

# 铀矿开采安全与防护

王前裕摇伍衡山  
唐壮丽摇李蒲姣摇摇编著  
李摇明摇张新华

中南大学出版社

# 前 摇 言

安全生产方针是我国劳动保护工作总的指导方针,是社会主义制度所决定的。它要求企业各级领导在生产建设中把安全 and 生产看作是一个统一的整体。保护劳动者的安全健康是实现四个现代化的重要条件。进行社会主义建设不仅需要确保职工的生命安全,而且需要创造更加良好的劳动条件,以确保劳动者的身心健康。根据党和政府历来的指示,总结近 10 年来的经验教训,预防伤亡事故和职业病的方针,可以概括为“安全第一,预防为主”。

社会主义生产只应安全生产,绝不允许违章指挥,冒险作业。在生产过程中,安全 and 生产是对立统一的,二者共处于生产当中,互为存在的条件,互相对立,并在一定的条件下互相转化。只要尊重客观规律进行生产,贯彻“预防为主”的原则,及时探测并控制不安全因素,防患于未然,危险才能转化为安全,即“化险为夷”;反之,如果冒险作业,违反客观规律,不采取探测、控制、防护措施,安全就会转化为危险,从而发生意外事件,造成伤亡事故。劳动保护工作就是要“化险为夷”,变不安全生产为安全生产,变有害作业为无害作业,创造既安全又卫生的劳动条件,确保劳动者的人身安全和高度身心健康。

铀矿床开采过程中,除了有一般矿山的危害外,还有放射性、核素的衰变产物,尤其是氡及其子体对人体的危害严重,能诱发多种病变。因此了解与掌握铀矿开采安全与放射性防护一般知识和基本理论非常必要,编者参阅了大量有关文献(其中包括《放射医学》),从中选取适用铀采矿专业的有关内容,并根据本人从事铀矿井技术工作和高校教学工作 10 年的实践和经验,特编著《铀矿开采安全与防护》一书,该书可作为高校铀采矿专业学生授课教材,亦可供铀采矿工程安全技术人员参考之用。全书主要论述安全原理,系统安全分析,安全管理的原理和措施,放射性防护一般知识,氡子体的积累,氡析出的控制,煤型铀矿瓦斯防治、防火等安全防护知识和措施。至于矿井防水、防尘等可参阅高校有关教材,在此不再重述。

在此,感谢王昌汉教授、丁德馨教授、朱常春老师及采矿教研室同志们给予的大力帮助!由于水平有限,时间仓促,书中缺点错误在所难免,殷切希望读者批评指正。

## 目 录

第 1 章 安全原理简论 .....	( 1 )
1.1 系统安全概述 .....	( 1 )
1.2 系统中的危害源及相关因素 .....	( 2 )
1.3 人 原机 原材料 原环境系统 .....	( 2 )
1.4 系统中的物质流和能流 .....	( 3 )
1.5 系统中的信息流 .....	( 3 )
第 2 章 系统安全分析 .....	( 4 )
2.1 系统安全分析概述 .....	( 4 )
2.2 故障树分析 .....	( 5 )
2.3 事件树分析( 故障树 ) .....	( 5 )
2.4 管理疏忽和危险树( 故障树 ) .....	( 6 )
第 3 章 安全管理的原理和措施 .....	( 7 )
3.1 发现和解决问题 .....	( 7 )
3.2 解决问题的程序和步骤 .....	( 8 )
3.3 安全管理经验 .....	( 8 )
3.4 安全教育 .....	( 9 )
3.5 安全生产责任制 .....	( 9 )
3.6 编制安全技术措施计划 .....	( 9 )
3.7 安全生产检查 .....	( 9 )
第 4 章 辐射防护的一般知识 .....	( 10 )
4.1 放射性测量的基础知识 .....	( 10 )
4.2 辐射防护基本概念和常用公式 .....	( 10 )
4.3 放射防护 .....	( 11 )
4.4 放射性的监测方法 .....	( 11 )
4.5 放射性测量仪器 .....	( 11 )
第 5 章 氡子体的积累和氡析出的控制 .....	( 12 )
5.1 井下氡析出规律 .....	( 12 )
5.2 氡子体的积累 .....	( 12 )
5.3 氡析出率的测定方法 .....	( 12 )
5.4 全巷动态法测量实例 .....	( 12 )
5.5 降氡方法 .....	( 12 )
5.6 国营某矿主矿带降氡通风技术改造 .....	( 12 )
第 6 章 煤型铀矿井防火 .....	( 13 )

