

中国劳动保护学会论文

伤亡事故模型

——阐述安全原理的逻辑抽象

隋鹏程

一九八三年九月

伤 亡 事 故 模 型

(阐述安全原理的逻辑抽象)

隋鹏程

摘 要

论文应用工程逻辑抽象的方法阐明事故的成因，始末过程和后果，在例举了十二种安全原理的提出过程之后，作者将前人的研究成果归纳为七种伤亡事故模型，并加以综合论述。

论文首先针对 Heinrich 的骨牌理论补充为因果顺序事件链，进而引深到人与物两大方面的轨迹交叉论；然后用人—机系统观点以集合模型方式论证了轨迹交叉的应用；再进一步从人、物、自然环境和社会环境四个方面阐述“多重原因论”；并从归纳与演绎法引出 FTA 的由来以及在矿山提升方面的应用实例。

论文在论述多重线性事件链时引出了 P “理论”；在以人失误为主因的事故模型中介绍了金矿的事故模型，最后以变化论综述了“变化”与“失误”的连锁模型。

一九八三年九月

一、概 述

“模型”是工程逻辑的一种抽象；是一种过程或行为的定性或定量的代表；它能探讨形式和内容、法则和因果、归纳和演绎、综合和分析；它能显示所研究目标的具有决定性意义的后果；它也是在抽象基础上产生的系统工程重要的工具之一。

“伤亡事故模型”是用来阐明事故的成因、始末过程和后果。即阐明一起作为事件的事事故因果；以便对事故现象的发生、发展有一个明确的、概念上一致的、因果关系清楚的分析。这对探讨安全防护原理是一种有效的系统安全的方法论。

早在 1936 年 Heinrich 就提出了应用多米诺骨牌原理研究人身受到伤害的五个顺序过程，即伤亡事故顺序 (Sequence) 五因素。

1953 年 Barer 又将上述原理发展为“事件链”，即事故诸致因的因素是一系列事件的链索。

六十年代初期，由于火箭技术发展的需要，系统安全工程着手开发；美国在 1962 年 4 月第一次公开发表了“空军弹道导弹系统安全工程”的说明书。同年 9 月拟定了“武器系统安全标准”。1965 年 Kolodner 在安全性定量化的论文中介绍了故障树分析 (FTA)。同年 Recht 也介绍了 FTA 和 FM&E (故障类型和影响)。这些系统安全分析方法，实质上也是事件链。

1970 年 Driessen 明确地将事件链理论发展为分支事件过程逻辑理论。FTA 等树枝图形，实际应是分支事件过程的解析。

早些时候，在 1961 年由 Gibson 提出的，并在 1966 年由 Haddon 引伸的从“能量转移论”观点阐述了伤亡事故模型。

1969 年 Goeller 把交通事故分为事故前、事故中、事故后三个阶段的模型。

1972 年 Benner 提出了起因于“扰乱”而促成事故的理论，即 P 理论 (Perturbation occurs)。进而提出了“多重线性事件过程图解法” (Multilinear Events Sequencing Methods)。

1972 年 Wigglesworth 又提出了以人失误为主因的事故模型。

1974 年 Lawrence 根据 Goeller 和 Wigglesworth 两人提出的原理，发展为能适用于自然条件复杂的，连续作业情况下的“矿山以人失误为主因的事故模型”。

1975 年，Johnson 研究了管理失误和危险树 (MORT)，这是一种系统安全逻辑树的新方法，也是全面理解事故现象一种图表模型。

1980 年，Talanich 在“安全测定”一书中介绍了变化论模型；1981 年佐藤吉信又引伸出从变化的观点说明“事故是一个连续过程”的模型。

近十几年来，许多学者都较一致的认为，事故之所以发生不外乎由于人的不安全行为（或失误）和物的不安全状态（或故障）两大因素的作用的结果。即人、物两大系列运动轨迹的交叉点就是发生事故的“时空”。1970 年青岛贤司在他的科学著作中所介绍的人、机系统事故模型多以这种“轨迹交叉”为主要依据，进而阐述“人——机——环境——材料”系统中事故的发生现象。

将伤亡事故发生、发展过程模型化的重要意义在于：

1. 从个别抽象到一般,把同类事故抽象为模型,可以深入研究导致伤亡事故的机理和安全原理;

2. 事故模型化可以查明以往发生过事故的直接原因,进而找出背后的主要原因;用以预测类似事故发生的可能性;

3. 根据事故模型可以作出危险性评价以及预防事故的决策;可以增长安全生产的理论知识,积累安全信息,进行安全教育,用以指导安全生产;

4. 各类模型既是一种安全原理的图示,又是一种应用人机工程、系统工程新科学和系统分析的新方法;

5. 从性能模型可以向数学模型发展,由定性分析逐步向事故预测定量化发展。这可为事故预测和制定安全技术措施打下基础。

二、伤亡事故的因果顺序和事件链

伤亡事故作为随机事件,其相互依存和相互制约诸关系之一就是因果关系。

因果有继承性,即非单一的多阶段性。第一阶段的结果往往又是第二阶段的原因。

Heinrich 提出了人体受伤害的五个顺序: M ——人体本身—— P (按人的意志进行动作)—— H (潜在危险)—— D (发生事故)—— A (人体受到伤害)。

后人对物的方面,即机械设备的事故致因也按上述顺序排列五个因素的“链”即:

扩展了的因果顺序和事件链

表 1

骨牌顺序五因素	人的系列链	物的系列链
A_1 背景原因	遗传、素质、癖性,社会环境及管理上缺欠。	设计错误、制造不合格标准、维护不良等管理上的一般缺点、弱点。
A_2 固有的不安全条件	人的失误:无安全知识,缺乏注意力,精神不好,工作掉以轻心,抑郁消沉。	该机械设备的特有状态制造、使用、维护等特点及弱点,以致发生不安全因素。
A_3 不安全行为	不安全动作 (A_3-1):人立于吊车下,不警告就起动,取掉了安全设备、保护装置等违章作业。	不安全状态 (A_3-2):由于选料、制造上有错引起的破坏;由于控制系统故障而推迟操作等;设备物质的不安全因素。
A_4 事故	如坠落,打击等意外事件。	如火灾、爆炸、倒塌、燃烧、污染等事故。
A_5 伤害	轻伤、重伤、死亡。	损坏设备、损失物质、环境污染、人命伤亡。

