化工企业安全保护措施分析

应用指南

编 制 说 明

中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院

2012年12月

[1 必要性 2](#_Toc322613875)

[2 工作简况 3](#_Toc322613876)

[2.1 任务来源及制定单位 3](#_Toc322613877)

[2.2 标准编制过程 3](#_Toc322613878)

[3 标准编制原则和主要内容 4](#_Toc322613879)

[4 技术论证与效果 5](#_Toc322613880)

[5 对标情况 5](#_Toc322613881)

[6 需要说明的主要问题 6](#_Toc322613882)

[6.1 名称 6](#_Toc322613883)

[6.2 与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系 6](#_Toc322613884)

[6.3 重要条款说明 6](#_Toc322613885)

[7 相关建议 7](#_Toc322613886)

[8 征求意见的反馈和处理情况 7](#_Toc322613887)

[9 标准审查 7](#_Toc322613888)

# 1 必要性

化工行业具有高温高压、易燃易爆、有毒有害、连续作业、链长面广的特点，是典型的高危行业。化工企业为了防止事故的发生，往往设置了多重的保护，主要包括本质更安全设计、基本过程控制系统（BPCS）、关键报警与人员干预、安全仪表功能（SIF）、物理保护（安全阀、爆破片等）、释放后物理保护、工厂和社区应急响应等八重保护。如何合理地进行保护层设置，使企业装置风险降低到企业可容忍风险标准之下，从而预防重大安全事故的发生，一直是工艺危害分析的核心问题之一。定性的工艺危害分析方法对这个问题的决策往往来自于个人的主观判断，分析结果可能会存在过保护或保护不足。过保护会造成资源的浪费，保护不足则会造成风险降低的不够，导致事故的发生。保护层分析（LOPA）技术则可以运用合理、客观、基于风险的方法回答这个关键问题。LOPA是国际上通用的一种半定量的风险评估方法，是在定性危害分析的基础上，进一步评估保护层的有效性，确保过程风险减少到可接受水平的系统方法。与定性危害分析方法相比，LOPA消除了分析的主观性，其花费比完全的定量风险评估方法要少的多。

目前，国际上知名的化工公司，如陶氏化学、杜邦公司、壳牌石油、bp和埃克森美孚等都采用LOPA技术开展装置保护层的分析设计工作。我国政府一直强调要采用系统的方法开展危险辨识，提高企业本质安全水平和事故防范能力，越来越多的企业在逐渐应用LOPA开展分析。但是，由于国内尚未制定LOPA应用方法的标准，各个企业开展方式不一，不利于企业之间的相互交流，一定程度上制约了LOPA的推广应用；某些企业方法运用不规范，无法保证LOPA的质量。因此，本标准的制定具有重要现实意义。

# 2 工作简况

## 2.1 任务来源及制定单位

为了完善和规范LOPA程序，2011年5月，国家安全监管总局印发关于下达2011年安全生产行业标准项目计划的通知（安监总政法〔2011〕63号），本标准予以立项，由中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院，中国石化集团洛阳石油化工工程公司、国家安全生产监督管理总局化学品登记中心共同编制。

## 2.2 标准编制过程

本标准编写小组人员于2011年1~5月，进行相关文献查阅，确定研究路线，制定编制原则，积极为制订标准做准备；2011年6~11月，起草标准文本和编制说明稿；2011年12月，青岛安全工程研究院组织征求意见，对意见进行收集和整理，形成征求意见稿。

**2.2.1 前期调研工作**

本标准编写小组对LOPA在国内外的应用和研究工作进行了调研。国外开展LOPA研究较早。20世纪80年代末，当时的美国化学品制造商协会出版了《过程安全管理标准责任》，书中建议将“足够的保护层”作为有效的过程安全管理系统的一个组成部分。1993年，美国化工过程安全中心CCPS出版了《化工过程安全自动化指南》（CCPS，1993），书中建议将LOPA作为确定安全仪表功能完整性水平的方法之一。2001年CCPS发布了LOPA分析指南《Layer of Protection Analysis, Simplified Process Risk Management》，书中详细地讨论了LOPA的基本规则和应用。2003年，国际电工委员会（IEC）发布了IEC61511：Functional safety—Safety instrumented systems for the process industry sector，将LOPA分析技术作为确定安全仪表系统完整性水平（SIL）的推荐方法之一。

近年来，LOPA技术在国外化工领域得到了越来越广泛的应用。一些国际知名石化企业，如陶氏化学（DOW），壳牌（SHELL），杜邦（DUPON）及英国石油（bp）等，都建立了自己的LOPA程序，并对多套装置开展了LOPA。

在国内，AQ/T 3034-2010《化工企业工艺安全管理实施导则》对LOPA进行了简单介绍。IEC 61511的等同采标GB/T 21109.3-2007《过程工业领域安全仪表系统的功能安全第3部分：确定要求的安全完整性等级的指南》将LOPA作为确定安全仪表系统SIL的推荐方法之一。

国内企业开展LOPA的较少，仍处于起步阶段。与国外相比，我国还没有相应的LOPA导则，对于化工企业何时进行LOPA，如何选择LOPA所需的数据，执行LOPA的具体程序等问题，没有统一的标准。

