

101977

工安全教育丛书

# 安全系统工程

肖爱民

冶金部冶金安全教育指导站

# 安全系统工程

肖爱民

---

冶金部冶金安全指导站

1987年8月

# 目 录

## 第一篇 安全生产状况和安全生产工作

- 1 我国安全生产工作状况 ..... ( 2 )
  - 1.1 安全生产工作的成绩 ..... ( 2 )
  - 1.2 安全工作中存在的问题 ..... ( 5 )
  - 1.3 总的估计 ..... ( 6 )
  - 1.4 基本的经验教训 ..... ( 7 )
- 2 国外安全生产情况 ..... ( 8 )
  - 2.1 事故统计资料 ..... ( 8 )
  - 2.2 日本的成功经验 ..... ( 9 )
  - 2.3 我国与发达国家的差距和奋斗目标 ..... ( 11 )
- 3 安全工作的任务 ..... ( 12 )
  - 3.1 基本任务 ..... ( 12 )
  - 3.2 工作范围 ..... ( 12 )
  - 3.3 奋斗目标 ..... ( 13 )
  - 3.4 安全改革 ..... ( 13 )
  - 3.5 正确处理好几个关系 ..... ( 14 )

## 第二篇 安全系统工程简介

- 4 安全系统工程的基本概念 ..... ( 17 )
  - 4.1 系统工程 ..... ( 17 )
  - 4.2 原理和方法 ..... ( 19 )
  - 4.3 安全系统工程 ..... ( 21 )
  - 4.4 有关安全的几个名词的概念 ..... ( 23 )

<b>5 安全系统工程的沿革</b> .....	( 24 )
5.1 可靠性工程技术的发展.....	( 24 )
5.2 系统工程技术的发展.....	( 25 )
5.3 系统安全分析技术的发展.....	( 25 )
5.4 系统安全程序的发展.....	( 26 )
5.5 安全系统工程向民用工业的发展.....	( 27 )
<b>6 基本内容</b> .....	( 28 )
6.1 事故成因理论.....	( 28 )
6.2 事故危险辨识技术.....	( 29 )
6.3 事故危险评价技术.....	( 29 )
6.4 事故危险控制技术.....	( 30 )

### 第三篇 事故理论

<b>7 事故及其影响因素</b> .....	( 32 )
7.1 基本概念.....	( 32 )
7.2 事故构成及其分类.....	( 33 )
7.3 工伤事故的主要影响因素.....	( 35 )
<b>8 事故模式</b> .....	( 39 )
8.1 概述.....	( 39 )
8.2 各种事故模式.....	( 39 )
8.3 人的失误论.....	( 44 )
8.4 骨牌论.....	( 45 )
8.5 综合论的事故模式.....	( 46 )
<b>9 事故预防原则</b> .....	( 49 )
9.1 事故的发展阶段.....	( 49 )
9.2 事故的特性.....	( 50 )
9.3 事故法则.....	( 50 )

9.4 事故预防原则	( 52 )
------------	--------

## 第四篇 事故危险辨识技术

10 统计图表分析法	( 54 )
10.1 概述	( 54 )
10.2 事故比重图	( 55 )
10.3 事故趋势图	( 56 )
10.4 主次图	( 58 )
10.5 控制图	( 62 )
10.6 事故分布图	( 65 )
11 安全检查表	( 67 )
11.1 概述	( 67 )
11.2 发展沿革	( 67 )
11.3 特点	( 68 )
11.4 编制方法	( 68 )
11.5 种类及要求	( 70 )
11.6 生产岗位用安全检查表举例	( 70 )
11.7 专业安全检查表举例	( 72 )
12 鱼刺图 ( 因果分析图 )	( 78 )
12.1 概述	( 78 )
12.2 形状和内容	( 78 )
12.3 应用举例	( 79 )
12.4 作法	( 81 )
12.5 鱼刺图的作用	( 82 )
13 预计危险分析法	( 83 )
13.1 概述	( 83 )
13.2 预计危险分析的步骤	( 83 )

13.3	格式举例	(84)
13.4	预计危险分析实例	(85)
13.5	危险分析	(86)
13.6	危险源举例	(87)
14	故障类型影响和致命度分析法	(89)
14.1	概述	(89)
14.2	FMEA的一般程序	(90)
14.3	FMEA的实例	(93)
14.4	FMEA所用符号及含义	(93)
14.5	致命度分析(CA)	(93)
14.6	FMEA的评价	(93)
15	事件树分析法(ETA)	(99)
15.1	概述	(99)
15.2	事件树的理论基础	(100)
15.3	事件树计算概率	(104)
15.4	事故分析实例	(105)
15.5	安全决策	(109)
16	事故树分析法(FTA)	(112)
16.1	简介	(112)
16.2	程序	(113)
16.3	目标值	(115)
16.4	符号	(117)
16.5	FT的作成	(122)
16.6	布尔代数化简和概率计算	(129)
16.7	设备故障率	(135)
16.8	人体失误率	(140)
16.9	最小割集和最小径集	(144)

