

安全系统工程 译文集

化学工业部生产综合司

出版说明

安全系统工程是系统工程理论在安全技术管理方面的应用，近十几年来，由于这一学科具有革新意义，许多工业发达国家都竞相研究，在消除危险，防止灾害，避免损失方面已取得了显著的成效。

安全系统工程的开发和应用，不仅为传统的安全技术和管理开辟了一条新的途径，提供了科学的方法，在认识危险，预测事故，进行系统安全的定性、定量分析，开展安全评价，制定防灾措施等方面，同传统的方法比较有明显的改革。

本译文集选编了国外有关安全系统工程方面有代表性的部分文献资料，供广大安全技术、安全管理工作者以及从事研究、开发和应用安全系统工程的同志参考。

本文集由化工部情报所组织翻译，并请冯肇瑞、曲和鼎二同志校订。由于安全系统工程在我国引进的时间比较短，不少问题尚需探讨，许多名词术语尚待统一，加上翻译及校订的时间比较仓促，不妥之处，望批评指正。

化工部生产综合司

一九八三年九月

目 录

1. 危险度评价.....	1
2. 化学工业的危险性和安全防灾措施.....	85
3. 化工装置的危险度评价.....	136
4. 化工装置的危险度评价与分级.....	156
5. 事故的预测和分析.....	184
6. 工艺危险度评价动向.....	240
7. 事故树分析.....	246
8. 逻辑分析.....	277
9. 定量的安全分析.....	305
10. 概率的可靠性研究.....	328
11. ICI 公司蒙德火灾、爆炸、毒性指标.....	354

危 险 度 评 价

井 上 威 恭

3.1 危险度评价的目的和方法

3.1.1 目 的

关于危险性的定义如上一章所述，而危险性的评价依目的而异有不同的解释。根据美国化学家协会指南，保险行业、股份经纪人和经营人员感兴趣的似乎是以下几点：

(1) 装置或设施可能产生的最大损失额是扣除已变成废物后的价值，包括因事故造成的经营损失，是由某种灾害而失去的财产全损失额。这样的损失额只有遭受非常大的悲惨结局的灾害事故时，才有发生的可能性。

(2) 可以预想到的最大损失额(可能产生的最大损失额，最有可能性的损失额等)。这一损失额包括可以预想到的重大事故一旦发生而可能产生的财产损失和相应的经营损失。例如，在安全设备动作失灵的情况下，发生的火灾和爆炸。

(3) 最有可能性的损失额(可能发生的最大损失额，可望遭受的一般损失额)。这种损失额为推测的损失额，例如因控制装置动作的关系而引起的洒水装置或减压阀受到轻微损失。

尽管危险性评价的定义有各种各样的解释，但是危险性评价第一阶段的目的，作为在装置或设施上可能发生的最大损失额来说，其要点如下：

(1) 预测在发生事故的情况下，财产损失和由此引起的经营损失的价值。

(2) 分析构成发生损失概率基础的安全系统。

可是，就目前日本的现状来看，上述危险性评价的定义和目的并没有被普遍认识。在日本，化工装置危险度评价看来有两个不同的目的。一种是官方领导型，有时是以行政领导的目的，来进行危险度的评价，看有没有危险对外引起灾害，给周围居民带来麻烦。另一种是自主保安型，以企业自身安全为目的，即因预想的事故会引起多大程度的经济损失，为防止事故发生需要多少投资，以得到这些判断性的资料为目的来评价危险度。

下面打算从技术评价角度对前者 and 从最佳安全投资计划的立场对后者予以说明。

a 技术评价

在现代社会如果发生事故，即使没有产生损害，也会引起当地居民的恐怖感，而使企业处于受指责的地位，但这种倾向对安全性的科学评价，一般国民自不必说，就是企业方面也有认识不足之处。如联合企业，假若技术上大型化和多样化，必然在出现正效应(好处)的同时，也会出现负效应(坏处)。因此，在建设化工装置时，应如图3.1所

示进行企业内的评价，需要在科学根据的前提下，评价化工厂兴建后的受益与同时带来的危险性，以得到国民的理解。

一般说来，在日本居民和群众的舆论对于负效应是敏感的，而政府的评价经常比较晚。等政府的管理规定颁布之后再行处理，如同发生火灾之后，才要设置消防装置，为时已晚。

还有，一旦发生了预料不到的事故国民就会抱一种极端地恐怖感。目前，对于国民来讲，重要的是要求：根据预想不到的原因努力消除事故，以及在议论安全性时，要明确

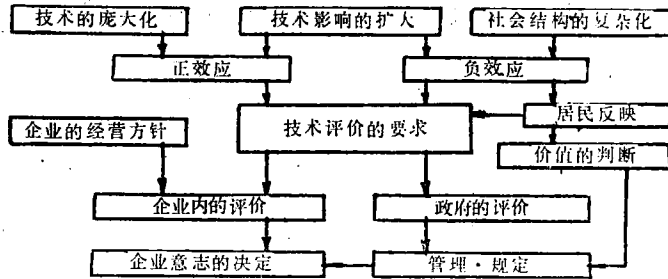


图3.1 企业内技术评价的必要性

是安全还是危险两者择一的态度。定量地评价安全性，基于科学的根据，对于联合企业的形成，化学装置的建设，使国民能得到收益的正效应，与因此而造成损失的当地居民的负效应加以比较，进行在任何第三者看来都是公平的技术评价。

