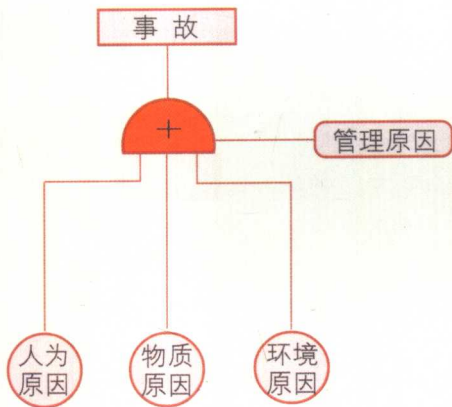


危



于殿宝
编著

事故预测预防

● 实用安全技术员系列读本



人民交通出版社

China Communications Press

实用安全技术员系列读本

Shigu Yuce Yufang
事故预测预防

于殿宝 编著

人民交通出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

事故预测预防/于殿宝编著. —北京:人民交通出版社,
2007.3

实用安全员培训教材

ISBN 978 - 7 - 114 - 06450 - 0

I . 事… II . 于… III . ①事故 - 预测 - 技术培训 - 教材
②事故 - 预防 - 技术培训 - 教材 IV . X928 . 03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 034940 号

实用安全技术员系列读本

书 名: 事故预测预防

著 作 者: 于殿宝

责任编辑: 毛 鹏

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京凯通印刷厂

开 本: 850 × 1168 1/32

印 张: 9.125

字 数: 241 千

版 次: 2007 年 5 月 第 1 版

印 次: 2007 年 5 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 06450 - 0

印 数: 0001 ~ 4000 册

定 价: 20.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

内 容 提 要

事故,尤其是伤亡事故,是人们不愿发生的。然而,事故在我们的生活和生产过程中却时有发生,给很多的家庭带来极大痛苦,给人民的财产带来重大损失。作为一个安全管理者,作为一个生产组织者,尤其作为一个具体的人或员工,应该怎样做才能减少或避免事故呢?作者总结了多年的工作经验和大量的伤亡事故案例教训,写成了这本书。

本书较系统地介绍了建立事故预测数学模型的方法、步骤和应用结果;结合实践叙述了生产过程中和员工操作活动中预测预防事故的对策和方法,及一些具体做法;介绍了运用人体生物节律理论预防事故的做法及其应用效果;最后探讨性地介绍了“月相”与事故预测预防的相关知识。全书避免了空洞的理论说教,实用性与可操作性强,且内容新颖,深入浅出,通俗易懂,联系实际。

本书适合作为工、矿、商、贸企业各级安全员的培训教材,也可作为组织生产的厂矿长、车间主任、班组长和广大员工避免与防范事故的读本。

序

古人云：“凡事预则立，不预则废。”《事故预测预防》一书值得一读：它不仅是血的教训与防范事故经验的总结，而且也是我们预测预防事故的一部好教材。

事故是人们在生活或生产活动过程中违背客观事实或科学规律所受到的惩罚与教训，事故又是强迫人们必须接受的最真实、最现实的“科学试验”，它蕴藏着丰富的经验、教训、知识和新课题。所以，认真总结事故教训和防范事故经验，研究事故发生特点，找出事故发生规律，避免事故发生——预测预防事故，则是我们安全工作者的义务和责任。作者依据长期的基层安全工作实践经验写出的此书，字里行间都是防范事故的好方法、好经验。

此书的第一章，以简洁通俗的语言介绍了如何运用数学原理建立事故预测数学模型(模式)的方法和实践(做法)。这对于我们有效地遏制事故的发生，进行安全目标科学管理，最大限度地减少或降低伤亡事故的发生提出了可行的方法与例证。在第二章和第三章中，详细地介绍了生产过程中事故发生的致因；研究和提出的事故发生模式(引发事故的数学模型与定理)，对于我们分析事故和预防事故发生具有很高的指导价值；尤其是运用大量事故案例分析和总结出的预防事故的具体做法，简单扼要，可操作性非常强，应该说是工、矿、商、贸企业管理者、基层安全监督检查员以及广大员工防范事故的一本好书。

