附件2

**非煤矿山企业构建**

**双重预防机制基本流程和方法**

（征求意见稿）

一、基本流程

双重预防机制构建工作基本流程包括：策划与准备、安全风险评估（包括安全风险辨识、安全风险分析、安全风险评价）、安全风险管控、检查与考核、改进提升。

**（一）策划与准备**

为确保构建双重预防机制工作顺利开展，非煤矿山企业要精心组织策划，做好相关准备工作。重点应做好以下几个方面的工作：

**1.建立工作制度**

要制定完善本企业双重预防机制建设的相关制度，明确工作内容、职责分工、保障措施等相关内容；明确各级领导、部门管理人员和班组员工的具体职责，避免职责不清、相互推诿。工作制度应该具体、有针对性和可操作性，为企业双重预防机制常态化运行提供制度保障。

**2.全面培训人员**

全体人员风险管理的意识和技能是双重预防机制建设的基础，非煤矿山企业尤其是中小型矿山企业，要根据基础薄弱、技术人员匮乏、员工尤其是外包队伍员工整体素质较差的客观实际，对包括主要负责人、管理人员、普通员工和外包单位管理及作业人员在内的全体人员进行有针对性的持续培训。要组织开展关于风险管理知识、风险辨识评估和双重预防机制建设方法等内容的培训，使全体员工真正树立起风险意识，掌握双重预防机制建设相关知识，具备参与风险辨识、评估和管控的基本能力。

**3.收集相关信息**

要充分挖掘确认相关资源信息，为构建双重预防机制提供必要的外部和内部基础资料。

**（1）外部信息。**企业适用的非煤矿山安全生产有关法律、法规、规章、标准、规范性文件，以及安全监管要求；企业所处区域的自然环境状况；矿山企业供应商、承包商以及矿山周边企业、居民等相关方和矿山企业的关系，及其诉求和安全风险承受度；国内外同类企业发生过的典型事故情况。

**（2）内部信息。**企业管理现状、中高层管理人员和专业人员的知识结构、专业经验；普通员工的知识结构、年龄结构等；生产工艺流程、作业环境和设备设施情况；建设、生产运行过程中形成的勘查、设计、评估评价、检测检验、专项研究、实验报告等；企业成立以来的事故情况。

**4.确定安全风险准则**

安全风险准则是企业及其员工乃至全社会对安全风险的可接受程度的表述，是安全风险评估分级的基础。每一个非煤矿山企业都要根据自身技术、装备及管理水平等方面的实际情况，确定本企业的安全风险准则。安全风险准则应体现每一起事故都可以避免的理念，追求“零死亡”目标。

**（二）安全风险评估**

**1.合理划分评估单元**

为便于安全风险评估工作的全面开展，避免出现遗漏，首先要对整个生产系统进行合理划分，确定评估的基本单元。单元划分应该分层次逐级进行，一般可以将整个生产系统依次划分成主单元、分单元、子单元、岗位（设备、作业）单元。主单元可以结合矿山生产工艺流程，按照矿山生产系统划分（见表1），岗位（设备、作业）单元是安全风险评估的最基本单元。非煤矿山企业在实施过程中可以，根据自身生产工艺复杂程度、设备设施分布状况和管理需要等情况灵活增减单元划分的层级和数量，表2给出了金属非金属地下矿山安全风险评估单元划分的例表。

表1 非煤矿山主单元例表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **矿山类型** | **主单元** |
| 1 | 地下矿山 | 开拓、采矿、提升运输、防排水、通风、供配电、充填、压气、通讯、供水消防、工业场地、排土场、 |
| 2 | 露天矿山 | 开拓运输、采矿（穿孔爆破）、边坡、供配电、防排水、排土场、工业场地及周边环境 |
| 3 | 尾矿库 | 放矿筑坝、坝体（包括排渗）、排水、回水、周边环境 |

**2.选择适用的评估方法**

常用的风险评估方法有很多，可以是定性的、半定量的、定量的，或者是这些方法的组合。常用的定性方法包括头脑风暴法、德尔菲法、情景分析法、检查表法、预先危险分析（PHA），常用的定量方法包括失效模式与效应分析（FMEA）*、*决策树分析法；常用的半定量方法包括风险矩阵、因果分析法*、*事故树分析（FTA）。非煤矿山企业应该根据自身安全风险评估的目标、范围、专业技术力量、获取评估所需信息的难易程度等因素，选择适合自身特点的、简单易行的、便于操作的评估方法。各种评估方法对于安全风险评估各阶段而言适用性各不相同，表3列出了部分风险评估方法及其适用性，非煤矿山企业可以在安全风险评估各阶段选用适用的风险评估方法。对于重要的环节和场所，可选用几种评估方法对同一评估对象进行评估，互相补充、互为验证，以提高评估结果的准确性。

表2 金属非金属地下矿山安全风险评估单元划分例表

| **序号** | **主单元** | **分单元** | **子单元** | **岗位（设备设施/作业活动）单元** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 开拓 | … | … | … |
| 2 | 采矿 | … | … | … |
| 3 | 提升运输 | 竖井（罐笼） | 机房 | 操作台 |
| … |
| 提升装置 | 提升机 |
| … |
| 制动装置 | 工作制动 |
| … |
| 保护装置 | 过卷保护装置 |
| … |
| … | … |
| … | … | … |
| 4 | 通风防尘 | … | … | … |
| 5 | 防排水 | … | … | … |
| 6 | 充填 | … | … | … |
| 7 | 供配电 | … | … | … |
| 8 | 供水和消防 | … | … | … |
| 9 | 工业场地 | … | … | … |
| 10 | 排土场 | … | … | … |
| 11 | … | … | … | … |

**3.安全风险辨识**

安全风险辨识是安全风险分级管控的前提和基础，其目的是要识别出企业生产活动中存在的各种危险有害因素、可能导致的事故及其原因、影响范围和潜在后果。

非煤矿山企业开展安全风险辨识时，要充分利用现有安全生产标准化、安全评价及安全专项研究等工作的成果，对这些工作中辨识出的危险源（危险有害因素）认真梳理，在此基础

表3部分风险评估方法在风险评估各阶段的适用性

|  |  |
| --- | --- |
| **风险评估技术** | **风险评估过程** |
| **风险辨识** | **风险分析** | **风险评价** |
| **严重性** | **可能性** |
| 头脑风暴法 | 非常适用 | 适用 | 适用 | 适用 |
| 德尔菲法 | 非常适用 | 适用 | 适用 | 适用 |
| 情景分析法 | 非常适用 | 非常适用 | 适用 | 适用 |
| 安全检查表法 | 非常适用 | 不适用 | 不适用 | 不适用 |
| 预先危险分析法 | 非常适用 | 不适用 | 不适用 | 不适用 |
| 失效模式与效应分析法 | 非常适用 | 非常适用 | 非常适用 | 非常适用 |
| 危险与可操作性分析法 | 非常适用 | 非常适用 | 适用 | 适用 |
| 风险矩阵法 | 非常适用 | 非常适用 | 非常适用 | 适用 |
| 事故树分析法 | 适用 | 非常适用 | 适用 | 不适用 |
| 因果分析法 | 适用 | 非常适用 | 非常适用 | 适用 |