(I) 进行技术评价的经纬 1966年在美国，对环境问题、城市问题和资源问题等开始纷纷议论的时候，宇宙、军事、原子能等大型科学项目的开发，要不要增加庞大的国家预算来完成，这种议论在国会高涨起来，为此对于技术开发要综合地进行正反两方面的评价，所谓技术评价就这样进行起来了。

技术评价的定义为：从多方面综合地掌握、判断由技术带来的正效应和负效应，评价代替手段的得失利害，还包括为决策需要准备资料的组织计划和预测的过程。是指通常理论上的技术评价，它是由(1)认识事实、(2)评价、(3)管理三个阶段构成的。

在日本，技术评价始于1971年，当时科学技术会议在咨询答复中曾谈及：‘为了将科学技术引导或转变到理想的方向，在事前预测评价科学技术的效果及其影响，技术评价日益显得重要。

(II) 技术评价的方法 技术评价在现阶段尚不象计算机程序那样完全组织化和定型化，许多带有基础性的零碎的技术，还在开发之中，但对这些技术必须逐渐地积累起来加以采用，下面介绍两种危险度评价的方法：

(1) 依据检查表的方法 这是一种最普遍使用的方法，是先将正效应和负效应的检查点列表，对各点一个不漏地进行评价的一种方法。如日本工业技术院，作为技术评价，发表了如下的检查表。

A. 主要是正效应方面的检查点

(1) 劳动环境和社会环境的改善 (劳动事故的减少、公害的减少、不同产品引起

事故的减少、自然灾害的防止、医疗保健的改善、公共事业活动效率的提高)。

(2) 生活水平的提高。

(3) 生产率的提高。

(4) 商品的国际化。

(5) 资源的扩大(资源的有效利用、资源开发、产业占地空间的扩大)。

(6) 技术水平的提高。

B. 主要是负效应的检查点

(1) 与人体健康和安全有关系的事项(大气污染、水质污染、土壤污染、噪音、恶臭、日照不足、对医药、化妆品、农药、食品等的影响、交通事故、爆炸、火灾、中毒、劳动灾害)。

(2) 与自然保护有关的事项。

(3) 与社会职能有关各方面(交通混乱、通讯障碍、教育问题)。

(4) 资源消费的增加。

(5) 对产业、职业的影响。

(6) 对文化、风俗和心理的不良影响。

(2) 多阶段筛选的方法 图3.2为四阶段筛选方式,它是在取得以下四方面评价后进行综合评价的,①来自社会的要求和对社会的贡献程度;②实现目的程度;③安全性公害方面造成负效应程度;④从经济方面衡量其收益的程度。

