



石油高等院校特色规划教材

# 油气生产安全评价

马庆春 段庆全 张来斌 © 编著



石油工业出版社  
Petroleum Industry Press

石油高等院校特色规划教材

# 油气生产安全评价

马庆春 段庆全 张来斌 编著



石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书分为上下两篇。上篇全面讲解了安全评价的研究对象、应用需求,阐述了危险有害因素的辨识方法、系统的评价方法(SCL、PHA、FMEA、HAZOP、ETA、FTA)、典型事故的后果计算模型(泄漏模型、火灾模型、爆炸模型)以及评价报告的编写。下篇提供了评价方法在油气行业的应用实例,给出了钻井生产过程安全检查表、输油管道火灾爆炸事故树、球罐区危险与可操作性研究、加油站模糊综合评价、基于 Fluent 的泄漏事故后果模拟以及基于 CFD 的储罐火灾事故后果模拟等。

本书可作为石油高校安全专业、油气储运专业本科生及研究生教学用书,也可作为油气生产行业技术与管理人员研究和学习用书,还可作为油气生产运行、维护管理人员的安全教育培训教材,同时也是广大石油科技工作者的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

油气生产安全评价/马庆春,段庆全,张来斌编著. — 北京:石油工业出版社,2018.6

石油高等院校特色规划教材

ISBN 978-7-5183-2659-4

I. ①油… II. ①马…②段…③张… III. ①油气开采—安全评价—高等学校—教材 IV. ①TE38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 115233 号

---

出版发行:石油工业出版社

(北京市朝阳区安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址:www.petropub.com

编辑部:(010)64523693

图书营销中心:(010)64523633 (010)64523731

经 销:全国新华书店

排 版:北京市密东文创有限公司

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

---

2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷

787 毫米×1092 毫米 开本:1/16 印张:13

字数:328 千字

---

定价:26.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

# 油气安全工程系列教材

## 编委会

- 主任:** 张来斌 中国石油大学(北京)校长  
张凤山 中国石油天然气集团公司安全副总监、安全环保与节能部总经理
- 副主任:** 吴苏江 中国石油天然气集团公司安全环保与节能部副总经理  
闫伦江 中国石油集团安全环保技术研究院院长  
孙万付 中国石化青岛安全工程研究院院长
- 委员:** 吴世勤 中石油股份公司天然气与管道分公司副总经理  
邱少林 中石油安全环保与节能部副总工程师  
帅健 中国石油大学(北京)教授  
杜卫东 中国石油安全环保技术研究院副总工程师  
张宏 中国石油大学(北京)教授  
董绍华 中国石油大学(北京)管道技术与安全中心主任、教授  
相桂生 中海油能源发展集团安全环保公司  
胡瑾秋 中国石油大学(北京)教授  
陈国明 中国石油大学(北京)机电工程学院教授  
杨东棹 中国海洋石油集团有限公司安全环保部处长

# 总 序

石油天然气工业安全是油气工业可持续发展的重要领域,给石油工业带来重大影响。如1988年7月,英国北海油田阿尔法平台爆炸,造成167人死亡,引起海洋石油开采安全管理的重大变革;2010年4月,英国石油公司在美国墨西哥湾租用的钻井平台“深水地平线”发生爆炸,导致大量石油泄漏,酿成一场经济和环境惨剧,是美国历史上“最严重的一次”漏油事故,引起了全球石油工业安全工作者的高度重视。石油安全管理成为21世纪石油工业领域的重要内容。

随着石油工业生产难度的加大,石油安全面临的问题越来越复杂,人才的培养逐渐成为行业内所有工程专家学者的共识。要杜绝或减少石油工业安全事故,提高安全专业学生的培养质量和专业素质成为行业发展的基础。鉴于石油安全学科设立的时间较短,针对当前石油安全的教材体系仍然没有建立起来,致使人才培养系统性不强的问题,如何将最新的安全技术与管理知识传授给学生,需要建立安全专业教材体系,编制覆盖石油勘探、开发、钻井、储运、炼制等全生产业务链条的安全工程教材非常必要。

