

四川省地方标准

DB51/T 3120—2023

国内首次使用的化工工艺安全可靠 性论证导则

2023-10-11 发布

2023-11-12 实施

四川省市场监督管理局 发布

目 次

前言.....II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 论证流程和思路..... 2

5 论证内容..... 3

附录 A（规范性）论证所需主要参考资料 5

附录 B（规范性）论证报告技术深度要求 7

附录 C（规范性）安全可靠论证报告框架 10

附录 D（规范性）报告格式式样 12

参考文献..... 14

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由四川省应急管理厅提出、归口并解释。

本文件起草单位：四川省安全科学技术研究院、重大危险源测控四川省重点实验室、四川省安科技术咨询有限公司、四川安信科创科技有限公司、中国安全生产科学研究院、绵阳经开化工园区管理办公室。

本文件主要起草人：王自力、邓利民、蒯念生、彭敏君、代小明、何雄元、任丹、蒲宏兴、杨永鑫、杨振东、于森、张莺莺、郭永臣、徐冠男、张圣柱、周勇军、宁勇、陈林、陈岳明、陈靖、梁博、刘茜、林兰、杨媚、边瑞、凌飞、王丹、何卫。

本文件为首次发布。

国内首次使用的化工工艺安全可靠论证导则

1 范围

本文件明确了国内首次使用的化工工艺安全可靠论证的论证流程、论证思路、论证内容及论证报告编制要求等。

本文件适用于四川省行政区域内的国内首次使用的化工工艺安全可靠论证工作，非国内首次使用的化工工艺有必要进行安全可靠论证的可参照执行。国防生产中涉及的国内首次使用的化工工艺的安全可靠性论证，不适用本文件。

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文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 42300 精细化工反应安全风险评估规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

小试 laboratory experiment

在实验室条件下进行的探索、开发性试验。

注：开发和优化工艺路线，提出基本适合于中试的工艺路线。

3.2

中试 pilot experiment

在小试基础上的生产放大试验。

注：淘汰不适合工业化的部分，进一步优化小试确立的工艺路线，在可靠的试验数据上开发出适合生产的工艺。

3.3

工业化试验 pre-industrial experiment

在中试基础上的生产放大试验。

注：验证中试确定的工艺是否适合于工业化生产，进一步优化中试确立的工艺条件，为工业化生产装置提供设计依据。

3.4

安全可靠安全 safety reliability

化工工艺系统在规定的条件下和在规定的时间内不发生能引发生产安全事故的故障或性能的失效。

3.5

化工工艺安全可靠论证 safety reliability demonstration of chemical process

用小试、中试、工业化试验（以下简称“三试”试验）的数据及其他公认的数据和信息证明拟工业化的化工工艺是否满足安全可靠要求的论证过程。

4 论证流程和思路

4.1 论证策划

4.1.1 成立由项目建设单位牵头，工艺开发、工艺包转让、测试评估、工程咨询、工程设计等单位共同参与的企业论证工作组，必要时可聘请技术行业技术专家提供支持，明确工作职责和任务分工，合理制定论证工作计划。

4.1.2 项目建设单位技术负责人应担任企业论证工作组组长，负责组织本单位工艺开发、试验测试、生产技术、设备动力、自动化控制、安全管理等部门，并协调工作组其他成员单位的有关负责人和专业技术人员参与论证工作。

4.2 资料收集

4.2.1 在资料收集期间，企业论证工作组应进行实地考察、调研和技术分析，保障资料全面、客观、准确、可信。

4.2.2 收集论证所需资料，应按附录 A 的要求执行。

4.3 报告编制

4.3.1 企业论证工作组应在全面完成资料收集后开展国内首次使用的化工工艺安全可靠性论证分析，并遵循真实、科学、可行、规范的原则编制安全可靠性论证报告。

4.3.2 安全可靠性论证报告应符合本文件第 5 章及附录 B、C、D 要求。

4.4 专家评审

4.4.1 项目建设单位宜聘请反应风险评估、工艺开发与设计、化工设备、电气仪表及自动化、安全工程等行业专家对安全可靠性论证报告进行评审。

4.4.2 新建、改建、扩建危险化学品生产建设项目，以及伴有危险化学品产生或需要取得危险化学品安全使用许可证的化工建设项目，拟采用国内首次使用化工工艺的，项目建设单位还需向省级有关部门提交安全可靠性论证报告并申请论证。