背景原因 (设计、制造、维修及操作法潜在的危險)——固有的不安全条件 (原材料、管理等)——不安全状态——事故 (意想不到的事件)——伤害。

如将 Heinrich 的五因素,按人的系列(链)可具体为:

遗传及社会环境→人的失误→不安全动作→坠落、打击→身受伤亡。

如将人、物两条事件链综合列成一个表,则可将 Heinrich 的顺序五因素扩展为事件链的双链模式,见表1。

三、轨迹交叉论

人的不安全动作(A_3-1)和物的不安全状态(A_3-2)是人机(物)系统中人、物两系列的能量逆流的两个主要环节,其各自运动的轨迹交叉点就是发生事故的时间与空间。参看图1。

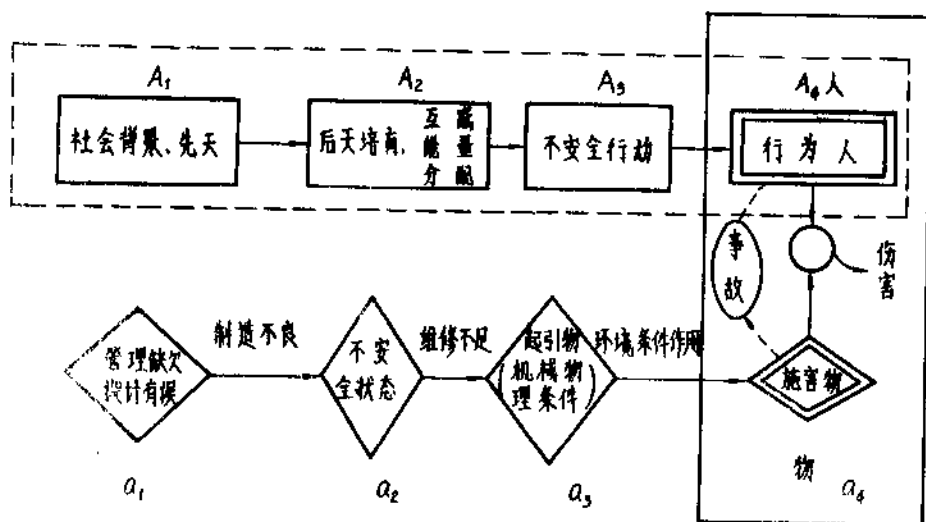


图1 轨迹交叉论模型

人的活动轨迹按 $A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow A_3 \rightarrow A_4$ 的方向线进行,形成一个连锁系列。

物的运动轨迹按 $a_1 \rightarrow a_2 \rightarrow a_3 \rightarrow a_4$ 的方向线进行,形成另一条连锁系列。

如图1所示。行为人和施害物虽然相交,但也存在两种可能:有伤害事故;无伤害事故,或称未遂伤亡事故,见图中的椭圆形“事故”一项。

人与物的两条事件链,按其各自运动的轨迹发展。如果环境条件,物理——机械条件,特别是时间和空间条件偶合,而使两轨迹出现交叉点,这一点就是伤亡事故发生的时间与地点。

若是排除了人的失误和物的故障,消除了潜在的隐患,则两个系列正常进行且平行发展,使之永不相交;或砍断 A_3 这一环节(包括 a_3),不使人发生不安全行动也不使物处于不安全状态,这就等于使系列的连锁中断,两事件链运动轨迹则不能相交、危险不会出现,即可达到安全生产。

“砍断”人系列的连锁,即加强安全管理,进行安全教育和技术训练,从生理、心理和操作上,控制人不安全行动的产生。这是比较难的。因为人自由性较大而可靠性较小。

安全技术的关键任务是研究 fail-Safe 装置,即使人有时失误,仍可确保安全。所

以，砍断不安全状态的连锁是重点。这样，尽管人的因素连锁系列已经展开，但物的连锁系列却已中断，也不致发生伤亡事故。

四、人——机系统中以人的行动为主体的 伤亡事故模型

轨迹交叉论可以引伸到人——机系统之中，特别在无环境污染的制造行业中，人是在操作岗位上驾驭由外部供给能量的机械，以达到生产的目的。机械的能量逆流于人体，就冲“人”与“机”两个系统发生冲突；实质上也是两系列轨迹相交。

人——机系统中是以人的行为为主体的事故模式较多。这种事故模型中，事故多发生于人、机两系统相交的斜线部分，参看图2。

人与机械设备相交处的形状和斜线部分的面积取决于机械能的大小及机器构成条件；还和人体自身能量及行动方式不同而各异。相交处的位置、形状、面积又决定了人体伤害程度。

在集体劳动的现代工厂中，往往不是一人一台机器，即非单一的人机系统；而是多人操纵一台大设备，这叫作机械——多人系统。

在这种系统中由于人与人之间信息交流不充分，加之视觉上的相互障碍，特别容易发生不协调或时间上的滞差（time lag），这就有通过机械设备向某人逆流传递了能量而促成伤亡事故的可能性，如图3的模型所示。

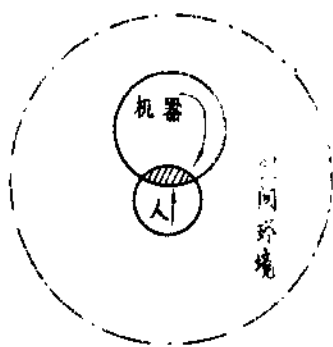


图2 以人的行动为主体的事故模型。

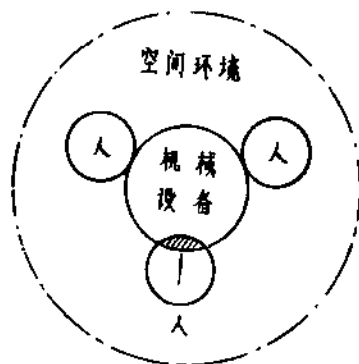


图3 机械设备——多人系统事故模型

属于这种作业的有：几个人共同修理、清扫、调整大型机械设备；共同搬运体大而量重的物体；在一条长的供电线路上维修电器设备或线路等等。其中，以重物搬运和机器安装时所发生的事故频率为最大。

