

基于影响图理论的水电工程安全评价研究

金 峰, 谢 飞

(三峡大学经济与管理学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 为了分析工程项目的整体风险水平以及主要风险因素, 将影响图理论引入安全分析, 并以事故因素较复杂的水利水电工程模板安装伤亡事故分析为例, 研究了影响图在水电工程安全分析中的应用。研究表明, 水利水电工程模板安装伤亡事故的关键风险因素是模板工失足。

关键词: 安全分析 概率 影响图 敏感性分析

中图分类号: TV698

文献标识码: A

文章编号: 1003-9511(2009)03-0033-03

水电工程所处的地质条件往往比较复杂, 譬如高陡边坡、超地下洞室群等容易发生安全事故, 而且并行施工对施工安全管理提出了挑战。施工中安全事故的发生, 大多数是由于施工作业系统与环境中的能量失控转移至人或设备财产造成的。

通过全面考查影响水电工程建设安全的各个方面, 定性定量分析导致安全事故发生的各种因素, 获取整个工程或某项目的整体风险水平, 采取必要的安全措施, 以降低事故的发生概率或减轻事故后果。建立水电工程施工过程安全事故控制及评价方法具有重要的现实意义。

安全分析是安全评价和安全决策的基础, 安全分析的核心在于分析事故发生的可能性和后果的严重性, 难点在于分析事故因素及其相互关联和作用。鱼刺图、事件树、故障树、因果图等分析方法, 分别从不同角度为解决这一难点发挥了一定的作用, 各有其优点和不足。需要改进的是对事故因素复杂相关的描述和对事故因素相互作用、共同演化的不确定性分析。影响图对这一改进有明显的作用。本文运用影响图进行概率推理, 从而得到某一目标事件发生可能性的大小, 以及导致某一事件发生的最主要的因素。

1 影响图简介

影响图(Influence Diagrams)^[1]是解决不确定变量复杂决策问题的一种很好的辅助图形工具。影响图是由结点和弧组成的无环路有向图, 其中结点代表所研究问题的主要变量, 有向弧表示变量间的相互关系, 能根据决策者(或委托人)对问题的描述并

结合专家知识以直观图示表征问题结构。影响图本身具有 2 个层次: 第 1 层是图, 第 2 层是每个结点的数据结构。

用影响图建立问题模型时, 可以在相互关系、函数关系和数值关系上定义和解释影响图。它们代表了人们对所研究问题了解的深度。影响图作为表示不确定性问题的建模工具, 最大的功能在于确定问题中主要变量之间的关系, 以紧凑直观的图形来表示它, 并且揭示了信息流向和整个问题的结构。通过在关系层的讨论可以对问题进行定性分析, 通过在函数层和数值层的进一步讨论, 可以进行概率推理或对决策问题做正规化分析。

影响图的突出优点是在关系层上通过结点、弧, 直观、明确地确定问题中主要变量的相互关系, 及建立表示问题结构的图形。

概率分析是对表示问题的影响图更深一层的解释, 在函数层上可以建立变量的概率关系, 还可以是函数关系、模糊关系以及其他关系。

关系层和函数层均未涉及变量的数值结构问题, 只有经过数值层的讨论, 才能对决策问题进行具体的数量化以及求解。每个结点的数值结构显示了许多信息。

作为建模工具, 影响图具有以下特点: ①是一种依据概率表征不确定性的模型; ②能描述性地反映所要解决的问题中不同信息组成之间的条件依赖关系, 正因如此, 影响图能够进行因果推导和反向推导; ③能比较方便地根据不同信息调整模型的网络结构。影响图的图形特点决定在不对网络中其他部

作者简介: 金峰(1977—), 男, 湖北安陆人, 讲师, 从事管理科学研究。

分产生重大影响的情况下可以增加或删除变量；

④影响图的构建既可以利用专家意见,也可以利用历史数据,或者是两者的结合,这样在模型构建过程中数据的选择上就具有很大弹性;⑤影响图的评价过程是在保持影响图的可行性及不改变最优策略或最大效用期望值的条件下,对影响图进行一系列变换,这种逻辑等价转变称为保值变换。

