

110862

安全系统工程文选 3

# 安全系统工程学

系统安全技术与应用

(美)S.M. 马拉斯基 著

系统安全管理

(美)H.E. 罗兰 著  
B. 莫里阿蒂 著

冶金工业部安全技术研究所

# 安全系统工程学

——系统安全技术与应用

(美)S. W. 马拉斯基 著

——系统安全工程与管理

(美)H. E. 罗兰 著  
B. 莫里阿蒂

冶金部安全技术研究所七室译

## 编者的话

我们在从事安全系统工程和事故控制技术的研究中，搜集翻译了关于安全系统的资料，应兄弟单位的要求，有计划地内部出版《安全系统工程文选》。

《安全系统工程文选》（第三册）选译了美国出版的《安全系统工程学》，包括两本书，一是美国南加利福尼亚大学S·M·马拉斯基所著《系统安全技术与应用》（1982）年，另一是美国南加利福尼亚大学H·E·罗兰和B·莫里阿蒂两人合著的《系统安全工程与管理》（1983年）。全书约五十余万字。

《系统安全技术与应用》较全面、系统地阐述了安全系统工程学的各个方面，是国内迄今见到的美、英、日等国有关这一专题论述的最详尽著作，其内容有：安全系统工程发展历史；与系统安全有关的系统工程若干问题；危险分析技术；系统安全程序；系统安全检查表；人机工程学；故障树定性、定量分析；数学在系统安全分析中的应用；电子计算机在系统安全工程中应用；系统安全程序计划(SSPP)；人为失误预测技术(THREP)；程序评价技术(PERT)；危险模式与影响分析(HMEA)等。

《系统安全工程与管理》，从管理角度论述了系统安全工程有关问题，对管理，统计方法，网络分析，危险分析，风险分析和决策原理等六个方面都有较深刻的分析，深入浅出，通俗易懂。尤其是对系统安全管理的论述有其独到之处，它较完整地论述了系统安全程序，系统安全管理机构，系统安全控制，系统寿命期和系统安全控制点等重要问题。为避免与《系统安全技术与应用》中相同内容的重复，我们只略去了该书第四部分危险分析。

本书可作为工厂、矿山安全管理部门推广应用系统安全工程方法，进行安全管理改革，实现安全管理科学化，以及新建、改建工程系统安全分析的重要参考资料。也可供科研、设计和企事业单位工程技术人员和管理人员、高等院校安全专业的教师和学生参考。

本书由肖爱民、张翼鹏同志提议，情报室和七室部分同志参加翻译，由李典文同志总校审定稿。在出版过程中，得到不少钢铁公司和厂、矿安全处（科）负责人支持和鼓励，在此一并表示感谢。

由于水平所限，谬误在所难免，敬请读者批评指正。

冶金工业部安全技术研究所七室

一九八五年八月

# 目 录

## 系 统 安 全 技 术 与 应 用

### 前 言

### 第一章 系统安全在社会中的作用

- 1. 1 引言..... ( 4 )
- 1. 2 系统安全发展成为一种科学..... ( 4 )
- 1. 3 系统安全的本质..... ( 5 )
- 1. 4 系统安全的现状..... ( 6 )
- 1. 5 未来的系统安全..... ( 7 )

### 第二章 系统安全的语言

- 2. 1 安全的定义..... ( 9 )
- 2. 2 安全的定量..... ( 9 )
- 2. 3 危险研究..... ( 10 )
- 2. 4 危险分类..... ( 10 )
- 2. 5 危险矢量..... ( 12 )
- 2. 6 系统的定义..... ( 12 )
- 2. 7 系统的描述..... ( 13 )
- 2. 8 系统安全的定义..... ( 13 )
- 2. 9 最优化系统安全..... ( 14 )
- 2. 10 安全的价值..... ( 15 )
- 2. 11 承担风险的哲理..... ( 16 )
- 2. 12 有控制的与无控制的风险..... ( 17 )
- 2. 13 承担风险的必要性..... ( 18 )
- 2. 14 系统安全分析中的次优化..... ( 18 )
- 2. 15 系统安全的范畴..... ( 20 )
- 2. 16 设法确保系统安全..... ( 22 )
- 2. 17 系统安全水平的提高过程..... ( 24 )
- 2. 18 安全范畴的特性..... ( 25 )