物质流的流动在厂矿内外以汽车运输为主。人驾驶汽车运行属于人——机一体移动的运动人机系统。它和固定的机械设备系统有较大差别。人——机系统在共同移动中常受外界条件（如路面、行人、行车、障碍等）的影响，而在前进的路线上常被迫改变和调整行车方向以达目的。所以，事故是较固定人——机系统的频率为高。事故的频率又以运行时间和行

车速度为函数。时间和速度这两个因素又是由人来操纵和控制的。所以，人还是形成事故的主要因素。

图4用锁线表示平面空间的环境条件，今有A、B、C、D四组人机（车），都按自己目的箭头方向行驶，四组轨迹交叉的危险点为：A车和C车为e点；B车和D车为b点；A车和B车为a点；B、C两车的危险点为d；C、D两车的危险点为c。

为控制在a、b、c、d、e几个点上发生交通肇事，则需建立良好的行驶秩序，加强相互间的信息交流，控制行车速度。此外，加强司机的生理与心理的检查、测定和校正、矫治等等也都是必要的。

在生产现场，人机关系复杂的作

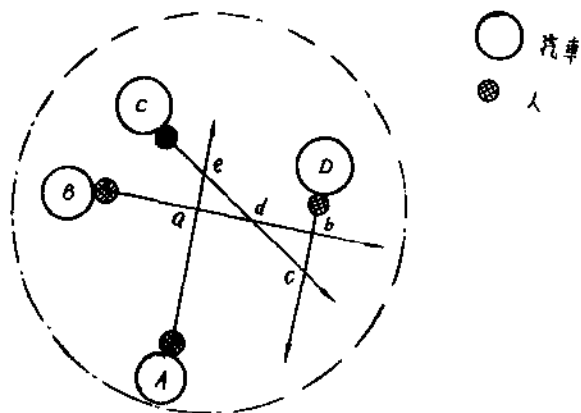


图4 具有运动形态的人——机系统模型

业集体中，有时会从与自己作业过程全然无关的系统以外突然“飞来”物体，以致使人遭受伤害。这种事故包含着难于预测的偶然性。可称之为人——机系列外形成事故的模型，如图5所示。

这类事故形成的物理现象多为突如其来的物体飞落打击于人体。进一步分析大致有三种：（1）因风力、水力等自然现象，对生产设备或房屋增加了外部荷载，致使发生倒塌、坠落及飞入等现象，造成了人员伤亡；（2）原材料、半成品乱堆乱放，或工具、零部件以及放在高处的物体由势能转变为动能，发生了对人的物体打击事故；（3）从其它系统突然飞来的物体动能伤人（如别的转动部分或压紧螺帽等松动而飞出）。

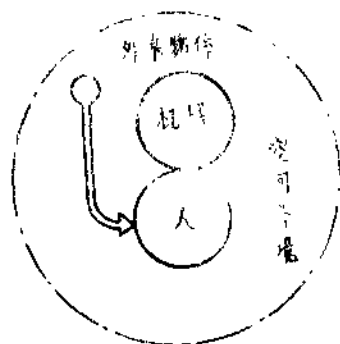


图5 从系列外物体打击形成的事故模型

突然飞来的物体动能伤人（如别的转动部分或压紧螺帽等松动而飞出）。

五、多重原因论和分支事件链

许多安全专家都一致承认一个公理：“事故是多重原因决定的，任何特定事故都具有若干事件和情况联合存在或同时发生的特点。”

构成事故的最基本因素有四：人、物、自然环境和社会环境。人与人之间有个性的差异；物种及存在的不安全状态又千差万别。另外事故不是发生在真空状态之中，它们总是和自然环境、劳动条件、社会背景、管理水平诸因素密切相关。所以，每一类问题都可以构成一个分支事件。每一分支又是导致事故发生的原因之一。所以说，“多重原因论”是分支事件链的依据。

从结果去推论原因，是从特殊到一般的推理，属于分支事件链的归纳法；它适用于对过

去发生事故的后追型分析及拟设某一事故能否发生的预测。

从一般原则、以往的经验去探求未来的目的，即从一般到特殊的演绎法，用于在订安全目标的措施计划中检查会遇到什么障碍或可能发生的故障。

兹从归纳和演绎两个方面对分支事件链阐述如下：

(一) 从结果去推论原因 (归纳法)

这是一种分支事件链的归纳法。它适用于分析过去发生过事故，从特殊到一般的推理。

因为一个现象包含着多种原因。例如事故调查分析中，都涉及到人（设计者、操作者和通行的人等），还涉及到物（建筑物、工具、机械、材料等）。人和物的一次原因又多是直接原因，它还有间接的原因和更本质的原因，或者说是由管理上有缺欠或管理失误造成的。不挖到深层，即二次、三次……多次原因，就不能杜绝再次发生同类事故。归纳法可得到预防一般事故的结论。