2 水电工程安全评价概率影响图案例分析

2.1 概率影响图的构造

水利水电工程是不确定性因素较多、安全管理难度较高的建设工程,混凝土大坝分缝分块浇筑、模板架立工程量大,高空作业危险因素多。在识别了导致水电工程安全事故的风险因素后,采用目标定向的方法²构造模板安装伤亡事故分析的概率影响图。

从目标事件“人员伤亡”结点开始,分析可能造成该事件的原因有高空坠物、防护缺陷和人体失稳,而这3个结点的概率均无法直接估计,因此可以做进一步分解,直到所有边界结点的概率都可以直接估计。这样就从相互关系层次上构造出了影响图,如图1所示。

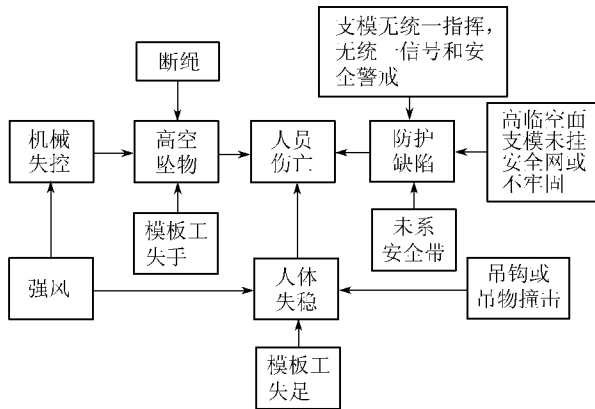


图1 模板安装伤亡事故概率影响图

函数层揭示的是结点之间的概率关系,本例结点间的关系反映在边界结点的边缘概率表和中间结点的条件概率表中,如表1~表5所示。

表1 边界结点的边缘概率

边界结点	边缘概率	
	发生	不发生
断绳	0.01	0.99
强风	0.01	0.99
模板工失手	0.06	0.94
吊钩或吊物撞击	0.01	0.99
模板工失足	0.03	0.97
未挂安全网或不牢固	0.03	0.97
未系安全带	0.03	0.97
无统一指挥或无警戒线	0.02	0.98
机械失控	0.03(有强风)	0.97(有强风)
机械失控	0.01(无强风)	0.99(无强风)

表2 高空坠物结点条件概率

条件	概率	
	发生	不发生
机械失控、断绳、模板工失手	0.30	0.70
机械失控、断绳、模板工不失手	0.06	0.94
机械失控、不断绳、模板工失手	0.2	0.80
机械失控、不断绳、模板工不失手	0.10	0.90
机械不失控、断绳、模板工失手	0.15	0.85
机械不失控、断绳、模板工不失手	0.01	0.99
机械不失控、不断绳、模板工失手	0.13	0.87
机械不失控、不断绳、模板工不失手	0.01	0.99

表3 人体失稳结点条件概率

条件	概率	
	发生	不发生
有强风、有吊钩或吊物撞击、模板工失足	0.20	0.80
有强风、有吊钩或吊物撞击、模板工不失足	0.03	0.97
有强风、无吊钩或吊物撞击、模板工失足	0.10	0.90
有强风、无吊钩或吊物撞击、模板工不失足	0.01	0.99
无强风、有吊钩或吊物撞击、模板工失足	0.06	0.94
无强风、有吊钩或吊物撞击、模板工不失足	0.01	0.99
无强风、无吊钩或吊物撞击、模板工失足	0.10	0.90
无强风、无吊钩或吊物撞击、模板工不失足	0.01	0.99

表4 防护缺陷结点条件概率

条件	概率	
	发生	不发生
无统一指挥、统一信号或无警戒线、未挂安全网或不牢固、未系安全带	0.30	0.70
无统一指挥、统一信号或无警戒线、未挂安全网或不牢固、系安全带	0.10	0.90
无统一指挥、统一信号或无警戒线、挂安全网且牢固、未系安全带	0.03	0.97
无统一指挥、统一信号或无警戒线、挂安全网且牢固、系安全带	0.01	0.99
有统一指挥、统一信号或有警戒线、未挂安全网或不牢固、未系安全带	0.15	0.85
有统一指挥、统一信号或有警戒线、未挂安全网或不牢固、系安全带	0.10	0.90
有统一指挥、统一信号或有警戒线、挂安全网且牢固、未系安全带	0.02	0.98
有统一指挥、统一信号或有警戒线、挂安全网且牢固、系安全带	0.01	0.99