4.5 论证思路

国内首次使用的化工工艺安全可靠性论证工作思路如图1所示。

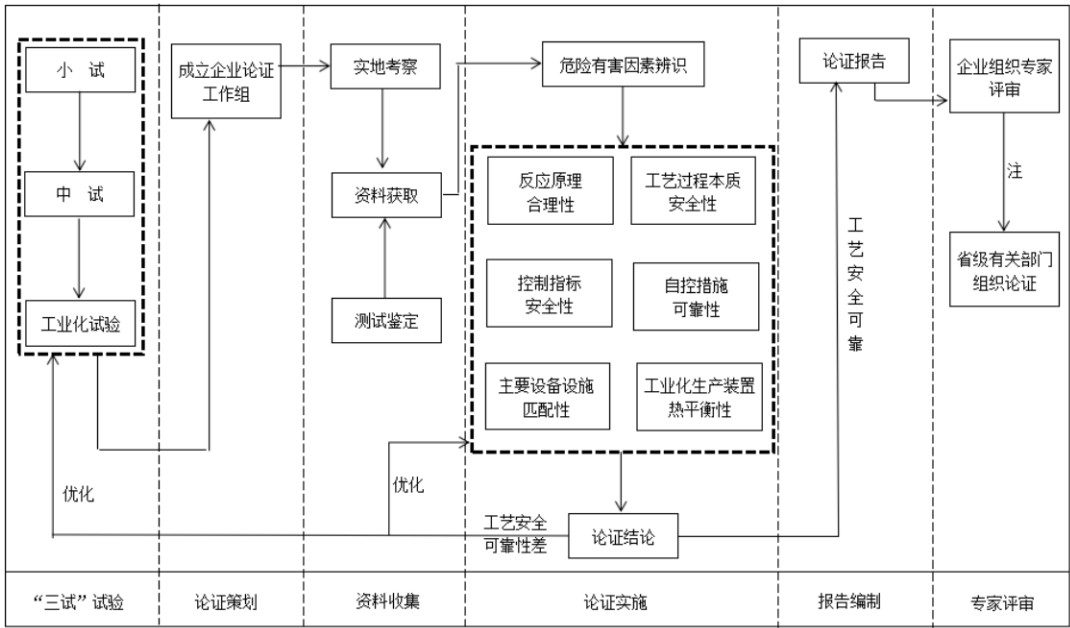


图1 国内首次使用的化工工艺安全可靠论证工作思路图

5 论证内容

5.1 论证概况

- 5.1.1 明确论证目的、论证范围、建设单位概况、建设项目概况、编制依据等内容。
- 5.1.2 论证概况的技术深度应符合附录 B.1 的要求。

5.2 工艺基本情况

- 5.2.1 明确工艺研发背景、国内外工艺对比、工艺研发情况、工业化生产装置等内容。
- 5.2.2 工艺基本情况技术深度应符合附录 B.2 要求。

5.3 “三试”试验情况

- 5.3.1 收集“三试”试验报告，明确“三试”试验的试验时间、实施单位、试验地点、试验人员、试验设备、试验记录等内容。
- 5.3.2 明确“三试”试验的基本情况、试验条件、质量分析、试验流程、控制参数、工艺放大、异常总结、结论建议等内容。
- 5.3.3 “三试”试验情况的技术深度应符合附录 B.3 要求。