图 6 就是表示用归纳法层层推论的分支事件链，用以追查事故发生的深层本质原因。图中仅表示追到三、四层，但还可追到五层以至多层。

例如，瓦斯爆炸事故，它有两个一次原因：(1)、可燃性气体与空气混合物构成了爆炸界限；(2) 有引火火源。

再深一次分析，为什么达到爆炸界限？其二次原因有三：

(1) 可燃气体从管道或煤层中渗漏；

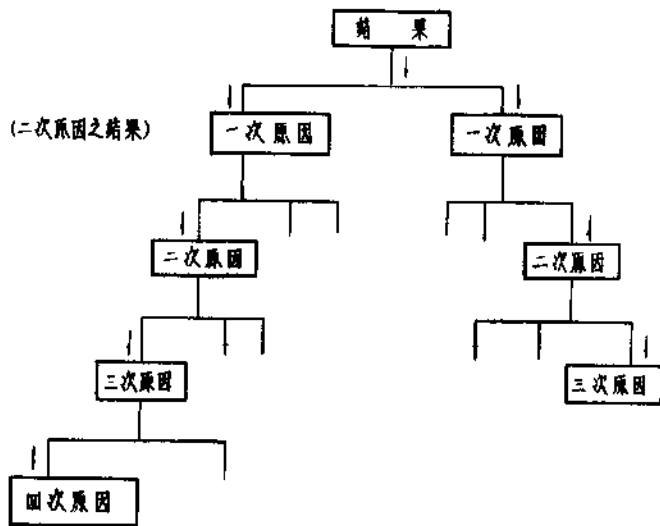


图 6 从结果推论到原因的过程

(2) 因通风不良，可燃气体蓄积；

(3) 未测定瓦斯浓度，或检测不足。

引火源又分支为：(1) 电机的火花；(2) 焊接作业；(3) 明火；(4) 香烟；(5) 静电。

再分支到第三层原因,例如造成管道渗漏的原因:(1) 法兰部位连接不良;(2) 管道腐蚀。火源的二次原因又分支为三:(1) 采用了非防爆型电机;(2) 设了刀闸开关形成了电弧;(3) 由于照明电灯无防护罩,被移动的长木材碰碎了灯泡。

把各层次的原因一一列入原因分析表,然后还必须检查表内的各类原因:

- (1) 推论的是否正确,是否能说明充分。
- (2) 能否由于其它原因也可以造成同样结果;
- (3) 有无其它原因同时作用?
- (4) 能否用事实证明由其它原因造成这一结果。

(二) 用演绎法阐明故障的主要原因

这是在查明为完成既定目标(如规划、计划的安全指标)所遇到的障碍(或故障)的主要原因时所采用的分支事件链。从一般原则去推论个别事例。

就是说,基于以往的经验、原则等,去追求一个既定目标,检查会遇到什么障碍或可能发生的故障。例如,拟定一个“大幅度降低多发性事故”的安全目标。基于过去的经验是青工肇事的多,如把青工看成障碍主要原因就是不恰当的。因为“青工没有经验”是对特定的人来说的,这不是一般原则。找障碍主要原因应当从一般原则出发,“技术不熟练”才是“一次障碍”。再从为什么青工技术不熟练找“二次障碍”。这可能是教育训练不足。此外还必须从管理上,环境条件上,身体素质上去找。

这种分析必须注意以下两点:

1. 作为推论的前提,其经验和一般原则是否正确,是否符合实际情况;
2. 推论的对象和推论的前提、条件、原则相一致。

图7列出了这种方法的分支事件

链。

(三) 分支事件链与故障树及其矿山实例

分支事件链的原则由 Kolodner 和 Recht 等人在1965年加以发展,制成故障树图,使这类模型趋向于安全性的量化。

本文从几个矿井提升事故实例谈起,起而对竖井提升伤亡事故作一简要的故障树分析。

事故实例1。

缶笼停在上部中段井口,把顶上式井口安全门顶起。某女工去开缶笼门的瞬间缶笼下行,安全门随之滑落将她砸伤。经查,该事故的发生是由于卷扬机油压刹车闸失灵而跑缶造成的。该卷扬机的刹车油泵在刹车油压下降到零时才启动增压。事故发生时,缶笼刚稳就赶上刹车油压降到零而失去了刹车作用;卷扬司机因没有思想准备而没能及时使用电磁抱闸,因而没能防止跑缶的发生,显然,这是一起以机械设备故障为主要原因的事故。

事故实例2。

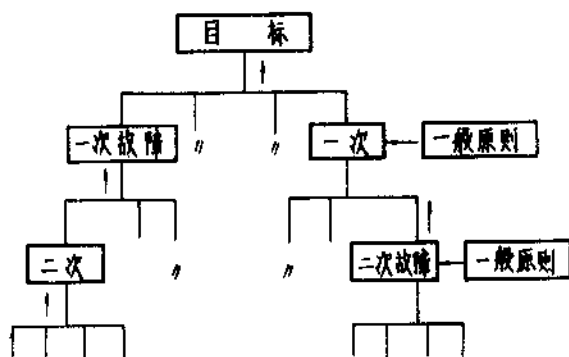


图7 演绎故障原因的解决过程

張某送保健，井口没有照明，井口安全门没关，黑暗中误入竖井。井口没有照明，本人又没有照明，不能发现竖井的存在。井口安全门没关，没有他人的警告，屏障都没起作用。环境条件对该事故的发生起很大作用。

事故实例 3。

某矿工人李乘缶去四中段凿岩，当缶笼行至三中段井口时李以为已经到了四中段，见缶没停担心会被蹲缶（该矿井四中段为最低中段）。于是迈步下缶，被缶笼挤断肋骨数根。据了解该矿曾发生过卷扬司机操作失误把缶笼送入井底水仓之类事故。该矿井各中段井口无明显标志以示区别，故当李乘缶时精神不集中则造成识别错误。恐惧感和识别错误使他产生不安全行动而缶笼门和井口都没关闭，不能阻止他的不安全行动。

针对上述事故实例，结合其它矿山事故情况，可以做出竖井乘缶过程中人员上、下缶伤亡事故的故障树。

故障树分析（Fault Tree Analysis）是系统安全分析的一种方法，是评价复杂的工程系统的安全性和可靠性的有力工具。在故障树分析中，根据布尔（Boole）理论图解地描述不同的基本事件与不希望发生的事件（顶事件）之间的关系，演绎地表示整个系统的不希望的结果是由于基本原因怎样地组合而发生的。因而，故障树分析是一种逻辑图解的方法。