第 愿章摇铀矿井火灾的预防 .....	( 员愿)
第 愿章摇铀矿井火灾的消灭 .....	( 员愿)
第 愿章摇火区的管理与重开 .....	( 员愿)
第 苑章摇煤型铀矿井瓦斯防治 .....	( 员怨)
第 苑章摇概述 .....	( 员怨)
第 苑章摇铀矿井沼气涌出量的预测 .....	( 员圆)
第 苑章摇沼气爆炸及预防 .....	( 员猿)
第 苑章摇沼气喷出与突出及其预防 .....	( 员怨)
第 苑章摇沼气抽放 .....	( 员缘)
第 苑章摇梅克斯克煤田的瓦斯突出问题 .....	( 员苑)
第 愿章摇矿内防高温及防冻 .....	( 员源)
第 愿章摇矿内热态 .....	( 员源)
第 愿章摇矿内气候条件的舒适指标 .....	( 员愿)
第 愿章摇矿内气候条件的改善 .....	( 员员)
第 愿章摇深井通风与降温中循环风的应用 .....	( 圆)
第 愿章摇矿井防冻 .....	( 圆)

## 第 1 章 安全原理简论

### 1.1 系统安全概述

#### 1.1.1 定义

##### 安全

安全是指安稳而无危险的事物。生产过程中安全被定义为“不发生导致死伤、职业病、设备或财产损失的状况”。

在工程上研究安全时,采用近似客观量的一般概念来描述安全程度,叫安全性。

设  $S$  代表安全性,  $D$  代表危险性,则有  $S + D = 1$ 。

在工程上,与其说研究安全性,倒不如说研究危险性更恰当。

##### 危害与危险

危害是造成事物的一种潜在危险,它是超出人的直接控制之外的某种潜在的环境条件。

危险是来自某种个别危害而造成人的伤害和物的损失的机会。它用危险严重程度及危险概率来表示危险可能出现的损失。

危害是可能引发事故的事物或环境。而危险则是定量的统计学术语(概率),它表示潜在的危害结果。

在可能发生工伤或职业病的劳动环境中存在着各种危害,如有坠落危害、矽尘危害等。这种危害有可能使人遭受伤亡或患职业病。危害相当于我们习惯上所说的不安全隐患,是潜在的危险因素。

##### 系统安全的定义

它指的是在系统运营周期内应用系统安全管理或系统安全工程,鉴别危险性并使危险减至最小,从而使系统在操作效率、耗费时间和投资费用约束下达到最佳安全程度。换言之,系统安全就是在功能、时间、成本等规定的条件下,系统中人员和设备所受到的伤害和损失为最少。

##### 系统安全工程

系统安全工程是系统工程在安全上的应用,在具备专业知识和技能的情况下,应用科学和工程原理、标准及技术知识,去鉴别、消除或控制系统中的危险性。

系统安全工程是以工程设计、安全原理和系统分析方法为基础去预测和评价系统的安全性。简而言之,研究如何控制系统内各种因素以及防止事故发生。

##### 系统安全管理

它是为了完成以下系统安全业务所需要的计划管理的一部分。

(1) 协调系统安全所需要的内容;

- ( 圆)安全活动的计划、组织和管理；
- ( 猿)与系统其他计划的协调；
- ( 源)为了有计划地、适时地实现系统安全目标,进行计划分析、研究和评价。

### 圆系统安全程序

通过系统安全管理和系统安全工程的综合目标和活动,达到在系统运营周期对适时性、成本、效果等方面满足系统安全要求的目的。

发展系统安全程序,就是使在整个使用周期中的各个阶段的系统安全效果得到连续保障。这些阶段是:程序开发阶段、实验和鉴定阶段、工程全面发展阶段以及生产和推广使用阶段。

总之,为实现系统安全,应把系统的安全管理和系统安全工作贯穿到整个系统的规划、设计、制造和使用各个阶段中。

### 圆系统安全规划(大纲)

系统安全规划以实现系统安全为根本目的。系统安全规划的纲要包括以下内容:

- ( 员)计划的概要;
- ( 圆)安全组织;
- ( 猿)合同条件;
- ( 源)与有关部门的协调;
- ( 缘)安全标准;
- ( 远)安全分析;
- ( 苑)安全性评价;
- ( 愿)收集和更新安全数据资料;
- ( 怨)经过和结果的报告。

表 员圆是一般系统安全大纲编制要点,具体的纲要应适合特定对象系统的特性和规模。

表 员圆 系统安全大纲编制要点

圆总则	圆序言 圆范围和目的 圆适用和施行 圆适用文件
圆安全组织职责和权限	圆与整个组织的关系 圆组织结构 圆职责和权限 圆有关部门 圆合同协作单位的组织机构、职责和权限 圆承包单位的组织机构、职责和权限 圆系统安全负责单位的组织机构、职责和权限

摇摇续表 员原员

猿系统安全标准	猿定义 猿危险性等级 猿系统安全的最佳顺序 猿合同特殊条件 猿分析技术的规定
源应当完成的系统安全业务	源定性分析 源定量分析 源使用分析 源参加计划审查 源参加设计审查 源合同单位的监察活动
缘系统安全文件	缘根据系统安全提出做准备的报告书和数量、格式和规定 缘为采用系统安全所需要受理的报告书的数量、格式和规定 缘潜在危险性报告书的格式 缘灾害调查程序 缘安全通电 缘安全数据资料 缘与合同协作单位和承包单位之间普及安全资料的程序 缘诊治报告
远安全计划的管理	远管理活动的进行与结束过程 远承包单位安全监察的程序和规定 远本单位安全监察的程序和规定
苑安全训练	苑职工参加危险活动的资格 ,包括医疗 苑对制造、检查、维修、质量管理作业、系统进行人员使用者的训练和批准计划 苑紧急状态训练
愿设备和救援性能	愿处理和储藏有潜在危险的材料的条件和技术条件和程序 愿供给和运输有潜在危险的材料的条件和技术条件和程序 愿正常和紧急状态下 ,处理、储藏、供给和运输的程序