5.4 危险有害因素分析

- 5.4.1 开展工业化生产装置涉及的化学品（含重点监管危险化学品）、化工工艺（含重点监管危险化工工艺）、操作过程、设备设施的危險有害因素分析，并明确相应的安全风险控制措施。
- 5.4.2 危险有害因素分析技术深度应符合附录 B.4 要求。

5.5 反应机理合理性

- 5.5.1 论证主反应方程式、主要（重点）副反应方程式是否正确描述一定反应条件（工艺参数）下反

应物、生成物的转化与选择关系。

5.5.2 反应机理合理性分析技术深度应符合附录 B.5 要求。

5.6 工艺过程本质安全性

5.6.1 论证化学品、化学反应、工艺操作的选择是否充分考虑了最小化、替代、减缓、简化等措施要求，说明化学品、化学反应、工艺操作选择的合理性，最大限度实现工艺过程本质安全性。

5.6.2 工艺过程本质安全性分析技术深度应符合附录 B.6 要求。

5.7 控制指标安全性

5.7.1 论证工艺控制指标的选取是否全面、准确，是否覆盖了包括主流程、辅助流程在内的工艺全流程，控制指标是否能够保障工艺安全、稳定运行。

5.7.2 控制指标安全性分析技术深度应符合附录 B.7 要求。

5.8 自控措施可靠性

5.8.1 论证是否基于控制参数、控制指标实现了安全控制的基本要求，是否在此基础上进一步明确了控制方式，是否明确了检测仪表、执行元件、逻辑控制器的基本选型。

5.8.2 自控措施可靠性分析技术深度应符合附录 B.8 要求。

5.9 主要设备设施匹配性

5.9.1 论证是否明确了主要设备设施的设计要求、设计依据、选材建议、安全风险控制措施等内容。

5.9.2 主要设备设施匹配性分析技术深度应符合附录 B.9 要求。

5.10 工业化生产装置热平衡性

5.10.1 工业化生产装置热平衡分析分为工艺放大倍数合理性分析、化学反应装置工艺放大倍数热力学分析和非化学反应装置工艺放大倍数热力学分析。

5.10.2 基于反应风险评估测试分析获取的热动力学参数，结合化学反应、非化学反应装置的移热能力相关参数，验证工业化生产装置的移热能力是否足以保障工艺在正常生产情况下热平衡的需求，防止反应物料体系的热量持续积聚进而引发反应失控。

5.10.3 工业化生产装置热平衡性分析技术深度应符合附录 B.10 要求。

5.11 安全可靠论证结论

5.11.1 安全可靠论证应简要概括主要论证结果，包括但不限于论证数据来源真实性、“三试”试验充分性、危险有害因素分析全面性、反应机理合理性、工艺过程本质安全性、控制指标安全性、自控措施可靠性、主要设备设施匹配性、工业化生产装置热平衡性，并明确给出首次工艺是否安全可靠的结论。

5.11.2 应明确提出工艺、设备、自控、安全、消防、应急等方面的对策措施，用于指导后续安全设计工作。

附录 A

(规范性)

