

事故调查与根源分析技术

徐伟东 著

INCIDENT INVESTIGATION AND ROOT CAUSE ANALYSIS

David Xu, Safety Engineering PHD Candidate

广东科技出版社

图书出版编目 (CIP) 数据

事故调查与根源分析技术/徐伟东著.—广州: 广东科技出版社,2005
ISBN 7-5359-4061-7

I. 事… II. 徐… III. ① 事故—调查 ② 事故分析 IV.X928
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 153840 号

事故调查与根源分析技术

出版发行: 广东科技出版社
广州市环市东路水荫路 11 号 邮码:510075

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

网 页: <http://www.gdstp.com.cn>

印 刷: 深圳大公印刷有限公司
深圳市南山区内环路 8 号 邮码:518054

规 格: 889mm×1194mm 1/32

印 张: 3.375

字 数: 150,000

版 次: 2006 年 2 月第 1 版
2006 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 2 000 册

定 价: 80.00 元 (含书和手册)

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系退换。

内容摘要

本书在介绍事故理论的基础上，系统地介绍了事故调查和根源分析的过程、技术及方法，并就事故报告和制定整改方案展开了讨论。与本书配套的《事故调查与根源分析工具包》，则为事故调查人员提供了实用的事故根源综合分析表、事故调查流程图、使用指南等系列工具。

佳保企业事故管理系统

- 系统的事故管理工具
- 即时事故报告
- 自动邮件通知
- 网上审批
- 网上根源分析
- 自动生成事故调查报告
- 自动跟踪整改行动
- 自动统计各种事故率
- 国际国内石油公司广泛采用

佳保安全管理咨询

www.jobsafety.com.cn



佳保安全现代安全管理系列丛书之一

事故调查与根源分析技术

INCIDENT INVESTIGATION AND ROOT CAUSE ANALYSIS

在中海石油和 BP 工作的近 10 年里，竟改变了我的一生，让我从此将安全管理作为毕生的事业！

没有任何一项工作比员工的生命更宝贵！应用事故调查与根源分析技术，找出导致事故的直接原因和根本原因，消除管理系统的缺陷，避免事故的再次发生，并以此来推广现代安全管理理念和安全文化，保护员工的生命和健康，这就是本书的目的。

徐 伟 东

2006-1-26 深圳

目 录

| | |
|----------------------|----|
| 第 1 篇 事故引发机制..... | 1 |
| 1 发生事故..... | 2 |
| 1.1 术语和定义..... | 2 |
| 1.2 事故调查的目的..... | 4 |
| 1.3 事故报告..... | 4 |
| 1.4 为什么要进行事故调查..... | 5 |
| 1.5 事故调查前准备..... | 6 |
| 1.6 本节摘要..... | 8 |
| 2 事故理论的发展历史..... | 9 |
| 2.1 事故发生的比率关系..... | 9 |
| 2.2 骨牌理论..... | 10 |
| 2.3 事故多重起因理论..... | 14 |
| 2.4 流行病模式..... | 15 |
| 2.5 Haddon 矩阵理论..... | 16 |
| 2.6 其他事故原因理论..... | 17 |
| 2.7 事件序列理论..... | 17 |
| 2.8 本节摘要..... | 18 |
| 3 应用分析方法进行事故调查..... | 19 |
| 3.1 事故调查阶段..... | 19 |
| 3.2 分析思考..... | 20 |
| 3.3 根源分析..... | 20 |
| 3.4 逐级分层调查..... | 21 |
| 3.5 从原因到建议..... | 21 |
| 3.6 本节摘要..... | 22 |
| 第 2 篇 组织调查..... | 23 |
| 4 事故调查过程..... | 24 |
| 4.1 您为事故做好准备了吗..... | 24 |
| 4.2 应急响应行动..... | 26 |
| 4.3 保护证据..... | 26 |
| 4.4 证据分类 (4P)..... | 27 |
| 4.5 收集证据..... | 28 |
| 4.6 何时结束收集证据..... | 32 |
| 4.7 本节摘要..... | 33 |
| 5 原因分析过程..... | 34 |
| 5.1 原因分析..... | 34 |
| 5.2 危险与故障..... | 36 |
| 5.3 分析方法..... | 36 |
| 5.4 本节摘要..... | 38 |
| 第 3 篇 分析技术..... | 39 |
| 6 事件和原因分析..... | 40 |
| 6.1 事件和原因分析方法..... | 40 |