## 猿系统安全的实现

根据系统安全大纲 ,实现系统安全所采用的具体方法 ,大致由事故和受伤程度最小化或控制受灾程度两部分组成 ,表 员原员是这些方法的一览表。

为了达到系统安全的目的 ,系统安全的设计原则上要按以下几个步骤进行。

(员)使存在的危险状态达到最小。例如 ,采纳具有自动防止故障性能或冗余特性的系统。

(圆)采用安全装置。在(员)不能实现的情况下 ,尽可能在机器上配备安全装置 ,按系统整体性原理从全局出发安排防护装置。

(猿)采用警报装置。在(员)和(圆)都不能实现的情况下 ,要安排能够测出异常状态并能发出报警的装置。报警装置必须尽量使作业者很少产生错误反应。

(源特殊方法。在采用(员)~(猿)都不能使危险性降低的情况下,则需要研究特殊的方法,但要使标志等标准化。

表 员原圆 实现系统安全的措施

事摇摇故摇摇预摇摇测	
项摇摇目	举摇摇例摇摇和摇摇说摇摇明
消除危险	使用不可燃材料,将机器的角磨圆等
控制危险指标等	
本质安全	双层绝缘工具、低电压回路等
破坏控制指标的检查和控制	安全阀、泄压阀等
连续监测和自动控制	监测温度、压力、大气中的危险有害物质
距之以外和关之以内互锁装置	
隔离	对燃料、氧化剂禁止烟火等
距之以外和关之以内	运动机械的离合器等
互锁装置	电气设备的控制板接地等
自动防止故障的设计	
故障时工作可靠,但性能下降	故障时使能量最小(停止)
自动寻找故障	故障时,直至采取对策前保持安全状态
阿控制故障	故障时,直至采取修正措施前,可安全地保持性能
故障的最小化	
监测	监测温度、振动、压力等
警告	使人知道危险的视觉、听觉、警告和警报
安全系数和安全余量	适用于强度和应力的变化,难以估计的过渡过程现象以及材料的老化
降低故障率	
减少定额值	降低额定功率等
定期更换	为了维持一定的故障率,在磨损周期内更换
选择	去除不合格产品
冗余性	冗余性(并联、串联备用等)的研究

使受害程度最小化或控制受灾程度

项摇摇目	举摇摇例摇摇和摇摇说摇摇明
距离	
距离	爆炸安全距离等
能量吸收	缓冲空间(冲击安全)、汽车的缓冲器、底盘等
转移	爆炸物与居住间的隔墙等

摇摇续表 员原圆

使受害程度最小化或控制受灾程度	
项摇摇目	举摇摇例和摇摇说摇摇明
摇摇封闭	
摇摇危险	森林火灾的防火带
摇摇控制	汽车比赛场地的防护栅等
摇摇人员	安全地带等
摇摇材料	防水箱、存储器
摇摇重要设备	特殊用途电动机的密封
圆个人防护用品	
摇摇用于预计到的危险作业	用于罐、槽内作业的呼吸保护器
摇摇用于调查和调整作业	用于不了解险情的场所 ,需要范围广的防护用品
摇摇紧急用	要求穿着容易 ,可靠性高 ,适用广泛范围的防护用品
猿允许小的损失	锅炉的熔栓、煤气炉的防爆膜等
源避难和生存	
摇摇避难临界警报	装测警报装置
摇摇缓冲空间的设计	避难时的冲击安全保护
摇摇避难和生存设备	根据 猿猿猿和 猿猿猿做详细研究 ,并要经过最恶劣条件的试验
摇摇避难和生存方法	适当的操作、维护和更新等方法
缘救助	
摇摇方法	
摇摇设备	

## 员原圆 实施系统安全的程序 and 任务

### 圆一般要求

系统安全程序应以解决一系列问题来保证其目标的实现。

(员)在既定的条件下 ,系统的设计应满足适时、成本低、效果好而且安全等条件 ;在整个系统周期寿命内 ,对所有危害都应进行分析、鉴别、评价 ,消除或控制在可以接受的安全水平上。

