

---

## 第七章 不确定性分析与风险分析

不确定性分析与风险分析是项目经济评价中非常重要的决策分析方法，两者既有联系又有区别，本章在第一篇第九章《矿业投资风险分析》的基础上，对不确定分析与风险分析的有关理论和在项目评价中的实际操作进一步深化。

不确定分析与风险分析的主要区别与联系有以下几点：

1. 项目经济评价所采用的基本变量都是对未来的预测和假设，因而具有不确定性。通过对拟建项目具有较大影响的不确定性因素进行分析，计算基本变量的增减变化引起项目财务或经济效益指标的变化，找出最敏感的因素及其临界点，预测项目可能承担的风险，使项目的投资决策建立在较为稳妥的基础上。

2. 风险是指未来发生不利事件的概率或可能性。投资建设项目经济风险是指由于不确定性的存在导致项目实施后偏离预期财务和经济效益目标的可能性。经济风险分析是通过识别风险因素，采用定性或定量分析的方法估计各风险因素发生的可能性及对项目的影响程度，揭示影响项目成败的关键风险因素，提出项目风险的预警、预报和相应的对策，为投资决策服务。经济风险分析的另一重要功能还在于它有助于在可行性研究的过程中，通过信息反馈，改进或优化项目设计方案，直接起到降低项目风险的作用。风险分析的程序包括风险因素识别、风险估计、风险评价与防范应对。

3. 不确定性分析与风险分析既有联系，又有区别，由于人们对未来事物认识的局限性，可获信息的有限性以及未来事物本身的不确定性，使得投资建设项目的实施结果可能偏离预期目标，这就形成了投资建设项目预期目标的不确定性，从而使项目可能得到高于或低于预期的效益，甚至遭受一定的损失，导致投资建设项目“有风险”。通过不确定性分析可以找出影响项目效益的敏感因素，确定敏感程度，但不知这种不确定性因素发生的可能性及影响程度。借助于风险分析可以得知不确定性因素发生的可能性以及给项目带来经济损失的程度。不确定性分析找出的敏感因素又可以作为风险因素识别和风险估计的依据。

### 7.1 经济风险

1. 经济风险的来源。建设项目的经济风险来源于法律、法规及政策变化，市场供需变化，资源开发与利用、技术的可靠性、工程方案、融资方案、组织管理、环境与社会、外部配套条件等一个方面或几个方面的共同影响，具体内容如下：

1) 政策方面：由于政府政策调整，使项目原定目标难以实现所造成的损失，如税收、金融、环保、产业政策等的调整变化，税率、利率、汇率、通货膨胀率的变化都会对项目经济效益带来影响。

2) 市场方面：由于市场需求的变化、竞争对手的竞争策略调整，项目产品销路不畅，产品价格低迷等，以至产量和销售收入达不到预期的目标，给项目预期收益带来的损失。

3) 资源方面：资源开发与利用的项目，由于矿产资源的储量、品位、可采储量、开拓工程量及采选方式等与原预测结果发生较大偏离，导致项目开采成本增高，产量降低或经济寿命期缩短，造成巨大的经济损失。在水资源短缺地区的投资建设项目，可能受水资源勘察不明、气候不正常等因素的影响。对于农业灌溉项目还可能有水资源分配问题等。

4) 技术方面：项目采用的技术，特别是引进技术的先进性、可靠性、适用性和经济性与原方案

发生重大变化，导致项目不能按期进入正常生产状态，或生产能力利用率降低，达不到设计要求，或生产成本提高，产品质量达不到预期要求等。

5) 工程方面：因工程地质和水文地质条件出乎预料的变化，工程设计发生重大变化，导致工程量增加、投资增加、工期延长所造成的损失；由于前期准备工作不足，导致项目实施阶段建设方案的变化；工程设计方案不合理，可能给项目的生产经营带来影响等，造成经济损失。

6) 融资方面：项目资金来源的可靠性、充足性和及时性不能保证；由于工程量预计不足、或设备材料价格上升导致投资增加；由于计划不周或外部条件等因素导致建设工期拖延；利率、汇率变化导致融资成本升高所造成的损失。

7) 组织管理方面：由于项目组织结构不当、管理机制不完善或是主要管理者能力不足等，导致项目不能按计划建成投产，投资超出估算；或在项目投产后，未能制定有效的企业竞争策略，在市场竞争中失败。