上，进一步从不同的角度和层次充分挖掘可能存在的风险，拓展风险辨识的深度和广度，同时提高辨识准确性和效率。为提高安全风险辨识的完整性和准确性，要充分调动员工的积极性和创造性，发动全体员工特别是生产一线作业人员参与安全风险辨识，利用岗位人员对作业活动熟悉的优势，对单元中的作业活动、作业环境、设备设施、岗位人员、安全管理等方面进行全面的安全风险辨识。

要突出关键岗位或危险场所，尤其是采掘、提升、爆破、通风、排水等关键岗位和大面积采空区、头顶库、高陡边坡、排土场、水文地质条件复杂和与煤伴生矿采掘工作面、深部矿井岩爆区域等危险场所的安全风险辨识，将风险影响因素、成因、可能的影响范围和事故类型查明，将其作为管控风险、遏制重特大事故的重点。

**4.安全风险分析**

安全风险分析就是要在安全风险辨识的基础上，对事故发生的可能性及其后果的严重程度进行分析，为安全风险评价分级和管控提供支持。分析过程中要充分考虑现有安全风险管控措施的有效性。对于事故发生的可能性及其后果，可以通过对事故或事故组合的结果建模确定，或通过实验研究推导确定，也可以通过对行业内同类型事故的分析确定。在建模、试验和工程风险类别分析时，应首先满足非煤矿山领域相关技术标准、规范和规定的强制性要求，如对尾矿库、排土场稳定性模拟分析结论应符合相应规范规定；同时应关注非煤矿山企业生产系统或场所因矿体赋存条件、工程地质结构、矿岩性质、生产单元或系统布置形式、周边自然环境地理条件等因素的差异可能导致的风险的显著变化。要求在研究分析时，应尽量获取现场实测的勘察、试验、检测、设计等基础性数据，确保分析的准确性和可靠性；同时，由于叠加或累积效应，矿山采空区、边坡、尾矿库、排土场等场所随着规模的增大，其安全风险敏感度也在加大，所以在分析时，不仅要掌握其当前风险的后果和可能性，更要全面研究分析这些敏感场所今后的风险变化趋势。非煤矿山企业开展安全风险分析时，尤其要重点关注可能导致发生重特大事故的风险，如乘载人数30人以上的提升罐笼、边坡高度200米以上的露天矿山高陡边坡、堆置高度200米以上的排土场边坡、下游一公里以内居民超过30人的“头顶库”、暴露面积大于5000m2的独立采空区、工程地质水文地质条件复杂的地下矿山采掘工作面等的安全风险，并高度关注此类安全风险影响范围内的人员分布情况。

**5.安全风险评价**

安全风险评价就是要将安全风险分析的结果与企业确定的安全风险准则比较，确定每一项安全风险的等级，以便做出安全风险应对的决策。安全风险等级从高到低划分为重大风险、较大风险、一般风险和低风险。安全风险评价完成时，要形成企业安全风险评估结果表（见表4）。

表4企业安全风险评估结果表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **岗位（设备设施/作业活动）单元** | **安全风险辨识** | **安全风****险分析** | **安全风险评价** |
| **危险有害因素** | **事故类型** | **原因** | **后果** | **影响范围** | **可能性** | **严重程度** | **现有措施有效性** | **安全风险等级** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 注：危险有害因素分类按照《生产过程危险和有害因素分类与代码》（GB/T13816-2009）执行。 |

在对单元风险进行评价的基础上，还要对企业各生产区域的风险进行综合评价。对于每个生产区域，可以根据安全风险关联或组合情况，按照短板原理选择单元安全风险的最高等级作为该生产区域的安全风险等级，也可采用综合加权的方法确定其区域安全风险等级。

**6.绘制安全风险空间分布图**

非煤矿山企业要根据风险评估分级的结果，分别用红色、橙色、黄色、蓝色标示重大风险、较大风险、一般风险和低风险的生产区域，在矿区总平面布置图、井上井下工程对照图、尾矿库周边环境图等图纸上绘制全矿“红橙黄蓝”四色安全风险空间分布图，并用信息化手段将矿山内部各生产区域的安全风险等级展示出来。对于重要单元或区域，可根据风险管控的需要绘制单独的风险分级分布图，如对大型复杂系统，可按生产中段平面分层绘制。

非煤矿山企业可充分利用先进的电子技术、矿山地理信息系统等，建立企业安全风险数据库，不断积累和完善风险评估基础数据，并据此绘制风险分布电子图，可从多角度观察各级风险在企业的分布及变化情况，并可与相关风险信息、避灾线路、应急救援预案紧密联系到一起，提高风险管控的效能。

非煤矿山企业要认真分析红区、橙区、黄区、蓝区安全风险的特点，有针对性地制定管控措施，实行差异化管理，尤其要加大对较大以上风险区域的安全风险管控力度。

**7. 建立非煤矿山企业安全风险管控信息平台**

为提高安全风险管控的效率，非煤矿山企业应充分利用现有安全管理信息系统，建立企业安全风险管控信息平台，构建完整的安全风险数据库，开发与安全风险管控相适应的处理模块和表单，将风险类型、风险等级和相应管控措施清单，以及安全风险管理制度、安全风险辨识技术支撑体系信息（安全风险事件库、安全风险辨识方法模型库、相关标准等）包含其中，并逐步将信息平台与相关单位和政府监管部门的信息终端通过互联网连接，实现企业安全生产信息与政府及各部门互联互通、信息共享，逐步实现政府及有关部门对企业风险分级管控和隐患排查治理情况的实时监控，以及对企业安全风险的实时感知，实现事故后治理向事故前风险管控的转变。同时，信息平台的数据应及时更新。

**（三）安全风险管控**

非煤矿山企业要根据安全风险评估的结果，制定和完善安全风险管控措施（包括降低事故发生可能性或者减小事故后果的措施），确保将安全风险控制在可接受范围。

**1.制定安全风险管控措施**

针对辨识出的每一项安全风险，非煤矿山企业都要从管理、制度、技术和应急等方面综合考虑，制定完善有效的管控措施；单独的措施不足以有效管控安全风险时，应考虑选择多种措施组合使用，并确定实施这些措施的优先顺序。可以通过消除、终止、替代、隔离等措施消减风险，如露天矿高陡边坡的削坡、减载，井下矿山采空区的充填治理、水患矿井的帷幕堵水。也可以通过改造、修理等工程技术手段或个体防护手段降低风险，如井下员工配备自救器。非煤矿山企业要采用管理和监控手段监控风险，如高陡边坡的稳定性监测系统，井下通风系统远程集中监控系统，尾矿库在线监测系统。制定管控措施时，要与各岗位、车间和部门相关人员进行交流，充分论证，确保管控措施的合规性、可行性和有效性。要注重先进适用技术的应用，加强远程监测预警、自动化控制和紧急避险、自救互救的能力建设，积极推进“机械化换人、自动化减人”，严格执行设备定期更新，及时淘汰落后工艺装备。如《金属非金属矿山禁止使用的设备及工艺目录》中所列的淘汰工艺、设备和材料，必须在规定的时间内淘汰。确定的管控措施必须紧密结合生产实际，与现有的生产管理各个环节及现有管控措施充分融合，并符合现有标准对设备设施及作业活动的技术和管理要求。