b 最佳安全投资计划

将由于机械装置的故障或误操作引起的事故损失,用最少费用,抑制在最小限度以内的方法,称为安全管理的最佳化计划。

实施安全管理最佳化计划时,如前一章所述,潜在危险指数成为一种很方便的参数。在现代社会,假设有那么一个允许的潜在危险指数的话,那么在这个潜在危险指数以下,

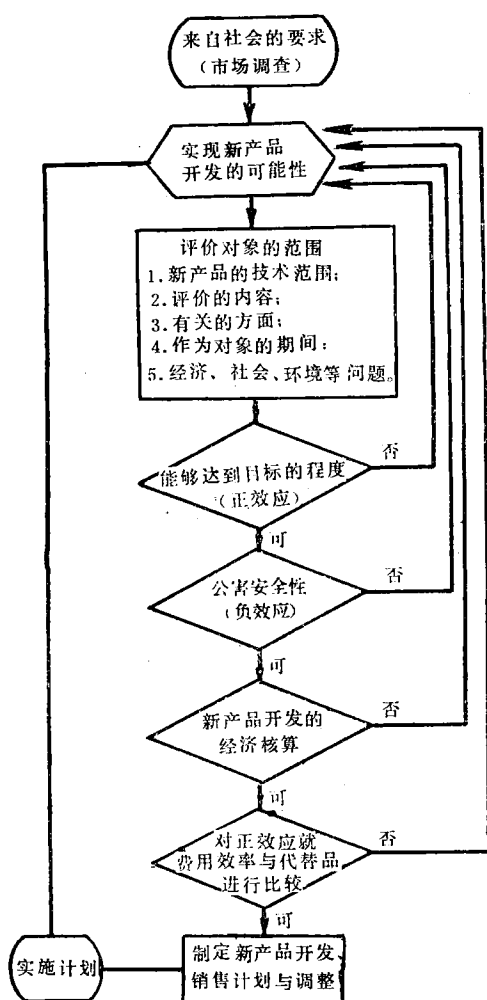


图 3.2 新产品开发方面的技术评价

最经济地构成系统,即是最佳化计划。由于构成系统的特定部分(单元)潜在危险大,所以有待整个系统的潜在危险指数相应变大。在非常简单系统的情况,构成系统的每个部分(单元)中,针对各自潜在危险的重要程度实施相应的安全措施,将其变为均等的潜在危险指数,那么整个系统的危险指数也随之变得适宜。

表3.1 潜在危险的主要程度和潜在危险指数

潜在危险的分类		损 失 程 度		(可靠性Ri)发生	潜在危险指
类 别	重 要 程 度	人身伤害	损失额 (Ci)	事故的概 率Pi	数CiPi
1	安 全 范 围	无	15万日元以下	10^{-3}	150日元
2	允许界限灾害	轻伤	150万日元以下	10^{-4}	150日元
3	危险物灾害	重伤	4,500~15,000万日元	10^{-6}	45~150日元
4	毁灭性灾害	死亡	15,000万日元以上	10^{-8} 以下	150日元

如表3.1中所示,对系统各部分的潜在危险Ci进行评价,其对应的可靠性Ri,即事故发生概率为 $P_i = (1 - R_i)$, 按此进行安全设计时,在任何情况下的潜在危险指数CiPi都是相等的。而且,各单元设备如果是相互没有关系的,独立存在的系统的话,则系统的潜在危险指数为 $\sum CiPi$,然而,在现实的系统中,各部分设备相互有关,很多场合不能以总和这一简单形式表示。

在这种情况下,就必须以FTA等方法求取系统的事故发生概率,进而推断系统的损失额,然后,求取潜在危险指数。

图3.3是在美国原子能委员会报告中,引用的“收益和危险率图表”中将表3.1列出的损失和危险率重合在一起的关系。图3.3是以每人每年死亡概率来表示车间的危险率,车间的危险率是表示与收益或发生事故时的损失额的关系。关于图3.3,H·J·Otway 和 Erdman作了如下的叙述。

危险率高至 10^{-3} (死亡/年·人)的作业是很少的,即使有也会立即采取措施的。

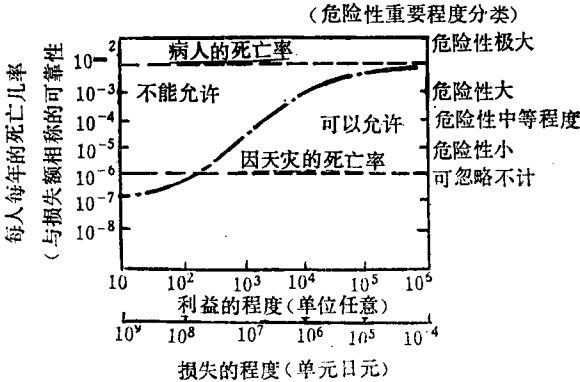


图3.3 利益（损失额）和危险率的平衡

对危险率为 10^{-4} 的作业，一般人是不愿意去做这种工作的，但是如果有这种危险率的作业，为了预防事故的发生，人们将是乐于出资的。

10^{-5} 的危险率，与在游泳中出现死亡事故的危险程度相同，对其预防，人们是表示十分关心的。

10^{-6} 危险率，与地震等天灾的危险率相同，是一种认为即使他人发生了，而自己也不会发生的危险率。纵然有这种灾害，也被说成是命中注定的。

在作业现场，具有什么样程度的危险率人们才能接受？对此英国帝国化学工业公司的T·A·Kletz和S·B·Gibson⁶引用表3.2作了如下说明。作业现场的危险率以每 10^8 小时内的死亡率(Fatal accident FrequenCy Rates, 简称为FAFR)表示，在英国的情况如表3.2。

表3.2 在英国作业现场的危险率

行 业 类 别	FAFR (每 10^8 小时的死亡率)	每年死亡概率 (1天8小时1个月20天 1年1,920小时的概率)
化 学 工 业	3.5	6.75×10^{-5}
英国整个产业的平均值	4	7.68×10^{-5}
钢 铁 业	8	1.54×10^{-4}
渔 业	35	6.72×10^{-4}
煤 炭 开 采	40	7.68×10^{-4}
铁路扳道工人	45	8.64×10^{-4}
建 筑 业	67	1.28×10^{-3}
飞 机 乘 务 员	250	4.5×10^{-3}
	7000	1.34×10^{-1}
狩 猎 比 赛 员	50000	9.6×10^{-1}