故障树是一种树图它以逻辑门的形式表示各个事件之间的逻辑关系。在这种逻辑树图中逻辑“与”门表示所有的输入事件都发生时输出事件才发生；逻辑“或”门表示只要有一件输入事件发生则输出事件就发生的逻辑关系。用故障树来分析人身伤亡事故时，顶事件为伤亡事故；基本事件为引起和促成伤亡事故的最初始的原因（人的失误或设备的故障）。

人员下、上缶笼时的伤亡事故的故障树包括三棵子树，每一棵子树代表一种事故（图 8）。

图 9、10、11，分别画出了代表每一种事故的子树。

由故障树可以看出，造成和促成人员上、下缶笼时伤亡事故的初始原因有 23 个。这些原因即为我们安全工作中应该努力克服的隐患。造成前两种事故的原因较为简单，而后一种事故的原因较为复杂。显然，故障树中的全部原因都出现则必定发生伤亡事故。

大多数情况下并非全部原因都出现才发生事故。某些初始原因组合在一起发生便可以使伤亡事故发生。在故障树分析中把能使顶事件发生的基本事件的集合叫做截止集（Cutset）。如果截止集所包含的基本事件对于引起顶事件的发生不仅充分而且必要，则该截止集为最小截止集。它代表造成事故的原因组合的模式。对于简单的故障树可以通过观察分析直接找出最小截止集；对于复杂的故障树单凭观察分析来确定最小截止集十分困难，需要借助计算机来求解。