### 第三章 系统安全的关系——事件运算

3. 1 系统有效性	( 27 )
3. 2 可靠性的关系	( 28 )
3. 3 事件运算	( 33 )
3. 4 可维修性的关系	( 37 )
3. 5 有效利用性	( 39 )
3. 6 人为因素的关系	( 39 )
3. 7 质量保证的关系	( 41 )
3. 8 工程经济的关系	( 44 )

### 第四章 实现安全的程序

4. 1 解决问题的过程	( 48 )
4. 2 系统安全程序计划	( 50 )
4. 3 绪言性程序计划材料	( 53 )
4. 4 系统安全的组织	( 53 )
4. 5 系统安全标准	( 54 )
4. 6 系统安全任务	( 56 )
4. 7 拟定开展安全工作的一般程序	( 58 )
4. 8 系统安全文件	( 60 )
4. 9 系统描述	( 61 )
4. 10 系统安全检查表	( 71 )
4. 11 系统安全工作的时机	( 72 )
4. 12 检查表——时机研究	( 77 )
4. 13 安全训练	( 78 )

### 第五章 危险分析

5. 1 在危险分析中安全技术人员的任务	( 81 )
5. 2 危险分析与系统寿命期的关系	( 82 )
5. 3 按时间阶段标志的输入	( 83 )
5. 4 危险分析是一个迭代过程	( 83 )
5. 5 危险分析中使用的专门术语	( 84 )
5. 6 单一危险与组合危险	( 85 )
5. 7 危险分析的输入和输出	( 88 )
5. 8 危险模式与影响分析	( 91 )
5. 9 进行危险分析	( 93 )
5. 10 危险分级	( 98 )

5. 11 危险概率	( 99 )
5. 12 危险分级与预警时间	( 99 )
5. 13 危险分析的范围	( 100 )
5. 14 幸存率	( 101 )
5. 15 HMEA的变型	( 102 )
<b>第六章 故障树分析: 描画故障树</b>	
6. 1 故障树分析的沿革	( 105 )
6. 2 危险模式与影响分析的比较	( 105 )
6. 3 故障树的性质	( 106 )
6. 4 故障树定义	( 107 )
6. 5 制定故障树的程序	( 108 )
6. 6 故障树的基本组成	( 108 )
6. 7 故障树举例	( 122 )
6. 8 附加逻辑门	( 130 )
6. 9 小结	( 133 )
<b>第七章 故障树的定性分析</b>	
7. 1 作为一种模型的故障树	( 136 )
7. 2 最小割集的定义	( 136 )
7. 3 最小割集的举例说明	( 136 )
7. 4 割集的算法	( 137 )
7. 5 最小径集的定义	( 148 )
7. 6 成功树	( 148 )
7. 7 具有修正门的树的割集	( 148 )
7. 8 确定割集所需时间	( 154 )
7. 9 割集规模的重要性	( 161 )
7. 10 共原因故障的分析	( 162 )
7. 11 修剪树	( 164 )
<b>第八章 故障树的定量分析</b>	
8. 1 事件的发生	( 167 )
8. 2 概率事项	( 167 )
8. 3 独立事件和相依事件	( 170 )
8. 4 条件概率	( 171 )
8. 5 $\lambda$ ( Lambda ) $\tau$ ( Tau ) 近似	( 171 )
8. 6 共同事件的消除	( 172 )

8. 7 终端事件的重要性	( 175 )
8. 8 FTA和HMEA的组合	( 176 )
8. 9 故障率估算	( 177 )
8. 10 通用故障率	( 178 )
8. 11 人为故障率的估算	( 179 )

## 第九章 安全数据的不可靠性

9. 1 不可靠性的由来	( 181 )
9. 2 随机现象和事件	( 181 )
9. 3 概率质量和密度函数	( 182 )
9. 4 概率密度函数的定义	( 184 )
9. 5 故障发生的一般分布	( 185 )
9. 6 常用的概率函数	( 185 )
9. 7 概率函数的矩	( 194 )
9. 8 契比雪夫不等式	( 196 )
9. 9 幸存概率函数	( 197 )
9. 10 危险概率函数	( 199 )
9. 11 用于小样本量的分布	( 200 )
9. 12 人的行为的概率分布	( 201 )