(圆)应考虑并采用业经其他系统证明是行之有效的安全数据。

(猿)采纳和使用的新设计、新材料、新的生产工艺和测试技术等 ,必须是危险性最小者。

(源)发展和采用一项新系统时 ,应尽可能避免因安全条件而进行返工 ,以保证安全措施能及时地起到重要作用。任何修改都不应使系统的固有安全条件的水准降低。

(缘)随系统产生的各种有危险的材料均应考虑易于安全处理。

系统安全的流程大致表示如下：

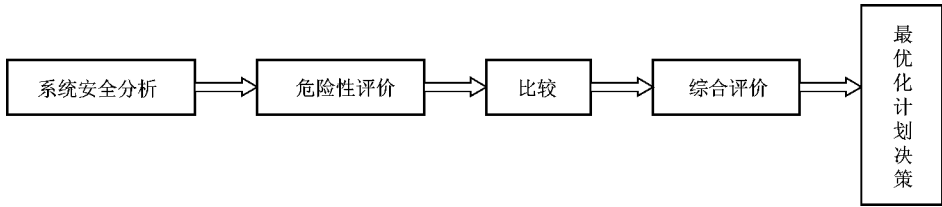


图 员原 系统安全方法流程图

从上图可见,系统安全分析和评价是系统安全的核心,只有严谨准确地分析和符合规律地评价,才能作出最优化的决策。

系统安全分析及评价,本书将分章节专题叙述。

美国军事标准 配 提出的系统程序要求及系统安全工程条件具备典型性。它将系统安全程序分为下列阶段:程序开发阶段、试车和验收阶段、全面工程开发阶段以及生产和推广运用阶段。

计划设想阶段和招标、得标合同阶段一般可列入程序开发阶段中,有时将试车和验收阶段列入工程阶段。

#### 工程开发阶段的系统安全任务

(员)计划要有设想。合同阶段初期招标时,由投标者提出安全评价和保障安全的必要条件,得标后则应提出工程阶段应该实行的系统安全工程方案。这一阶段要求考虑制定符合既定任务需要和寿命周期要求的系统安全程序,对可供选择的系统方案作出评价。

(圆)评价在整个寿命周期中影响安全的有关原材料、设计要点、手段、操作原理和环境。

(猿)进行预危害分析,即拟设危害分析( ),用以判别系统的固有危险,确定预测事故的危险等级,调查不安全因素存在于哪个子系统之中,继而识别危害因素转变为危险状态的触发条件,并进一步研究消除隐患的措施及其效果。

(源)重点定出有关安全的特殊部分,研究相似系统的成功的安全设计,根据相似系统的经验确定本系统的安全要求。

(缘)鉴别在整个系统寿命周期中可能需要舍弃的安全要求以及确定安全设计、分析、测试、试车及验收要求。合同文件必须要有这方面的安全条款。

(远)对每一方案的系统安全分析、结论及建议要编成文件;为便于决策,要写出程序开发阶段的有安全任务结论的总结报告。

#### 试车和验收阶段的系统安全任务

从硬件开始到样机测试、试车、验收等进行广泛的分析,以确定下列任务:

(员)制定合乎现在要求的试车和验收系统安全程序计划( ),以说明综合的系统安全效果。鉴别在完成设计、生产、操作及后勤任务时可能产生影响安全性能的危害。

(圆)建立系统安全所要求的项目,并使所制定的试车与验收安全要求规范化。

(猿)收集有关的系统安全要求和影响危害的情报,据此提出改进设计的建议。在满足试车和验收任务前提下,保证达到最优的安全程度。

(源)在适当的说明书中使用定性和定量分析方法对承包方提供的设备、国家提供的设备、支援设备、接口用的设备和辅助设备等进行分析,使其符合系统安全要求。

进行子系统、系统、操作和后勤支援的危害分析。

(缘)审查所有测试计划,以保证测试任务的安全实施,保证由分析和测试检查出的不安全因素能予以消除或控制,审查安全培训计划。

(远)评价试车及验收阶段记载下来的故障树分析(零缺陷操作和准备,法规)和伤亡事故调查结论。提出重新设计或其他改进的措施。根据先进的系统安全研究、分析和试验所取得的系统安全要求,记入系统计划书中。

(苑)对试车及验收阶段进行的上述系统安全任务写出总结报告,并积极着手准备在全面工程开发阶段和生产开始阶段将要应用的系统安全程序计划。

灑全面开发阶段的系统安全任务

(员)审查工程初步设计是否已将安全设计要求编入,确保在试车及验收阶段所判明的不安全因素得以避免或控制到允许限度。

(圆)在使子系统、系统、操作和后勤支援先进化时,除核定其设计和试验效果外,同时还要进行危害分析和安全研究,以便识别在设计、操作、后勤支援中的危害。对全部需要改变的设计程序和控制程序均应予以指明。

(猿)试生产中的试验设施、试验要求、说明和规程均应体现系统安全的要求,安全必须贯穿于试验的始终。

(源)参与技术设计和项目审查工作,并提出子系统、系统、操作与后勤支援等各环节的危害分析。对系统及其组成部分的安全方向、临时储备、包装、运输、搬运、试验、操作和维修等要进行安全效果的评价。并应对故障分析、工伤调查等的结论加以评价,以使在改进设计和实施安全措施时提出建议。