根据表3.2所示化学工业的FAFR为3.5，但据称单一设备的危险率为它的10%即0.4。将其换算为年间死亡率时，为 10^{-5} 。一般认为是否应该以此程度以下为目标，来进行危险率的评价。

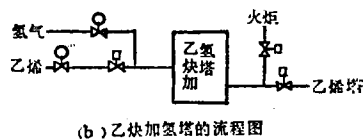
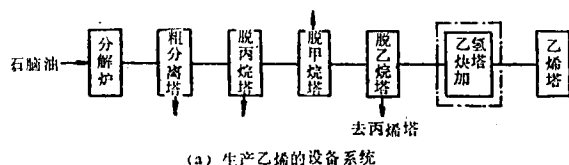
3.2.1 危险度评价的程序

危险度是以发生灾害时的影响C和发生灾害概率P的函数表示。因此，为了评价系统的危险度，必须了解以下三方面：第一，首先要了解构成系统的单元与单元所组成的机

构；第二，要了解单元设备在发生事故时的影响；第三，是各部分发生事故的概率。

a 由系统工程来研究

由系统工程研究，其顺序可分为四个阶段。第一阶段是将现有的系统分解为各个单元部分，第二阶段将各个部分的关系用图表表示，第三阶段将作业完成的经过作为方块流程图，第四阶段由以上的图表进行评价，若有可能还可采用电子计算机进行定量评价。下面以日本劳动基准局安全卫生部制定的关于化学装置安全性评价指南中的参考例说明，乙烯生产设备的成套装置如图3.4 (a)，是由这样的辅助系统构成的。其中乙炔加氢塔这一辅助系统，则分解为各单元部分如图3.4 (b) 所示。



将图3.4 (b) 按照完成作业的经过，表示成流程方块图如图3.5。

如果表示为图3.5那样的方块图，知道了各方框部分的可靠性，那么就可求出辅助系统的可靠性。这种场合，若用图3.6那样的流程图来表示这样辅助系统时，那么，就可以很容易地求出异常反应造成事故发生的概率，就能容易地判断出预防事故，应该把重点放在什么地方。

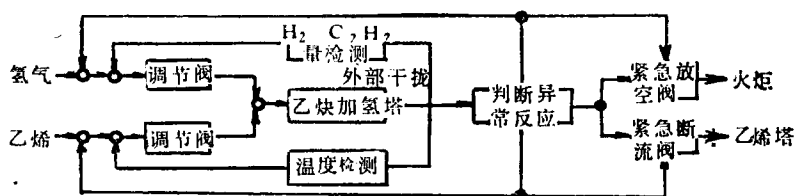


图 3.5 乙炔加氢塔重大事故流程图

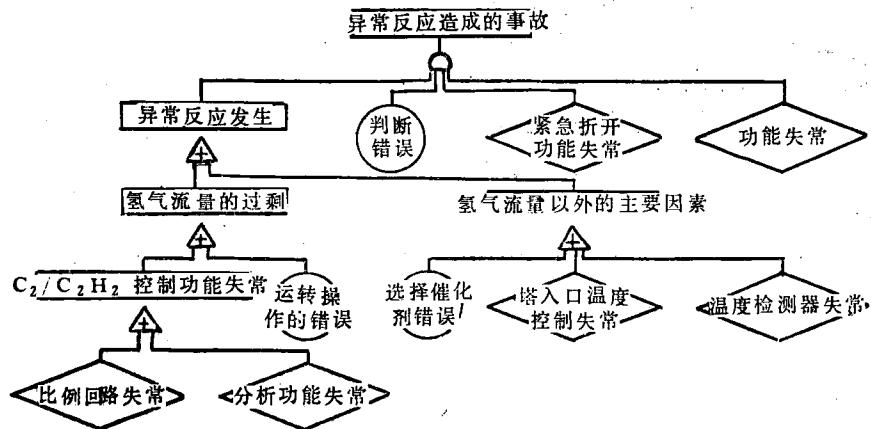


图 3.6 乙炔加氢塔重大事故的流程图

一般将系统分解为单元，以方块图表示，将写有可靠性的各个方块图称为可靠性方块流程图，以图3.7为要点求取系统的可靠性，若系统的可靠性求出，那么就求出事故发生的概率。

