Root Cause Analysis

一、Root Cause Analysis简介：root cause（直接导致事件的根本原因）可让企业知晓风险事件的最初原因，并可据此引以为戒。风管人员应关注影响企业workplace安全的事件，root cause analysis（RCA，使用其他分析技术来鉴别意外根本原因的系统流程）可用于了解有害事件的深层原因。harmful event通常和basic cause（physical/ human/ organizational）中的一个有关。physical cause是tangible或material物体导致的损失。human cause是人的error或inaction导致的损失。organizational cause是faulty system/ process/ policy有问题（如流程和责任人不清）导致的损失。

1. root cause analysis（RCA）有如下特点

（1）root cause是详细和具体的根本原因（specific underlying cause），而非只是概括的描述。

（2）root cause可reasonable identified，找到问题根源。

（3）root cause必须是可以改进的东西。

（4）root cause提供可有效预防未来同类事故发生的方案。

2. root cause analysis（RCA）：通常在事件发生后才会进行，但其也可预测可能妨害企业的事件（此时企业可进行提前预防，而非等事件发生后再面对）。RCA的流程包括：

（1）收集数据：需要circumstance，fact，cause的所有数据

（2）causal factors（起因） charting：提供组织并分析数据的结构框架（画出事件顺序图，并列明root cause问题），并提供调查阶段的gap和deficiency。

（3）root cause identification：使用mapping或flowcharting可找出causal factor的每一个原因。

（4）推荐解决方案并实施：推荐的解决方案需要实施并进行跟踪。

二、failure mode and effects analysis（FEMA）：与从事件触发相反，从原因开始分析，推倒其如何助推事件发生）。该分析从产品开发和运营开始分析，目标位鉴别failure mode（产品/ 流程/ 设计方面的缺陷）并完成effect analysis（研究failure结果，决定root cause）。

1. 概述

（1）FEMA需要确定系统的indenture level：indenture level指某个item的relative complexity within assembly/ system or function，即整个系统从大到小的级别）。确定failure effect时需要鉴别effect在整个系统中的地位。 effect分为local effect（某个failure影响同级别indenture），next-higher-level effect（影响上一层级的情况）, end effect（影响最高级indenture系统的情况）。

（2）FEMA的主要目标是保证customer safety并生产出quality的产品。具体实施手段包括强化流程设计，最小化或消除产品设计方面的问题，研发减少failure发生率的系统，identify human error mode及其影响，研发追踪potential future design问题的系统。

（3）FEMA也可用于其他服务：如concept（设计早期阶段分析系统及subsystem），design（生产之前分析产品），process，equipment，service，system，software。

2. FEMA的流程：FEMA最好由团队一起完成，在早期设计中用于减少损失的发生率或降低severity。

（1）FEMA流程：确定范围和目标->组织团队研讨->定义components及其功能->找出每个部分的潜在问题和影响->提出改进措施（预防或减少风险）

（2）使用criticality analysis（identify系统关键部分，并对失去某部分后造成的结果进行优先级排序）进行FEMA流程。criticality analysis将failure分成4类（导致unscheduled maintenance的failure，导致delay or loss of operational availability的failure，会导致整个mission failure的failure，会导致potential life loss的failure）。

（3）risk priority number （RPN）：评估风险时对每一种critical failure的后果进行评分，此项分数决定每一个FEMA item的风险级别。RPN由consequence ranking（C，评估severity），occurrence ranking（O，评估发生率/可能性），detection ranking（D，评估无法检测到failure的可能性）三项共同决定。每项得分为1-5或1-10（分数越高问题越严重），三项得分相乘得出RPN，每项failure的RPN得出后，相互之间进行比较，分数最高的问题需要优先解决，但分数最高并不意味问题最严重（criticality），一般来说，consequence ranking较高的应当最优先处理，C\*O高的第二处理（代表对整个系统failure的可能）。

（4）FEMA的优势

-适用于多种系统

-在设计阶段即采用FEMA，可有效降低equipment modification的成本。

-增加quality/ reliability/ safety/ 企业形象/ 竞争力，减少生产废弃物（scrap）

-关注prevention，消除潜在failure

（5）FEMA的劣势

-属于top-down工具，只能关注major failure

-其他分析工具可能会做得更好。FEMA可与其他工具一起发现top level中更多的问题

-分析复杂多层系统时，FEMA方法会很复杂和冗长，时间和金钱成本较高

三、Fault Tree Analysis（FTA）：故障树分析，从最终事件出发，按时间倒推导致损失的原因。使用deductive method（演绎法），从general出发逐渐发现具体原因，找出一系列的问题所在，通过interrupt event sequence来防止最终事件发生。