(缘)选择替代方案时,要进行鉴别、评价和提供安全方面的建议;应对用于初期的系统操作和维修规章制度和规程及相应的工程文件(图纸、说明书等)进行审查;以保证安全方面的条款被采纳进去。

(远)要检查安全报警装置、救护设备、个体防护设备等是否足够,要检查安全教育训练的内容;检查最初的生产工程效果,过程质量控制、验收和测试手段等,以保证生产周期内,在生产过程、最终产品和危险物质处理方面,都能考虑安全问题,并使之符合发展生产的安全要求。

(苑)对此阶段系统安全所取得的成果要进行总结,为决策部门提供依据。此外,还应为下一阶段(生产和应用推广)制订出系统安全程序要求。

纒生产和推广运用阶段的系统安全任务

(员)鉴别影响安全的关键零部件、生产技术、组装过程、设施、试验和检查要求,并能保证:

①设计和布置生产线时应有充分、正确的安全规定,以使在生产流程和操作中建立安全控制。

②在设备制造的质量控制上,包括检验、试车、操作及校核时都应有充分的安全规定,以使设计中的安全要求能在生产中得到落实。

③生产技术规程、操作规程和制造程序中应有必要的特殊安全规定,如危险警告、注意事项等。

(圆)对早期硬件生产的测试和评价进行鉴定,以便尽早地测出和校正安全方面的缺陷。

(猿)审查试验计划和程序,以保证试验工作安全进行;审查安全操作和维修所必须的警告方式和意义、注意事项及特殊工种的安全规程;审查储存、包装、装卸和厂内运输规程;审查定期现场检查或测试的规程及监控效果。总之要保证系统在此阶段维持在允许的安全水平上。

(源)修改危害分析以鉴定由于工程设计和操作方法的改变而出现的新危险,保证在所有的控制作用中,已考虑到由于变化可能引起的安全问题。

评价故障分析及事故调查结论,提出整改建议。

(缘)在整个寿命周期中监控该系统,以确定设计、操作、维护,以及救急措施是否完善。

分析由操作人员和管理人员提出的有关安全缺陷的报告。

(远)调查危险物质和设备的安全处理措施。

(苑)为便于安全地开发新系统或改造老系统,应将危险情况和系统缺陷编成文件,及时修订安全规程、操作规程、设计手册安全标准及有关说明书,以反映出安全管理及系统安全的改变。

## 图 1 系统中的危害源及相关因素

安全寓于生产之中,不安全、不卫生的诸因素是在生产过程的单元作业中出现的。

图 1 原图(或系统的危害源和相关因素)图。同心处的单元作业是发生工伤事故和职业病的危害源。

单元作业是在特定的自然条件下进行生产的具体操作,它受地理、地质、生态等因素其中包括气象、水文、岩性、地温、采光与日照等所制约。自然条件是这些因素的函数。

伤亡事故是指职工在生产区域中发生的与生产有关的人身伤亡和急性中毒。单元作业的活动场所就是生产区域。所以在单元作业中发生的轻伤、重伤、死亡或中毒,属于在自然环境中发生意外事件的结果。

工伤意外事件是由于加工条件、操作因素所引起的人为的不安全动作及机械的或物质的危害所造成的,而人为的过失又是社会环境和生产管理上的缺陷所造成的。社会环境包括政治经济因素、劳动制度、监督与检查、教育与训练、社会道德、家庭以及个人的体质、生理、心理状态等因素;社会环境还包括法律、个人和集体的行为准则等人与人的关系以及人与社会的生产水平(机械化与自动化程度)等关系。

为预防工伤事故,必须做到以单元作业为中心,针对自然的特定环境和具体的加工、操作条件,控制人为的不安全动作,以探测技术作为认识不安全、不卫生因素的工具和手段,采用先进的控制技术去改造劳动环境,消除意外事件的直接原因;以社会环境为背景,采用法制、经济、监督检查、教育训练等手段,运用安全心理学、劳动生理学等,加强劳动保护组织管理,消除产生工伤事故的主要原因。