当然，此书也有可进一步商榷或探讨的问题。例如在第四章中引用了一些古今中外的资料，以及介绍和研究总结的事故预测预防方法，有些内容还有待于进行深入科学研究和长期的实践检

验。但是,作为预防事故的一种“警钟长鸣”法,提示人们注意安全、防范事故,这些内容还是具有现实价值和应用意义的。

另外,作者在第二章中介绍了如何研究制订《事故与灾难应急预案》,也是很有借鉴作用的。安全工作者的主要任务是预防事故发生,但是事故一旦发生,应该迅速进行处理,防止事故蔓延或出现再生事故。所以,预先制订合理的事事故应急预案,做到“有备无患,”也是安全工作者的责任和预防事故的重要内容。

总而言之,“事故预测预防”是安全领域内的一项重要研究课题,该书在此方面开创了一个先河,这是一个很好的开端!希望能有更多更好的“事故预测预防”方面的书籍问世,以提高我们全民的安全意识,减少各类事故的发生,保障我国国民经济建设顺利进行,保障国民生命安全以及人们安定和谐的生活!

陈圣琦
2006.9.28

(东北大学资源与土木工程学院院长、东北大学安全工程研究中心主任、安全及工程学科博士生导师)

目 录

第一章 事故预测的数学原理与方法	1
第一节 概述	2
第二节 事故回归预测数学模型	3
一、回归分析	3
二、一元线性回归方程	4
三、非线性回归分析.....	12
四、事故预测数学模型的建立.....	16
五、事故预测数学模型程序设计流程.....	29
第三节 事故预测数学模型的准确率	30
一、事故预测准确率的计算.....	31
二、事故预测数学模型的实践检验.....	31
第四节 事故发生规律预测模式	36
一、海因里希事故法则的扩展运用.....	37
二、反映事故规律的重要模式.....	38
第五节 实践应用举例	46
一、事故预测数学模型的应用与分析.....	47
二、事故预测数学模型的应用与成效.....	58
第六节 事故灰色预测数学模型	61
一、事故灰色预测的几种类型.....	62
二、灰色系统预测法.....	62
三、事故灰色系统预测法的应用.....	66
第二章 生产过程中事故预测预防	72
第一节 事故寓于生产过程之中	72
一、生产过程及其要求.....	73

事故预测预防

二、生产过程中的事故规律·····	77
第二节 生产过程中事故致因理论·····	79
一、事故致因模式·····	79
二、不安全状态分类·····	84
三、不安全行为方式·····	87
四、疲劳因素·····	89
五、人体差错·····	91
六、伤害方式·····	92
第三节 生产过程中的事故预测及控制·····	94
一、安全生产管理概述·····	94
二、安全生产对生产计划与生产作业的要求·····	100
第四节 安全技术措施计划与安全审查·····	103
一、安全技术措施计划·····	104
二、工程项目安全审查·····	106
第五节 劳动组织中的事故预测预防·····	108
一、劳动定员·····	109
二、劳动组织·····	111
三、劳逸结合与加班加点·····	114
第六节 机器设备运行中的事故预测预防·····	116
一、机器设备事故的发展趋势·····	116
二、机器设备事故的综合原因及预防措施·····	117
三、设备事故的预测预防方式·····	120
第七节 生产过程中事故预兆预测·····	122
一、事故预兆与异常现象·····	123
二、矿山事故预兆·····	127
三、事故预感与避难意识·····	130
第八节 生产过程中事故预防的基本原则·····	132
一、科学技术预防事故的基本原则·····	133