油气安全工程系列教材由中国石油大学(北京)油气安全工程系列教材编委会组织编写,包括《石油工程安全技术》、《石油化工安全技术》、《油气工业HSE管理》、《油气生产安全评价》、《油气管道完整性检测评价技术》、《海洋油气生产安全技术》、《油气火灾工程技术》和《油气装备安全技术》等8本教材。系列教材全面地概括总结了石油工业安全技术的发展,既体现安全基础知识和安全理论,又重视安全技术和方法的应用,同时教材中的案例分析来源于实践和科研成果,力求与生产实践紧密结合。

油气安全工程系列教材全面落实教育部关于教材建设的精神,编委会深刻认识到教材建设是高等学校一项重要的教学基本建设,高质量的教材既是一个学校、一个专业教学质量、科研水平和师资水平高低

的重要标志，又是提高教学质量和师资水平的重要途径。

油气安全工程系列教材编委会组织编写的这套教材，较好地反映了安全工程专业教学目标要求，总结了石油安全行业发展以及在实践中的新理论、新技术和新方法，分析了石油工业面临的新技术、新情况、新问题，在此基础上进行了完善提升，具有很强的实践性、实用性和较高的理论性、思想性。这套教材的开发和出版，对推动石油安全工程专业的教学科研以及专业发展意义重大。

这套教材的编制和出版，一定会提高安全工程专业教师的教学水平，提高学生掌握专业知识的广度和深度，必将对推进安全工程人才培养和安全学科建设发挥重要作用。

中国工程院院士

2017年12月

# 前 言

石油天然气的易燃、易爆、有毒、腐蚀等性质决定了其固有危险性,同时石油天然气的生产、加工、储存、运输等工艺的特殊性也决定了石油工业是一个高风险的产业体系。近年来,全球发生多起油气行业重特大事故,造成重大人员伤亡、财产损失和环境破坏,社会影响巨大,公共安全受到严重威胁,石油天然气行业的安全管理成为社会发展的重要指标。

本套教材主要面向油气工业安全,以油气安全工程风险、事故致因、检测评价等技术为主要研究对象,综合运用工程技术和科学管理等知识,辨识和预测存在的风险因素,防止油气生产事故发生或最大限度减轻事故损失。本套教材共计8本,以满足石油类院校的教学需求为目标,兼顾油气生产现场技术人员学习的需求,由中国石油大学(北京)油气安全工程系列教材编委会组织编写,力求覆盖整个石油工业勘探、开发、炼化、储运各个环节。

油气生产安全评价作为安全系统工程的核心内容,结合油气行业生产特点,最能体现安全学科的综合属性。

本书在中国石油大学(北京)多年授课教案的基础上,结合现有的安全系统工程教材,以理论和方法为基础,系统地介绍了安全评价的主要内容、方法和评价报告的编写,结合编者的研究工作和工程实践,提供了许多在油气行业特定场所的应用实例。全书集成了国内外通用的生产评价技术、方法,也总结了目前先进的基于计算流体力学方法进行事故后果分析的方法,力求简洁清晰、通俗易懂,同时也突出了方法的实用性和可拓展性。

本书具体编写分工如下:第1章到第4章由中国石油大学(北京)段庆全编写;第5章由中国石油大学(北京)张来斌编写;第6章到第12章由中国石油大学(北京)马庆春负责编写。本书的编写得到中国石油大学(北京)朱冰冰、唐国平、王霞、郭雅梅、贺雅丽、高乾宇、王东东、李昊阳、张旭亮的支持和帮助,特此致谢。