论证所需主要参考资料

A.1 生产工艺相关资料

生产工艺相关资料应参考以下资料。

- 原辅料、中间产品、产品安全技术说明书 (MSDS)，工业化生产装置物料平衡图，工艺流程图 (PFD)，有条件的提供管道及仪表流程图 (P&ID)。
- 原辅料、产品 (含副产物)、中间产品 (含中间产物) 涉及物理危险性尚未确定的化学品，应提供化学品物理危险性鉴定与分类机构出具的化学品分类鉴定报告。
- 毒性不明的化学品应按照《化学品毒性鉴定管理规范》取得化学品毒性鉴定报告。
- 生态毒理学特性不明的化学品应提供符合良好实验室规范 (GLP) 的测试机构出具的生态毒理学特性测试报告。
- 按照 GB/T 42300 的要求需要开展反应安全风险评估的工艺，应提供同时具备中国合格评定国家认可实验室 (CNAS 认可实验室) 资质条件和中国计量认证 (CMA 认可实验室) 资质条件的机构出具的反应安全风险评估报告。
- 原辅料、产品 (含副产物)、中间产品 (含中间产物) 等化学品为可燃性粉尘的，应提供可燃性粉尘爆炸特性参数。
- 若技术属于国内其他机构转让，还需收集技术使用授权相关证明文件。
- 工业化生产装置前期设计阶段的危险源辨识 (HAZID)、初步危险性分析 (PrHA) 等工艺危险性分析报告，有条件的可提供危险与可操作性分析 (HAZOP) 报告，涉及安全仪表的化工工艺项目有条件的可提供保护层分析 (LOPA) 报告。
- 若工艺技术来源为国外成熟生产工艺在国内首次应用的，除上述资料外，还应获取：
 1. 工艺来源及使用授权证明；
 2. 操作规程与工艺控制指标；
 3. 该工艺安全运行的证明材料；
 4. 采用该工艺国外企业的设备检维修情况；
 5. 工艺设计说明 (包括但不限于：生产规模、产品与原辅料技术指标、生产制度、开工时数、化学反应机理、物料与能量衡算、主要设备、直接作业操作与管理、废弃危险化学品等危险废物处置、安全技术与卫生防护等) 及其他与国内首次工艺安全可靠论证有关的资料。

A.2 开发试验相关资料

开发试验相关资料参考以下资料。

- 开发项目立项报告，工艺路线比较报告，查新报告，知识产权查询报告，工艺、技术、产品等方面的专利、文献、技术鉴定报告。
- “三试”试验过程的工艺规程、质量标准、试验记录、测试检验报告、变更记录、培训记录、检查记录、评估报告、总结报告等相关资料。
- 开发过程的试验现场、试验设备、相关试验活动的影像，设备检维修记录。
- 开发过程的相关原辅料的采购、领用记录。
- 国内外工艺技术现状资料。
- 开发过程发生的事故、未遂事件 (包括试验中断) 资料。
- 开发人员的技术履历、相关工作业绩，开发单位的相关工作业绩。

A.3 其他资料

其他与国内首次使用的化工工艺安全可靠论证相关的资料。

附录 B

(规范性)

论证报告技术深度要求

B.1 论证概况

B.1.1 根据反应工艺流程明确工艺安全可靠论证范围（应包括废弃危险化学品等危险废物的处理流程）。

B.1.2 明确建设内容、建设地点、主要产品及规模、工艺技术、建设进度或计划等基本情况。

B.1.3 明确论证所依据的法律、法规、规章、标准、规范性文件。

B.2 工艺基本情况

B.2.1 从政策、市场、产业发展等方面说明工艺研发背景、必要性。

B.2.2 结合相关专利、文献报道、查新报告，描述国内外同类产品的现有工艺技术路线（包括原料路线、反应机理、工艺流程说明、工艺流程图等），对比分析国内外现有工艺在应用、安全、环保、技术、创新、产量、质量等方面的差异，阐述工艺的先进性。

B.2.3 介绍工艺研发情况（包括开发单位或团队简介，小试、中试、工业化试验历程等），介绍专利申请、文献发表等知识产权情况，介绍技术授权、鉴定、转让、成果转化等情况。

B.2.4 详述工业化生产装置的工艺情况，包括原料路线、反应机理（主副化学反应、反应特点、体系性质特征等）、工艺流程说明、工艺流程图、物料平衡图、工艺操作方面说明、主要工艺控制参数、主要原辅料和产品（含中间产品）、质量标准及分析方法，废弃危险化学品等危险废物产生情况、主要生产装置和储存设施规模及组成、主要安全设施等。

B.3 “三试”试验情况

B.3.1 明确“三试”试验的主要历程、主要批次，明确反应机理、工艺流程以及原辅料、中间产品、产品等基本情况，明确操作条件、试验设备设施、分析检测方法等试验指标，开展“三试”试验反应收率/转化率和产品质量分析，总结“三试”试验发生异常的原因，说明“三试”试验的全面性和充分性。