## 附录

A. 系统安全检查表	( 203 )
B. 检查表的扩充	( 209 )
C. 系统安全程序纲要	( 215 )
D. 术语汇编	( 217 )

# 系统安全工程与管理

## 第一部分 管 理

第一章 导言	( 221 )
1. 1 定义	( 222 )

1 · 1 · 1	危险	( 222 )
1 · 1 · 2	系统	( 223 )
1 · 1 · 3	激发	( 223 )
1 · 1 · 4	事故	( 223 )
1 · 1 · 5	安全	( 224 )
1 · 1 · 6	风险	( 224 )
1 · 2	系统安全概念	( 224 )
1 · 3	系统安全的历史	( 225 )
1 · 4	系统安全目标	( 226 )
1 · 4 · 1	实现安全目标的过程	( 226 )
1 · 4 · 2	美军 882 标准, 系统安全程序要求	( 227 )
1 · 5	作为设计参数的系统安全	( 231 )

## 第二章 系统寿命周期

2 · 1	寿命周期定义	( 233 )
2 · 2	系统安全控制点	( 233 )
2 · 3	概念成形阶段	( 235 )
2 · 4	技术设计阶段	( 235 )
2 · 5	研制阶段	( 236 )
2 · 6	加工制造阶段	( 236 )
2 · 7	使用阶段	( 236 )

## 第三章 系统安全的实现

3 · 1	安全政策与程序	( 237 )
3 · 2	公司产品保险机构	( 238 )
3 · 3	系统安全程序计划 ( SSPP )	( 239 )
3 · 3 · 1	系统安全程序计划序言的要点	( 239 )
3 · 3 · 1 · 1	SSPP 的系统安全机构	( 239 )
3 · 3 · 1 · 2	系统安全程序任务, 进度表和控制点	( 240 )
3 · 3 · 1 · 3	系统安全标准	( 240 )
3 · 3 · 1 · 4	系统安全过程	( 241 )
3 · 3 · 1 · 5	危险分析	( 242 )
3 · 3 · 1 · 6	风险评价	( 242 )
3 · 3 · 1 · 7	系统安全资料	( 242 )
3 · 3 · 1 · 8	安全试验和验证	( 243 )
3 · 3 · 1 · 9	安全训练	( 243 )
3 · 3 · 1 · 10	系统安全决审程序	( 243 )
3 · 4	系统间的相互联系	( 244 )



#### 第四章 系统安全管理机构

- 4 · 1 机构的目标····· ( 245 )
- 4 · 2 管理机构的相互关系····· ( 248 )

#### 第五章 系统安全控制

- 5 · 1 对承包商的审查与评价····· ( 250 )
- 5 · 2 对承包商安全投标的评价····· ( 250 )
- 5 · 3 系统安全工程控制····· ( 252 )
- 5 · 4 安全的关键检查点····· ( 253 )

#### 第六章 运行系统安全

- 6 · 1 用户的最后检查····· ( 258 )
- 6 · 2 参与事故调查····· ( 258 )
- 6 · 3 工程改造的发展····· ( 258 )
- 6 · 4 训练····· ( 259 )
- 6 · 5 工业数据信息····· ( 259 )
- 6 · 6 公司的系统数据库····· ( 259 )
- 6 · 7 系统维修····· ( 260 )
- 6 · 8 终止行动····· ( 260 )

#### 参考文献——管理

## 第二部分 统计方法

#### 第七章 概率原理 ( 265 )

- 7 · 1 概率定律····· ( 266 )
- 7 · 2 排列与组合····· ( 269 )

#### 第八章 统计量

- 8 · 1 趋中量····· ( 272 )
- 8 · 2 偏差量····· ( 273 )

#### 第九章 二项式分布 ( 275 )

#### 第十章 多项式分布 ( 278 )

#### 第十一章 超几何分布 ( 279 )

#### 第十二章 正态分布 ( 280 )

第十三章 泊松分布 (286)

第十四章 置信界限 (287)

参考文献——统计方法

### 第三部分 网络分析

第十五章 引言

15·1 串联系统 (292)

15·2 并联系统 (293)

15·3 串、并联系统 (294)

第十六章 布尔代数

16·1 文氏图 (297)

第十七章 割集 (302)

参考文献——网络分析

### 第四部分 危险分析 (略)

### 第五部分 风险分析

第二十七章 引言

27·1 风险的性质 (307)