由于作者水平有限,错误和不足之处在所难免,诚恳广大读者批评指正。

编著者

2018年2月

# 目 录

1	安全评价概述	1
1.1	安全评价的应用需求	1
1.2	安全评价的研究对象、内容与方法	2
1.3	人一机—环境系统安全分析	3
2	危险和有害因素辨识	5
2.1	危险和有害因素概述	5
2.2	危险和有害因素调查	12
2.3	危险区域的界定	14
2.4	存在条件和触发因素分析	17
2.5	危险和有害因素辨识原则与方法	20
3	系统评价方法	25
3.1	系统评价流程	25
3.2	安全检查表	25
3.3	预先危险性分析方法	29
3.4	故障类型及影响分析	32
3.5	危险和可操作性分析	36
3.6	事件树分析	42
3.7	事故树分析	44
4	系统安全评价	59
4.1	安全评价概述	59
4.2	可接受风险准则	60
4.3	概率评价法	63
4.4	指数评价法	64
5	典型事故后果计算模型	91
5.1	事故后果分析概述	91
5.2	泄漏模型	92
5.3	火灾模型	102
5.4	爆炸模型	110
6	安全评价报告的编写	120
6.1	风险分析与合同评审	120
6.2	评价现场检查	122

6.3	评价结论的主要内容 .....	125
6.4	评价结论的编制原则 .....	126
6.5	评价报告的自审与审核 .....	127
7	钻井生产过程安全检查表 .....	130
7.1	钻井生产过程 .....	130
7.2	安全检查表制度 .....	135
7.3	安全检查表在钻井作业中的应用 .....	138
8	输油管道火灾爆炸事故树分析 .....	143
8.1	事故树编制说明 .....	143
8.2	输油管道事故树的构造 .....	144
8.3	事故树的定性分析 .....	152
8.4	预防事故的对策及建议 .....	153
9	球罐区危险和可操作性分析 .....	157
9.1	分析流程说明 .....	157
9.2	评价单元划分 .....	159
9.3	2000m <sup>3</sup> 液化丙烯球罐危险和可操作性分析 .....	161
10	加油站模糊综合评价 .....	167
10.1	加油站安全评价指标体系 .....	167
10.2	单因素模糊综合评价 .....	170
10.3	加油站模糊综合评价 .....	171
11	基于 Fluent 的泄漏事故后果模拟 .....	173
11.1	Fluent 软件介绍 .....	173
11.2	数值模拟计算模型的构建 .....	175
11.3	数值模拟结果与分析 .....	176
12	基于 FDS 的储罐火灾事故后果模拟 .....	182
12.1	软件介绍 .....	182
12.2	模拟事故背景 .....	183
12.3	后果模拟 .....	186
12.4	结论 .....	191
	参考文献 .....	192

# 1 安全评价概述

## 本章学习目标

- (1) 了解安全评价的目的及意义。
- (2) 掌握安全评价的研究对象、内容与方法。
- (3) 理解人—机—环境系统的安全分析。

## 1.1 安全评价的应用需求

### 1.1.1 安全评价的由来

随着科学技术的发展,人们在享受现代生产技术所创造的物质文明带来的便利和舒适的同时,也不得不承受现代生产所带来的安全问题。一方面,由于科学技术的进步,人们有条件采用更先进和更安全的设备、设施和工艺方法,促进安全生产水平的不断提高。另一方面,随着新产品、新材料、新技术的使用,以及生产规模的不断扩大,在生产系统中的危险有害物质和能量也在增多,由此可能产生更多新的安全问题。

安全评价的目的是寻求最低事故率、最少损失和最优的安全投资效益。安全评价的目的包括以下四个方面:

(1) 促进实现本质安全化生产。通过安全评价,从工程及系统设计、建设、运行等过程系统地对事故和事故隐患进行科学分析。针对事故与事故隐患发生的各种可能的致因因素和条件,提出消除危险源和降低风险的安全技术措施方案,特别是从设计上采取相应措施,提高生产过程的本质安全化水平,并做到即使发生误操作或设备故障,系统存在的危险因素也不会因此导致重大事故的发生。

(2) 实现全过程安全控制。在设计之前进行安全评价,可避免选择不安全的工艺流程和危险的原材料以及不合格的设备、设施,或提出必要的降低或消除危险的有效方法。设计之后进行评价,可查出设计中的缺陷和不足,及早采取改进和预防措施。系统建成以后运行阶段进行系统安全评价,可了解系统的实际危险性,为采取进一步降低危险性的措施提供依据。