**2.实施安全风险分级管控**

非煤矿山企业要对现有管理流程进行梳理，优化完善安全管理体系相关要求、标准和制度，将安全风险分级管控整合到现有管理体系尤其是安全生产标准化体系中，融入到企业的整个生产活动与业务流程中，使之成为企业管理过程中的一部分。要根据安全风险分级结果，明确各等级安全风险相对应的企业、车间、班组和岗位人员分级管控的范围和责任，将责任分解到与生产过程相关的领导、部门、车间、班组的每个人，形成企业安全风险分级管控表（见表5）。尤其要重点关注和管控较大以上安全风险，对于重大风险和较大风险应实施多级联合管控，确保管控措施落实到位，有效遏制重特大事故。

表5 企业安全风险分级管控表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **岗位（设备设施/作业活动）单元** | **危险有害因素** | **安全风险等级** | **管控措施** | **责任部门** | **责任人** |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

岗位风险管理是企业安全管理的核心和基础，在员工进入作业岗位时，必须按照安全风险分级管控表对岗位的安全风险状况和各项管控措施进行安全确认，并进行班组危险预知、设备检查等活动，消除不规范行为，做到任务到人、责任到岗、管控到位。企业现场安全管理人员要做好安全风险预知预控的复核检查，确保管控措施有效落实。对岗位出现的异常情况或临时生产活动应立即进行现场风险分析，制定相应对策措施，在管控措施落实后方可进行后续相关活动。对于金属非金属矿山采掘工作面、生产巷道、运输道路、边坡、尾矿坝等处于不断变化中的作业场所，其安全风险也是动态变化的，因此，应对这类场所的安全风险随变动情况适时进行评估，并及时调整管控措施。

**3.安全风险公告警示**

非煤矿山企业要建立完善的安全风险公告制度，在矿山入井（坑）口、交接班室等醒目位置和重点区域分别设置安全风险公告栏（样式见表6）。将危险有害因素、事故类型、后果、影响范围、风险等级、管控措施和应急处理方式、措施落实责任人、有效期、报告电话等信息标识清楚，公告内容应及时更新和建档。要制作重点岗位安全风险告知卡（样式见表7），标明岗位安全操作要点、主要安全风险、可能引发的事故类别、管控措施及应急措施等内容，便于员工随时进行安全风险确认，指导员工安全规范操作。要将岗位安全风险告知卡作为岗位人员安全风险教育和技能培训的基础资料之一，并在应用中不断补充完善。

表6 非煤矿山企业安全风险公告栏（示例）

| **序号** | **环节或部位** | **风险因素** | **事故****类型** | **后果** | **影响****范围** | **风险****等级** | **管控措施** | **应急措施** | **责任人** | **有效期** | **报告电话** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 钻机移动 | 潜孔钻机移动过程履带板压到电缆或拉断自配380V电缆 | 触电 | 死亡事故 | 露天采场 | A | 潜孔钻机移动过程中要注意采场电缆分布情况，防止履带板压到电缆，并有专人收放电缆 | 1、切断电源或采用绝缘物使伤者隔离电源；2、向上级领导报告，同时对伤者进行急救。 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**（四）检查与考核**

**1.强化检查督促落实**

非煤矿山企业要根据工作实际要求和职责分工，从矿级领导、车间（部门）领导直至班组长，层层带头示范，级级传导压力，逐月对安全风险管控措施和责任落实情况进行检查，在日常管理中对相关单位、责任人通过查阅相关记录、抽样检查、现场考试等方式，对其安全风险管控认知、岗位风险识别、管控措施落实等方面进行检查，并认真做好检查记录，检查记录应真实、准确、可追溯，确保各项风险管控措施落到实处，避免出现重形式、轻实效的问题。

表7非煤矿山重点岗位风险告知卡（示例）

**岗位名称：潜孔钻机作业岗位**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **工作****内容** | 穿孔作业、钻机的日常维护及保养、设备安全使用 | **工作****场所** | 道路、采场、台阶 |
| **危****险****有****害****因****素** | 钻机上下坡时，行走抱闸打滑或行走制动失灵 | **事****故****类****别** | 机械伤害 | **管****控****措****施** | 要定期检查行走抱闸的工作状态是否完好 |
| 在线路坡度超过规定所允许的坡度上行走 | 机械伤害 | 规划参数满足要求的行走线路；放下钻架，由专人指挥，并采取防倾覆措施 |
| 钻机移动过程履带板压到采场上的电缆 | 触电 | 要注意采场电缆分布情况，并有专人收放电缆 |
| 潜孔钻机由于钢丝绳断开造成回转机构下坠砸伤人 | 机械伤害 | 先检查钢丝绳在卷筒上是否有乱绕和脱落，是否完好；发现断丝或磨损超过规定要求时要及时更换钢丝绳，要定期保养钢丝绳 |
| 潜孔钻机停放时位置太靠近台阶边坡，台阶滑坡、塌方引起钻机倾倒 | 车辆伤害高处坠落 | 应与台阶坡顶线保持足够安全距离；有滑动倾向的边坡，要采取有效的安全措施 |
| **应急措施** | 机械伤害：1、立即救人，使伤者脱离伤害机械；2、查看伤者受伤情况，如有外伤先止血，包扎伤口；有骨折，先固定；3、立即报告相关负责人；4、受伤人员要尽快运送到医院救治触电：1、切断电源或采用绝缘物使伤者隔离电源；2、向上级领导报告，同时对伤者进人工呼吸等方式进行急救 |

2**.及时排查治理隐患**

对于检查过程中发现的生产安全事故隐患，非煤矿山企业要进一步完善隐患排查治理制度，明确主要负责人、分管负责人、部门和岗位人员隐患排查治理的职责范围和工作任务，完善现有的隐患排查治理工作流程，实现隐患排查、登记、评估、治理、报告、销账的闭环管理。要制定并实施严格的隐患治理方案，做到责任、措施、资金、时限和预案“五落实”，确保隐患得到及时治理。对于重大隐患，要按照相关规定报送安全监管部门。