| | | |
|------------|----------------------|-----------|
| 6.2 | 制作事件和原因分析图 | 40 |
| 6.3 | 制作过程 | 42 |
| 6.4 | 图表技巧 | 45 |
| 6.5 | 事件和原因分析 | 46 |
| 6.6 | 案例分析 | 48 |
| 6.7 | 本节摘要 | 50 |
| 7 | 变更分析 | 51 |
| 7.1 | 变更分析方法 | 51 |
| 7.2 | 变更分析步骤 | 55 |
| 7.3 | 案例分析 | 55 |
| 7.4 | 本节摘要 | 56 |
| 8 | 防护屏障分析 | 57 |
| 8.1 | 防护屏障分析方法 | 57 |
| 8.2 | 防护屏障分析步骤 | 58 |
| 8.3 | 案例分析 | 61 |
| 8.4 | 本节摘要 | 62 |
| 9 | 树分析 - 故障树和解析树 | 63 |
| 9.1 | 故障树分析方法 | 65 |
| 9.2 | 解析树分析方法 | 70 |
| 9.3 | 案例分析 | 73 |
| 9.4 | 本节摘要 | 74 |
| 10 | 计算机及其他专项分析 | 75 |
| 10.1 | 专项分析方法 | 75 |
| 10.2 | 计算机分析方法 | 80 |
| 10.3 | 本节摘要 | 80 |
| 第4篇 | 事故预防 | 81 |
| 11 | 提出整改方案 | 82 |
| 11.1 | 事故原因 | 82 |
| 11.2 | 整改方案 | 82 |
| 11.3 | 案例分析 | 86 |
| 11.4 | 本节摘要 | 88 |
| 12 | 事故报告与整改方案 | 89 |
| 12.1 | 事故报告 | 89 |
| 12.2 | 事故趋势分析 | 92 |
| 12.3 | 行动跟进步骤 | 92 |
| 12.4 | 本节摘要 | 93 |
| | 附件:《事故调查与根源分析手册》工具清单 | 94 |
| | 参考文献 | 95 |
| | 作者简介 | |

第 1 篇 事故引发机制

本篇简介

事故的发生不是偶然的，事故调查的关键是找出引发事故的根本原因。事故调查的第一步是重建事故中所有事件和状态发生的时间顺序（下称时间事件链）。这也是所有事故调查和根源分析的基础。本篇讨论了许多关于事故引发机制的理论。有些理论经常被国内外许多学者或资料引用，有些理论人们对它还有争议。

目的

- 理解事故中的时间、事件和状态之间的关系，以便在事故调查中能识别、确定和重建时间事件链
- 熟悉有关事故引发机制的理论，并学会如何将这些理论应用于重建事件链
- 了解大多数事故都具有的多重起因
- 能够分解事故环节，并且利用分析技术调查和分析事故原因

1 发生事故

一旦事故发生后，事故调查应该做什么？需要多长时间？

对于事故调查人员来说，这是事故发生后必须提出和思考的两个问题。第一个问题的答案很简单：提供应急响应、保护员工安全、弄清到底发生什么事情，以便采取有效措施防止事故损失扩大。第二个问题就比较难回答。一些公司根据事故的严重程度，要求在指定的时间完成事故调查，一天、两个星期或者一个月。理想的事故调查应该没有时间限制，直到事故调查人员确信发生了什么以及找到事故发生的原因。本节回答了第一个问题：告诉您要做什么，以便为您提供在最短时间内完成事故调查的技术方法。

事故调查是职业安全管理工作中一项比较复杂和艰苦的任务。事故造成的后果可能包括人员受伤、人员死亡、环境污染、财产或设备损坏。尤其是面对突发性的灾难，涉及到诸如人员死亡或者员工受伤住院等人员伤亡类事故。然而，事故调查是安全管理过程中的必要和关键的工作，一次彻底的事故调查，不仅可以避免同类型事故的再次发生，更重要的是要通过事故调查发现管理系统的缺陷，防止更多更严重的事故发生，因此，对企业的安全管理来说具有更大的价值。