B.3.2 明确小试试验最佳操作条件及选择理由，并明确小试结论、中试试验建议等。

B.3.3 应明确中试试验放大倍数，开展中试变更及放大效应分析，确立中试试验流程、最佳操作条件及选择理由，评估中试设备运行能力，明确中试结论并对工业化试验及废弃危险化学品等危险废物处理提出建议等。

B.3.4 应明确工业化试验主要自动化控制措施、公用工程等情况，明确工业化试验放大倍数，确定原辅料和产品（含中间产品）的质量标准、中间控制标准及检测分析方法，进行物料衡算，开展工业化试验变更及放大效应分析，确定工业化试验流程、最佳操作条件及选择理由，评估工业化试验设备运行能力，明确工业化试验结论并对工业化生产及废弃危险化学品等危险废物处理提出建议等。

B.3.5 明确“三试”试验主要工艺参数，全面考虑反应温度、反应压力、反应时间、物料配比、催化剂类型、设备类型等对工艺路径可实现性的影响。

B.3.6 分析小试、中试、工业化试验过程中超限、中断等事故和事件等异常问题及国内外类似事故，提出优化工艺条件、控制参数等的建议。

B.4 危险有害因素分析

B.4.1 化学品应包括工业化生产过程中的所有原辅料、中间产品、产品。

B.4.2 辨识化学品危险性应充分应用安全技术说明书、安全标签、物理危险性分类鉴定、毒性鉴定、

生态毒理学特性测试、热稳定性测试、燃爆危险性测试、危险废物鉴别等技术手段，所得理化特性、理化危险、健康危险、环境危险等应全面完整且来源可靠。

B.4.3 工艺过程危险有害因素分析应包括反应过程的风险矩阵评估、工艺危险度评估、反应安全风险评估、工艺过程危险有害因素辨识。

B.4.4 应按照GB/T42300的相关规定确定反应安全风险测试与评估内容；开展论证范围内所有化学反应步骤的反应安全风险测试分析，且测试条件应与工业化生产装置的生产工艺条件保持一致；若现有评估设备无法满足测试要求，应采用理论手段进行分析，并说明分析方案的依据和合理性；原辅料、中间产品、产品应当开展热稳定性测试分析，并充分考虑杂质、工况的影响。

B.4.5 应识别特别管控危险化学品、重点监管危险化学品、剧毒化学品、高毒化学品、易制毒化学品、易制爆化学品、监控化学品、爆炸品等属性，并从火灾爆炸、中毒窒息、灼伤、腐蚀、粉尘危害等方面进行危险有害因素辨识。

B.4.6 操作过程危险有害因素分析应包括正常操作、临时操作、应急操作、异常操作等情况。

B.4.7 设备设施危险有害因素分析应覆盖主要动设备、静设备、特种设备。

B.4.8 全面辨识重点监管危险化工工艺、重点监管危险化学品，分析其危险特性。

注：反应安全风险测试应按照GB/T 42300的相关要求确定。

B.5 反应机理合理性分析

B.5.1 工业化生产装置的工艺流程应与“三试”试验的工艺流程相适应。

B.5.2 明确主反应和主要（重点）副反应的反应机理、反应过程、反应特点，涉及的原辅料、中间产品、产品的性状、相态、组分；反应条件和物料参数与相关测试分析报告相适应等。

B.5.3 通过“三试”试验的物料配比、反应温度、反应压力、反应时间、物料流量、催化剂成分、物料含量等工艺参数，分析工业化生产装置工艺参数的合理性。

B.6 工艺过程本质安全性分析

B.6.1 化学品的选择应充分考虑化学品的能量、毒性、在线量等，并针对选择结果提出有效的安全风险控制措施。

B.6.2 化学反应的选择应充分考虑工艺条件、反应危险性等，并针对选择结果提出有效的安全风险控制措施；对于工艺危险度3级及以上的化学反应，若在目前安全技术手段条件下无法保证安全的，要重新进行工艺研究或优化，尽量减小工艺过程热累积程度。