非煤矿山企业应重点关注以下环节可能出现的重大安全隐患：

（1）地下矿山：

—多个矿山的通风系统互联互通，且未采取相应措施。

—露天转地下开采，地表与井下形成贯通，且未按照设计要求采取相应措施。

—地表水系穿过矿区，且未按照设计要求采取防治水措施。

—相邻矿山开采错动线重叠，且未按照设计要求采取相应措施。

—开采错动线以内的居民村庄、重要设备设施，未按照设计要求采取相应措施。

—安全出口不符合规程及设计要求。

—使用明令禁止使用的设备、材料、工艺。

—矿井（中段、分段、井筒）保安矿柱未按照设计要求留设，且形式及参数劣于设计值；或者擅自开采各种保安矿柱。

—未按照设计要求对生产形成的采空区进行处理或处理不到位。

—具有严重地压条件，但未采取预防地压灾害措施（如卸压等）。

—排水系统主要排水设施与设计要求不符，且排水能力降低。

—井口标高在当地历史最高洪水位1米以下，且未采取相应防护措施。

—未按设计留设或者擅自开采各种防隔水矿柱。

—水文地质类型为中等及复杂的矿井没有设立专门防治水机构、配备专门（兼职）探放水作业队伍和配齐专用探放水设备。

—水文地质类型复杂的矿山中段（分段）防水门位置、型号、数量等与设计要求不一致。

—在突水威胁区域或可疑区域进行采掘作业，未按规定进行探放水。

—受地表水倒灌威胁的矿井在强降雨天气或其来水上游发生洪水期间，不实施停产撤人。

—矿井未建立或未按照设计要求建立机械通风系统，或风速、风量、风质不符合规定要求。

—未配齐具有矿用产品安全标志的便携式气体检测报警仪和自救器。

—提升系统的防坠器、阻车器等安全保护装置和信号闭锁措施失效；未按规定进行定期试验或者检测检验。

—一级负荷没有采用双回路或双电源供电，或者单一电源不能满足全部一级负荷需要。

—向井下供电的变压器和井下使用的变压器违规采用中性接地。

—没有及时填图，现状图纸与实际严重不符。

—不稳定巷道、采场顶板未采取支护措施。

（2）露天矿山：

—地下转露天开采，未探明采空区及未对采空区实施专项安全技术措施而进行作业，使用爆破方式进行二次破碎。

—使用明令禁止使用的设备、材料和工艺。

—未采用自上而下、分层或分台阶的方式进行开采。

—开采或破坏设计规定保留的矿(岩)柱、挂帮矿体。

—边坡存在滑移现象。

—工作帮坡角大于设计工作帮坡角，或者台阶（分层）高度超过设计高度。

—封闭圈深度达到30米及以上的凹陷露天矿山，未按照设计要求建设防洪、排洪设施。

—危险级排土场。

—高度超过200米的边坡或排土场未按照标准要求进行在线监测。

—雷雨天气组织实施爆破作业。

—上山道路坡度大于设计坡度10%以上。

（3）尾矿库：

—库区存在乱采、滥挖、非法爆破等活动。

—坝体出现贯穿性横向裂缝，且出现较大管涌，水质混浊，挟带泥沙或坝体渗流在堆积坝坡有较大范围逸出，且出现流土变形。

—坝外坡坡比陡于设计坡比。

—坝体超过设计坝高，或超设计库容储存尾矿。

—尾矿堆积坝上升速率大于设计堆积上升速率。

—浸润线埋深小于控制浸润线埋深，安全超高或干滩长度小于设计规定，并被判定为险库或危库。

—排水系统、排洪系统构筑物部分坍塌、堵塞，导致排水能力急剧下降。

—设计以外的尾矿、废料或者废水进库。

—多种矿石性质不同的尾砂混合排放时，未按设计要求进行排放。

—未按规程要求对坝体稳定性进行评估。

—尾矿库冬季未采用冰下放矿作业。

**3.强化实施绩效考核**

非煤矿山企业要制定安全风险分级管控绩效考核办法和经济责任制考核细则，依据检查结果，重点从风险评估与实施职责落实、风险管控流程覆盖的深度和广度、风险管控措施落实情况、事故隐患排查治理情况、企业实际安全绩效等方面进行综合考核，并对相关责任人进行必要的奖惩激励，确保按进度计划完成风险管控任务，实现风险管控绩效。

**（五）改进提升**

**1.及时纠正偏差**

针对日常和定期检查中发现的生产安全事故隐患以及安全风险管控措施落实不到位的情况，非煤矿山企业要认真分析原因，剖析安全风险分级管控体系中存在的制度漏洞和管理缺陷，对发现的偏差及时逐项纠正，确保实现双重预防机制的持续改进和闭环管理。

2**.动态评估风险**

非煤矿山企业要根据内部和外部条件的变化情况，对安全风险进行动态评估。特别是在实施改扩建工程项目、应用新设备设施或工艺技术、大型设备安装与检修、停产复工、发现重大不符合项、地质条件出现显著变化，以及发生生产安全事故等方面后，必须对安全风险重新进行评估，并根据评估结果制定实施新的管控措施。

二、常用基本方法

**（一）头脑风暴法**

**1.概述**

头脑风暴法(Brain storming)是指一群知识渊博或有经验的专业人员畅所欲言，通过相互激励激发创新思维，充分拓展联想，以发现潜在的失效模式及相关危害、风险、决策准则及应对办法。在风险评估中该方法可与其它评估方法联合使用。

头脑风暴法泛指任何形式的小组讨论，其中有效的引导非常重要，如包括一系列旨在确保参与人们的想象力因小组内其他成员的观点和言论而得到激发的专门技术。即在开始阶段创造自由讨论的氛围，强调与会人员一律平等，根据风险评估的阶段或需求，可对风险因素、危害形式及可能性、后果、控制措施和风险准则进行深入的讨论，会议讨论进程中应相互启发、使讨论不断进入新的阶段，在不断地循环中筛选和捕捉讨论产生的新设想、新议题。充分挖掘出可能存在风险要素、措施，尽可能多的提出新的认识或判断。

会后通过对记录的所有提出的风险内容编制名称一览表，用通用术语说明每个风险判断的要点；找出重复的和互为补充的内容，并在此基础上形成集体创造的风险综合分析判断。

**2.用途**

头脑风暴法可以与其他风险评估方法一起使用，也可以单独使用来激发风险管理过程中任何阶段的想象力。目的在于推进风险的高层次深入讨论，集思广益，实现对各评估阶段风险要素或对某些过程细节展开更细致的认识和评审。

**3.输入**

在合适的场地，组织一熟悉被评估的组织、系统、过程或应用的专业团队，人员以5～15为宜，选择一名有创新思维的主持人，明确讨论的主题，主题可涵盖风险评估的风险识别、风险分析、风险评价的各个过程。

**4.过程**

头脑风暴法可以是会议形式，也可以是非正式的讨论。正式头脑风暴法要求参与人员需要提前进行充分准备，会议目的和结果都很明确，有具体的方法来评价讨论思路。非正式的头脑风暴法则组织化程度较低，通常针对性更强。

正式过程中应至少包括以下环节:

──讨论会之前，主持人准备好与风险评估讨论内容相关的一系列问题及思考提示;

──确定讨论会的目标结果并解释规则;

──会议提出的设想应由专人简要记录下来;