1.1 术语和定义

事故 Accident

“事故”有许多定义。大多数认为所谓事故就是导致伤害或财产损失的意外事件 (Bird and Germain 1985)。许多公司宁愿使用“事件 (incident)”这个术语，而不是“意外事故 (accident)”，因为“事故 (accident)”意味着人为错误，根据美国国家安全委员会 NSC (National Safety Council): “事件 (incident) 是一次可能导致人身伤害或其他损害的非故意的结果” (National Safety Council 2001, viii)。基于事故调查根源分析的过程，对“事故”定义的最好解释是“导致人身意外伤害、死亡或财产损失的一系列事件” (National Safety Council 2001, viii)。请参考表 1.1。

险情 Near Miss

“事故”与“险情”的区别通常在于侥幸或运气。险情是指存在潜在可能导致人员伤害、死亡或财产损坏的系列事件，但损失并未在此次事件中发生。在下次同样的情形下却可能产生严重的后果。可以和应该使用调查事故的方法一样，对险情进行调查。

事故调查 Accident Investigation

事故调查是试图找出导致或存在潜在导致人员伤亡、死亡或财产损失所发生的系列时间事件链的系统过程，以便确定事故的系统原因，并且采取整改方案。任何事故都可以利用根源分析技术来进行调查，如：急救 (First Aid Case)，要求记录和报告的职业伤害或职业病 (Recordable Injuries or Illnesses)，死亡事故 (Fatalities)，财产损失 (Property Damage)，或者险情 (Near Misses)。进行事故调查的基本步骤是收集证据、重建时间事件链、根源分析、以及提出整改方案建议。

事故原因 Cause Factors

事故原因（或起因）就是导致事故的一次事件或环境状态。在其他的书籍或资料中可能使用“根本原因”来表示类似的含义。事故的原因可以存在于基层（员工或设备）、中间层次（监督）和上层管理。一起事故的原因将回答这样的问题“发生了什么？”。一旦经过分析过程确定事故原因后，就要制订整改方案，避免类似的事故再次发生。

整改措施 Corrective Actions

所谓整改措施即为采取纠正或补救行动，避免类似事故再次发生。分析事故原因和制定整改方案结合起来就是分析企业组织管理机构各层次的原因和明确其整改职责。（见表 1.1 中的定义）。

表 1.1

| 定 义 | |
|--------------------------------|--|
| 事故 Accident | — 导致意外的人员伤害、死亡或财产损失的系列事件。 |
| 事件 Incident | — 可能导致人员受伤或其他损坏的非故意的结果。 |
| 险情 Near Miss | — 是指存在潜在可能导致人员伤亡、死亡或财产损坏的系列事件，但损失并未在此次事件中发生。 |
| 事故调查 Accident Investigation | — 事故调查是试图找出导致或存在潜在导致人员伤亡、死亡或财产损失的所发生的系列时间事件顺序的系统过程，以便确定事故的系统原因，并且采取整改措施。 |
| 事故原因 Cause Factors | — 事故原因就是导致事故的一次事件或环境状态。事故原因包括了“系统原因”、“基本原因”、“直接原因”、“低层次原因”及“高层次原因”。揭露事故原因时，对所有组织层次的原因进行分析非常重要。 |
| 整改措施（或整改方案） Corrective Actions | — 采取行动，避免事故再次发生。整改措施就是“纠错”以预防未来的事故。“纠错”行动应该在涉及事故发生的各层次，全面开展。 |

1.2 事故调查的目的

重建事故链

事故调查的目的是重建时间事件链，找出引发事故的原因和管理系统的缺陷。这种系统的缺陷是导致事故再次发生的根本原因。事故调查的目的不是针对某个人来找错或追究责任。

但是，当某个人违反公司重大安全规程时，您又如何确保事故调查过程中没有找错倾向？因此，应保证调查过程公平公证，并且保持与公司的安全方针政策一致。如果公司内没有违反安全规程或忽视安全管理制度责任体系的体系，那么，这种安全规程和管理制度本身就是有问题、有缺陷和不完善的。主要的问题是找出为什么员工敢违反安全规程。事故调查必须确定为什么安全管理中允许员工忽视这些安全规程，以及监督们为什么没有强制执行这些安全规程。