8) 环境与社会方面：对于许多项目，外部环境因素包括自然环境和社会环境因素的影响。如项目选址不当，项目对社区的影响、生态环境影响估计不足，或是项目环保措施不当，在项目建成后，可能对社区和生态带来严重影响，导致社区居民和社会的反对，造成直接经济损失。

9) 配套条件方面：建设项目需要的外部配套设施，如供水排水、供电供汽、公路铁路、港口码头以及上下游配套设施等，在可行性研究中虽都作了考虑，但是实际上仍然可能存在外部配套设施没有如期落实的问题，致使建设项目不能发挥应有效益，从而带来风险。

10) 其他方面：对于某些项目，应考虑特有的风险因素。例如，对于合资项目，要考虑合资对象的法人资格和资信问题；对于农业建设项目，要考虑因气候、土壤、水利等条件的变化对收成不利影响的风险因素等；许多无形成本和效益的度量是分析专家个人的主观价值判断，不能量化的外部或间接效果的定性判断完全是主观的。

2. 经济风险因素。经济风险分析的任务之一，是通过政策、市场、资源、技术、工程、资金、管理、环境、外部配套条件和其他等以上十个方面的分析找出风险因素。上述各方面经常是相互关联的，有时也难以分清。为寻找风险根源，有必要区分事件、后果和根源，如建设工期延误的原因和可能的后果，列于表7.4。

表7.4建设工期延误的可能原因与后果

原因	事件	可能后果
资金短缺 建筑材料供应延误 熟练劳动力不足 恶劣的天气 设计变更，工程量增加 管理或协调不力	建设工期延误	投资超支 推迟建设 推迟投产 还款期延长 市场机会延误 项目破产

财务与经济分析的风险因素可归纳为六类：

1. 项目收益风险：产出品数量(服务量)与预测(财务与经济)价格；
2. 建设投资风险：建筑安装工程量、设备选型与数量、土地征用和拆迁安置费、人工、材料价格、机械使用费及取费标准等；

- 
3. 融资风险：资金来源、供应量与供应时间等；
  4. 建设工期风险：工期延长；
  5. 运营成本费用风险：投入的各种原料、材料、燃料、动力的需求量与预测价格、劳动力工资、各种管理费取费标准等；
  6. 政策风险：税率、利率、汇率及通货膨胀率等。

## 7.2 风险识别

风险识别是风险分析的基础，运用系统论的方法对项目进行全面考察综合分析，找出潜在的各种风险因素，并对各种风险进行比较、分类，确定各因素间的相关性与独立性，判断其发生的可能性及对项目的影响程度，按其重要性进行排队，或赋予权重。

1. 风险识别方法。风险识别应根据项目的特点选用适当的方法。常用的方法有问卷调查、专家调查法和情景分析等。具体操作中，一般通过问卷调查或专家调查法完成，建立项目风险因素调查表(见7.9)。

2. 风险识别应注意的问题。

- 1) 建设项目的不同阶段存在的主要风险有所不同；
- 2) 风险因素依项目不同具有特殊性；
- 3) 对于项目的有关各方(不同的风险管理主体)可能会有不同的风险；
- 4) 风险的构成具有明显的递阶层次，风险识别应层层剖析，尽可能深入到最基本的风险单元，以明确风险的根本来源；
- 5) 正确判断风险因素间的相关性与独立性；
- 6) 识别风险应注意借鉴历史经验，要求分析者富有经验、创建性和系统观念。

## 7.3 风险估计

风险估计又称风险测定、测试、衡量和估算等。风险估计是在风险识别之后，通过定量分析的方法测度风险发生的可能性及对项目的影响程度。

1. 风险估计与概率。风险估计是估算风险事件发生的概率及其后果的严重程度，因此，风险与概率密切相关。概率是度量某一事件发生的可能性大小的量，它是随机事件的函数。必然发生的事件，其概率为1，不可能事件，其概率为零，一般的随机事件，其概率在0与1之间。风险估计分为主观概率(估计)和客观概率(估计)两种。

1) 主观概率(估计)是指人们对某一风险因素发生可能性的主观判断，用介于0到1的数据来描述。这种主观估计基于人们所掌握的大量信息或长期经验的积累，而不是随意“拍脑袋”。

2) 客观概率(估计)是根据大量的试验数据，用统计的方法计算某一风险因素发生的可能性，它是不以人的主观意志为转移的客观存在的概率，客观概率计算需要足够多的试验数据作支持。