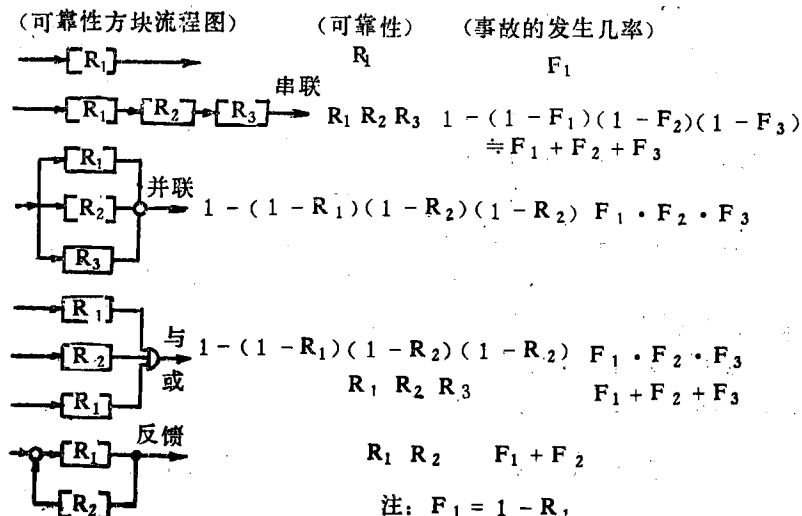


图 3.7 系统的可靠性和系统的事故发生概率

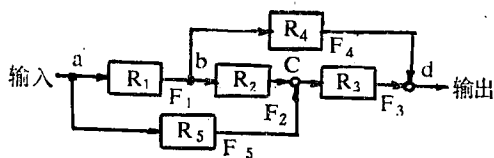


图 3.8 非串联、并联的可靠性方块流程图

然而,如图3.8构成进行前馈的复杂可靠性的方块流程图时,它就不能象图3.7那样简单地求取。在这种情况下,作为求取系统破坏几率的一种方法,日本井上统一发表了图3.9那样的流程。即在图3.8中,一旦 F_1 和 F_5 , F_1 和 F_3 , F_5 和 F_3 , F_1 和 F_4 , F_1 和 F_2 和 F_5 ,分别同时发生事故,该系统即会发生事故。将此五组情况归纳成流程图即如图3.9。以图3.9所示,即可容易地求解出全系统事故发生的概率。

b 危险度的量化

为定量地评价危险度,需要定量地评价灾害性事故的影响,并且预测灾害事故发生的概率。

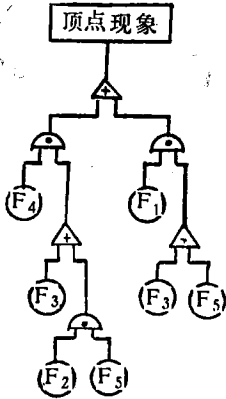


图3.9与图3.8可靠性方块流程图等值的流程图

(i) 灾害事故的影响评价

有在爆炸时由冲击波引起的危害,在发生火灾或火球 (fire ball) 时由辐射热引起的危害,由毒物或剧物引起中毒事故的危害等,在评价上述危害时,是以人为评价对象还是以物为评价对象有显著的不同,在日本认为应该以人为评价对象的意见占支配地位。

以人作为对象时,以同一水平评价上述三种类型不同场合的现象的方法,关于这种方法的研究发表不多,而根据高压气体保安协会关于联合企业保安防灾技术指南提出的方法,现在获得了大多数人的一致赞同。这种方法在下一节还要详细叙述,不过是以下述条件进行评

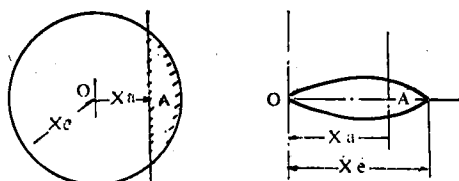
价。即在高压气体的情况,是以扩散后能够成①日本关于物质毒性的分类,按毒性程度分为四类:①普通物,②剧物,③毒物,④特定毒物为爆炸范围的距离 X_c ;在发生火灾或发生火灾时,是以其时间在20秒钟左右能给人以痛苦的距离 X_c ;假定在那个位置发生爆炸时的冲击波,以能给人危害的距离 X_c ;如果是毒性气体,在其扩散浓度下,人们不能退避的距离 X_c 等进行评价,等值危险性的具体事例如表3.3所示。

表3.3 等值危险性的具体事例

序号	项 目	危 险 界 限	备 注
1	原油 (已烷)	1.2%	如有火源即着火的下限
2	液化天然气(甲烷)	5.0%	" "
3	液化石油气(丁烷)	1.8%	" "
4	乙烯	2.7%	" "
5	氯气	35PPm	可 避 开 的 浓 度
6	氨	700PPm	同 上
7	辐射热	4000Kcal/m ² h	在20秒内感到痛苦的界限
8	冲击波	0.2kg/Cm ²	对人体感到痛苦的界限

如果能求取危险界限距离 X_c ，那么是以在此距离内可能受害的人数表示危险度，或如图3.10所示，以有可能给联合企业以外的第三者的受害面积 A 表示危险度的方法等正处于研究之中。

总之，这种方法是表示完全没有实施安全设计和安全对策的物质的潜在危险。在决定实施安全设计和安全对策时的安全性的程度中是合适的，但对于一般群众容易招致误解，可能给以无益的恐怖感。