整改措施

在事故调查的基础上，有针对性地提出整改方案，以便预防类似事故的再次发生；同时，在管理上对所有的安全规程和管理程序进行修订。

持续改进

找出从公司基层到公司高层管理各层次的缺陷，对整个安全管理系统进行审查和改进。

1.3 事故报告

必须报告一切事故

所有事故，包括死亡事故、伤害和财产损失，以及潜在高风险的事故（险情），都应该报告。如果不报告，就不可能进行事故调查。公司的安全方针和员工培训中必须详细说明如何正确地和系统地报告事故、险情和财产损失。让员工个人对报告事故没有任何畏惧或其他的担心。如果员工担心受到惩罚或责备，他们就不大可能报告事故的真相。报告所有的事故和险情，以便找出安全管理上存在的问题和系统缺陷，这对事故预防至关重要。

鼓励员工报告事故

每个公司都可能已经建立了鼓励员工安全行为的奖励机制，但是，并不是所有的机制都真正能起到激励作用。有时，不当的激励机制反而会导致员工瞒报事故，因为每个员工都希望争取获得某种鼓励而担心影响最终的奖金或其他物质奖励。但是，报告事故和险情，找出系统原因，

制定整改方案，的确能从根本上提高安全管理，改善安全业绩。鼓励员工报告事故应该是安全奖励机制的一个主要组成部分。

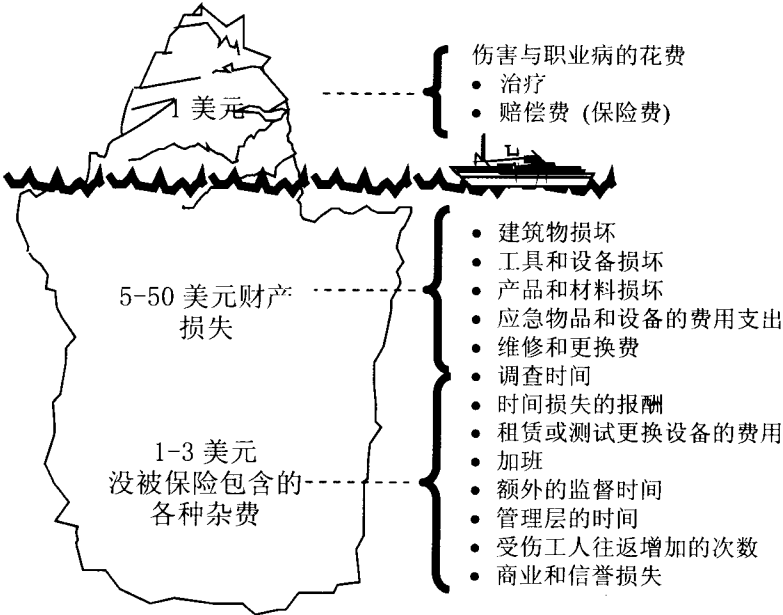
1.4 为什么要进行事故调查

避免再次发生事故造成经济损失

对公司来说，事故就意味着经济损失。2005年1-10月，我国发生一次死亡10人以上特大事故101起，死亡2166人，煤矿事故死亡4705人。根据2003年美国出版的 *Injury Facts*，2002年，有4900例死亡事故和370万例职业伤害事故报告 (National Safety Council 2003)。2002年的美国意外伤害的花费是146.6百万美元 (National Safety Council 2003)。这个数据没有反映由于事故后果导致的人的伤害的费用。

Bird 和 Germain 将事故损失比喻为似冰山的冰山图 (图 1.1)，大多数事故损失不明显和看不见。发生的1美元的伤害和职业病医疗保险费，未保险的费用是5~50美元和其他花费是1~3美元。未保险的花费包括设备、工具、产品、以及生产延误、法律诉讼等费用。其他费用项包括进行事故调查、雇佣替代员工和商务方面的损失 (Bird and Germain 1985)。