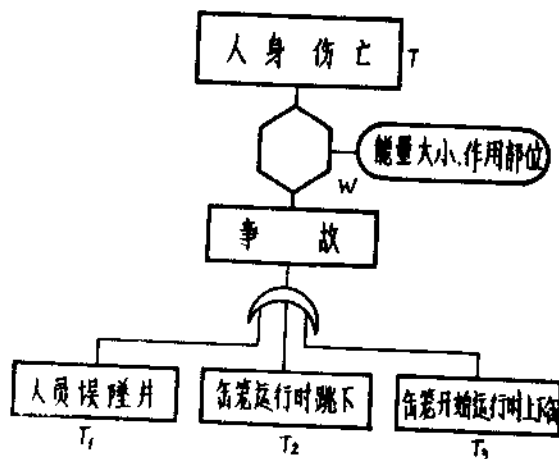


图 8 人员上、下缶时伤亡事故故障树

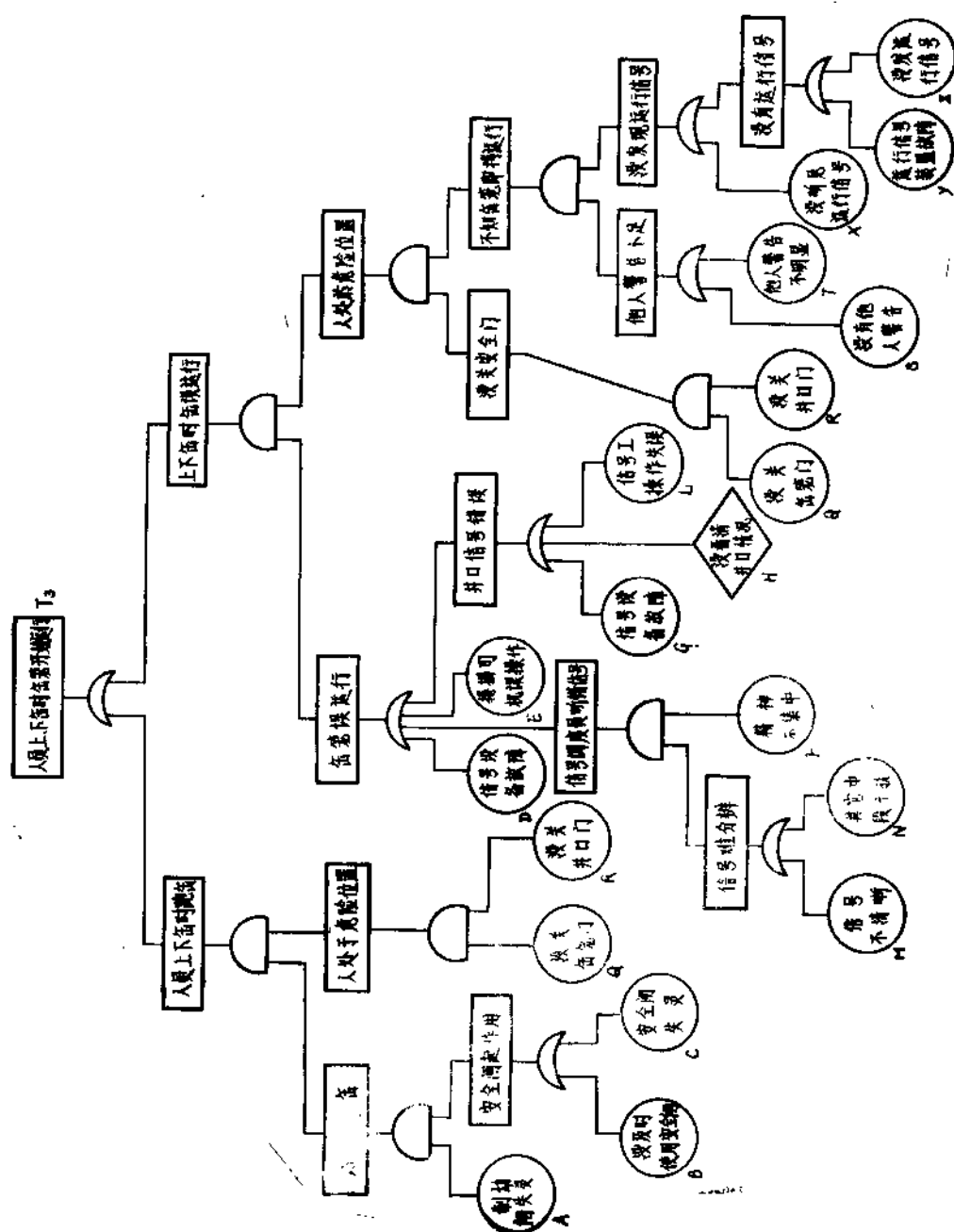


图 11 人员上、下缶笼时缶笼开始运行事故故障树

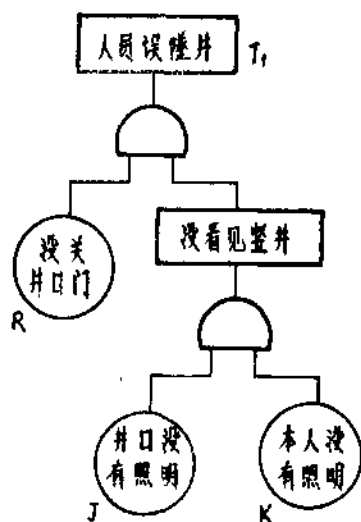


图 9 人员误坠井事故故障树

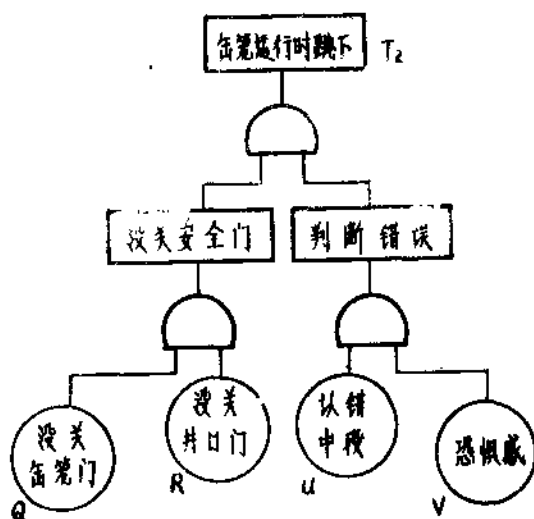


图 10 吊笼运行时人员跳下事故故障树

六、多重线性事件过程链

Lawrence (1974) 曾对伤亡事故提出了几个假定：设事故是包含着产生不希望的伤害的一组相继发生的事件；进一步假设这些事件发生在某些活动的过程中，并伴随有人员伤害和物质损失以外的其他结果。在深入研究这两个假设时，自然会得出另外的假设。如认为“事件”是构成事故的因素；每个事件的含义应该清楚，以便调查者能正确地描述每个事件。

Benner 提出了解释事故的综合概念和术语，同时是一种把分支事件链和事故过程链结合起来而用图表显示的方法。

他指出，从调查事故的目的出发，把一个事件看成是某种发生了的事物，是一次瞬间的或重大的情况变化；是一次已避免了的或导致另一次偶然发生的偶然事件。某事件的发生必须由某人或某物所造成。将某人或某物称之为“行为者”；作某事的行动则称“行为”。

这样，一个事件即可用术语“行为者”和“行为”来描述。

行为者是有生命的任何东西，如司机、车工、厂长或白蚁；或者任何非生命的，如机械、洪水、车轮。

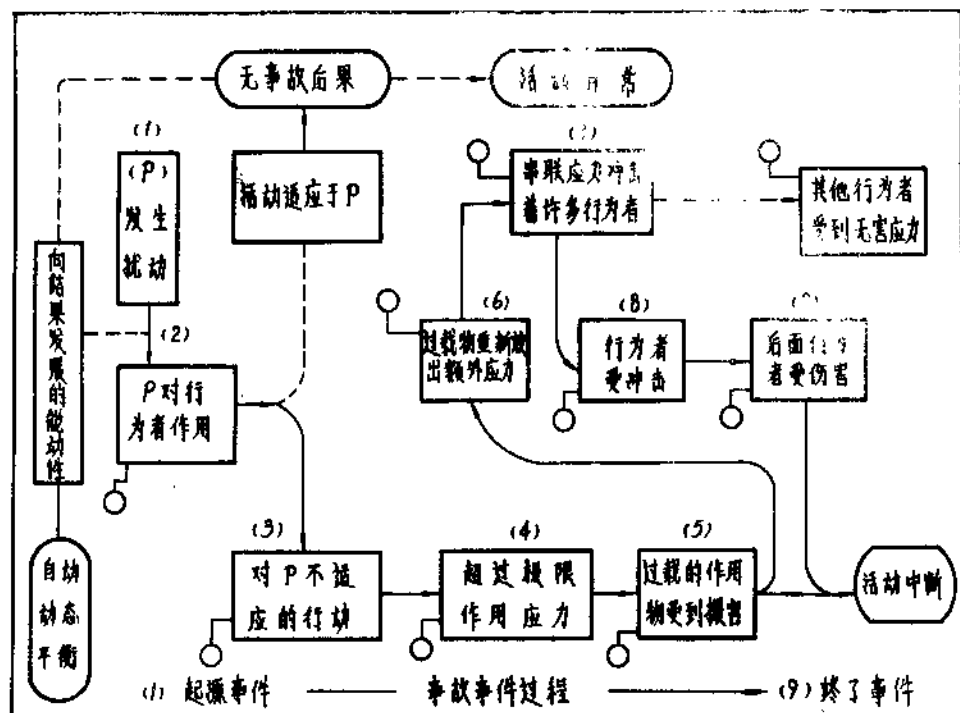
行为可以是发生的任何事，如运动、故障、观察或决策。

行为者和行为都必须准确地定量地描述，而不能用定性的形容词。

事件必须按单独的行为者和行为来描述，以便把过程分解为各组并可分别阐述的事件。

任何事故当它处于萌芽状态时就有某种扰动（活动），称此为起源事件。事故过程是一组自觉或不自觉的向某种不测结果的相继出现的事件链。这种进程包括着外界条件及其变化的影响。相继事件过程是在一种自动调节的动态平衡中进行的 (PaSK 1963)。