(3) 建立系统安全的最优方案,为决策者提供依据。通过安全评价,分析系统存在的危险源及其分布部位、数目,预测事故的概率和事故严重程度,提出应采取的安全对策措施,为决策者选择系统安全最优方案和管理决策提供依据。

(4) 为实现安全技术、安全管理的标准化和科学化创造条件。通过对设备、设施或系统在生产过程中的安全性是否符合有关技术标准、规范、相关规定的评价,对照技术标准、规范找出存在的问题和不足,以实现安全管理的标准化、科学化,为安全技术和安全管理标准的指定提供依据。

## 1.1.2 安全评价的意义

安全评价与日常安全管理和安全监察工作不同。安全评价从技术带来的负效应出发,对产生的损失和伤害的可能性、影响范围、严重程度及应采取的对策措施等方面进行分析、论证和评估。安全评价有以下四个方面的意义:

(1)安全评价是安全生产管理的重要内容。“安全第一,预防为主”是我国生产的基本方针,作为预测、预防事故重要手段的安全评价,在贯彻安全生产方针中起着十分重要的作用。通过安全评价,可确认生产经营单位是否具备了安全生产条件,是否在生产过程中贯彻安全生产方针。

(2)安全评价有助于政府安全监督管理部门对生产经营单位的安全生产实行宏观控制。项目建设前的安全预评价,有效地提高工程安全设计的质量和投产后的安全可靠程度;建设项目建成后、正式投产前的安全验收评价,是根据国家有关法律法规和标准对设备、设施及系统进行符合性评价,可以提高安全达标水平;系统运转阶段的安全技术、安全管理等方面的安全现状评价,可以客观地对生产经营单位安全水平做出结论,使生产经营单位不仅能够了解可能存在的危险有害因素及其可能导致事故的危险性,而且能够明确如何改进安全现状,同时为安全监督管理部门了解生产经营单位安全生产现状、实施宏观控制提供基础资料。

(3)安全评价有助于安全投资的合理选择。安全评价不仅能确认系统的危险性,而且还能进一步考虑危险性发展为事故的可能性和事故造成损失的严重程度,进而计算事故风险率,并以此说明系统危险可能造成负效益的大小,以便合理地选择控制事故发生的措施,确定安全措施投资的多少,从而使安全投入和可能减少的负效益达到合理的平衡。

(4)安全评价有助于提高生产经营单位的安全管理水平,可以促使生产经营单位转变安全管理模式。

①将“事后处理”转变为“事前预防”。传统“事后处理”安全管理方法的特点是凭经验进行管理,多为事故发生后再进行处理的“事后过程”。通过安全评价,可以预先识别系统的危险性,分析生产经营单位的安全状况,评价系统及各部分的危险程度和安全管理状况,促使生产经营单位达到规定的安全要求。

②将“纵向单一管理”转变为“全面系统管理”。安全评价使生产经营单位所有部门都能按照要求认真评价本系统的安全状况,将安全管理范围扩大到生产经营单位各个部门,使生产经营单位的安全管理实现全过程、全方位和贯穿整个生产时间的系统化安全管理。

③将“经验管理”转变为“目标管理”。仅凭经验、主观意志和思想意识进行安全管理,没有统一的标准和目标;而安全评价可以使各部门明确各自的安全指标要求,在明确的目标下,统一步调分头进行,从而将安全管理工作做到科学化、系统化和标准化。

## 1.2 安全评价的研究对象、内容与方法

### 1.2.1 安全评价的研究对象

安全评价作为一门科学技术,有它本身的研究对象。生产系统是安全评价的主要研究对象。任何一个生产系统都包括三个部分:从事生产活动的操作人员和管理人员、生产必需的机器设备等物质条件以及生产活动所处的环境。这三个部分构成一个“人—机—环境”系统,每一部分都是该系统的一个子系统,称为人子系统、机器子系统和环境子系统。

## 1.2.2 安全评价的研究内容

按照《安全评价通则》(AQ 8001—2007)的定义,安全评价是以实现安全为目的,应用安全系统工程原理与方法,辨识与分析工程、系统、生产经营活动和社会活动中的危险和有害因素、预测发生事故或造成职业危害的可能性和严重程度,提出科学、合理、可行的安全对策,做出评价结论的活动。安全评价可针对一个特定的对象,也可针对一个特定区域范围。