──主持人首先介绍一系列想法，然后大家探讨各种观点，尽量多发现问题。自由讨论发挥，一切输入（意见）都要接受，不对任何观点加以批评；同时，小组思路快速推进，使这些观点激发出大家的横向思维,通过思想火花的碰撞，相互激励，引起联想并产生共振和连锁反应，鼓励巧妙地利用和改善他人的设想，摆脱原有观念特别是潜在的原有观念的束缚，拓展认识问题的深度和广度;

──当某一方向的思想已经充分挖掘或是讨论偏离主题过远，那么主持人可以引导与会人员进入新的方向。其目的在于收集尽可能多的不同观点，以便进行后续分析;

──会后对头脑风暴形成的意见根据设定的评定准则进行评判，形成最终的风险判断意见。

**5.输出**

输出取决于该结果所应用的风险管理过程的阶段。例如，在识别阶段，该技术的输出可能是识别出的风险及当前控制措施的清单。在风险分析阶段则可能是风险的各种后果和发生的可能性、风险等级等。

**6.优点及局限**

**头脑风暴法的优点包括：**

──激发了想象力，有助于发现新的风险和全新的解决方案；

──让主要的利益相关方参与其中，有助于进行全面沟通；

──速度较快并易于开展。

**局限包括：**

──参与者可能缺乏必要的技术及知识，无法提出有效的建议；

──头脑风暴法相对松散，因此较难保证过程及结果的全面性；

──可能会出现某些有重要观点的人保持沉默而其他人成为讨论的主角。

**（二）德尔非法**

**1.概述**

德尔非法(Delphi)是依据一套独立问卷调查程序在一组专家中取得可靠共识的技术。采用德尔非法的根本特征是专家单独、匿名表达各自的观点,调查人员以通讯方式分别将所需解决的问题单独发送到各个专家手中，征询意见，然后回收汇总全部专家的意见，并整理出综合意见。随后将该综合意见和预测问题再分别反馈给专家，再次征询意见，各专家依据综合意见修改自己原有的意见，然后再汇总。经过反复征询、归纳、修改，逐步取得比较一致的预测结果的决策方法。

**2.用途**

德尔非法可以用于安全风险管理过程或系统生命周期的任何阶段。支持对风险识别、可能性、后果分析及风险评价。

**3.输入**

提供进行风险评估所需的组织体系风险管理的目标、相关的内外部环境参数、风险管理的范围及相应的风险准则等环境信息。

**4.过程**

使用设定的半结构化问卷对一组相关的专家进行提问。专家无需会面、交流，保证其观点具有独立性。

具体步骤如下：

──组建专家团队，可能是一个或多个专家组；专家人数的多少，可根据预测课题的大小和涉及面的宽窄而定；

──编制第一轮针对性的问卷调查表；调查表提出所要预测的问题及有关要求，并附上有关这个问题的所有背景材料；

──将问卷调查表发给每位专家组成员，要求定期返回；

──采用匿名或背靠背的方式，能使每一位专家独立自主地做出自己的判断；

──对每一轮答复的信息进行分析、对比和汇总，并再次下发给专家组成员；让专家比较自己同他人的不同意见，修改或完善自己的意见和判断；在此过程中，只给出各种意见，但并不提供发表意见的专家姓名；

──专家组成员重新做出答复；

──循环以上过程，直到达成共识。

**5.输出**

最后以专家们基本一致的看法或判断，作为预测结果输出。

**6.优点及局限**

**德尔非法的优点包括：**

──能把各位专家意见的分歧点充分表达出来，取各家之长，避各家之短；

──能充分发挥各位专家的作用，集思广益，准确性高；

──便于展开，成员不必一次聚集在某个地方。

**局限包括：**

──过程比较复杂，花费时间较长；

──参与者需要进行清晰的书面表达。

**（三）情景分析法**

**1.概述**

情景分析(Scenario analysis)是指通过假设、预测、模拟等手段，对未来可能发生的各种情景以及各种情景可能对目标产生的影响进行分析的方法。通过推测系统多种演变路径下发生的情景,分析不同情景下的风险及不确定性,可以预知哪些情景可能发生(诸如最佳情景、最差情景及期望情景)，对未来的不确定性提供一个直观的认识，有助于提前对未来可能出现的情景采取对应的决策。情景分析可采用定量或定性的手段。

**2.用途**

情景分析帮助决策并规划未来战略，也可分析现有的活动，在风险评估过程的三个步骤中都可以发挥作用。

情景分析可用来预计风险可能发生的方式，适用于各类风险，包括长期及短期风险的分析。在数据充分的短期分析情况下，可以从现有情景中推断出可能出现的情景。对于周期较长或数据不充分的情况，情景分析的有效性依赖于合乎情理推测。

如果风险分析后果存在比较大的差异，情景分析的应用效果会更为显著。

**3.输入**

情景分析需要构建一支专业团队，能够充分了解所研究组织系统的结构、内外部条件、相关变化的特征和趋势，具备丰富的想象力和预见力，可以有效预见、推断系统未来可能演化发展的趋势；能够据此构建适应假设、预测、模拟分析需要的基础框架、模型或程序；同时，能够获取现有信息和数据，以及未来合理变化的相关参数。

**4.过程**

情景分析的结构可以是正式的，也可以是非正式的。

在建立起团队和相关沟通渠道、确定了需要处理的问题和事件的背景之后，研究人员应对未来发展趋势及变化的可能时机进行分析。识别评估对象可能出现或面临的变化性质。

需要分析的变化可能包括：

──外部情况的变化(例如技术变化)；

──将要做出的决定（采取的措施），而这些决定可能会产生各种不同的后果；

──相关方的需求以及需求可能的变化；

──宏观环境的变化(如政府监管等)，有些变化是必然的，而有些是不确定的。

有时，某种条件的变化可能归因于另一个风险带来的结果。

将影响因素、趋势可以按重要性和不确定性进行列举并排序。应特别关注那些最重要、最不确定的因素。可以绘制出关键因素或趋势的图形，以显示那些情景可以进行开发的区城。

可使用系列情景，关注每个情景的决策或环境参数的合理变化。为每个情景编写一个流程，规定如何从此时此地转向设定的主题情景，每个情景流程的演绎可以包括那些合理的细节。

最后可将这些情景用来测试或评估所研究的风险问题，其需要考虑到任何重要但可预演的因素，然后通过“假定分析”分析组织体系或过程现行策略在这种新情景中出现的概率。对每个情景问题或建议进行评估时需要修正，以使其更为全面地反映现状。当情景发生变化时，可在组织体系中寻求反映风险变化的先行指标并对变化的程度、性质作出评估。

由于情景只是可能出现的未经过界定的“片段”，因此关键是要确定某个特定结果（情景）发生的可能性。例如，对于最佳情景、最差情景以及预期情景，并应描述或说明每个情景发生的可能性（概率）。