16.10	重要系数分析简介	(151)
<b>17</b>	<b>管理失误和风险树分析法 (MORT)</b>	<b>(153)</b>
17.1	概述	(153)
17.2	管理因素评价	(153)
17.3	结构和特点	(154)
17.4	MORT 的组成	(156)
17.5	评价及应用	(156)
<b>18</b>	<b>抽样判断法</b>	<b>(159)</b>
18.1	概述	(159)
18.2	一般程序	(159)
18.3	有关问题	(160)
18.4	主要功能	(161)
18.5	评价	(162)
<b>19</b>	<b>危险预知活动</b>	<b>(163)</b>
19.1	概述	(163)
19.2	活动方式	(164)
19.3	KYT 的具体安排	(165)
19.4	表格	(166)
19.5	危险预知训练示例	(166)
<b>20</b>	<b>行为分析法</b>	<b>(172)</b>
20.1	概述	(172)
20.2	人的生命节律	(173)
20.3	生活变化值 (LCU)	(174)
20.4	行为分析	(174)
<b>21</b>	<b>统计分析法</b>	<b>(176)</b>
21.1	概述	(176)
21.2	统计特征	(177)

- 21.3 动态数列分析..... (183)
- 21.4 回归分析..... (184)

## 第五篇 危险评价技术

- 22 危险评价概论..... (190)
  - 22.1 内容及特点..... (190)
  - 22.2 种类..... (191)
  - 22.3 安全评价的标准..... (192)
  - 22.4 发展沿革..... (193)
  - 22.5 危险评价的程序..... (194)
- 23 定性评价技术..... (197)
  - 23.1 概述..... (197)
  - 23.2 经验型的定性评价..... (198)
  - 23.3 技术型的定性评价..... (198)
  - 23.4 管理型的定性评价..... (199)
- 24 定量评价技术..... (201)
  - 24.1 危险和安全的定量..... (201)
  - 24.2 罗氏危险评价法..... (201)
  - 24.3 海恩里希风险分析..... (202)
  - 24.4 单体设备安全评价..... (204)
  - 24.5 一般作业的危险评价..... (204)
  - 24.6 隧道工程安全评价法..... (206)
  - 24.7 社会风险定量评价法..... (207)
  - 24.8 居民区的污染危险评价..... (208)
- 25 火灾爆炸危险指数评价法..... (214)
  - 25.1 概述..... (214)
  - 25.2 基本内容和程序..... (214)



25.3	物质系数 MF	(215)
25.4	特定物质危险系数 SMH	(217)
25.5	工艺过程危险系数 GPH	(217)
25.6	特定工艺过程危险系数 SPH	(218)
25.7	计算示例及分析	(218)
25.8	疋田和岡山的改进	(219)
25.9	蒙德法	(220)
25.10	日本劳动省定量评价法	(222)
25.11	拟定预防对策	(224)
<b>26</b>	<b>其他评价技术</b>	<b>(233)</b>
26.1	解析评价技术概述	(233)
26.2	可操作性研究	(233)
26.3	三种解析评价方法的特性比较	(236)
26.4	安措费用效益评价	(237)

## 第六篇 危险控制技术

<b>27</b>	<b>危险控制的若干基本概念</b>	<b>(241)</b>
27.1	危险控制的目的	(241)
27.2	危险控制的技术	(241)
27.3	危险控制的原则	(242)
27.4	安全决策	(243)
27.5	危险控制的关键环节	(245)
27.6	系统地控制事故危险的实例	(246)
<b>28</b>	<b>固有危险控制技术</b>	<b>(250)</b>
28.1	固有危险源	(250)
28.2	控制方法	(252)
<b>29</b>	<b>人为失误控制</b>	<b>(258)</b>

29.1	概述	(258)
29.2	人的安全化	(259)
29.3	管理安全化	(260)
29.4	操作安全化	(260)
29.5	防止误操作的方法	(263)
30	安全目标管理	(265)
30.1	概述	(265)
30.2	目标函数和优化管理	(265)
30.3	安全管理的目标	(267)
30.4	目标控制	(268)
30.5	控制手段和方法	(269)