27·1·1 风险评价模式 (308)

27·1·2 风险的可接受性 (310)

27·2 安全价值分析 (311)

27·2·1 价值分析过程 (311)

27·2·1·1 目标的标准 (312)

27·2·2 安全费用 (314)

27·3 时间价值 (315)

27·3·1 工程经济系数 (316)

27·3·2 时间价值计算 (317)

参考文献——风险分析

## 第六部分 决策原理

### 第二十八章 决策原理

28·1 决策方法.....	( 321 )
28·1·1 特尔菲.....	( 321 )
28·1·2 博弈论.....	( 322 )
28·1·3 极大化极小——极小化极大决策准则.....	( 322 )
28·1·4 失误决策准则.....	( 324 )
28·1·5 多属性决策.....	( 325 )

### 参考文献——决策原理

### 附表

表A·1 正态曲线区

表A·2  $x^2$ 分布的分位值

## 再 版 前 言

本书的首版曾经谈到知识和技术发展的速度正在日益加快。的确自本书首版以来，系统安全这门学科已发生了相当大的变化和发展。当时，甚至直到几年前，为了降低每年发生的事故和伤亡数，一般仍然极其需要政府的帮助。譬如，卫生保健的改善已进步到这样的水平，即事故是导致10岁至45岁人死亡的最突出的原因。而45岁以上死亡的人中由于长期低水平地接触毒物和致癌物而死亡的日益增多。今天，一些人认为政府带头保证安全所作的努力，譬如在家庭、工场和公路方面，已太过头了，需要有所压缩。尤其是，有人认为，某些为了在上述领域获得安全的作法，拖了生产率的后腿，从而导致燃料价格上涨这个全国最关注的问题之一。那些支持政府继续并增加对安全事务干与的人，却认为这对生产率并没有妨碍，而只是用国民生产总值（GNP）来衡量所作的工作不全面。一种解决问题的建议是把国民生产总值（GNP）作为能反映生活质量的更全面的衡量标准的一部分，如日本的纯国民福利，或海外发展委员会的生活物质质量指数（PQLI）。通过这一办法（尚有争议），目前没有算在国民生产总值之内的某些劳动者，尤其是一些与增强安全有关的劳动力的效率就可以算出来。

另一个首版以来发生的显著变化，是由于不合理的设计、生产和标志而致伤的受害者要求赔偿的诉讼的增长。最近，法庭的裁决已将应对上述伤害负责的人员从设计者扩大到零售商等一系列人员上了。另外最近陪审团的裁决也大大地增大了在这些情况下付给原告的赔偿的规模。当然，也有一些人认为摆动的太远了，并且为了对这类责任作一些限制，正在国家和州一级讨论各种法律。其中包括对原告要求赔偿费数量的限制，也包括限制遭受损失的用户在购买后索赔的时间。

自首版以来，在广阔的系统安全技术领域已取得了进展。预测危险及其发生可能性的能力的提高正用于发展新产品（从儿童玩具到深奥的科学设备），工厂中的新工艺，以及业余娱乐方面。系统安全如今大量运用计算机来进行，否则就无法进行或需花费大量时间在研究和常规任务上。

前面提及的系统安全处理的这些方面——伦理因素、生产责任和当今技术发展——都已在再版中得以充实和扩大。在首版中讨论的某些材料在此仍保留其有效性，而且很少修改，例如，平衡系统的各种要求与特殊的安全要求所需的最优化过程，用于实现这种最优化的管理和系统方法论，系统安全与相邻学科的相互关系，基础布尔代数以及用于进行系统安全研究的统计学。

## 首 版 前 言

安全概念,总是关系到人,近代已在我们日常生活中占有更重要的地位。有两方面尤为重要。第一方面涉及到伦理学因素。什么是新产品发展者与制造者对安全所负的责任呢?内科医生和药剂制造商,对使用联邦食品和药品局批准的药品所具有的统计上的最少付作用,应负多大的责任呢?