图 1.1 事故损失冰山图



(摘自《DNV 现代安全管理》)

事故调查的费用也可能非常高，但是事故调查通过预防事故的再次发生和改善安全管理，而最终为公司节省开支和创造价值。更有意义的是，通过事故调查发现系统缺陷并进行整改。险情报告和记录都是非常好的预防事故损失、识别和消除系统缺陷的有效工具。

事故损失触及公司的核心，减少损失对改进安全管理是一个很好的促进因素，而更大的促进因素就是避免发生和遭受人员伤亡事故。不管职业安全领域的理论和概念如何发展变化，大多数的人认同安全工程的最终目标是减少事故、避免损失。

预防事故

事故调查对已经受伤的人员、已损坏的机器或已经破坏的产品不能有任何改变，但是其价值在于预防再次发生事故。虽然调查过程是被动的，但是能帮助公司积极主动地改进他们的安全管理。

遵守法规和确定事故的全部损失

另一方面，必须进行事故调查，以遵守当地政府法律法规的要求，界定对相关人员的赔偿责任，并确定全部事故所造成的损失费用。

1.5 事故调查前准备

确定调查等级

确定事故等级和事故调查的等级，有助于回答关于如何进行调查的问题。比如调查应该达到怎样的详细程度？应该花费多长时间？一般来说，事故越严重，调查将越详细和花费的时间越长。本书的原理是无论是轻微事故还是重大事故，调查程序仍将遵循同样的步骤：收集证据、重建事件链、分析事件链、确定事故原因、提出整改方案。事故等级和事故调查的类型如表 1.2 所示。

决定由谁进行事故调查

一旦确定了事故等级和调查等级，就必须决定是由某个人还是小组来进行事故调查。公司里可能有许多人能够进行相关的事事故调查。关键是选择最合适的人（或小组）来揭示事故真相，确定如何预防类似的事事故再次发生。如果主管和监督能够不局限于某个部门的利益而关注到系统原因，即全面的安全管理体系问题，他们则应该是最好的选择对象。他们通常都熟悉员工的工作和岗位职责。安全专业人员也可以组织领导调查，但是他们往往不能完全地了解员工的工作，因此他们必须花费时间去熟悉各项工作细节。安全专业人员最好的作用是协助事故调查人员进行调查，同时，他们在帮助分析和发现系统原因和管理缺陷方面，能发挥更好的作用。

表 1.2

| 事故分类及调查要求 | |
|----------------------------|---|
| 事故等级 | 事故调查的类型 |
| 1. 险情 | 险情范围从潜在的轻微事故到潜在的灾难性事故。至少应该将险情类事件的报告以简明表格的形式存档，确定它的起因，提出整改方案 |
| 2. 轻伤或急救类小事故 | 调查、询问当事人和证人，确定起因，提出整改方案建议，将事故以简明表格的形式存档 |
| 3. 重伤及一般事故 | 调查、询问当事人和证人，进行根源分析确定事故原因，提出整改方案，并提交简明的事故调查报告，文件存档 |
| 4. 重大特大伤亡类事故(死亡、群伤或重大财产损失) | 组成事故调查小组进行彻底调查；询问当事人、目击证人和其他相关员工；应用分析技术，进行根源分析确定事故原因，提出整改方案建议；提交全面的书面事故调查和根源分析报告，文件存档 |

事故调查小组

对那些重大事故的调查，采用事故调查小组的形式进行事故调查则更合理，因为与小事故相比，必须分析更多的信息。惯用的做法是指定一名事故调查组长，小组成员数量根据事故的复杂程度而定。通常，会邀请相关方面的专业人员或专家，每人负责一个方面，针对专业问题提出他们的专家意见。通常一个调查小组至少应包含下列人员：

- 组长：由熟悉该项作业类事故的管理层代表或外部相关人员担任
- 成员 1：事故根源分析专业人员
- 成员 2：了解该项作业的专业技术人员 1-2 人
- 成员 3：其他特殊专业人员和事故调查根源分析的培养对象等