**5.输出**

识别并描述未来可能发生的各类情景及发展趋势，并针对各类情景制定相应的应对措施。

**6.优点及局限**

**优点：**

──可根据现实环境的复杂性，对多种可能发生的情况进行预测，并针对每种情景进行提前准备，预测结果更具客观性；

──考虑问题周全，又具有灵活性，它尽可能地考虑将来会出现的各种状况和各种不同的环境因素，将所有的可能尽可能展示出来，有利于决策者进行分析；

──根据不同情景采取不同的预测方法，使定量、定性分析相结合，弥补了定性预测和定量预测的各自缺陷。

**局限：**

──在存在较大不确定性的情况下，有些情景可能不够真实；

──如果将情景分析作为一种决策工具，其危险在于所用情景可能缺乏充分的基础，数据可能具有随机性，同时可能无法发现那些将来可能出现、但目前看起来不切实际的结果。

**（四）检查表法**

**1.概述**

检查表(Check-lists)是一个风险核查及控制清单。其通常是依据现有的成果、发生的故障、曾出现的风险、以前类似系统评估结果专门汇总编制的，有利于系统和周密地评估风险，可较深入地发掘风险和有针对性地提出控制措施。在实施评估时，对表中检查项直接回答“是/否”。

**2.用途**

检查表法可用来识别潜在风险或者评估控制效果，适用于产品、过程或系统的生命周期的任何阶段，可以作为其他风险评估技术的组成部分进行使用。

**3.输入**

涵盖评估问题的所有风险信息及专业知识，并以表单形式系统地列出所有检查项。如针对单元或过程可以选择或编制一个相关的、最好是经过验证的、较完备的检查表。

**4.过程**

具体步骤如下：

──组成检查表编制组，确定检查评估范围；

──依据有关标准、规范、法律条款及过去经验，收集评估对象相关技术资料、类似检查表等，选择设计一个能充分涵盖整个评估范围的检查表；

──使用检查表的人员或团队应熟悉过程或系统的各个因素，同时审查检查表上的项目是否有缺失；

──按此表对系统逐一进行检查。

**5.输出**

输出结果取决于应用该结果的风险管理过程的阶段，例如，输出结果可以是一个控制措施评估清单或是风险清单。

**6.优点及局限**

检查表的优点包括：

──简单明了，使用方便；

──有助于确保常见问题不会被遗漏。

局限包括：

──只可以进行定性分析；

──可能会限制风险识别过程中的想象力；

──鼓励“在方框内画勾”的习惯；

──往往基于已观察到的情况，不利于发现以往没有被观察到的问题。

**（五）预先危险分析（PHA）**

**1.概述**

预先危险分析（Primary hazard analysis，简称PHA）也称初始危险分析，是一项实现系统安全危害分析的初步或初始工作，在设计、施工和生产前，首先对系统中存在的危险性类别、出现条件、导致事故的后果进行分析，目的是识别危险，确定安全性关键部位; 评价各种危险的程度; 确定安全性设计准则，提出消除或控制危险的措施，防止危险发展成事故。

**2.用途**

预先危险分析主要用于新系统设计、已有系统改造之前的方案设计阶段、系统运转活动之前,在人们还没有掌握该系统详细资料的时候,用来分析、辩识可能出现或已经存在的危险因素,鉴别产生危险的原因，预测危险发生可能产生的后果，并在系统运行之前找出预防、改正、补救措施,消除控制危险因素。

预先危险分析还可提供下述信息：

──为制（修）订安全工作计划提供信息；

──确定安全性工作安排的优先顺序；

──确定进行安全性试验的范围；

──确定进一步分析的范围，特别是为故障树分析确定不希望发生的事件；

──编写初始危险分析报告，作为分析结果的书面记录；

──确定系统或设备安全要求，编制系统或设备的性能及设计说明书。

**3.输入**

──各种设计方案的系统和分系统部件的设计图纸和资料；

──在系统预期的寿命期内，系统各组成部分的活动、功能和工作顺序的功能流程图及有关资料；

──在预期的试验、制造、储存、修理、使用等活动中与安全要求有关的背景材料。

**4.过程**

──通过经验判断、技术诊断或其他方法调查确定危险源，熟悉分析对象的功能、构成、物料及设备、工作原理及工艺流程、环境条件等；

──调查、分析过去的经验教训及同类行业生产中发生的事故情况，对系统的影响、损坏程度，类比判断所要分析的系统中可能出现的情况；

──调查了解与人身安全、环境危害及有毒物质等有关的安全要求；

──查找能够造成系统故障、物质损失和人员伤害的危险性，分析事故的可能类型、事故发生的可能性及其后果的严重性等；

──对确定的危险源进行分级分类，编制预先危险分析表；

──研究危险因素转变为危险状态的触发条件和危险状态转变为事故的必要条件，找出消除或控制危险或危害的对策措施。

**5.输出**

──危险及风险清单；

──包括接受、建议控制、设计规范或更详细评估的请求等多种形式的建议。

**6.优点及局限**

优点：

──适用范围广，对系统造成影响的人、物、环境中潜在的危险有害因素都可用于识别和分析；

──方法简便，容易掌握和操作；

──在系统生命周期的初期考虑风险，可及早采取措施排除、降低或控制危害，避免由于考虑不周造成损失。

局限：

──只能提供初步信息，不够全面也无法提供有关风险及最佳风险预防措施方面的详细信息；

──受分级评价人员主观因素影响。

**（六）失效模式和效应分析(FMEA)**

**1.概述**

失效模式和效应分析(Failure mode and effect analysis，简称FMEA)是用来识别组件或系统是否达到控制目标的方法，广泛用于风险分析和风险评价中。FMEA是一种归纳方法，其特点是从基本单元的故障开始逐级分析其原因、影响及应采取的应对措施，通过分析系统内部各个组件的失效模式并推断其对于整个系统的影响，考虑如何才能避免或减小损失。

FMEA用于识别:

──系统各部分所有潜在的失效模式;

──故障原因;

──故障对系统的影响;

──如何避免故障及/或减弱故障对系统的影响。

FMEA分析通常是定性或半定量的，在可以获得实际故障率数据的情况下也可以定量化。

**2.用途**

FMEA方法大多用于实体系统中的组件故障，以及识别人为失效模式及影响。

FMEA可用来：

──确保所有的失效模式及其对运行的影响得到分析；

──列出潜在的故障并识别其影响的严重性；

──为定量的可靠性及可用性分析提供依据。

**3.输入数据**

FMEA需要有关系统组件的充分信息，以便对各组件出现故障的方式进行详细分析。

信息可能包括：

──正在分析的系统及系统组件的构成图，工艺、操作过程流程图；

──了解过程中每一步或系统组成部分的功能；

──可能影响运行的过程及环境参数的详细信息；

──对特定故障结果的了解；

──有关故障的历史信息，包括现有的故障率数据。

**4.过程**

FMEA的步骤包括：

──确定分析对象；

──组建研究团队；

──将系统分成组件或步骤，确认：

各部分出现明显故障的方式是什么?

造成这些失效模式的具体机制?

故障可能产生的影响和后果?