安全评价的具体研究内容包括:

- (1)评价的目的、依据,以及相关的法律法规和技术文件;
- (2)评价对象简介;
- (3)评价对象的危险和有害因素分析;
- (4)评价单元的确定和评价方法的选择;
- (5)进行定性评价、定量评价;
- (6)提出建议的安全卫生对策;
- (7)做出评价结论。

随着国家对安全的重视和人们安全意识的提高,安全评价应用越来越广泛,不仅应用于新建、改建、扩建企业的事故预防,也用于生产企业安全状况的评价。

## 1.2.3 安全评价的研究方法

安全评价方法是对系统的危险性和有害性进行分析、评价的工具。目前已开发出数十种不同特点的评价方法,按其特征可分为定性安全评价、定量安全评价和综合安全评价。

(1)定性安全评价。定性安全评价是借助于对事物的经验、知识及观察,科学地进行分析、判断的方法。运用这类方法以找出项目(工程)或系统中存在的危险和有害因素,进一步根据这些因素从技术、管理、教育等方面提出安全对策措施,加以控制,达到项目(工程)或系统安全的目的。

目前应用较多的定性评价方法有“安全检查表(SCL)”、“预先危险性分析(PHA)”和“故障类型及影响分析(FMEA)”等。

(2)定量安全评价。定量安全评价是根据统计数据、检测数据、同类和类似项目(工程)或系统的数据资料,按有关标准,应用科学的方法构造数学模型进行定量评价的一类方法。定量安全评价主要有以下两种类型:

①以可靠性和安全性为基础,先查明系统中的隐患并求出其损失率、有害因素的种类及其危害程度,然后再与国家规定的有关标准进行比较,常用的方法有“事故树分析(FTA)”、“事件树分析(ETA)”和“模糊综合评价法”等。

②以物质系数为基础的危险度分级方法,常用方法有“火灾、爆炸危险指数评价法”和“蒙德法”等。

(3)综合安全评价。综合安全评价是指将两种以上方法进行组合的安全评价。

## 1.3 人一机—环境系统安全分析

以“人一机—环境”作为整体,通过系统安全分析,可以查明系统中的危险源,分析可能出现的危险状态,估计事故发生概率、可能产生的伤害及产生后果的严重程度,为通过修改系统

设计或改变控制系统运行程序来进行安全风险控制提供依据。

人一机—环境系统安全分析的主要内容有：

- (1)对系统中存在的各种危险源及其相互关系进行调查和分析；
- (2)对与系统有关的环境条件、设备、人员及其他因素进行调查和分析；
- (3)对能够利用适当的设备、规程、工艺或材料控制或根除某种特殊危险源的措施进行分析；
- (4)调查和分析危险源的控制措施及实施这些措施的最好方法；
- (5)调查和分析不能根除的危险源失去控制或减少控制可能出现的后果；
- (6)调查和分析一旦危险源失去控制，为防止伤害和损失应当采取的安全防护措施。

## ◇◇ 本章小结 ◇◇

### (1)安全评价的目的及意义。

安全评价的目的是寻求最低事故率、最少损失和最优的安全投资效益，主要包括：促进实现本质安全化生产；实现全过程安全控制；建立系统安全的最优方案，为决策者提供依据；为实现安全技术、安全管理的标准化和科学化创造条件。

安全评价与日常安全管理和安全监察工作不同。安全评价由技术带来的负效应出发，对产生的损失和伤害的可能性、影响范围、严重程度及应采取的对策措施等方面进行分析、论证和评估。安全评价有以下四个方面的意义：安全评价是安全生产管理的重要内容；安全评价有助于政府安全监督管理部门对生产经营单位的安全生产实行宏观控制；安全评价有助于安全投资的合理选择；安全评价有助于提高生产经营单位的安全管理水平，可以促使生产经营单位安全管理模式转变。