安全的第二方面,在本质上是技术性的。许多在系统安全技术方面的新近发展,都是由航天工业所进行的工作而获得的。特别是,相当多的系统安全技术得到发展,以用来保证导弹运载核弹头以及参加宇宙空间探索的全体人员的安全。在此时此地,消费的发展带来了对于涉及人类事业几乎所有的设备和活动的安全方面的普遍关注——汽车,食品,衣物,玩具,化妆品以及我们的生态环境。这种对安全新关注的结果,在很多领域中随着政府一级管理机构数目以及这些组织所颁布的法规数目的增长得以证实。在试图协调涉及一般公民的安全方面,最困难的可能是安全的两个成分即伦理和技术的相互关系。

作为消费这一新浪潮的进一步结果,航天工业以外的工业和政府中许多人现在发现有必要进行更广泛和更正规的系统安全的研究。那些在工业中把执行安全计划作为日常活动的一部分的人现在明白有必要提供有关安全的文件以适应这一领域中日益增加的法规。对于哪些其工作或研究需要涉及硬件或人的系统的人,作者希望本书能对他们有所帮助。能为他们提供系统安全技术方面的工作经验,使其了解如何发展和贯彻系统安全程序。

鉴于着手编写本书时,尚找不到全面的系统的有关系统安全的文献,因此认为书中的主要论述应当透彻和完整。头几章论及系统安全的伦理学,讨论系统安全的语言,并阐述系统安全如何与其他学科联系。接下来的几章是系统的核心部分,它涉及对人或与人相关的系统产生威胁的危险的辨识与控制。在某些与人相关的系统中,尤其是那些工艺流程迅速发展的系统中,由于危险的各个方面及其实质还没有充分被了解,因此问题就变得更为复杂。

危险辨识的第一步通常是危险的定性,这些在有关危险分析和故障树分析的章中进行探讨。危险分析定量,以及安全模型,在有关危险分析、故障树分析和安全数学的几章中进行探讨。

为了使本书成为一个独立的整体,安全数学所需的基础统计学和布尔代数也收录在内。但是,这一内容总的来说是贯穿全书的,每部份按其需要引用。讨论某些系统安全概率的章节是假定读者具有某些基础计算知识的。不过,读者省略这一部分内容,也不致严重削弱所讨论的主题。

用来保证某个给定系统的安全效果所作努力的可靠性,取决于那些对系统的设计、研制、制造和试验负有责任的人。对于中等规模和较大的系统,更可取的是派遣这样的权威人士去充当系统安全分析专家。

作者的经验表明:一个系统安全分析专家,如果没有管理当局的合作,是不可能发挥其作用的,因为要由他们通过组织来建立安全活动的范围和效益。从而,管理当局也需要懂得

可能遇到的风险的性质和程度，以及怎样把这些风险与特殊的合同契约相联系。这些问题在如何实现安全的章节中要进行讨论和研究。

系统安全的一个重要特点是：它属于达到较高程度的边缘学科。它必须涉及到各种各样的组织以及在每个组织中具有不同背景和技术的人员。此外，系统安全问题的范围包括那些仅需要有基本常识的问题一直到那些需要复杂数学的问题。在实现安全职责方面，很主要的是执行安全任务的人员要注意防止发生任何信息闭塞。作者期望本书同样能帮助人们达到这一目的。

## 第一章 系统安全在社会中的作用

### 1.1 引言

对安全的关注可以追溯到史前时期，当时唯一目的是生存下来，抵抗敌人和大自然。在那时以至随后的许多世纪里，所有与人类从事的活动有关的危险，通常是被人们了解的。然而，随着文明的进步，许多伴随着进步的各种发展却造成了隐蔽的危害，其结果是很难立刻查出造成危害的原因。譬如，拥挤地住在城市和村庄带来了卫生危害，这种危害甚至在今天仍不能用预防医学，卫生标准和污水管理这样的技术来完全控制。在某些情况下，用改进的技术来控制危险，也由于它又以不同的形式再现而失败。对这一点的很好例证是铅中毒。

人类开采与制铅已有一千年的历史了，它的韧性、防蚀性，以及其他特性使其成为一种最有用的金属。古罗马的哲学家们在观察长期用铅器皿饮食者的精神和生理紊乱时，意识到了铅中毒。中世纪的医生们从制铅工匠抱怨“干感冒”，手指和手掌丧失活动能力中同样意识到了铅中毒。现在的内科医生在中枢神经系统紊乱，肾损坏，贫血症，男性不育症以及妇女月经紊乱和怀孕畸形等症状中寻找铅中毒的症状。尽管在这方面积累了很丰富的知识，当今铅中毒发生的可能性却并不总是很少的。铅用作室内粉刷涂料已受到法律的控制，然而通过吸收涂漆而引起铅中毒的直接结果，每年死亡和残废者仍然不断发生，尤其是在旧房屋中居住的儿童们。这个问题由于1978年国家税务局的一项规定出现了一个新的情况，该项规定允许对三年以上铅毒受害者住房的部分改造工作实行减税。