(a) 爆炸冲击波

(b) 从点源扩散的情况

辐射热的情况

X_a 为至联合企业境界的距离

图 3.10 受害预想面积的推算方法

相反，如图3.11所示，美国道化学公司是以物质的能量所决定的物质系数 MF 与特定物质的爆炸火灾危险度 SMH 、表示一般工艺危险度的系数 GP 、和特定危险度 SP 四项

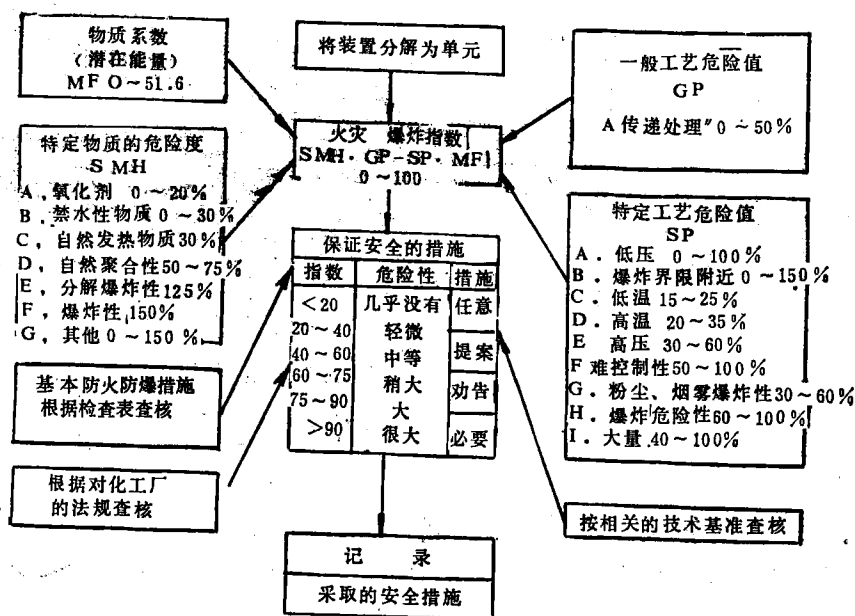


图3.11道化学公司的危险度评价和安全措施的方针

乘积表示单元的危险度，依据危险度的数值将危险性分级。从该危险度评价的内容来看，

根据日本劳动省劳动基准局最近发表了关于化工装置安全评价的指南,对危险性要进行定性和定量的评价。关于定性的评价将在下节3.2.1中谈及,有关定量的评价将在下节3.2.2中叙述。定量的危险度评价,是就各单元的物料、容量、温度、压力和操作各项进行打分,以危险度最高的作为10分,根据这些分数之和,来评价该单元的危险度。

表3.4 劳动省劳动基准局危险度评价的方法

思考方法	分数	项目	着眼点
发生灾害的可能性	10	操作	运转条件引起爆炸或异常反应的可能性
	10	物料	物质本身固有的爆炸性、点火性和可燃性的程度
	10	温度	运转温度和点火温度的关系
	10	压力	超高压、高压、中压、低压
受害的影响程度	10	容量	处理的物料量

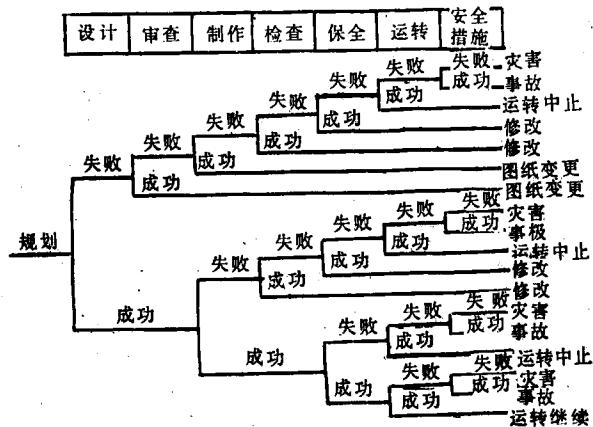


图 3.12 发生灾害和事故的经过及其要因

从分析日本劳动省劳动基准局的评价思想来看,如表3.4所示,可以了解,它比道化学公司的危险度评价方法,极为重视灾害发生的可能性。

(ii) 灾害发生概率的评价 系统发生灾害事故与否,如图3.12所示,取决于在设计、工作、保全、运转等阶段是否出现人为的差错。按照图3.12,设计阶段的人为差错对发生灾害事故影响最多。而工作、保安和运转阶段其影响程度依次逐渐变小。但是决定