### (2)安全评价的研究对象、内容。

安全评价的研究对象：从事生产活动的操作人员和管理人员、生产必需的机器设备等物质条件以及生产活动所处的环境。

安全评价的研究内容：辨识与分析工程、系统、生产经营行为和社会活动中的危险和有害因素，预测发生事故或造成职业危害的可能性和严重程度，提出科学、合理、可行的安全对策，做出评价结论。

### (3)理解人一机—环境系统的安全分析。

以“人一机—环境”作为整体，通过系统安全分析，可以查明系统中的危险源，分析可能出现的危险状态，估计事故发生概率、可能产生的伤害及产生后果的严重程度，为通过修改系统设计或改变控制系统运行程序来进行安全风险控制提供依据。

## 复习思考题

1. 解释安全评价的定义。
2. 安全评价的研究对象是什么？
3. 安全评价的研究内容是什么？

## 2 危险和有害因素辨识



### 本章学习目标

- (1) 掌握危险和有害因素的定义和分类。
- (2) 了解危险和有害因素的调查范围、时间及流程。
- (3) 掌握危险区域的等级划分。
- (4) 理解危险和有害因素的存在条件和触发因素。
- (5) 掌握危险和有害因素的辨识方法,特别是重大危险源的辨识。

### 2.1 危险和有害因素概述

#### 2.1.1 危险和有害因素定义

在生产活动中,由工业毒物、不良气象条件、生物因素、不合理的劳动组织以及一般卫生条件恶劣的职业性毒害引起的疾病称为职业病。在劳动过程中发生的人身伤害、急性中毒事故称为伤亡事故。而能对人造成伤亡、对物造成突发性损坏,或影响人的身体健康导致疾病、对物造成慢性损坏的因素称为危险和有害因素。这里的因素应该理解为事故、作业过程、行为和环境,因为在不同的行业主要的危险和有害因素差别较大。火灾、瓦斯爆炸、中毒、触电等属于事故;设备的检修、爆破作业、运输等属于作业过程;违章操作、违章指挥等属于行为;高温、雷电、雨雪等属于自然环境。

危险因素和有害因素的区别是:危险因素是指能对人造成伤亡或对物造成突发性损害的因素;有害因素是指能影响人的身体健康、导致疾病或对物造成慢性损害的因素。危险因素在时间上比有害因素来得快、来得突然,造成的危害性比后者严重。

为了保护劳动者在劳动生产过程中的安全、健康,改善劳动条件,预防工伤事故及职业病,实现劳逸结合,需要采取各种组织措施和技术措施,确保安全生产,为此需要进行危险和有害因素辨识与分析。危险和有害因素辨识与分析是安全评价过程的一个重要步骤,其准确性、客观性和预测性决定安全评价报告的质量优劣,反映安全评价人员业务素质的高低。危险和有害因素辨识与分析的作用在于为被评价单位找出生产过程中的主要危险、次要危险以及有害因素的种类、分布情况、严重程度和潜在的事故隐患,以便提出客观、可行的对策、措施与建议,确保企业的生产活动在安全条件下及安全环境中运行。

#### 2.1.2 危险和有害因素分类

危险和有害因素分类有多种方法。这些标准的划分依据和划分类别差别较大,目前最常采用的标准是《生产过程危险和有害因素分类与代码》(GB/T 13861—2009),该标准危险和有害因素分为:“人的因素”、“物的因素”、“环境因素”和“管理因素”四种。人的因素指与生产各环节有关的,来自人员自身或人为性质的危险和有害因素。物的因素指机械、设备、设施、

材料等方面存在的危险和有害因素。环境因素指生产作业环境中的危险和有害因素。管理因素指管理上的失误、缺陷和管理责任所导致的危险和有害因素。该标准适用于各行业在规划、设计和组织生产时,对危险和有害因素的预测、预防,对伤亡事故原因的辨识和分析,也适用于职业安全卫生信息的处理与交换。危险和有害因素的分类与代码如表 2.1 所示。