## 附录 世界上重大事故资料及评述

1	本世纪科技史上的十大悲剧	(272)
1.1	魁北克大桥惨案	(272)
1.2	“泰坦尼克”号海难	(273)
1.3	“兴登堡”号飞艇事件	(273)
1.4	“长尾鲨”号核潜艇事件	(274)
1.5	维昂特大坝奇案	(274)
1.6	土耳其客机惨案	(275)
1.7	海厄特·里真西旅馆惨案	(275)
1.8	博帕尔农药厂泄毒事件	(276)
1.9	“挑战者”号航天飞机悲剧	(276)
1.10	切尔诺贝利核电站泄漏事件	(277)
2	三次重大事故概况	(278)
2.1	阿波罗13号失事	(278)
2.2	美国“挑战者”号航天飞机爆炸	(279)

2.3	苏联切尔诺贝利核电站事故·····	( 280 )
3	印度博帕尔农药厂毒气泄漏事故的教训·····	( 282 )
4	产业安全——人类的新课题·····	( 287 )

## 第一篇 安全生产状况和安全工作

学习、研究和应用安全系统工程,首先必须研究我国的安全生产状况,并对我国安全工作的成绩有一个正确的估价。对于存在的问题也要有一个清醒的认识,从而,清楚地了解我们所面临的任务和作出正确的决策。这些问题对于任何一个安全工作人员都是必须了解的,也是每一个工程技术干部和企业管理人员所密切关心的。

本篇将对我国安全工作所取得的成绩、存在的问题、经验教训、国外事故统计情况以及安全工作的基本任务等内容作较系统的探讨。

# 1 我国安全工作状况

## 1.1 安全生产工作的成绩

在党和政府的正确领导下，在各级领导和广大职工的重视、支持下，由于从事安全工作的同志的积极努力，我国安全生产工作取得了很大的成绩，表现在以下六个方面：

### (1) 保障了生产建设的顺利进行

解放以来，我国的生产建设有了飞速的发展，1985年工农业总产值达到13000多亿元，煤炭产量跃居世界第二位，钢产量和发电量分别占世界第四位和第五位。1949年钢铁工业的钢产量为15.8万吨，到1986年达到5190万吨，增长约328倍。在尖端科学技术发展方面，我国的航天火箭运载能力已引起世界瞩目，大约有十个国家与我国正在洽谈使用“长征三号”火箭进行商业发射，若顺利的话，明年将把受外国委托发射的几颗卫星射入同步轨道。这些成就的取得都离不开安全工作的保障作用。

### (2) 安全工作有不少创举，涌现出一批安全先进单位和先进人物

从总体上看，安全管理方面有六个创建：

1) 在安全工作中，明确了“安全第一、预防为主”的指导思想。

2) 国家的法规和企业的规章制度规定了“三同时”和“五同时”的具体方针。即在基建工作中要求“安全设施与生产工艺装置同时设计、同时施工、同时投产。”在生产工作中要求“在计划、布置、检查、总结、评比生产工作的同时，计划、布置、检查、总结、评比安全工作”。

3) 不少企业采取了许多普遍行之有效的具体安全措施。例如,首钢总结的“四个百分之百”,即“规章制度百分之百遵守,违规违制百分之百登记、百分之百地扣发奖金和百分之百进行处理。”又如,鞍钢提出的“五道防线”,即“思想防线、组织防线、制度防线、物质防线、信息防线”。

4) 在管理职责划分方面,明确了管理生产的人员必须管安全,不能“两张皮”。

5) 建立了各种安全规章制度。例如,鞍钢提出11项安全制度,即“生产责任制、安全活动制、事故分析制、指令书制、安全确认制、安全互保制、查岗制、安全标志制、安全教育制、安全规程制和安全检查制”,还提出了12条安全卫生守则,即:①戴安全帽、走安全道;②不许进入危险警告场所;③不懂不操作;④电气、煤气、氧气和高压气体的使用操作要确认;⑤有高空坠落危险时要系安全带;⑥不准拆卸安全装置;⑦不得违章侵占铁路限界;⑧不得乱倒垃圾、乱堆物品;⑨保护标语、告示;⑩爱护花木;⑪严格遵守动火制度;⑫执行污染排放制度。

6) 处理事故时坚持“三不放过”,即找不出原因、本人和群众受不到教育、没有制定出防范措施,不能放过。

这些都是十分重要的创举。

在这些正确的方针、办法指引下,涌现出一批无重大伤亡事故的先进单位。如太钢第三炼钢厂10年无死亡事故,包钢废钢厂、冷水滩耐火材料厂23年无死亡事故等。特别是有了象首钢、鞍钢这样的经济效益好、安全生产好的大型联合企业作为先进典型。出现了一大批敢抓、敢管、实行科学管理的先进人物,更为可喜的是有一批领导同志十分重视安全,并作出了贡献。