依上述对事故的解释,可按时间关系描绘成关于事故现象的一般模型,见图 12。



图例, | = 事件 (——) = 条件 (状态)
○ = 必须在发生事件的当时改善条件

七、以人失误为主因的事故模型

如前节所述, 将由初始原因开始到结果为止的事故动态过程中所有因素联系在一起的理论体系或模型具有很大的实用价值。

Wigglesworth 曾经提出：有一个事故原因构成了所有类型伤害的基础，这个原因就是“人失误”这一因素。他把“失误”定义为“错误地或不适当的回答一个刺激。”图 13 是他精心创制的一个事故模型。

在工人操作期间,各种“刺激”不断提出,若工人回答的正确或恰当,事故(acciden-

nt) 就不会发生。即如果没有危险 (danger), 则不会发生有伴随着伤害 (injury) 出现的事故。反之, 若出现了失误的事件 (event of error), 就有发生事故的可能。

然而, 若客观上存在着不安全因素或危险, 事故是否能造成伤害, 这就取决于各种机会因素 (Chance factors)。即可能造成伤亡, 也可能是没有伤亡的事故。

尽管这个模型突出了人的不安全行动来描述事故现象, 但却不能解释人为什么会发生失误, 它也不适用于不以人失误为主事故。

另一些研究者采用“事件链”描述构成人失误是介于接受刺激和它的回答之间的行为。

然而, 所有上述模型仅注重一个单独事物 (常常是伤亡), 不适合于

同时和相继几个人造成事故的情况, 也不能解释改正了危险环境条件而没有发生伤亡事故的进行过程。它们也不适用于连续的成系列活动的矿山作业。图 13 所示的模型仅能提供有关人的不安全行动的一个答案, 对待特殊类型的事故 (如矿山事故) 难于作出定性分析。由于该模型的应用受到限制, Lawrence 综合了其他研究者, 特别是 Goeller, Sarry 和 Wigglesworth 等人提出的原理, 制成了金矿中以人失误为主的事故原因的模型。

(二) 矿山中以人失误为主因的事故模型

在采矿工业的, 包括人的因素在内的连续生产活动中, 可能引起两种结果: 发生伤害和不发生伤害, 所以“事故”的定义是: 使正常生产活动中断的不测事件。

在矿山使用事故 (Accident) 这个词, 常常作为伤害 (Injury) 的同义语。然而, 事故是否发生伤害取决于危险的情况 (人体受伤的概率) 和机会因素。

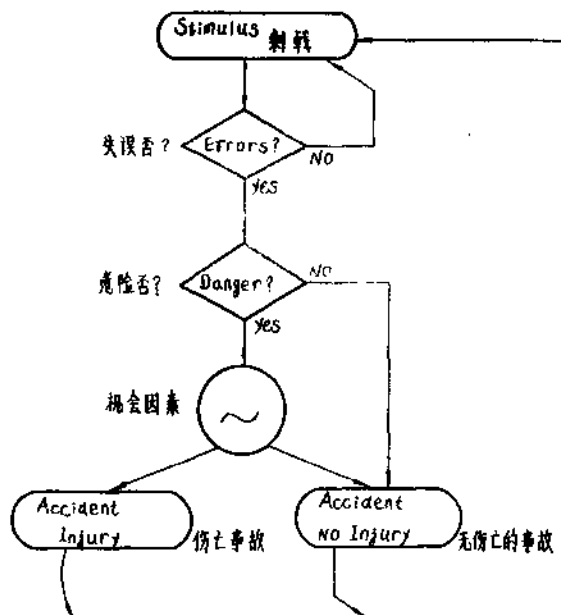


图 13 以人失误为主要原因的事故模型

事故、危险和伤害的组合

表 2

出现的类型	Accident (事故)	Danger (危险)	Injury (伤害)
1	NO	NO	NO
2	NO	yes	NO
3	yes	yes	NO
4	yes	yes	yes
5	yes	NO	NO
不可	yes	NO	yes
可能	NO	yes	yes
不可	NO	NO	yes

表 2 列出了八种事故、危险和伤害的理论上的组合。

因为，如果不存在危险或没有事故就不能发生伤害。所以，实际上只有五种结果是可能的。这五种可能出现的结果列于图 14 的上部，而且仅有第四项结果能发生伤害。

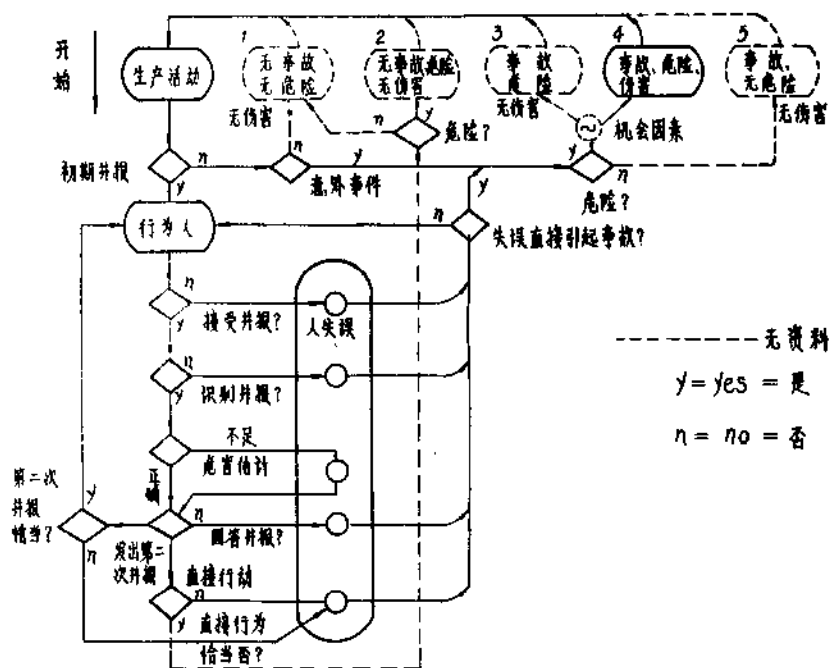


图 14 金矿中以人失误为主因的事故模型

工人在生产活动中获得一定信息，这可能是视觉和听觉感受到的光、声信号，或者是来自要求与环境条件相适应的有关指令、政策、规程、标准等书面信息。这些信息流会警告工人，在他所在的生产环境中可能产生事故。在该模型中称这种警（告）报为“初期警告”。