3) 在项目评价中，要对项目的投入与产出进行从机会研究到投产运营全过程的预测。由于不可能获得足够时间与资金对某一事件发生的可能性作大量的试验，又因事件是将来发生的，也不可能做出准确的分析，很难计算出该事件发生的客观概率，但决策又需要对事件发生的概率做出估计，因此项目前期的风险估计最常用的方法是由专家或决策者对事件出现的可能性做出主观估计。

2. 风险估计与概率分布。

1) 风险估计的一个重要方面是确定风险事件的概率分布。概率分布用来描述损失原因所致各种损失发生可能性的分布情况，是显示各种风险事件发生概率的函数。概率分布函数给出的分布形式、期望值、方差、标准差等信息，可直接或间接用来判断项目的风险。

2) 常用的概率分布类型有离散概率分布和连续概率分布。当输入变量可能值为有限个数，这种随机变量称为离散随机变量，其概率称离散概率，它适用于变量取值个数不多的输入变量。当输入变量的取值充满一个区间，无法按一定次序一一列举出来时，这种随机变量称连续随机变量，其概率称连续概率，常用的连续概率分布有正态分布、对数正态分布、泊松分布、三角分布、二项分布等。各种状态的概率取值之和等于1。

3) 在风险估计中，确定概率分布时，需要注意充分利用已获得的各种信息进行估测和计算，在获得的信息不够充分的条件下则需要根据主观判断和近似的方法确定概率分布，具体采用何种分布应根据项目风险特点而定。确定风险事件的概率分布常用的方法有概率树、蒙特卡罗模拟及CIM模型等分析法。

#### 7.4 风险评价

风险评价是对项目经济风险进行综合分析，是依据风险对项目经济目标的。影响程度进行项目风险分级排序的过程。它是在项目风险识别和估计的基础上，通过建立项目风险的系统评价模型，列出各种风险因素发生的概率及概率分布，确定可能导致的损失大小，从而找到该项目的关键风险，确定项目的整体风险水平，为如何处置这些风险提供科学依据。风险评价的判别标准可采用两种类型：

1. 以经济指标的累计概率、标准差为判别标准。

1) 财务(经济)内部收益率大于等于基准收益率的累计概率值越大，风险越小；标准差越小，风险越小。

2) 财务(经济)净现值大于等于零的累计概率值越大，风险越小；标准差越小，风险越小。

2. 以综合风险等级为判别标准。

风险等级的划分既要考虑风险因素出现的可能性又要考虑对风险出现后对项目的影晌程度，有多种表述方法，一般应选择矩阵列表法划分风险等级。矩阵列表法简单直观，将风险因素出现的可能性及对项目的影晌程度构造一个矩阵，表中每一单元对应一种风险的可能性及其影晌程度。为适应现实生活中人们往往以单一指标描述事物的习惯，将风险的可能性与影晌程度综合起来，用某种级别表示，见表7.7。该表是以风险应对的方式来表中风险的综合等级。所示风险等级亦可采用数学推导和专家判断相结合确定。

表7.7综合风险等级分类表

综合风险等级		风险影响的程度			
		严重	较大	适度	低
	高	K	M	R	R
	较高	M	M	R	R
	适度	T	T	R	I
	低	T	T	R	I

---

综合风险等级分为K、M、T、R、I五个等级：

K(Kill)表示项目风险很强，出现这类风险就要放弃项目；

M(Modify plan)表示项目风险强，需要修正拟议中的方案，通过改变设计或采取补偿措施等；

T(Trigger)表示风险较强，设定某些指标的临界值，指标一旦达到临界值，就要变更设计或对负面影响采取补偿措施；

R(Review and reconsider)表示风险适度(较小)，适当采取措施后不影响项目；

I(Ignore)表示风险弱，可忽略。

落在该表左上角的风险会产生严重后果；落在这个表左下角的风险，发生的可能性相对低，必须注意临界指标的变化，提前防范与管理；落在该表右上角的风险影响虽然相对适度，但是发生的可能性相对高，也会对项目产生影响，应注意防范；落在该表右下角的风险，损失不大，发生的概率小，可以忽略不计。

以上推荐的风险等级的划分标准并不是唯一的，其他可供选择的划分标准有很多，如常用的风险等级划分为1~9级等。

## 7.5 风险应对

在经济风险分析中找出的关键风险因素，对项目的成败具有重大影响，需要采取相应的应对措施，尽可能降低风险的不利影响，实现预期投资效益。

### 1. 选择风险应对的原则。

1) 贯穿于项目可行性研究的全过程。可行性研究是一项复杂的系统工程而经济风险来源于技术、市场、工程等各个方面，因此，应从规划设计上就采取规避防范风险的措施，才能防患于未然。