饮用玻璃杯的外饰色也可能导致摄取高出正常标准的铅。对饮用杯具边缘铅含量的标准，已由食品与药品管理部，环境保护局和消费产品安全委员会在1979年联合制定。工业生产也给人们提供了一些其它铅中毒的事例。那些工作在废钢，拆船，桥梁和大型建筑结构的人可能接触原来用于防护其下部金属的毒性材料。在电池制造厂、印刷工业、煤气站以及汽车修理车间工作的工人也可能接触含铅粉尘，烟气和一些含铅化合物。一家军火制造厂，史密斯——维逊公司，提供了一个有趣的解决方法，就是给铅弹头加一个尼龙套，公司自称这种方法使靶场附近的铅氧化物烟气减少了60%左右。

这个问题是全球性的。自从工业革命以来，大气层中的铅含量在不断增加。请考虑一下作为汽油添加剂而排入大气层的铅量。基本的生理问题是，聚集在软组织中的铅在一生中是相对稳定的，而骨骼中铅的集聚量将随着年龄的增长而增加。系统安全与此问题的相互关系将在第一章第三节中进行探讨。

### 1.2 系统安全发展成为一种科学

可以认为，系统安全是在人们发现他们不能完全理解和控制与日常活动有关的危险时开始作为一门科学发展的。当时人们还不了解也不能控制日常活动中发生的每一危险，这在今天仍然如此。食品，衣服，药物，运输，嗜好，乃至我们赖以呼吸的空气和饮水，每日每时

都在产生我们尚未完全认识到的危害。

由于这种情况，系统安全已发展成为一个广泛的，涉及到许多专业领域，触及人类活动的每个方面的学科。政府和工业部门将不断发展新标准并改善现有标准来提高建房，药品，制造，采矿和许多其他方面的安全，这是不成问题的。最著名的可能要算汽车安全了，由于其安全标准作了定期修改，每年影响着上千万车辆的设计与制造，以及所有乘车人员的生命。家庭是系统安全和公众关注的另一个领域，在美国，家庭事故每年的损失费用在逐步上升，估计1978年这方面的损失费约17亿美元，而这些损失费用还不能精确地反映受伤和丧生的价值（价值一词将在2·11节给予正式定义）。

在成千上万人的日常生活中，另一个主要受关注的安全领域是职业安全。早在1970年初，由于主要联邦法规的公布，日益增长的注意力都集中到这个问题上来了。几乎所有的人都赞成用健全的立法来保证美国1亿工人的安全和健康，因为政府统计表明每年有一万四千五百多工人因工作而丧生，二百二十万工人伤残。1970年尼克松总统签署了职业安全卫生法（OSHA），从而为跨州产业公司的职工建立了职业卫生与安全标准。按联邦一级来说，这个立法直接影响着五百五十万工人。此外，颁布卫生和安全标准为法律执行中裁判争议提供了依据，并建立了一个全国机构以进行职业安全方面的研究。

### 1·3 系统安全的本质

系统安全学科的本质，以及它对社会的作用，可以通过对铅危害的进一步分析和在工业、政府和劳动者中所受到支持的情况的分析来进行阐述。

导致伤害所需的铅含量现在还未给予严格的规定。本世纪初，每立方米空气中含有500微克铅，被认为是可接受的。这个标准随后又降到 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。现在联邦政府建议把这个标准定为 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。赞成和反对这项建议标准以及建议的执行方法，成了摆在安全分析人员面前的一个很典型问题。其他有关此问题的领域，诸如工资保留和同等就业机会等问题，都使研究系统的安全专家困扰不堪。不能把确定导致伤残的铅含量作为唯一解决方法，相反，只能采取综合办法，从理论上说综合办法也是最佳办法。下面将对这样一种综合考虑的原理进行探讨。