1. Fault Tree Analysis （FTA）的本质：最终事件在树顶（top event），树的枝叶通过or gate（表示某些原因单独出现即可导致损失事件）或and gate（表示必须所有原因同时出现，才会导致损失事件）联系（表明原因与最终事件间的关联）。对于or gate，必须保证所有原因都不发生，才能避免最终的损失事件；对于and gate，只要保证其中一个原因不发生，即可避免最终的损失事件。

2. 在fault tree中增加发生率（probability）：如果每项原因的发生率已知，则可计算最终事件的发生率。or gate = p（a）+p（b）-p（a）\*p（b）；and gate = p（a）\*p（b）

3. loss control方面的应用：FTA通常会建议loss prevention。or gate和and gate的loss control方法不一致。为保证loss control的效果，fault tree需要尽可能完整和准确。不完整的fault tree可能会omit整条原因链。

4. fault tree analysis（FTA）的步骤

（1）确定最终的harmful event以构建fault tree树顶，事件需要详细描述

（2）从最终事件出发，逐级找出原因

（3）确定原因相互之间的关系（对最终事件）属于or gate或and gate

（4）评估fault tree确定可能的改进方案

（5）向管理层进行推荐风控手段

5. 假设与限制

（1）假设

-所有的部分（原因）只存在两种可能：成功/ 失败（operational/ not operational）

-每种failure都与其他部分相互独立

-每种failure的发生率不变。

-为便于管理，fault tree一般会限制failure的数量（可能会忽视某些原因），但依然能为评估harmful event提供帮助

（2）限制

-如果各原因的发生率不知道，那么top event的发生率也无法预估

-只有知晓所有原因后，才能知道top event的发生轨迹

-fault tree属于静态（static）分析，若环境或流程改变，fault tree需要重建

-难以描述human error

-难以描述domino effect或conditional failure

四、5 whys分析和fishbone diagram：风管人员先进行brainstorming找出导致最终事件的各种原因，分类，并追踪到最原始的问题。鱼骨图的结果是找出风险事件的underlying cause，消除它以防后患。鱼骨图也被称为herring-bone diagram/ cause-and-effect diagram/ fishikawa diagram

1. 5 whys analysis: 属于鱼骨图的重要组成部分，主要用于解决human factor（通常是流程和管理实践导致root cause）。确定某个问题后，持续问why（通常问5次，但不限于5次），继而找到ultimate cause。5 whys分析可以防止风管人员依赖错误的假设，并设法追踪到问题的源头。

（1）5 whys分析的步骤

-明确描述需要调查的具体问题

-对问题持续问为什么，找到答案

-若依然无法揭示问题的root cause，调查为何出现第二步中的问题

-重复2-3步，了解最终的原因

（2）5 whys分析的优势和劣势

-优势：确定问题的root cause/ 当发现多个root cause时，可帮助寻找其中的关系/ 通常不需要统计分析或收集数据。

-劣势：风管人员可能在找到真正原因之前就停止深入调查/ 有可能每个问题只关注某一个答案/ 企业有时不会帮助风管人员了解到真正的原因/ uninformed人员可能无法问出相关的问题/ 不同风管人员对于同一个问题可能会找出不同的答案（对于多种原因导致同一个事件的，这条属于优势）。

2. 鱼骨图（fishbone diagram）：5 whys分析是最为流行的在头脑风暴中找到所有原因的分析方法。这些原因在鱼骨图中通过鱼骨和鱼骨髓连接，骨髓指向最终的事件。

鱼骨图最常用于industry或流程方面的问题。制造业中通常使用6M来检视问题原因。

6M包括Machine（technology，任何机器或技术），Method（process，具体执行过程），Material（任何用于生产最终产品的物品，包括信息），Manpower（Physical work/ Mindpower/ brain work，任何参与的人）/ ，Measurement（inspection，流程中产生的用于判断product quality的数据），Milieu/ Mother Nature(Environment，当地因素，包括天气，温度，习俗，文化等)。

4M只包含前四项，属于简化版。8M在6M基础上增加Management/ money power和Maintenance。

其他类型企业有时使用8S（Product/ Service, Price, Place, Promotion/ Environment, People, Process, Physical Evidence, Productivity & Quality）或5S (Surroundings, Suppliers, Systems, Skills, Safety)

（1）鱼骨图的步骤

-画鱼骨图时，风管人员应一同在场，以确认所有问题原因都在头脑风暴阶段体现出来。

-团队同意问题的陈述

-沿着最终的effect画出横线（作为骨髓）

-通过头脑风暴列出原因的主要类别（类别取决于企业类型，组织架构和系统）

-将各类别通过鱼骨与骨髓链接

-可通过5 whys写出每个问题的原因

-写出上一步中问题的具体原因，可以进行归类

-对每个具体原因继续进行5 whys分析

-团队应关注问题最少的分类

-确定root cause后，应拿出补救措施（remedy）并执行，以防再次发生