二、组织管理预防事故的基本原则	134
第九节 生产事故应急救援预案的制定	135
一、现场(企业)应急救援预案的制定	136
二、场外(行业、部门和政府)应急救援预案的制定	141
三、事故与灾难应急预案实例	144
四、事故抢救	164
第三章 作业人员事故预测预防	169
第一节 作业人员操作错误与事故	169
一、对不良“环境”的预测	170
二、对错误行为的预测	172
第二节 避免作业人员的动作失误与事故	172
一、外因条件引起作业人员动作失误与事故	173
二、造成作业人员动作失误的因素	174
三、思想不集中引起的动作失误	176
四、聚集行为与公共安全	176
五、思想麻痹引起的失误与事故	177
六、紧急状态下的行为失误	178
七、忘却意图引起的失误	178
第三节 作业人员事故预防对策	179
一、作业人员在企业内通行时的事故预防对策	179
二、工作场所整洁与事故预防	180
三、在工作场所作业时的事故预防	183
四、维修作业时的事故预防	186
五、事故受伤人员的急救与处置	188
第四节 机器设备的安全化	190
一、机器设备的本质安全化	191
二、促进机器设备的安全化	191
三、设置安全防护保险装置	192

事故预测预防

第五节 标准化作业是防范事故的正确作业活动	193
一、动作分析原则	195
二、动作设计应符合生物学、物理学方面的原则	195
三、动作经济原则	196
四、制定作业标准的依据	198
五、作业标准的内容	198
六、标准化作业程序举例	199
第六节 作业人员易发生伤亡事故的几种典型做法	206
一、作业人员易发生事故的 22 种典型错误操作方式	206
二、作业人员易发生事故的 8 种典型类型	207
第四章 运用人体生物节律理论和“月相”预测与控制	
事故	212
第一节 人体生物节律	212
一、人体生物节律理论的诞生	212
二、人体生物节律理论	213
第二节 追溯调查分析	216
一、事例调查分析	216
二、列表综合统计分析	217
第三节 人的不安全行为的预测预报	218
一、实际应用举例	218
二、综合统计说明	219
三、国内运用人体生物节律理论的部分情况	220
第四节 人体生物节律的计算	221
一、人体生物节律的计算方法	221
二、运用人体生物节律理论预测事故的方法	225
三、生物节律的快速计算	226
第五节 争议与结论	226
一、对人体生物节律理论的争议	227

二、结论	227
第六节 运用“月相”进行事故预测预防	228
一、“月相”知识简介	228
二、运用“月相”预测预防事故简介	232
三、我国古代运用“月相”预测预防事故与灾害简介	234
附录 近年在有关刊物上发表的主要学术论文	
摘录	236
我国煤矿重特大伤亡事故频发的理论与 防控研究	236
关于《中华人民共和国安全生产法》中的 问题与探讨	248
我国目前劳动安全监察机构设置的探讨与 遏制事故的建议	256
试论伤亡事故技术鉴定书的格式与内容	262
用人类工效学原理评析我国目前伤亡事故 频发和难以遏制的致因	266
浅谈全面开展劳动安全教育的迫切性	272
事故与灾害预测方法的实践和运用前景	275
后记 怀念导师张震寰	278
参考文献	281

第一章 事故预测的数学原理与方法

事故,是人们在有目的的活动过程中,突然发生的违背人们意志的不幸事件。它的发生,可能迫使有目的的活动暂时地或者永久地停止下来;其后果,可能造成人员伤亡,或者财产损失,也可能两种后果同时产生。

预测,是人们根据过去积累的经验 and 知识来探索事物可能发展的趋势,并做出估计与评价,以调节自己的行动,减少对未来事件的不确定性。简单地说,预测就是根据过去和现在对未来的估计,根据已知推测未知。

事故预测预防的原理,就是依据事故所具有的因果性、偶然性、必然性和再现性的特点,从而寻找事故的规律性,以防事故的发生。当然,事故是一种随机现象,对于个别事故案例的考察具有不确定性,但是对于大多数事故则表现出一定的规律性。

而运用数学原理,对某一地区、某一部门或某一企业(发生)收集的大量的伤亡事故案例,进行归纳、分析、计算和推断,从而掌握未来时间内事故发生的可能或趋势,以便进行预防,就是事故预测。事故预测数学模型则是一种比较科学的事故预测预防形式与分析方法。

现代安全科学管理的基本理论认为:事故预测预防的模式,可以分为事后型管理模式和预防型管理模式两种。其中,事后型管理模式是指在事故或者灾害发生以后,根据事故的教训和发生的规律进行整改与防范,以避免同类事故再次发生的一种对策;预防型管理模式则是一种主动的、积极的预防事故或灾难发生的对策,其基本的技术步骤是:根据生产过程中出现的问题、险肇事故或事