为了提高小组调查工作的效率，小组长必须根据小组成员的特长和专业知识，在每个方面指定负责人。每个专业人员应该分别负责在一个相对独立的方面，比如技术或工程问题、管理体系培训、监督、应急响应等。小组长协调所有的调查结果，并确保各小组成员为同一目标而沟通努力“找出事故原因，并且探讨如何预防事故的再次发生”。

决定调查所需的时间

确定进行事故调查和进行根源分析所需的时间通常比较困难。许多公司根据事故等级和实施调查的类型而确定一定的调查时间。理论上，公司应该允许有足够的时间进行调查，以便找出事故原因和确定如何预防事故再次发生。大多数情况下，急救案例或国家要求记录的案例将要花费几天，而重大的伤害、死亡事故或其他特大事故可能需要数天到一个月。具有多种灾难和涉及复杂系统（工厂爆炸、飞机坠毁等）的重大

事故调查则通常需要一个月到几年。进行事故调查所需的时间依赖于所收集到的事故数据、面谈数量、人们对调查提供的帮助、使用的分析方法、涉及系统的复杂性和最后报告或表格的长短等要求因素。

确定是否需要额外的资源

本书的大部分讨论了进行事故调查的分析技术。然而，许多调查可能需要进行咨询外部专家（项目专家、治疗医生、律师）或使用特殊设备（测试设备、外部测试、实验室工作、计算机软件）协助进行分析，因此，某些事故调查，可能需要在外部特殊资源的协助下才能完成。

1.6 本节摘要

要实顺利完成事故调查，其基本要求是公司应具有正式的事故报告要求，以及每一位员工真实地报告所有事故和险情。过去，大多数事故调查都以“谁干的？”这样的问题来开始。现在，事故调查人员则集中在寻找根本原因和制定整改方案上，首先考虑的不是追究责任。应该由具有相关能力的人或小组进行事故调查。调查的目的在于找出事故原因，确定预防事故再次发生的整改方案，同时找出管理系统缺陷，从而预防其他事故的发生。

2 事故理论的发展历史

有许多关于事故为什么和如何发生的理论，了解这些理论非常重要。为了正确地进行事故分析，事故调查必须了解事故如何发生，找出起因，预防未发生的事故。本书简要地介绍了几个事故调查理论。

事故理论本身也在不断地发展之中，本书讨论的一些理论各有侧重。每个事故调查人员和公司对事故如何发生，或选择哪一个理论或方法进行分析则取决于相关人员对某种方法的认识和理解。本书强调找出和发现事故发生的事件前后因果顺序，讨论了事故原因的分析技术，以及事故的多重起因理论。

大多数事故调查人员和安全专业人员熟悉和应用过“骨牌理论”，这将在后面进行讨论。G.W.Heinrich 创建了该理论。在他之后的许多研究人员包括 Frank Bird 和 George Germain，已经对该理论进行了研究和拓展。骨牌理论非常有用，但是它似乎引导调查人员遵循同一的严格的调查模式。可是从另一个方面来讲，每次事故和每次的事故调查是有区别的，人们需要更简捷更直接的方法来帮助调查人员适应每次事故的特殊性，重建导致每件事件的时间事件链。

我们可能经常通过电视或电影看到刑事犯罪调查人员，他们似乎具有特殊的能力来进行侦探犯罪是如何发生的。不幸的是，大多数现实中的事故调查人员没有这样的特殊本领，而且要做好事故调查，调查人员就必须掌握相关的分析技术。

2.1 事故发生的比率关系

事故比率不是本质上的事故原因理论，但是它证明了一个调查事实：险情或财产损失事件通常发生在重大伤亡事故之前。这份大家比较熟悉的研究是对来自 21 家工业集团的 297 家公司报告的 1 753 498 宗事故进行了分析，涉及了 30 亿工时和 1 750 000 个员工。研究发现，每 1 次严重或重大的事故，就有 10 次轻微伤害，30 次财产损坏事故和 600 次不明显的伤害或损坏（险情）（Bird and O'Shell 1969）。这个事故比率显示在图 2.1。“比率中的 1-10-30-600 的关系”十分清楚地表明相关事故等级之间的关系，同时也揭示了要控制事故的损失必须从更大更广泛的基础层面即险情中去寻找和开始工作。