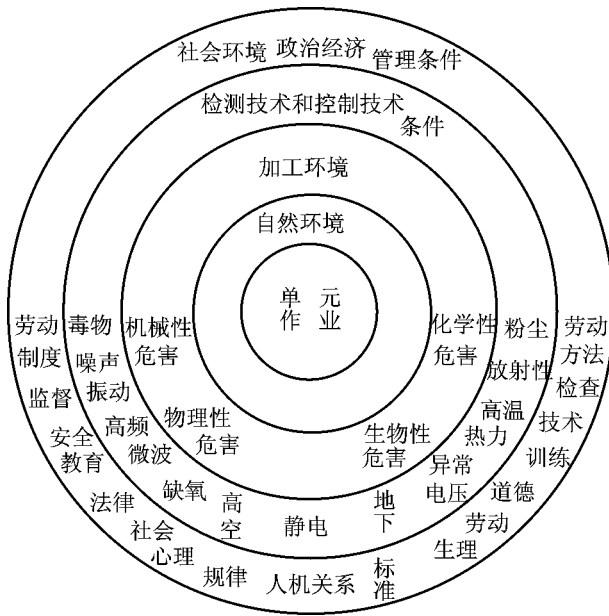


图 员原系统的危害源和相关因素图

## 人原机原材料原环境系统

### “人原机系统”和“人原机原材料原环境系统”

所谓“人原机系统”，是人机工程学里最重要的课题。当把“人原机”这个对象作为一个整体对待时，构成它的两个子系统的“人”和“机器”是可以综合在一起来研究的。

这种系统不仅普遍存在于火车、汽车、船舶和飞机等运输部门，而且在以人的行动为主体的制造业、使用固定机器的企业部门也都包括在这种系统中。但是，除人、机两子系统以外，劳动环境因素也是不可缺少的，例如汽车运输，必不可少的要素和子系统还有道路状态和交通指挥装备；对于飞机的安全飞行来说，来自地面的、主要是关于环境的信息，也是必要的条件。从这个含义出发，近来亦有称之为“人原机原环境系统”。

可是，对我们主要的研究对象生产车间系统来说，从系统工程学的观点出发，材料和能量、信息一起输入到生产系统中，经过加工处理之后，再作为输出，一般将此作为“生产能力”来处理。当从系统安全的观点考虑问题时，车间中的人、机器、材料和环境等四个因素则构成了生产系统的子系统。

从安全观点出发，不只是考虑“人原机器系统”，应该是“人原机器原材料原环境系统”。

当这样划分子系统时，必须注意到子系统之间的临界面（或称对接口）问题，这也就是把安全管理上经常采用的连接点扩展为面的接合面，在接合面上妥善地进行“子系统之间的信息和能量的交换”。

## 1.2.1 人-原机系统中能流的可逆性

以人为主体的原机系统中,生产作业由外部条件供给机器以能量来进行工作。此时人力只是用来驱使能量,从而扩大了人自身能量系统的能力。

在生产现场中,当把外部能量控制在一定的空间时,能量如同流体一样,从高能流向低能。这种正常的能量转移,可根据能量守恒定律写出“连续方程式”。为了实现生产目标,输入的能量必须通过在生产流程中作功而被消耗掉,制造出社会需要的产品。

但是,在异常的情况下,由于不安全因素的存在,致使部分能流未流向机器,而逆流于人体,以致造成伤害人体的现象。这种逆流于人体的机械能、电能、化学能等给予人体外伤或内症的肉体伤害,形成了伤亡事故。

人-原机系统中能量逆流于人体所造成的伤亡事故,大致由下述三种原因所引起:

(员)生产的设备、机械或器具,其“失效-原安全”性能不完全或安全性不足。

(圆)各种机械的可维修性不够,发生了意想不到的事件。

(猿)当人这一子系统与外部条件结合时,人的行动过程出现了失误。

为防止能流逆流于人体,不使之出现造成上述三原因的条件,必须根据过去积累的经验,进行事故预测和制定系统安全程序计划并付之实施。

人-原机系统中能量逆流于人体所造成的伤亡事故多发生在单元作业的操作点上。

## 1.2.2 原机系统中的物质流和能流

### 1.2.2.1 概述

在系统中流过的工作介质称之为流通质。流通质通常指的是物质、能量或信息。

流通质在系统的传递交换过程中是相互依赖的。例如无线电发射台在发射信息时,就伴随有量子能量传递。所以应当以主要流通质来称呼系统。例如,机械制造业虽有能的输入与输出以及管理体系中上下级之间的精神流,但仍以物质流为系统的主体,故称物的加工制造系统;输配电主要是输送能量,但同时也在传递信息,但习惯上称为能量输送系统;同样,炼油厂和化工厂多称为物质转换系统,计算机则称为信息系统等等。

亦可根据流通质的分布形态来区分系统。流通质从输入点直接流到输出点,中间不出现任何分支的系统叫做继承系统。如果中间出现了分支,一个输入可以产生许多个输出,这个系统便称为发散型系统。如果许多输入汇聚到一点,这个系统则是聚合型的系统。如在靠近单向系统输出端的流通质还流向靠近系统输入端的聚合点,这种系统则称为反馈系统。

厂矿企业是一个劳动集体,构成劳动集体的每个人均不能独立地生产有附加价值的产品。个体劳动虽能生产简单的产品,但效率极低,质量也不均一,特别是在重工业,这几乎是不可能的。所以,必须在企业中组成“作业集团”。

作业集团必须进行细致的生产分工,以期最大限度地提高劳动生产率。但人与人之间、工序之间又必须流通,进行协调而组成一个系统,使物质流全部有效,而且可在必要的精神流控制下顺利地有计划有目的地进行生产。所以,在作业集团的系统中,物质流(包括能