2) 针对性。风险对策研究应有很强的针对性，应结合行业特点，针对特定项目主要的或关键的风险因素提出必要的措施，将其影响降低到最小程度。

3) 可行性。可行性研究阶段所进行的风险应对研究应立足于现实客观的基础之上，提出的风险应对应在财务、技术等方面是切实可行的。

4) 经济性。规避防范风险是要付出代价的，如果提出的风险应对所花费的费用远大于可能造成的风险损失，该对策将毫无意义。在风险应对研究中应将规避防范风险措施所付出的代价与该风险可能造成的损失进行权衡，旨在寻求以最少的费用获取最大的风险效益。

### 2. 决策阶段的风险主要应对。

1) 提出多个备选方案，通过多方案的技术、经济比较，选择最优方案；

2) 对有关重大工程技术难题潜在风险因素提出必要研究与试验课题，准确地把握有关问题，消除模糊认识；

3) 对影响投资、质量、工期和效益等有关数据，如价格、汇率和利率等风险因素，在编制投资估算、制定建设计划和分析经济效益时，应留有充分的余地，谨慎决策，并在项目执行过程中实施有效监控。

### 3. 建设或运营期的风险可建议采取回避、转移、分担和自担措施。

1) 风险回避是彻底规避风险的一种做法，即断绝风险的来源。风险回避一般适用于以下两种情况，某种风险可能造成相当大的损失；风险应对防范风险价昂贵，得不偿失。

---

2) 风险分担是针对风险较大, 投资人无法独立承担, 或是为了控制项目的风险源, 而采取与其他企业合资或合作等方式, 共同承担风险、共享收益的方法。

3) 风险转移是将项目业主可能面临的风险转移给他人承担, 以避免风险损失的一种方法。转移风险有两种方式, 一是将风险源转移出去, 如将已做完前期工作的项目转给他人投资, 或将其中风险大的部分转给他人承包建设或经营; 二是只把部分或全部风险损失转移出去, 包括保险转移方式和非保险转移方式两种。

4) 风险自担就是将风险损失留给项目业主自己独立承担项目的风险。投资者已知有风险但由于可能获利而需要冒险时, 同时又不愿意将获利的机会分给别人, 必须保留和承担这种风险。

上述风险应对不是互斥的, 实践中常常组合使用。可行性研究中应结合项目的实际情况, 研究并选用相应的风险对策。

## 7.6 风险分析方法评述

风险分析方法很多, 几种常用方法的基本原理和基本操作步骤。具体应用须参见有关书籍。

1. 专家调查法。对风险的识别和评价可采用专家调查法。专家调查法简单、易操作, 它凭借分析者(包括可行性研究人员和决策者等)的经验对项目各类风险因素及其风险程度做出定性估计。专家调查法可以通过发函、开会或其他形式向专家进行调查, 对项目风险因素、风险发生的可能性及风险对项目的影响程度评定, 将多位专家的经验集中起来形成分析结论。由于它比一般的经验识别法更具客观性, 因此应用较为广泛。

采用专家调查法时, 专家应熟悉该行业和所评估的风险因素, 并能做到客观公正。为减少主观性, 聘用的专家应有一定数量, 一般应在10~20位左右。具体操作上, 将项目可能出现的各类风险因素、风险发生的可能性及风险对项目的影响程度采取表格形式一一列出, 请每位专家凭借经验独立对各类风险因素的可能性和影响程度进行选择, 最后将各位专家的意见归集起来, 填写专家调查表。专家调查法是获得主观概率的基本方法。

2. 层次分析法。层次分析法(The Analytic Hierarchy Process)是美国著名运筹学家, 匹兹堡大学教授T. L Saaty于20世纪70年代中期提出的一种定性与定量相结合的决策分析方法, 简称AHP方法。层次分析法是一种多准则决策分析方法, 在风险分析中它有两种用途: 一是将风险因素逐层分解识别, 见图7.9, 直至最基本的风险因素, 也称正向分解; 二是两两比较同一层次风险因素的重要程度, 列出该层风险因素的判断矩阵(判断矩阵可由专家调查法得出), 判断矩阵的特征根就是该层次各个风险因素的权重(具体计算方法可参见介绍层次分析的书籍), 利用权重与同层次风险因素概率分布的组合, 求得上一层风险的概率分布, 直至求出总目标的概率分布, 也称反向合成。运用层次分析法解决实际问题一般包括四个步骤:

- 1) 建立所研究问题的递阶层次结构;
- 2) 构造两两比较判断矩阵;
- 3) 由判断矩阵计算被比较元素的相对权重;
- 4) 计算各层元素的组合权重;
- 5) 将各子项的权重与子项的风险概率分布加权叠加, 即得出项目的经济风险概率分布。

3. CIM方法。CIM模型(CIM, Controlled Interval and Memory Model)是控制区间和记忆模型, 也称概率分布的叠加模型, 或“记忆模型”。它是C. 钱伯曼(C. Chapman)和D. 库泊(D. Cooper)在

1983年提出的。CIM模型包括串联响应模型和并联响应模型，它们分别是以随机变量的概率分布形式进行串联、并联叠加的有效方法。

CIM方法的主要特点是：用离散的直方图表示随机变量概率分布，用和代替概率函数的积分，并按串联或并联响应模型进行概率叠加。在概率叠加的时候，CIM方法可将直方图的变量区间进行调整，即所谓的区间控制，一般是缩小变量区间，使直方图与概率解析分布的误差显著减小，提高了计算的精度。CIM模型同时也可用“记忆”的方式考虑前后变量的相互影响，把前面概率分布叠加的结果记忆下来，应用“控制区间”的方法将其与后面变量的概率分布叠加，直至最后一个变量为止。应用CIM方法解决实际问题时，可参照层次分析法的应用步骤进行，具体计算方法可参见介绍CIM模型的书籍。

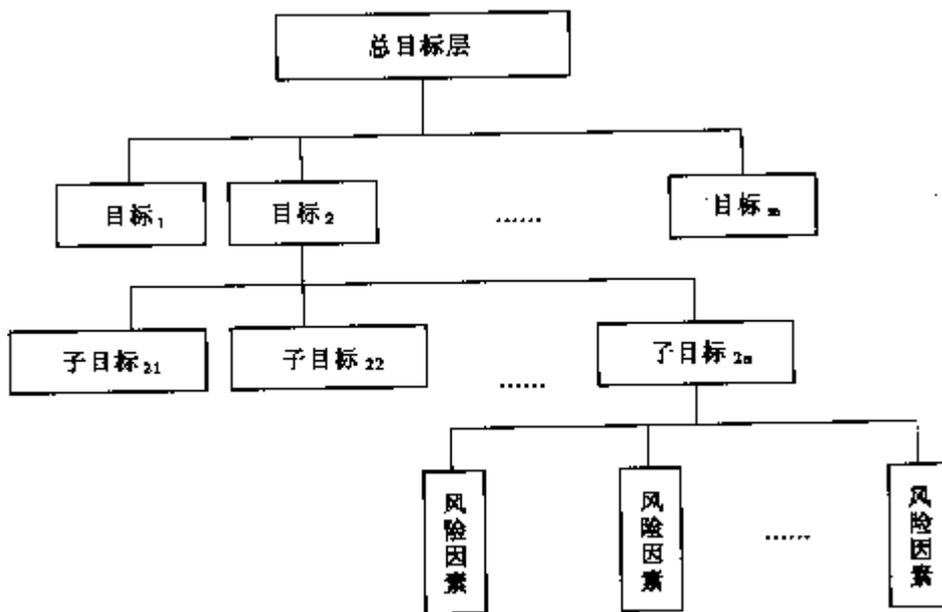


图7.9 风险因素的递阶层次图

4. 概率树。概率树分析是假定风险变量之间是相互独立的，在构造概率树的基础上，将每个风险变量的各种状态取值组合计算，分别计算每种组合状态下的评价指标值及相应的概率，得到评价指标的概率分布，并统计出评价指标低于或高于基准值的累计概率，计算评价指标的期望值、方差、标准差和离散系数。可以绘制以评价指标为横轴，累计概率为纵轴的累计概率曲线。

概率树计算项目净现值的期望值和净现值大于或等于零的累计概率的计算步骤：

- 1) 通过敏感性分析，确定风险变量；
- 2) 判断风险变量可能发生的情况；
- 3) 确定每种情况可能发生的概率，每种情况发生的概率之和必须等于1；
- 4) 求出可能发生事件的净现值、加权净现值，然后求出净现值的期望值；
- 5) 可用插入法求出净现值大于或等于零的累计概率。