**2.2.2 标准框架结构的确定**

本标准编写小组参照国内外相关标准和参考资料，以2001年CCPS出版的《Layer of Protection Analysis, Simplified Process Risk Management》的内容为基础，结合近年来LOPA应用的经验和研究成果，考虑国内化工企业现状，确定了标准的框架结构。

**2.2.3 广泛征求意见，修改完善标准**

在拟定好编写原则和框架结构以及对调研收集到的信息、意见进行归纳、整理、分析的基础上，2011年5月初开始编写本导则。在编写过程中，注重国内化工企业开展工艺危害分析的现状、国内外失效频率收集以及风险决策方法的对比，于2011年12月形成该标准的初稿，2012年1月征求了国内部分专家、用户的意见，2012年4月形成送审稿。

# 3 标准编制原则和主要内容

本标准编制的原则是为国内化工企业开展LOPA提供规范性依据。为此，本标准综合考虑了国外其他国家或机构对LOPA技术的规定和国内化工企业的现状，具有规范性和可操作性。

本标准的主要内容为：范围、规范性引用文件、缩略语和定义、保护层分析基本程序、场景识别与筛选、初始事件确认、独立保护层评估、场景频率计算、风险评估与决策、LOPA文档、LOPA后续跟踪及审查和附录。

# 4 技术论证与效果

国外企业的LOPA应用经验表明，LOPA以关注于场景的研究方法，可以发现那些已进行过多次危害分析的成熟工艺中存在的未被发现的安全问题。与定性方法相比，LOPA提供了更具可靠性的风险判断，因为LOPA有更严格的记录，并给定了场景频率和后果的具体数值。此外，LOPA客观的风险标准已证明可有效地解决工艺危害分析结果的分歧,提高危害评估会议的效率。LOPA可用于审查基本设计选择，并且可指导选择具有更低初始事件频率、更小事故后果或者更理想的独立保护层数量和类型的方案。LOPA可以通过客观的方法，迅速地对备选方案进行定量比较，设计一个“本质更安全”的工艺过程。LOPA可容易地确定过程风险是否能被接受。如果过程需要安全仪表功能，LOPA可以确定所需的安全仪表完整性水平，是安全系统生命周期中一个非常有价值的工具。LOPA可用于识别那些保证过程风险在企业风险容忍标准内的关键设备，以及操作人员的关键安全行为和关键安全响应，可帮助企业决定操作、维护以及相关培训的重点放在哪些防护措施上，是执行过程安全管理的机械完整性或基于风险的维护系统的有力工具。与定量风险分析相比，LOPA花费的时间较少，适用对于定性风险评估来说过于复杂的场景。

本标准的制定，可以提高对于LOPA方法内涵的认识，简化、规范操作程序，提高LOPA方法的应用水平，为LOPA方法的实施和普及奠定基础，推进科学、标准、规范化的保护层分析方法在化工企业的应用、提高企业安全工作水平。

# 5 对标情况

国内没有同类标准。

# 6 需要说明的主要问题

## 6.1 标准制定单位

国家石化项目风险评估技术中心开展过多个LOPA分析项目，具有丰富的LOPA应用经验。在本标准编制过程中，该单位做了大量工作。因此，在标准制定单位中增加了国家石化项目风险评估技术中心。

## 6.2 名称

本标准立项时为“化工企业安全保护措施分析应用指南”，经过对国外相关标准的调研和专家讨论，改为“化工企业保护层分析应用导则”。“保护层”这一术语与“安全保护措施”相比，更能体现化工企业防护措施分层设定的特点，而且与国外相关标准和文献的表述相一致。“导则”与“指南”相比，更侧重于对LOPA技术程序的规则介绍，内容上更为简练。

## 6.3 与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

国内没有同类标准；

## 6.4 重要条款说明

（一）本标准的适用范围

在条款1中，规定了本标准的适用范围。但是，作为一种通用的工艺危害分析方法，其他行业可参考本标准开展LOPA。

（二）LOPA小组组成

LOPA一般由一个小组完成。条款4.3给出了LOPA小组可能包含的人员，企业在开展LOPA时，应根据项目的实际情况选择合适的人员组成LOPA小组。

（三）初始事件确认

条款6.1给出了初始事件的具体分类，企业在确定初始事件时，可根据场景的具体情况，按照初始事件的确定原则选择场景初始事件，不局限于表2给出的初始事件。

（四）独立保护层评估

独立保护层评估是LOPA的核心内容。企业在开展LOPA时，应严格按照条款7.2的要求对保护层进行评估。

（五）场景频率计算

条款8.2给出了初始事件发生频率和独立保护层PFD的数据来源和选择要求。企业在进行数据选择时，应严格按照条款8.2.2和8.2.3的要求进行，以保证计算结果的准确性。附录F给出了数据推荐值，企业应根据具体情况合理选择数据值。

（六）风险评估与决策

附录D给出了风险矩阵的参考形式。不同企业可采取不同的风险矩阵开展风险评估与决策。

# 7 相关建议

本标准为推荐性标准，内容为推荐性条款。

# 8 征求意见的反馈和处理情况

# 9 标准审查