故预兆(事故隐患或危险源),分析问题的产生原因,找出主要问题,制定实施方案,落实方案,从而预防事故的发生。

本书就是这一基本理论的体现。而本章则是运用数学原理研究、讨论事故预测数学模型(式)建立的方法、步骤和运用事故预测数学模型(式)对未来可能发生的事故进行预测,从而采取措施进行预防,并介绍其实践运用状况(现代安全科学管理理论的具体体现)。

运用数学原理研究、讨论事故预测数学模型(式)的方法有多种形式,例如有事故的回归预测法、事故时间序列预测法和事故的灰色预测法等,在这里主要介绍事故的回归预测法和事故的灰色预测法。因为通过大量的安全管理工作和实践经验证明,这两种方法比较准确。在掌握了事故的回归预测方法之后,事故的灰色预测方法也就比较容易掌握了。所以本章以介绍事故的回归预测方法为主,以介绍事故的灰色预测方法为辅。

第一节 概 述

事故的发生,尤其是伤亡事故的发生是随机的。它是由诸多的因素而构成,而且它们之间有着十分复杂的关系。预测事故“再现”的概率,则又关系到这些相关因素的比例和时间相结合的机会。为了了解并掌握事故潜在的某些规律,必须对已经发生的事故进行追踪,分析和研究其所发生的根本原因,从中了解事故发生的倾向与内在规律,以便寻找未来时间内事故发生的潜在性或可能性,从而采取相应的措施加以预防或排除,不使其导致为“再现”的事故。这就是事故预测技术的精髓与核心。

科学的安全管理,就是从事故的偶然性之中,找出事故发生的必然性,认识事故发生的规律性,把事故消灭在萌芽之中。这就要求收集尽可能多的事故案例进行统计处理,只有当收集的事故案

例的统计量足够大时,才能借助工程数学的手段,找出事故发生的规律性,提高对事故预测的准确性。这种事故统计预测方法,可以使人们不必分析具体的工艺过程中的“事件”的多少和交织的情况,它具有简便易学的特性,便于人们直接掌握未来时间内可能发生的故事数量。

通过对大量事故的统计、分析、研究与多年现场实践积累的经验证明,能够确切反映事故发生客观规律的事故预测的最佳方法乃是:用数理统计学的非线性回归分析和灰色系统理论的手段而建立的“事故预测数学模型”。这种模型所预测的事故的可靠性与准确性相当高,即运用本模型所预测的事数量与实际发生的故事量非常接近。由此可见,研究讨论运用这种预测技术,建立事故预测数学模型,有利于掌握与预测未来时间内所发生的故事种类与数量,以便有目的地采取针对性的措施进行预防。所以,事故预测数学模型,对于研究系统的安全性是极为重要的一种预测分析方法。

第二节 事故回归预测数学模型

在生产活动与事故的统计分析中发现,未来时间内事故发生的规律一般遵循着非线性回归曲线的变化。本节将着重介绍这方面的知识与事故预测数学模型。

一、回归分析

一切客观事物都是相互联系并具有一定的规律性的,每一事物的运动都是与周围的其他事物相互联系又相互制约的。当变量中存在着非随机变量和随机变量时,分析它们之间的关系叫做回归分析。当变量中存在着随机变量时,分析这种随机变量之间的关系就叫做相关分析。在实际生产活动中,特别是在经济预测中,对上述两种分析常常不加区分或统称为回归分析。

若将有相关关系的两个变量的对应观测值在平面直角坐标上绘制成图形,就得出这两个变量的散布图。从散布图上,一般可以看出两个变量之间的统计规律性。如图 1-1 是表示变量 x 与 y 之间的相关关系的散布图。由图 1-1 可以看出,这一组观测值的对应点大致