失效是无害的还是有破坏性的?

故障如何检测?

──根据故障结果的严重性，将识别出的失效模式分类。常用分类方法包括：

（1）模式危险度指数；

模式危险度是失效模式将导致整个系统发生故障的概率测量。对于相同后果的失效模式。

模式危险度=故障影响率×失效率×系统操作时间。

（2）风险等级

风险等级=故障模式后果×失效概率。风险等级法可应用于不同失效模式产生的不同后果。风险等级可以定性地、半定量地或定量地表达。

（3）风险优先数(The risk priority number)

风险优先数是一种半定量的危害度测量方法。

风险优先数=故障后果×可能性×发现问题的能力（探测度）

──失效模式报告记录的内容包括：

所分析系统的详细说明；

开展分析的方式；

分析中的假设；

数据来源；

结果，包括完成的工作表；

危害度(如果完成的话)以及界定危害度的方法。

**5.输出**

FMEA的主要输出结果是失效模式、失效机制及其对各组件或者系统或过程步骤影响的清单(可能包括故障可能性的信息)，以及提供有关故障原因及其对整个系统影响方面的信息表。

FMEA的输出包括对于系统失效的严重度、可能性、失效模式导致的风险等级、可“探测到”的失效模式重要性排序。

**6.优点及局限**

FMEA与FMECA的优点包括：

──广泛适用于人力、设备和系统失效模式；

──识别组件失效模式及其原因和对系统的影响，同时用可读性较强的形式表现出来；

──识别单点失效模式以及对冗余或安全系统的需要；

局限包括：

──只能识别单个失效模式，无法同时识别多个失效模式；

──除非得到充分控制并集中充分精力，否则研究工作较为耗时，且开支较大；

──对于复杂的多层系统来说，这项工作可能艰难枯燥。

**（七）危险与可操作性分析法（HAZOP）**

**1.概述**

危险性与可操作性分析法（HAZOP）是一种基于危险和可操作性研究的定性技术，对所研究系统的工艺进行全面地审查，找出可能偏离设计意图的情况，分析其产生原因及造成的后果，采取合适的措施给予控制，主要研究工艺状态参数的变动，以及操作控制中偏差的影响及其发生的原因。其特点是从中间的状态参数的偏差开始，分别向下找原因，向上判别其后果，因此，是故障模式及影响分析和事故树分析方法的引伸，具有二者的优点。该方法通常由一支多专业团队通过多次会议进行。

**2.用途**

──HAZOP技术最初被应用于化学工艺系统的风险评估中。目前该技术已拓展到其他类型的系统及复杂的操作中，包括机械及电子系统、程序、软件系统，甚至包括组织变更及法律合同设计及评审；

──HAZOP分析既适用于设计阶段，又适用于现有的生产装置；可帮助设计人员找到设计方案中的缺陷，并提出安全措施建议，从设计方案上降低工艺系统的风险。又可识别现有的安全措施是否足够，提出建议措施预防潜在事故。

**3.输入**

输入数据可能是有关计划审批系统的资料，包括设计图纸、流程图、布置平面图、等比例图和装配图，以及操作指令、设备控制顺序图、逻辑图和计算机程序等。有时还需要企业、设备的操作规程和说明书等。也可以是描述系统的任何文件，包括组织图或者合同草案等。

**4.过程**

准备工作：

──确定分析目的、对象（如系统或装置等）和范围；

──成立研究小组，充分利用集体的指挥和经验；

──获取必要的资料；

──在搜集足够资料的基础上，制定一份可行的研究计划。

会议审查:

──将系统、过程或者程序划分为小单元或子系统或过程进行具体审查；

──小组成员对可能出现的偏离、引起偏离的原因、产生的后果以及应采取的措施发表意见；

──讨论不良结果可能产生的原因及结果，并提出处理方式，从而减少或者消除影响；

──记录会议讨论内容，约定用于处理风险的具体措施。

**5.输出**

──HAZOP会议记录，包括危险与可操作性问题以及它们产生的原因、研究人员针对不同问题提出的建议等；

──编写HAZOP分析报告，包括危险与可操作性问题的详情，以及现有的安全措施;对需要深入研究的问题提出建议;对分析期间的不确定情况进行处理说明;对发现的问题提出建议和措施;对操作和维护程序中关键点的说明等。

**6.优点及局限**

HAZOP的优点包括：

──为彻底地分析系统、过程或程序提供了有效的方法；

──涉及多专业团队，可处理复杂问题；

──形成了解决方案和风险应对行动方案；

──有机会对人为错误的原因及结果进行清晰的分析；

──针对性强，有利于提高安全操作能力。

局限包括：

──耗时，成本较高；

──对文件或系统／过程以及程序规范的要求较高；

──主要重视的是找到解决方案，而不是质疑基本假设；

──讨论可能会集中在设计细节上，而不是在更宽泛或外部问题上；

──受制于设计（草案）及设计意图，以及传递给团队的范围及目标；

──过程对设计人员的专业知识要求较高，专业人员在寻找设计问题的过程中很难保证完全客观。

**（八）风险矩阵法**

**1.概述**

风险矩阵（Risk matrix）是用于识别风险和对其进行优先排序的有效工具。风险矩阵通过绘制一个二维的表格对风险进行半定性的分析，从而可以直观地显现组织风险的分布情况，有助于管理者根据风险大小确定风险应对方案。

**2.用途**

风险矩阵通常作为一种筛查工具用来对风险进行排序，根据其在矩阵中所处的区域，确定哪些风险需要更细致的分析，或是应首先处理哪些风险。风险矩阵也可以用于帮助在全组织内沟通对风险等级的共同理解。设定风险等级的方法和赋予他们的决策规则应当与组织的风险偏好一致。

**3.输入**

需要输入的数据为风险发生的可能性与后果严重程度的评估结果。

对风险发生可能性的高低、后果严重程度的评估有定性、定量等方法。定性方法是直接用文字描述风险发生可能性的高低、后果严重程度，如“极低”、“低”、“中等”、“高”、“极高”等。定量方法是对风险发生可能性的高低、后果严重程度用具有实际意义的数量描述，如对风险发生可能性的高低用概率来表示，对后果严重程度用伤亡人数和损失金额等来表示。等级标度可以为任何数量的点。最常见的是有3、4或5个点的等级，但各点定义应尽量避免含糊不清。

**4.过程**

──对系统中可能存在的风险进行识别，列出需要评估的危险状态；

──对风险进行评估，对风险发生可能性的高低和后果严重程度进行定性或定量；

──风险评估后，依据评估结果绘制风险矩阵图。绘制矩阵时，一个坐标轴表示结果等级，另一个坐标轴表示可能性等级；

──分析风险矩阵图，找出预防性措施。

**5.输出**

得到风险矩阵图（样式见表8），图中用不同颜色表示风险的等级，确定系统中风险的危害程度，得到分级的风险清单。

表8 风险判定矩阵

|  |  |
| --- | --- |
| **可能性** | **严重程度** |
| I（灾难） | II（严重） | III（较重） | IV（较轻） |
| **A** | 重大风险 | 重大风险 | 较大风险 | 一般风险 |
| **B** | 重大风险 | 重大风险 | 较大风险 | 一般风险 |
| **C** | 重大风险 | 较大风险 | 一般风险 | 低风险 |
| **D** | 较大风险 | 一般风险 | 一般风险 | 低风险 |
| **E** | 一般风险 | 一般风险 | 一般风险 | 低风险 |