5. 蒙特卡罗模拟法。蒙特卡罗模拟法 (Monte—Carlo Simulation) 又称随机模拟法或统计试验法，是一种通过对随机变量进行统计试验和随机模拟，求解数学、物理以及工程技术等有关问题的近似的数学求解方法。

蒙特卡罗模拟技术，是用随机抽样的方法抽取一组满足输入变量的概率分布特征的数值，

输入这组变量计算项目评价指标，通过多次抽样计算可获得评价指标的概率分布及累计概率分布、期望值、方差、标准差，计算项目可行或不可行的概率，从而估计项目投资所承担的风险。模拟过程：

- 1) 通过敏感性分析，确定风险变量；
- 2) 构造风险变量的概率分布模型；
- 3) 为各输入风险变量抽取随机数；
- 4) 将抽得的随机数转化为各输入变量的抽样值；
- 5) 将抽样值组成一组项目评价基础数据；
- 6) 根据基础数据计算出评价指标值；
- 7) 整理模拟结果所得评价指标的期望值、方差、标准差和它的概率分布及累计概率，绘制累计概率图，计算项目可行或不可行的概率。

**7.7 风险分析操作过程**

在具体操作过程中，经济风险分析区别两种情况：

第一种情况：项目经济风险分析在敏感性分析的基础上进行，只需要分析敏感因素发生的可能性及对经济评价指标的影响程度，没有必要再进行详细的风险识别，可选择适当的方法估计风险发生的概率，然后进行风险估计、风险评价与应对研究。

进行经济风险分析时，风险因素主观概率的估计是在给定风险因素的变化区间后，由专家估计风险因素在不同区间变化的可能性，填入概率分布统计表，表格格式见表7.10—1。各变化区间填写的数值之和应等于1。

表7.10—1 财务现金流量分析风险因素变化区间的概率分布统计表

序号	风险因素	-20%~ -15%	-15%~ -10%	-10%~ -5%	-5%~ 0%	0%	0%~ 5%	5%~ 10%	10%~ 15%	15%~ 20%
L	现金流入									
1.1	产出品价格			0.1	0.2	0.5	0.1	0.1		
1.2	产量	0.01	0.04	0.1	0.15	0.4	0.15	0.10	0.04	0.01
2	现金流出									
2.1	设备价格	0	0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.05
2.2	土地价格	0	0	0	0	0.05	0.35	0.3	0.2	0.1
2.3	材料消耗量	0	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1	0	0	0
2.4	原材料价格									

由以上调查统计表得出各个风险因素的概率分布后，可以利用蒙特卡罗模拟法计算经济评价指标的概率分布，以及相应的累计概率、期望值和标准差等指标。

第二种情况：项目需要进行系统的专题经济风险分析时，应按前述四个阶段的要求进行。采用专家调查与层次分析相结合的方法识别风险因素，建立风险因素调查统计表，表格格式见表7.10—2，估计风险因素出现的可能性和对项目的影响程度，确定各个风险因素等级的概率分布。

表7.10—2 风险因素专家调查统计表



风 险 别		1.3	确定假设条件
		1.4	确定项目成功的关键判据
	步骤2	2	收集有关风险信息
		2.1	风险细分
		2.2	分析每个子项(或称目标、子目标)包含的内容
		2.3	分析子项之间的关系: 独立性及相关性
		2.4	列出可能的风险原因
		2.5	识别每个子项的基本风险因素
	步骤3	2.6	准备子项风险清单
		3	风险分类
3.1		根据风险原因对风险进行分类	
3.2		定性分析影响的效果: 风险发生的可能性及后果	
风 险 计	步骤4	3.3	判断风险因素的权重
		3.4	填写子项风险清单
		4	风险量化估计
		4.1	确定是否需要定量估计
		4.2	运用AHP、CIM、Monte-Carl。定量分析风险发生的可能性及后果, 获得风险等级的概率分布、最可能发生的风险等级
		4.3	按照风险的影响程度对其进行排队
风 险 与 策	步骤5	4.4	绘制风险等级概率分布图和表
		4.5	风险确定项目综合风险等级
		5	风险综合评价
		5.1	确定每个风险或每组风险水平
		5.2	根据风险等级的判别标准衡量其可接受性
		6.1	为不能接受的风险设计替换方案
		6.2	制定项目全过程风险控制方案
	6.3	建立项目实施与运营过程风险监控信息系统	