灾害事故的是运转阶段，在此阶段根据零件的可靠性和操作人员的可靠性来决定灾害事故的发生概率。

表3.5和表3.6是井口将人的可靠性量化的两张表，它成为评价人介入的系统可靠性时所用的参考资料。

表3.5 基本作业的可靠性

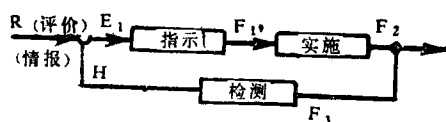
记 号	作业的复杂程度	单 纯	普 通	复 杂
a_1	接受信号进入运转	0.0005~0.0001	0.001~0.0005	0.01~0.001
a_2	在判断下运转操作	0.001	0.005	0.01
a_3	将结果传达到别处	0.0005~0.0001	0.001~0.0005	0.01~0.001

人的可靠性 $RH = a_1 \times a_2 \times a_3 \times b \times c \times d \times e \times f$

表3.6 影响人的可靠性的因素

类 别	条 件 的 内 容	修 正 系 数
作 业 时 间	在作业时，时间是否充裕	$b = 1 \sim 10$
作 业 的 反 复	频率是否适当？是否很少进行？	$c = 1 \sim 10$
不 安 定 感	能否安心作业？有危险感吗？	$d = 1 \sim 10$
心 理 生 理 条 件	教育训练、健康状态、疲劳、意向	$e = 1 \sim 10$
环 境 条 件	湿度、噪音、明亮度、压力、加速度	$f = 1 \sim 10$

以上表可知，人与机械相比较，人的可靠性是很差的。Malasky谈及以图3.13那样的反馈回路表示安全管理。也就是说，安全工程师必须检测评价潜在的危险性，给以适当的指示加以实行。由于此方块图（图3.13）包括了表3.5基本操作的全部内容，因此可以了解该系统的可靠性如图所示是可以计算的，有关安全的事项，主管安全的工程师就所发觉的问题，即使给现场作了指示，也会意外地存在实际上没有按安全工程师的想法执行的情况。



$F_1 = 0.0 \sim 0.001$

$F_2 = 0.01$

$F_3 = 0.01 \sim 0.001$

$$F_0 = F_1 + F_2 + F_3 = 0.03 \sim 0.012$$

图 3.13 安全管理的方块图和其可靠性

在化工装置,所使用的仪表控制装置的可靠性,依其使用环境不同而异。S. N. Anyakora, G. F. M. Engel, F. P. Lees 等人对石油化工厂、无机化工厂、和玻璃工厂进行了约一年的跟踪调查,其结果归纳于表3.7。对故障解释的程度不同,这个统计也有所不同。非操作人员进行处置,一般故障率高的惊人。

表3.7 计测控制装置的可靠性

零 部 件 名 称	A B C 工厂的总和					A 工厂		B 工厂		C 工厂	
	调查对象件数	仪表数 年(A)	环境 系数	故障件 数(B)	年间故 障率 (B/A)	调查对 象件数	年间故 障率	调查对 象件数	年间故 障率	调查对 象件数	年间故 障率
调 节 阀	1531	745	2	447	0.66	1330	0.57	86	2.27	115	0.127
动力用汽缸	98	39.9	2	31	0.78			83	0.64	15	1.45
阀门换位器	334	158	1	69	0.44	320	0.41	14	1.25		
电 磁 阀	252	113	1	48	0.42	168	0.30	84	0.72	12	—
电流压力变换器	200	87.3	1	45	0.49	89	0.54	99	0.56		
压 力 计	233	87.9	3	124	1.41	193	0.97	40	2.20		
流量计(流体)	1942	943	3	1069	1.14	1733	1.09	81	1.68	128	1.22
压差变换器	636	324	3	559	1.73	473	1.86	35	2.66	128	
传达可变面积 型流量计	100	47.7	3	48	1.01	100	1.01				
指示可变面积 型流量计	857	409	3	137	0.34	857	0.34				
电磁流量计	15	5.98	4	13	2.18			15	2.18		
流量计(粉体)											
载 荷 管	45	17.9	—	67	3.75			45	3.75		
传送带的计测 控 制	19	758	—	116	15.3			19	15.3		
液面计(液体)	421	193	4	327	1.70	316	1.55	105	2.25		
压差变换器型	130	62	4	106	1.71	130	1.71				
浮动型变换器	158	76.3	4	124	1.64	168	1.64				
电气容量型变 换 器	28	13.4	4	3	0.22	28	0.22				
导电探查手型	100	39.8	4	94	2.36			100	2.36		