B.6.3 工艺操作的选择应充分考虑操作条件、操作方法、控制方式、操作频次、现场作业人员数量等，并针对选择结果提出有效的安全风险控制措施。

B.7 控制指标安全性分析

B.7.1 主要控制参数包括温度、压力、流量、物位、时间、比例、含量、顺序、泄漏等。

B.7.2 控制指标设置应覆盖包括主流程、辅助流程在内的化工工艺全流程，充分考虑在正常情况和非正常情况下以及试车及开停车过程的安全风险；以“三试”试验结果为基础设置，充分运用热稳定性测试、反应安全风险测试等测试数据，将控制指标设置在燃烧爆炸、化学反应失控和化学品热分解的安全范围内，并留有充足的安全裕量。

B.8 自控措施可靠性分析

B.8.1 结合工艺特点确认主要控制指标对应自控措施的可靠性。

B.8.2 明确分散控制系统（DCS）、安全仪表系统（SIS）、可燃有毒气体报警系统（GDS）等设置情况及可达到的自动化控制水平，涉及硝化、氯化、氟化、重氮化、过氧化工艺装置的自动化控制水平应能满足最大限度减少作业场所人数的需要。

B.8.3 明确关键控制指标对应的控制回路、联锁因果、联锁动作、报警阈值、故障阀位等信息，明确其控制范围、控制精度、响应速度及成熟程度，涉及紧急切断阀的还需明确泄漏等级及行程时间要求。

B.8.4 明确关键检测仪表、执行元件及逻辑控制器在防爆、防尘、防水、防泄漏、防腐蚀、计量精准、故障模式、冗余等方面的基本选型要求。

B.8.5 明确所选控制方式在相关行业领域的应用实践情况。

B.9 主要设备设施匹配性分析

B.9.1 明确设备设施选择的原则、依据、方案，不得采用国家明令淘汰的设备。

B.9.2 分析“三试”试验过程中主要设备设施的运行情况，落实优化和改进设备设施的安全风险控制措施。

B.9.3 重点从结构、材质、强度、设计温度、设计压力、传热能力、污垢系数、腐蚀裕度、防护要求等方面进行设备匹配性分析。

B.9.4 明确紧急泄放的排放方式、排放方向等设置以及泄压能力的保障情况。

B.9.5 明确保障设备设施防超温、防超压，保真空，防爆、防静电、防泄漏等安全风险控制措施的设置情况。

B.9.6 明确设备设施及安全风险控制措施在选型、功能、质量方面的可实现性。

B.10 工业化生产装置热平衡分析

B.10.1 基于小试到中试、中试到工业化试验的工艺放大情况，结合工业化生产装置的反应设备容积、换热设备换热能力、物料配比、反应压力、反应温度、反应时间等关键工艺参数开展工业化试验到工业化生产装置工艺放大倍数合理性分析。

B.10.2 供热、供冷能力应满足正常操作量、最大消耗量及规格指标的要求，宜深度分析其自动化控制能力。其中，供热主要考虑热载体组成、热值、沸点、热力学性质、供热负荷等方面，供冷主要考虑供冷介质、供冷温度、供冷压力、供冷流量等方面。对于工业化生产涉及易分解物料或易失控反应的生产装置，应设置稳定的加热或冷却介质，保证恒定的换热能力。