#### 1·3·1 所建议的标准的是非曲直

职业安全卫生局建议的 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 的标准，是根据以下几点：

1. 血液里每100克血中大约含80微克铅的工人铅中毒的临床症状很明显。
2. …如果空气中铅含量保持在100微克的话，工人血液中铅含量的上限就会保持在60微克以下。

工人们对所建议的标准的异议是：

1. 接触空气中飞扬铅量应限制为每立方米空气中含有50微克…对于改善来说，限制到100微克是远远不够的。
2. 唯一能被认为安全的劳动条件是人体内铅含量比雇用前或一般公民的平均含量没有明显增加。

补充的现行标准（ $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、所建议的标准（ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、以及工人们建议的标准（ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）之间在代价方面的区别涉及以下几个问题：

1. 怎样的安全才算是安全？



2. 与 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 比较,  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 的意义是什么?

3. 接触铅含量 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  10天是否等于接触 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  20天?

4. 接触15年的 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 是否不比接触 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  30天更有害?

对这些问题的答案, 主要应依靠科学调查。然而, 总的问题是不能与政治和经济问题脱节, 如为获得较低标准所花费的金额是否拖了美国经济的后腿呢? 或者是否降低了美国工人与其他国家工人进行竞争的能力呢?

#### 1.3.2 监测和控制接毒的方法

除了有关可接受的铅含量的争议以外, 对监测和控制的方法也有争议。劳动者主张环境监测, 也就是控制大气中含铅量, 而工业部门却倾向于采用血液和尿检验的生理监测。前者由工程控制和为防止铅进入大气的设计来完成。后者则由采用可以防止吸入大气中所含铅的呼吸器来完成。解决这个争议, 牵涉到技术和经济两个方面。

一个几乎完全是经济领域中的因素是工资保留。工资保留是指那些发现在血液中铅含量升高, 而转移到较安全但收入较少的岗位的工人, 保持其原先的工资级别。一项工资保留条款是由1977年矿山安全卫生法提出来的, 并可能在炼焦炉放散物标准的听证过程中成为争端。无论如何, 铅标准看来是工资保留的争论焦点, 因为它牵涉到大量的职工(835, 000人), 还因为工人一旦被证实血液中含铅量升高时传统上是转换工作的。

#### 1.3.3 铅中毒与同等就业机会

铅是一种毒性物质, 致癌物、能致残的毒素, 和致畸形胎物, 它有害地影响着人的再生功能, 导致性功能恶化。现在, 更迫切地需要防止这些有害影响, 因为妇女参加到劳动队伍中来的增长速度几乎达到每年二百万人。其中大多数在16岁至44岁的生育年龄, 每年大约有一百万头胎婴儿在美国各工场诞生。一些公司严禁育龄妇女在可能会接触铅和其他毒物的区域工作, 这种政策对工场安全化与同等就业机会之间造成了压力。(在一些情况下, 妇女们宁愿选择自愿不生育而不愿转移到低工资职位上。使这项易于感情用事的条款更为复杂化的是, 在一些消毒的情况下, 成问题的化学制品却被认为是无毒的。)排他性的政策也不能使男人们满意, 因为男性的生育能力同样会受铅的影响。

#### 1.4 系统安全的现状

系统安全包括两个部分。第一部分是技术性的, 它涉及判定危险和其影响, 并确定危险发生的可能性。第二部分则偏于抽象方面, 如伦理学和价值审议。两者不可分割地联系在一起, 往往只有靠政策规定才能使其区分开来。有时, 设备与仍然会以不同形式影响系统安全的人的行为之间存在着相互关系。汽车、火车、飞机和反应堆等系统是人操纵的, 这些系统有些具有自动感应和控制装置来对付事故的发生, 而有些系统则很少有这类装置, 事故的控制, 依靠人的调控。在任何情况下, 许多可能发生的事故, 妨碍计算机进行全面控制, 所以, 在一个事故开始发生之后, 人—机相互作用也随之发生。

即使人们是富有革新精神的、机智的, 能使潜在事故的发生减到最小量, 他们也难免出错, 使一个小问题恶化、复杂化。导致事故的一系列事件实际上可能由人的行为引起。在不安全条件下区分人的因素, 是一个技术问题, 一个已取得极大进展的问题。然而, 人的行为的定量化, 还决不能与在预测设备故障方面取得进展相比拟。(对人为故障的评价将在8.11节中进行充分讨论)