### (3) 安全技术有较大的发展

我国对外承接发射通讯卫星并提供保险，是我国安全技术发展的重要标志。

采煤作业中的瓦斯排放、防火、通风等技术进步很大。

冶金矿山，由于采用导爆管，使爆破事故减少约40%；无起爆药雷管已作为专有技术向瑞典诺贝尔公司转让，并向27个国家申请了专利。采用声发射探测矿山顶板的技术，成功地得到应用，并得到国外的赞誉。通过技术引进，工厂吊车和皮带运输机有了配套的安全装置。工厂的防火技术也正在发展。

通风、防尘、排毒等方面，也有了各种新型除尘装置。除了电除尘器、布袋除尘器外，发明了颗粒层除尘器，研制了电——布袋除尘器。由于防尘综合技术的发展，井下工人的矽肺发病工龄由1956年的9.6年延长到20.3年，并提出了冶金矽肺诊断标准，对矽肺患者采用中西医结合治疗，也收到了较好的效果。

个体防护技术和装备，如口罩、安全靴、防护镜等也得到很大的改善。

(4) 安全规章制度逐步建立与健全，基础工作逐步在加强，专业队伍有较大的发展。

### (5) 工伤事故率大幅度下降

以冶金企业为例，事故总量和年千人死亡率逐年下降，具体情况见表1.1。

表1.1

年千人死亡率	50年代	60年代	70年代	80年代前期
冶金部直属企业	0.311	0.243	0.239	0.140
地方冶金企业	1.610	0.960	0.470	0.220

## (6) 加强了科学管理

安全系统工程推广较快，收效较大。

### 1.2 安全工作中存在的问题

在肯定安全工作的成绩的同时，必须看到问题仍然存在，有些问题还相当严重，安全工作的发 展是不平衡的。其表现如下：

#### (1) 伤亡事故严重

以冶金工业为例，每百万吨钢死亡人数比发达国家高出50倍。重大恶性事故也相当严重，例如，1981~1983年期间，共发生62起事故，死伤452人。其中，死亡153人，重伤111人，轻伤188人。

#### (2) 重复性事故及重大恶性事故仍然时有发生

重复性事故时有发生。这些事故类别有车辆伤害、火灾、火药燃烧、爆破、中毒、喷溅和矿山顶板事故等。重复发生重大事故的单位也时有发生。这些说明防止事故的有效措施还没有根本解决。

#### (3) 安全欠帐多，存在重大隐患

据1982年调查统计，冶金工业部直属企业存在重大隐患674项。

冶金企业的重大隐患是：危险厂房；危险品仓库；油库；煤气、氧气、氢气管道；球罐；机电设备带病运转；渣场；尾矿坝等项。

#### (4) 劳动环境改善较差

冶金企业存在的有毒有害因素是：尘、毒、高温、噪声、振动、放射性和高频辐射等。

据统计，钢铁企业接触粉尘人数约占职工总人数的



30%，接触毒物人数约占14%，接触噪声振动的人数约占15%，接触高温的人数约占50%。

据调查，11种主要毒物超过标准容许浓度的厂矿企业在50%以上，噪声超过90分贝（A）的厂矿企业约占70%，高温（温度高于50℃）的约占一半。

这些因素对于人的安全与健康有重大的危害。

#### （5）职业病和多发病严重

以冶金企业为例，矽肺病死亡人数高于工伤事故的死亡人数，其中黄金系统矽肺死亡人数与工伤事故死亡人数之比约为6.5:1，矽肺病患者每年增加约2000人。又例如1983年对19个焦化厂的21995名男性职工的调查结果，1971~1981年期间，因患肿瘤死亡996人，发病率相当高。

#### （6）装备落后，管理水平不高

我国确有一批技术、装备和管理都比较先进的企业，如宝钢引进的技术装备就具有国际先进水平，其它企业近几年也有所改变。但一般说来，多数企业的装备和管理水平不高，需要大力改进，才能为安全工作创造较为有利的条件。

### 1.3 总的估计

以上对我国安全生产工作的情况作了比较具体的分析，还必须从总的方面有所估价和认识。

（1）安全工作的成绩是基本的、主要的。这是从全局、宏观和本质方面说的。对此必须充分估计，树立信心，努力搞好安全工作。

（2）存在的问题是严重的，在某一时期和某一局部，尤其明显，因而必须认真对待。但是我们必须看到，这些问题具有历史遗留性和从属性，是发展中的问题。