表 2.1 生产过程危险和有害因素分类与代码表

代码	危险和有害因素	说 明
1	人的因素	
11	心理、生理性危险和有害因素	
1101	负荷超限	
110101	体力负荷超限	指易引起疲劳、劳损、伤害等的负荷超限
110102	听力负荷超限	
110103	视力负荷超限	
110199	其他负荷超限	
1102	健康状况异常	指伤、病期等
1103	从事禁忌作业	
1104	心理异常	
110401	情绪异常	
110402	冒险心理	
110403	过度紧张	
110499	其他心理异常	
1105	辨识功能缺陷	
110501	感知延迟	
110512	辨识错误	
110599	其他辨识功能缺陷	
1199	其他心理、生理性危险和有害因素	
12	行为性危险和有害因素	
1201	指挥错误	
120101	指挥失误	包括生产过程中的各级管理人员的指挥
120102	违章指挥	
120199	其他指挥错误	
1202	操作错误	
120201	误操作	
120202	违章作业	
120299	其他操作错误	
1203	监护失误	
1299	其他行为性危险和有害因素	包括脱岗等违反劳动纪律行为
2	物的因素	
21	物理性危险和有害因素	
2101	设备、设施、工具、附件缺陷	

续表

代码	危险和有害因素	说 明
210101	强度不够	
210102	刚度不够	
210103	稳定性差	抗倾覆、抗位移能力不够。包括重心过高、底座不稳定、支承不正确等
210104	密封不良	指密封件、密封介质、设备辅件、加工精度、装配工艺等缺陷以及磨损、变形、气蚀等造成的密封不良
210105	耐腐蚀性差	
210106	应力集中	
210107	外形缺陷	指设备、设施表面的尖角利棱和不应有的凹凸部分等
210108	外露运动件	指人员易触及的运动件
210109	操纵器缺陷	指结构、尺寸、形状、位置、操纵力不合理及操纵器失灵、损坏等
210110	制动器缺陷	
210111	控制器缺陷	
210199	设备、设施、工具、附件其他缺陷	
2102	防护缺陷	
210201	无防护	
210202	防护装置、设施缺陷	指防护装置、设施本身安全性、可靠性差,包括防护装置、设施、防护用品损坏、失效、失灵等
210203	防护不当	指防护装置、设施和防护用品不符合要求、使用不当。不包括防护距离不够
210204	支撑不当	包括矿井、建筑施工支护不符合要求
210205	防护距离不够	指设备布置、机械、电气、防火、防爆等安全距离不够和卫生防护距离不够等
210299	其他防护缺陷	
2103	电伤害	
210301	带电部位裸露	指人员易触及的裸露带电部位
210302	漏电	
210303	静电和杂散电流	
210304	电火花	
210399	其他电伤害	
2104	噪声	
210401	机械性噪声	
210402	电磁性噪声	
210403	流体动力性噪声	
210499	其他噪声	
2105	振动危害	

续表

代码	危险和有害因素	说 明
210501	机械性振动	
210502	电磁性振动	
210503	流体动力性振动	
210599	其他振动危害	
2106	电离辐射	包括 X 射线、 $\gamma$ 射线、 $\alpha$ 粒子、 $\beta$ 粒子、中子、质子、高能电子束等
2107	非电离辐射	
210701	紫外辐射	
210702	激光辐射	
210703	微波辐射	
210704	超高频辐射	
210705	高频电磁场	
210706	工频电场	
2108	运动物伤害	
210801	抛射物	
210802	飞溅物	
210803	坠落物	
210804	反弹物	
210805	土、岩滑动	
210806	料堆(垛)滑动	
210807	气流卷动	
210899	其他运动物伤害	
2109	明火	
2110	高温物质	
211001	高温气体	
211002	高温液体	
211003	高温固体	
211099	其他高温物质	
2111	低温物质	
211101	低温气体	
211102	低温液体	
211103	低温固体	
211199	其他低温物质	
2112	信号缺陷	
211201	无信号设施	指应设信号设施处无信号,如无紧急撤离信号等
211202	信号选用不当	
211203	信号位置不当	
211204	信号不清	指信号量不足,如响度、亮度、对比度、信号维持时间不够等