流)和精神流(包括人事、课题方向、组织信息、人与人之间的信息)是不可缺少的两大子系统。

作业集团不是人系统、机械系统和各种设备、物质等分别存在的系统的集合,而是人、机、设备不独立存在的相互依赖的集团。虽然以物质流为主的人机系统能独立发挥能力,但却与每个成员不同的精神原心理状态有密切关系。用指令传达一个意志也都必须给与物质的质和量以附加值。因此,工矿企业是一个有机活动的集体,应有计划地控制和管理其精神流和物质流(包括能流),不使之过与不足。

输入的物质(原材料)在系统内导入了能量,从而输出了新的(质上和形态上)高经济价值的产品。若以社会需要为中心考虑的话,必须提高系统内的效率和经济效益,将具有较高的附加价值的产品以低廉的价格供给社会。

在系统内“条件许可的范围内,用最少的能量取得最大的效果,并使最后的状态稳定”(即守恒法则),这是一种愿望。

若妨碍能流、信息流的正常流动,就会发生与上述愿望相反的主要事件,即因为对于流通质控制不力而突然发生的能量逆流于人体的伤亡事故。防止事故的发生,做到安全生产是和作业集团的计划目的相一致的。

在人原机系统中,机械子系统比人子系统可靠性高,因为机械系统没有自由性,为防止能流的非正常流动而导致的事故,加强预防性的维修保养是必要的。人具有自由性,构成劳动集体的每个成员的精神素质和心理特征不同,在安全地完成预期任务中是不稳定的。为防止伤亡事故的发生,就必须加强教育训练,控制住正常的信息流通,建立安全生产的正常秩序。人们看不见思想、情绪、感情、意志等等,从某种意义上讲这也是一种“能流”(或精神流),系统安全的任务也包括对人这一子系统的控制。贯穿这一子系统的精神流中枢(负责管理干部)依据外界信息,考虑形势、适应需要而作出决策。这一精神流构成了各级组织机构,在这一精神流的控制下,职工分别进行各自分担的任务,对物质给予直接的附加价值。

### 图 1-1-1 物质流的类型

图 1-1-1 表示作业集团的控制系统,作为调整机能的反馈系统为适应外界条件的变化不仅是必要的,而且对因流通质非正常流动而造成的事故也有一定的调整和预防作用。即使出现难以预测的事件,也可以使系统保持稳定的效果。

物质流(严格说以物质流为主的流通质)的类型依企业类型不同而异,大致可分为如下四种形式:

- (员)物的加工制造型(配型);
  - (圆)物的制造及送出型(配型);
  - (猿)制成品分区配送型(裁型);
  - (源)制成品远方输送型(裁型)。
- 图 1-1-1 物的加工制造型(配型)

加工制造业是从进料开始的物质流和从上级下达的精神流的交点上进行劳动生产的。

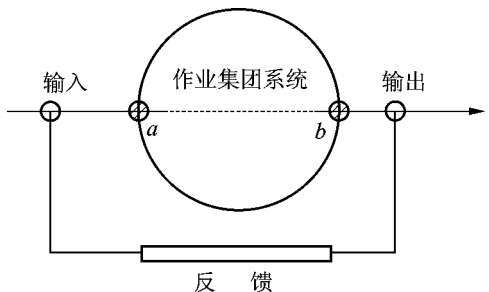


图 1-1-1 作业集团系统中的物质流

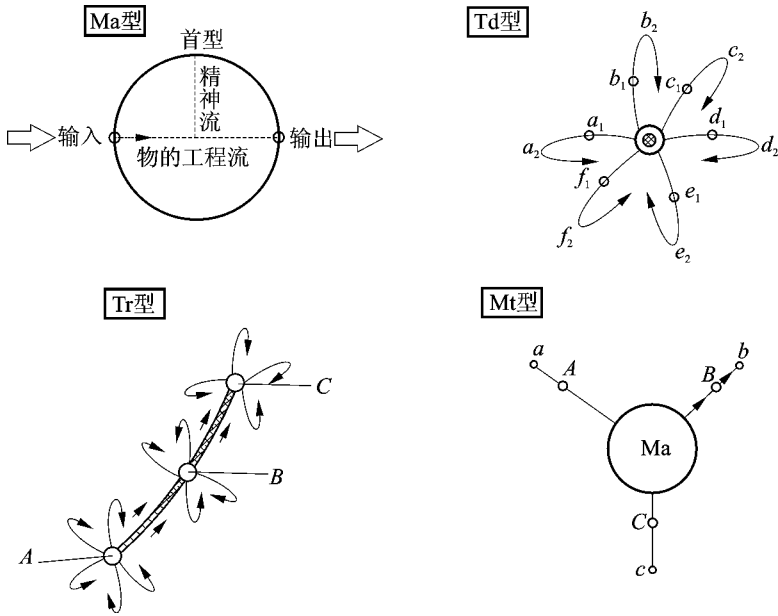


图 员原表示物质流四种类型的示意图

物质流从外部以输入形式供给系统原料和材料,流经系统内有秩序的设备,直接完成人原机系统的任务。外部能源如电能、热能的供给,不仅可扩大人的自身能力,而且在所进行的能量转换过程中改变了物质的形态和质地几种能力逐步结合,使物质附加了经济价值以后作为产品输出,以满足社会需要。

