分析

微信搜一搜 HSE中心

原因一般包括外部事件、设备故障和人员行为失效。原因通常来自以下几个方面：

1 设备或仪表故障：例如，换热器内漏、泵填料泄漏、软管破裂、仪表探头失效、阀门失效、过度磨损、建筑材料选材不合适；

2 人为操作失误：例如，加料多少与顺序错误；

3 环境影响：例如，环境温度高或环境温度低、外部腐蚀（海边）、阳光直射、雨雪冰影响；

4 物料错误：例如，来料内含有其他成分（含水量超标，其他物质），物料储存时间过长（自聚导致物料特性变化）；

5 设计错误：设计有错误时，应根据标准予以纠正；

6 公用工程不足：例如，循环水、电、气、风供应不足；

7 界区外来料偏差：例如，界区外来料中断，或界区外来料压力、温度偏高，此时可把偏差当原因。

6.4.5 出现偏差当原因的情况，常见于原因来自界外未知的设备或资料不详的工况。

6.5 后果分析

后果考量因素可以包括以下内容：

1 人员安全健康；

2 环境污染；

3 财产损失；

4 社会不良影响；

5 物料泄漏；

6 生产中断；

7 质量/产量/收率问题；

8 出界区物料偏差。

6.5.1 后果的系统性考虑是指根据操作规程和（或）工艺流程，通过节点内的偏差，挖掘出节点内外潜在的链状事故场景加以分析，辨识出所有的结果，不能有遗漏。

6.6 现有安全措施

6.6.2 现有安全措施的系统性考虑是指依据操作规程和（或）工艺流程，沿着潜在的链状事故场景寻找现有安全措施。可对照“洋葱模型”，由里到外一层一层地进行识别现有保护措施。

6.6.7 本条款引用自 AQ/T 3054—2015 第 7.3 条。

6.7 风险评估

6.7.6 可靠性数据可采用：

1 行业统计数据；

2 企业历史统计数据；

3 基于失效模式、影响和诊断分析（FMEDA）及故障树分析（FTA）等的数据；

4 其他可用数据等。

选择可靠性数据时要注意：

1 在整个分析过程中，使用的所有失效数据的选用原则要一致；

2 选择的失效率数据要具有行业代表性或能代表操作条件；

3 使用企业历史统计数据时，只有该历史数据充足并具有统计意义时才能使用；

4 使用普通的行业数据时，可根据企业的具体条件对数据进行修正；

5 可对失效频率数据取整至最近的整数数量级。

对于国内项目的 HAZOP 分析，如企业没有可靠性数据资料，可参考 AQ/T 3054 关于 IE 典型频率值和化工行业典型 IPL 的 PFD。并可根据企业的具体条件对数据进行修正。

6.8 建议措施

6.8.2 建议措施的系统性考虑是指要兼顾建议措施的落实和执行难度，以及投资成本的要求。并要辨识建议措施是否可能对后续或前端工艺/操作流程和系统的安全性带来不安全的隐患或次生风险。

7 质量要求

7.1 分析团队要求

7.1.2 当分析团队无法达成一致意见时，HAZOP 主席可采取如下解决方式：可暂停讨论，可将问题留到最后讨论，可采取开放的记录，或可进行后续相关评审确定。

附录 J（资料性） 典型 HAZOP 分析案例

本案例分析仅按照图纸中的一个具体偏离进行举例。

本案例所采用的风险矩阵和可容许风险标准均为本标准资料性附录 B 和附录 C。

微信搜一搜
HSE中心

SH/T 3240—2025

中华人民共和国
石油化工行业标准
石油化工危险与可操作性分析（HAZOP）技术规范
SH/T 3240—2025
*
中国石化出版社出版发行
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号
邮编：100011　电话：（010）57512500
石化标准编辑部电话：（010）57512477
发行部电话：（010）57512575
http://www.sinopec-press.com
E-mail:press@sinopec.com
北京艾普海德印刷有限公司印刷
版权专有　不得翻印
*
开本 880mm×1230mm　1/16　印张 3.5　字数 80 千字
2025 年 9 月第 1 版　2025 年 9 月第 1 次印刷
*
书号：155114・2797　定价：70.00 元
（购买时请认明封面防伪标识）