零 部 件 名 称	A B C 工厂的总和					A 工厂		B 工厂		C 工厂	
	调查对 象件数	仪表数 年(A)	环绕 系数	故障件 数(B)	年间故 障率 (B/A)	调查对 象件数	年间故 障率	调查对 象件数	年间故 障率	调查对 象件数	年间故 障率
料位器(固体)	11		—	30	5.86			11	6.86		
温 度 计	2579	1225	3	425	0.35	2391	0.29	167	1.21	21	100
热 电 偶	772	369	3	191	0.52	663	0.40	88	1.34		
电阻温度计	479	227	3	92	0.41	441	0.32	38	1.59		
钢管内水银 温 度 计	1001	477	2	13	0.027	996	0.027	5	—		
蒸气压力球型	27	10.7	4	4	0.37			27	0.37		
温度变压器	300	142	3	124	0.88	291	0.85	9	1.67		
放射温度计	43	30.9	4	67	2.17					43	2.17
光学温度计	4	3.4	4	33	9.70					4	9.70
控 制 装 置	1192	575	1	164	0.29	1083	0.26	21	1.80	88	0.32
压 力 开 关	549	259	2	87	0.34	519	0.30	30	1.00		
流 量 开 关	9	3.59	—	4	1.12			9	1.12		
速 度 开 关	6	2.39	—	0	—			6	—		
监 控 开 关	16	6.38	—	0	—			16	—		
火 灾 中 断 检 出 器	45	21.3	3	36	1.69	43	1.37	2	10.0		
毫伏特电流变 换 器	12	4.78	—	8	1.67			12	1.67		
分 析 器	86	39.0	—	331	8.49	48	6.17	21	20.6	17	2.31
PH 计	34	15.8	—	93	5.88	29	4.27	5	17.1		
气体液体色层 分 离 法	8	3.43	—	105	30.6	3	20.9	5	37.7		
O ₂ 分析	12	5.67	—	32	5.65	9	7.0			3	1.45
CO ₂ 分析	4	1.90	—	20	10.5	4	10.5				
H ₂ 分析	11	5.04	—	5	0.99					11	0.99
H ₂ O分析	3	1.38	—	11	8.00					3	8.00
红 外 线 液 体 分 析	3	1.43	—	2	1.40	3	1.40				
液 体 用 电 仪 导 率	5	1.99	—	33	16.70			5	16.7		
固 体 中 水 分 电 导 率 仪	3	1.20	—	17	14.2			3	14.2		
水的硬度计	3	1.20	—	13	10.9			3	10.9		
脉 冲 线	1099	5.39	3	416	0.77	842	0.91	112	0.98	145	0.09
设 定 控 制	1231	609	—	84	0.14	1083	0.13	21	1.08	127	0.11

注：A工厂是大型石油化工厂，主要使用气动仪表。B工厂为无机化学品的生产工厂，其内有制硫工厂、加热炉、水处理场等。C工厂为生产玻璃的工厂。

W.P.Rodgers论及在开发某项计划时，应组建如图3.14所示的，这种确保安全性的组织，从这种组织图可以了解到对可靠性是特别重视的。

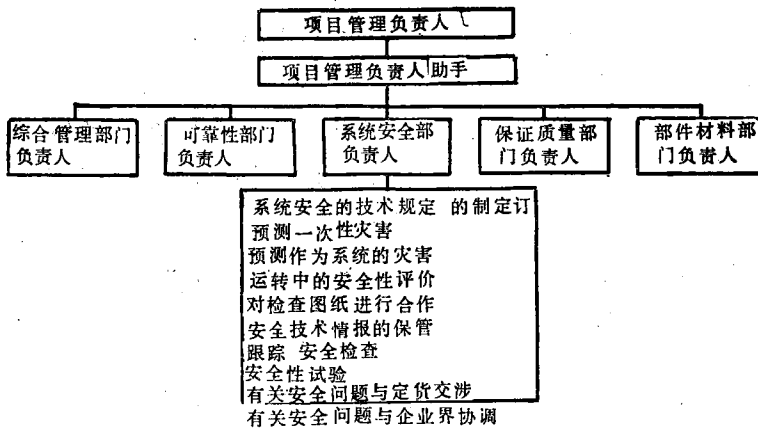


图 3.14 确保项目安全性的组织

尤其谈到，部件材料部门负责人应该将有关如表 3.8 中那些部件的可靠性的参考资料进行整理制表。依据此表，可定量地了解零部件的可靠性。

表3.8 在零部件管理中有关可靠性的参考资料

1 部 件	2 部件的功能	3 使用的根据	4 作为系统考虑	5 零部故障的 种 类	6 部件故障对 系统的影响	7 记事
1. 零部件名称 公司称呼 号码 2. 制造、产品目录号码 3. 记录情报的日期	1. 有关性能的简单说明	1. MTTF 2. 修理或大修的间隔 3. 可靠度（实际或理论） 4. 使用的实际成绩 5. 情报是有由理论推测或是实测的区别 6. 可利用的试验成果有否？	1. 可使用于系统的第几号？ 2. 在设计中有无制的条件？ 3. 能否使用于其他系统？	1. 零部件故障之种类的事故	1. 零部件故障时对全系统和环境的影响	1. 补充事故