1. 在正常条件下没有初期并报，没有意外事件，也就没有生产中的中断，结果是“无事故，无危险、无伤害”为 1 型；

2. 在没有初期并报情况下，意外的事件确已发生，这将根据危险出现的具体情况与有关伤害的机会因素，分别产生 3 型 4 型或 5 型的结果。

当没有预先并告时，甚至连一般的安全标准或指示等原则性的并告都没有时，一旦根据危险的存在和机会因素的巧合发生了 4 型的伤亡事故，这也不能归咎于有关工人的失误，而是管理上的领导失误，这属于管理人员“不恰当地回答先前的警告”。当分析这种责任事故时，应当追究深远的间接的，但是主要的原因，即管理上的缺欠。

3. 如果发生了事故临近于发生的征兆，即有了初期并报，则工人对并告的“回答”情况，也就是说怎么处置和对待这一并报，将决定着是否可能发生事故。

为避免事故发生，工人必须接受并报，识别并报，充分而正确地估计危险，并回答并报；直接采取改正行动或其它控制措施，给其它工人发出第二次并报。

在这条回答链中任何阶段的故障（或称 NO），都会构成人的失误（图中央的长椭圆），或因失误而直接引起事故和自身伤害，或把事故转嫁给其它行为人。

4. 关于对伤害的估计。模型中在“行为人”下方第三个菱形符号表明，如果工人对危害估计正确则会发生二次井报或采取直接行动；如果对危害估计不足（习惯上称为麻痹大意）也是一种失误，尽管如此，但因采取了某种行为仍然会避免事故，如果没有回答井报，则会因这一失误直接引起事故。“低估危害”在管理人员身上有更大的危险后果。

5. 信息仅仅对于发生伤亡事故是有用的（4型），图 14 所示的长虚线对研究者来说是没有用的信息。因为工人怎样处置（回答）即将发生事故的井报这方面的资料缺乏（主要是 2 型的结果）这将妨碍确定工人的回答优劣、回答方式和正确的回答概率。由于没有 3 型、5 型的结果资料，这也将妨碍正确决定矿山条件下人失误的总次数及其分布。

八、变化论和连续过程论

系统里状态和要素发生变生对于大多数系统来说是本质性的东西。研究某个部分发生变化对于系统，特别是对高级子系统产生何种影响，对整个系统又产生何种结果，这是系统安全的最基本任务。作为研究和分析事故的方法，系统内的“变化”和“错误”也是一种基本要素。

当某一生产过程或者操作失去控制之时，显然会发生变化。大多数事故原因都涉及变化。

变化会导致发生事故。从事故发生的连续过程的观点出发，佐藤吉信给出了“变化和错误连锁”的事故模型（1981），如图 15 所示。

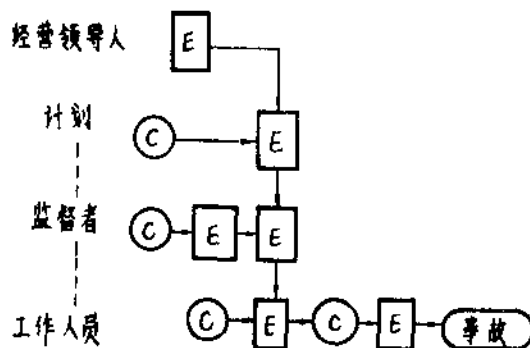


图 15 “变化 C”和“失误 E”的连锁模型

这种方法直观而易于理解，几乎不必详加说明。设“变化”为 C，“失误”为 E，由图可见，因计划变化而失误，或因领导失误而造成的计划再误，或因监督变化导致失误进而一误再误，工作人员因变化而失误，终于造成了事故后果。

今以因管道焊接的缺欠而引起燃气厂火灾事故的分析为例来阐明瓦斯管道事故的连续过程。即变化和失误的 C—E 连锁，参看图 16。

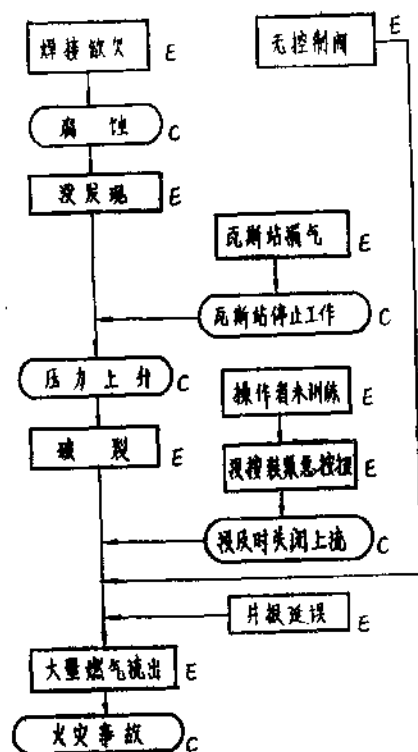


图 16 瓦斯停路事故的C—E连锁例

参 考 文 献

1. 灾害防止科学 (日) 青島賢司著《攪书店》1970。
2. 安全管理の要点 (日) 野原石松著 (总合劳动研究所出版 1980。)
3. 安全测定 (美) W. E 塔兰茨著 (黑龙江劳动保护研究所译《劳动出版社》1982。)
4. Ludwing Benner, Jr. Accident Investigations: Multilinear Events Sequencing Methods 《Journal of safety Research》1972, №7
5. A. C. Lawrennci Human Error as a Cause of Accidents in Gold Mining 《Journal of Safety Research》1974, №2
6. 灾害的分析条件和手法 (日) 佐藤吉信《安全》1981, №2。
7. 矿井提升伤亡事故的系统安全分析 隋鹏程等著《劳动保护技术》1982.3 期