**6.优点及局限**

风险矩阵的优点包括：

──方法简单，易于使用；

──显示直观，可识别哪些风险是关键的风险；

──在项目全周期过程中评估和管理风险的直接方法。

局限包括：

──必须设计出适合具体情况的矩阵，因此，很难有一个适用于组织各相关环境的通用系统，很难清晰地界定等级；

──该方法的主观色彩较强，不同决策者之间的等级划分结果会有明显的差别；

──无法对风险进行累计迭加（例如，人们无法将一定频率的低风险界定为中级风险）。

**（九）事故树分析法（ETA）**

**1.概述**

事故树分析是对所研究系统发生事故的条件、可能导致的灾害性后果，按因果逻辑关系的先后顺序绘制成的分析程序的树状图，它表示了事故与各种事件之间的逻辑关系。事故树是一种利用布尔逻辑关系从结果到原因表示事故发生过程的逻辑树图。事故树分析法首先从预料以外的事件开始作为始端，如系统失效，或人体受伤作为分析的始端，然后列出构成终端事件直接原因的子系统或系统组成单元，将终端事件和基本事件等用逻辑符号连接起来做出FT图，最适合于找出各种失效事件之间的关系，即寻找系统失效的可能方式。

**2.用途**

事故树分析方法可形象明了地反映出事故发生的因果关系。它既可用于事故后的原因分析，又可用于系统危险性评价与辨识；既可以定性分析也可以用于定量分析。

──可用于查明与事件发生有关的全部原因。有时还可能发现由没有预想到的故障组合构成的事件原因；

──把给定对象的过程和结果用图明确表示出来，如果系统设计不合适，利用FT可以判定系统的弱点，以及它们与事件的联系。如果设计合理，也可利用FT对预计到的原因进一步澄清加以明确；

──便于计算系统故障的概率，也是变更可靠性分析、安全设计和评价方案制定的依据。

**3.输入**

──设计、材料、制造工艺中的缺陷；

──操作及维修中疏忽或指令的差错；

──意外事件的出现；

──所分析的系统和其他系统，或者和环境之间的关系，即应考虑其它系统或环境对所分析系统的影响；

──自然界现象的出现，如地震等。

**4.过程**

──熟悉系统，详细了解分析所研究系统的工作状态、工艺过程、运行参数、作业情况以及环境影响程度；

──调查事故，广泛收集同类系统的事故资料，进行事故统计，预测所研究系统可能发生的事故；

──确定顶上事件，对所要着重研究的事故进行全面的分析，分析它们的损失程度和发生的概率。找出后果严重且易于发生的事故作为顶上事件；

──确定顶上事件的控制目标，根据以往事故经验和同类事故的资料，进行统计分析。求出该事故的概率（或频率），根据这类事故的发生概率及严重程度，确定其发生概率的控制目标；

──原因事件调查，从人、机、环境和管理等方面，全面分析、调查与顶上事件（事故）有关的原因事件和因素，作为基本事件；

──绘制事故树，从顶上事故开始，通过分析逐级找出直接原因事件，按其因果逻辑关系，用逻辑门将上下层事件连接起来，绘出事故树图；

──定性分析，运用布尔代数数学工具，对事故树进行简化，求出最小割集和最小径集，确定各基本事件的结构重要度；

──求顶上事件（事故）的发生概率，确定出所有原因事件（基本事件）的发生概率，并利用其求出顶上事件（事故）的发生概率；

──分析比较，将求得的顶上事件发生概率与通常统计分析所得到的概率进行比较。如果两者相互矛盾，需返回到原因事件调查，查看基本事件有无遗漏，逻辑关系是否正确以及所拟订的基本事件发生概率是否合适等；

──定量分析，当求得的顶上事件发生概率超过预定目标时，应该从最小割集入手，研究降低事故概率的各种可能，从中选出最优方案。

**5.输出**

──顶上事件发生方式的示意图，并可显示各路径之间的相互关系；

──最小分割集合清单（单个故障路径），并说明每个路径的发生概率（如果有相关数据）；

──顶上事件的发生概率。

**6.优点及局限**

优点包括：

──能全面、形象地描述事故原因及其相互之间的逻辑关系；

──便于发现系统中存在的潜在危险，根据事件发生的频率确定导致事故发生的影响程度；

──便于通过定性分析寻找控制事故的要点；

──便于进行数理逻辑运算和定量计算。

局限：

──如果基础事件的概率有较高的不确定性，计算出的顶上事件的概率的不确定性也较高；

──分析人员必须非常熟悉对象系统，能准确和熟练地应用分析方法，具有丰富的实践经验；

──对于复杂系统，编制事故树的步骤较多，工作量大；

──该分析方法主要针对一个特定事故进行分析，而不是针对一个过程或设备系统进行分析。

**（十）因果分析法**

**1.概述**

因果分析（Cause and consequence analysis，简称CCA）综合了事件树分析和故障树分析方法。把系统中产生事故的原因及造成的结果所构成错综复杂的因果关系，采用简明文字和线条加以全面表示的方法。其中用于表述事故发生的原因与结果关系的图形为因果分析图（鱼刺图），可识别出所有相关的原因和潜在结果。因果分析可应用于产品或系统生命周期的任何阶段，可以定性使用，也可用作定量分析。

**2.用途**

因果分析方法可分析某个系统在关键事件之后可能的各种路径。如果进行量化，该方法可估算出某个关键事件过后各种不同结果发生的概率。由于因果图中的每个序列是子故障树的结合，因此因果分析可作为一种建立大故障树的工具。

**3.输入**

与系统及其失效模式和故障情景相关的各类数据。

**4.过程**

──确定要分析的某个特定问题或事故；

──确定造成事故的因素分类项目，如安全管理、操作者、材料、环境等；

──将上述项目进行深入分析，找出对应项目造成事故的原因，并层层展开，一直到不能再分为止；

──绘制因果分析图；

──通过对特定条件下事件发生的概率进行分析，得到结果发生的概率。

**5.输出**

──因果分析的结果可用图形表示，对系统故障的原因进行图形表示既可说明原因，也可说明结果；

──通过对引起关键事件特定条件发生的概率进行分析，可以估算出各潜在结果发生的概率。

**6.优点及局限**

因果分析的优点相当于事件树及故障树的综合优点，且由于其可以分析随时间发展变化的事项，因果分析克服了事件树及故障树技术的局限，提供了系统的全面视角。

局限是该方法的建构过程要比故障树和事件树更为复杂，同时在定量过程中必须处理事件之间的依存关系。