B.10.3 化学反应装置的工艺放大倍数热力学分析主要涉及到反应放热、移热、物料对流引发的热交换、加料引起的显热、搅拌装置搅拌引发热能、热散失等方面。移热主要涉及到夹套移热、盘管移热、回流移热等方式。化工装置在放大过程中，基于相同的反应机理下，单位质量物料的反应热生成能力是一致的，鉴于在放大过程中，移热能力随着反应装置放大而降低，化学反应若基于反应风险评估测试结果表明反应的热生成能力不超过拟设计的移热能力，则说明工业化生产装置反应体系可处于热平衡状态，反之，则应重新确定该化学反应步骤的最小移热能力。

B.10.4 非化学反应装置工艺放大倍数热力学分析需评估其传热受限情况，反应性物料体系传热有强制对流、自然对流和热传导3种不同的方式，若在非化学反应装置设计条件下反应性物料体系的温度趋于稳态且压力能被及时泄放，则说明反应性物料体系的热风险处于可接受状态，反之，则应重新确定该工业化非化学反应装置的条件。

注：化学反应装置和非化学反应装置工艺放大倍数热力学分析可参考《化工过程热风险》（化学工业出版社，2020）等文献资料进行。

附 录 C
(规范性)
安全可靠性论证报告框架

C.1 总体要求

论证报告文字应简洁、准确，可同时采用图表和照片，使论证过程和结论清楚、明确，利于阅读和审查。

C.2 报告提纲

安全可靠性论证报告框架应符合图C.1给出的框架结构。

第一章 论证概述
1.1 论证目的
1.2 论证范围
1.3 企业基本情况
1.4 论证项目基本情况
1.5 论证依据
第二章 工艺基本情况
2.1 国内外工艺对比
2.2 工艺来源及背景
2.3 工艺开发过程
2.4 工业化生产装置简介
第三章 “三试”试验情况
3.1 小试试验情况
3.2 中试试验情况
3.3 工业化试验情况
第四章 危险有害因素分析
4.1 化学品危险有害因素分析
4.2 工艺过程危险有害因素分析
4.3 操作过程危险有害因素分析
4.4 主要设备设施危险有害因素分析
4.5 安全风险控制措施
第五章 反应原理合理性分析
第六章 工艺过程本质安全性分析
6.1 化学品本质安全性分析
6.2 化学反应本质安全性分析
6.3 工艺操作本质安全性分析
第七章 控制指标安全性分析
7.1 工艺节点划分
7.2 控制参数选取
7.3 控制指标设置
第八章 自控措施可靠性分析
8.1 化工工艺自动化控制系统
8.2 化工工艺控制要求

图C.1 安全可靠性论证报告框架

8.3 化工工艺控制方式
8.4 关键设施基本选型
第九章 主要设备设施匹配性分析
9.1 主要设备设施选择方案
9.2 主要设备设施选材依据
9.3 主要设备设施安全风险控制要求
第十章 工业化生产装置热平衡分析
10.1 工业化生产装置放大合理性分析
10.2 化学反应装置热平衡分析
10.3 非化学反应装置热平衡分析
第十一章 化工工艺安全可靠论证结论
附件

图C.1（续）

附录 D
(规范性)
报告格式式样

D.1 报告格式式样(封面式样)

安全可靠性论证报告封面应符合图D.1的要求。

建设单位名称（二号宋体加粗） 化工工艺名称 国内首次使用的化工工艺 安全可靠性论证报告 （一号黑体加粗） 建设单位：____（四号宋体）（盖章） 日期：____（四号宋体）
--

图D.1 封面式样

D.2 报告格式式样（著录项格式）

D.2.1 论证工作组应符合图D.2的规定。

论证工作组人员（三号宋体加粗）				
姓名	单位	职务、职称	论证工作任务	签字

此表应根据项目实际参与人员编制

图D.2 论证工作组式样

D.2.2 技术专家情况应符合图D.3的规定。

技术专家（三号宋体加粗）				
姓名	单位	职务、职称	论证工作任务	签字

图D.3 技术专家情况式样

参 考 文 献

- [1] 陈网桦, 陈利平, 郭子超, 著. 化工过程热风险[M]. 北京:化学工业出版社, 2020.
-