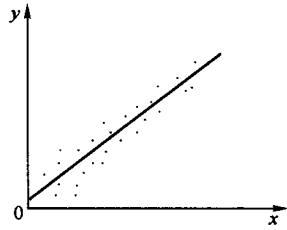


图 1-1 (x, y) 散布图

围绕着一直线散布,这就是变量间统计规律的一种表现。这种表现可以用线性函数 $y=f(x)$ 近似描述。变量的相关关系可以借助相应的函数来表达,这种函数称为回归函数。如果两变量的回归函数是一个线性函数,则称两变量线性相关。研究变量间的相关关系,确定回归函数,以及由此预测和控制变量的变化范围等就是回归分析的内容。只分析两个变量间的相关关系时,称为一元回归分析。

由两个变量的一组观测值找出它们之间的关系,对于确定性现象,就是找函数关系 $y=f(x)$ 的近似解析式,或求经验曲线的近似表达式,这就是所谓的曲线拟合问题。确定伤亡事故的预测模型,就是根据一组伤亡事故的数据绘制出散布图,进行曲线拟合,建立事故预测数学模型,以便对未来时间内所发生的事故进行预测。

回归分析以统计、推断为基础,主要解决以下几个问题:

(1) 分析给定量之间是否存在相关关系,若存在,找出相应的近似表达式,即回归方程。

(2) 由一个或几个变量的值,预测或控制另一个变量的取值,并估计或计算预测或控制的准确率。

(3) 分析各因素影响的显著性和各因素之间的相互关系,即因素分析。

二、一元线性回归方程

关于一元线性回归问题,主要介绍与建立事故预测数学模型

有关的回归方程、线性关系的显著性检验、曲线方程的拟合以及预测控制的运用等。

1. 一元线性回归方程的建立

通过观测或收集,得到 n 对 (x, y) 的事故数据样本,即 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、 (x_3, y_3) 、 \dots 、 (x_n, y_n) 等,如图 1-1 那样,将这 n 对数据点描绘在平面直角坐标系上,即作成散布图,并能初步判定其回归方程为线性方程,因此可设:

$$\hat{y}_i = a + bx_i \quad (1-1)$$

式中: \hat{y}_i —— 方程的估计数据点;

x_i —— 时间数列点;

b —— 回归系数;

a —— 常数。

公式(1-1)称为变量 y 对 x 的回归方程。那么,如何计算出 b 与 a 呢? 首先需要确定离散点尽可能近一点的直线,用以表示变量 x 与 y 之间的关系。回归直线则是最接近于所有收集点的直线。也就是说,回归直线是表示变量 x 和 y 之间的关系较为合理的一条线。

由图 1-2 所示, y_i 与 \hat{y}_i 之间必然存在着一定的误差。

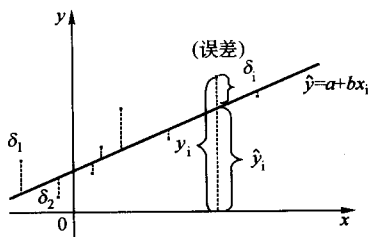


图 1-2 y_i 与 \hat{y}_i 之间的误差图

即

$$\begin{aligned} \delta_i &= y_i - \hat{y}_i \\ &= y_i - (a + bx_i) \end{aligned}$$

式中: y_i —— 实际收集的数据点。

由图 1-2 中看出, $|\delta_i|$ 越小, 则表示该点离直线越近, 此直线的近似精度越高。

欲使式(1-1)最符合于实际情况, 就必须使这些误差的平方和为最小值。

令

$$Q = \sum_{i=1}^n \delta_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \quad (1-2)$$

也就是说, 选取回归直线的 a 与 b 时, 必须使 Q 为最小值。运用微积分求极值的方法, 可计算得到 a 与 b 。具体计算如下, 即取两个偏导数分别等于零

$$\frac{\partial Q}{\partial a} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial b} = 0$$

先求解计算 a

$$\begin{aligned} \text{由} \quad \frac{\partial Q}{\partial a} &= 2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) \cdot (-1) \\ &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) \\ &= 0 \end{aligned}$$

也就是

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) &= 0 \\ (y_1 - a - bx_1) + (y_2 - a - bx_2) + \cdots + (y_n - a - bx_n) &= 0 \end{aligned}$$

即

$$\sum_{i=1}^n y_i - na - b \sum_{i=1}^n x_i = 0$$

由此导出

$$\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i = na$$