在这一物质加工系统中,物质流是系统的主体,并适当配置人力。这种系统中人是触及物质的,人与机器两子系统中如发生能量逆流或者说出现了人的不安全行动和物的不安全状态两条轨迹的交叉,就会发生事故。然而,在使物质发生形态变化而附加经济价值的化工人原机系统中,物质流处于密闭的系统中,人几乎不用手触及被加工的物质,所以加工工程流本身的事故概率是很低的。

进行机械加工的物体是依用户的特殊要求而设计制造的,这是以物质流为主体的人原机系统,其作业方式与化工生产不同,总体产品是由各个零部件分别进行加工而后组装在一起的,即所谓物质流的汇合。为此,必须确切地掌握物质流随时间而变化的规律,并进行综合控制。特定的重型机械制造业,由于对物质流的处理过程中人和物接触的机会较多,发生能量逆流于人体的机会也多,所以造成伤亡事故的可能性也较轻工业和化学工业为大。

**圆型、裁型和 裁型**

这三种流通质输送形式,虽然本质上仍以物质流为主体,但具体处理物质(对象)的重量、形状、大小却千差万别。

在物质流流动过程中,物的装卸是被人直接给予能量(如肩挑背扛时给物以势能);或者由人驱使机械(如开铲装机、吊车等),将能量赋予物。因此人和物接触的机会较多。就能的形态而言,是附加了势能,增加了能量向人体转移的机会。这种类型中的事故多半是因操作、运行作业而引起的。

“物质因移动而产生价值”这虽是经济上物质交流的一大原则,但在**栽培型**、**耙型**中却是接受了物质加工厂(**发酵型**)输出的产品来作为它的输入物质,通过运输搬移而给予它附加价值的。所以,物质的移动是以距离和速度为主体的运动形式。这种形式是属于运动人**原机**系统。

**栽培型**与**发酵型**的区别在于所处的外界条件不同,因为运动的人**原机**系统是在不断运动变化的,所以不仅自身发生事故的概率较高,而且受外界的相互干扰的因素也多,例如与第三者行为也有关系,这就进一步提高了发生事故的概率。

**栽培型**图上的**葬**以及**耙型**图上的**粤**、**月**、**悦**,如库房、车库、调度库等,其自身内部当然都包括物质和精神两种流动,可是企业的主体基本上应属于物质的移动流。

**栽培型**系统中的机械子系统是以汽车为主的,但在**葬**(如库房、仓库)中进行移动物质和装置时,则以传送带、运输机、叉车、吊车等作为主要机械。这种起重、运输机械所存在的不安全因素较多,国内厂矿内部运输事故和起重伤害在伤亡事故的总数中所占比例也是较大的。所以,对这种物质流的系统安全管理须亟待加强。

**耙型**是把**栽培型**当作**粤**、**月**、**悦**用长的路线连结起来的一种长途营运,不仅使用载重汽车,而且还通过铁路、空运和水运加以联合运输,即形成所谓联运系统。铁路运输线虽然有固定轨道而不像汽车那样任道自由行驶,而且线路专用,似乎受第三者行为干扰较少,但是铁路运输(空运和水运也是一样)受自然环境的影响仍然较多。交通安全这一大系统的问题必须给以高度重视。

**耙型**是由**发酵型**和**栽培型**组合而成的一种物质流类型。在初期的小规模制造业中多见这种形式,但随着工业和公用事业的现代化,这种形式正在逐渐减少。在现代化城市里,作为生活必需的煤气、自来水等的供应占有主要地位,这时物质流的形态已经不全都是固体的了。这种供应方式与固体形态物质流的运输大不相同,特别是输送方式有原则区别,机械子系统不是车、船一类移动的设备,而是物质流沿着固定的、深埋的地下管线流动去供应用户。所以,运动状态的人**原机**关系已不复存在。此外,这里也没有在加工制造业生产过程存在的那种物质移动,即与附加价值物接触的机会极少。所以,发生伤亡事故的机会也大为减少。**耙型**事故频率高峰处于自身系统的维修和检查作业中。所以,事故的预防工作应紧紧抓住维护检修等薄弱环节。

## 4.1 能量系统中的能流及其转移

### 4.1.1 能量与事故

近代工业的发展起源于将燃料的化学能转变为热能,并以水为介质转变为蒸汽,然后将蒸汽的热能再转变为机械能输送到生产现场,这就是蒸汽机动力系统的能流转换情况。电气时代是将水的势能或蒸汽的动能转换为电能,在生产现场再将电能转变为机械能进行产品的制造加工。核电站则是将原子能转变为电能。总之,能量是表示作功本领的物理量,它是由物质和场构成系统的最基本的物理量。

输送到生产现场的能量,依生产的目的是手段不同,可以相互转变为各种形式。按照能量的形式,分为:势能、动能、热能、化学能、电能、原子能、辐射能、声能和生物能等。

1955年美国运输部国家安全局局长哈登(Haddon)引申了吉布森(Gibson)提出的