概率值可以通过向专家咨询来获取,也可以收集施工日志和现场监理日志中的相关信息来得到。数值层是指确定不同结点的数据结构,本例中概率

表5 人员伤亡结点条件概率

条 件	概率	
	发生	不发生
有防护缺陷、有高空坠物、人体失稳	0.20	0.80
有防护缺陷、有高空坠物、人体不失稳	0.03	0.97
有防护缺陷、无高空坠物、人体失稳	0.05	0.95
有防护缺陷、无高空坠物、人体不失稳	0.01	0.99
无防护缺陷、有高空坠物、人体失稳	0.1	0.9
无防护缺陷、有高空坠物、人体不失稳	0.01	0.99
无防护缺陷、无高空坠物、人体失稳	0.06	0.94
无防护缺陷、无高空坠物、人体不失稳	0.01	0.99

影响图的结点均采用‘发生’和‘不发生’两种情形。

2.2 影响图分析与结论

在构造了模板安装人员伤亡事故的概率影响图后,应用贝叶斯分析软件 Netica 可以获得一些有意义的结论。Netica 采用最快和最先进的算法,通过建立网络来进行各种形式的推理。可以采用两种方式寻找结点的删除次序并进行优化求解:一种是最小权重搜索;另一种是将最小权重搜索与随机搜索相结合的方法,其中的随机搜索具有 multi-start 方法、模拟退火算法(simulated annealing)和遗传算法(genetic algorithms)的一些特点。当已知的变量和资料有限时,Netica 有助于为所有的未知变量寻求到适当的值或概率。这些数值或概率可以用不同的方式来表示,包括棒图(bar graphs)和仪表图(meters)。

在进行影响图分析时,应用 Netica 能够得到特定变量期望值最大的最优决策。

应用 Netica 软件分析可得到如下结论:

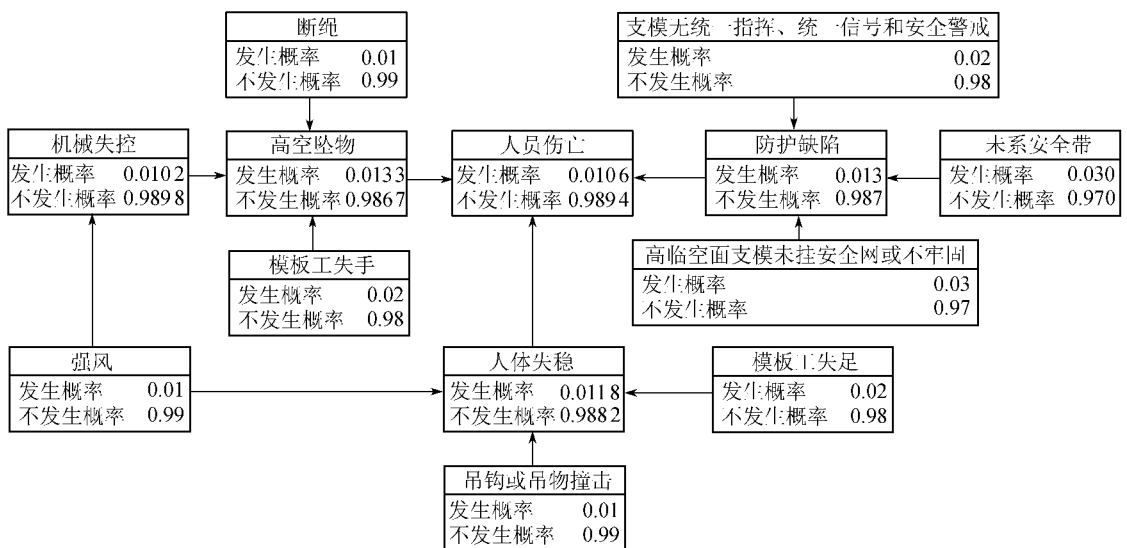


图2 模板安装伤亡事故概率影响图评价

a. 人员伤亡事故发生的概率为 0.0106,如图 2 所示。

b. 通过对人员伤亡结点进行敏感性分析可知,影响该结点的主要因素是人体失稳,其次是模板工失足。

c. 通过对人体失稳结点进行敏感性分析可知,影响该结点的主要因素是模板工失足。

综合上述分析,可知最重要的风险因素是模板工失足,如表 6 所示。

表6 结点敏感性分析结果

节 点	风险因素	信息值	信度方差
人员伤亡	人体失稳	0.00099	0.0104858
	模板工失足	0.00002	0.0000004
人体失稳	模板工失足	0.00392	0.0001574

敏感性分析就是识别证据结点对问询结点提供的信息值以及信度方差。对于影响图中的机会结点而言,该信息值也称作熵减,信息值和信度方差越大,证据结点对问询结点的影响也就越大。

3 结 语

传统的安全评价方法主要是故障树或事件树分析^[4-7],一般假设不同的底事件之间是相互独立的。然而实际情形往往是底事件之间存在相关关系,借助影响图分析可以揭示各种危险因素间的关系。当然,危险因素的概率值越精确,分析结果也就越准确,所以,如何获取概率值是一个需要进一步探讨的问题。本文是将影响图理论运用于安全分析的一次试探性研究。

(下转第 48 页)

是自我价值的实现,因此,大多数员工希望掌握更多新的知识和技能,希望工作充满挑战,希望得到晋升,希望得到更高的薪酬,而所有这些,都需要通过培训来实现。通过培训提升员工个人的综合素质,从而进一步提升企业的素质,这对于企业和员工来说是双赢的选择^[4],因此,许多企业都采用“内部晋升制度”,给员工提供很多晋升和发展的机会,借此激励他们更主动地学习和参加培训。

当然企业也面临一系列的困惑,往往有些员工在接受完培训后马上“跳槽”,使企业面临培训成本无法收回的困难。面对这一“亏本”现象,许多企业高屋建瓴,理性看待。有些公司为员工定制了长达几年的培训计划,这些培训计划本身吸引了不少员工,让他们舍不得“跳槽”。还有的企业,在提供一些成本很高的高档次培训前,与接受培训者签一个协议,让其保证为公司工作一段时间不离职。在培训中,企业将其文化渗透到每个员工的思想中,在企业遇到困难时,共同的信仰将产生巨大的力量,使企业获益无穷。

3.3 创新人力资源培训激励机制,有效提升企业竞争力

建立培训激励机制,调动员工参加培训的积极性。首先,建立动力机制,使企业树立一种不断学习和培训的内在氛围,变“要我培训和学习”为“我要培训和学习”,将培训机会作为激励员工的一种手段,当员工获得培训机会时,会有一种荣誉感,视培训是一种奖励。同时,在培训机会分配上,坚持“公平竞争,择优培训”的原则,确保真正有潜力的人得到机会,把培训与晋级、提升、奖励紧密结合,从而强化将培训转化为产出的运作机制。其次,建立传导机制,即通过企业内部制度规范,汇集岗位绩效要求、职业发展要求、岗位能力素质要求,自我发展与提升要求等多维度需求,形成系统化培训需求。调动员工参与培训的主动性和积极性。

(上接第35页)

参考文献:

- [1] HOWARD R A, MATHESON J E. Influence Diagrams, Readings on The Principles and Applications of Decision Analysis, Vol. II [R]. London: Strategic Decision Group, 1984: 719-762.
- [2] 詹原瑞. 图理论方法与应用 [M]. 天津: 天津大学出版社, 1995.
- [3] 谢秋平. 影响图在公司信用风险评估中的应用研究 [D].

在竞争已经非常充分的市场环境下,每个企业都希望能增强竞争力^[4]。而竞争力的提升需要依靠人,企业的竞争力,归根结底是人的竞争能力。在企业教育培训开发活动中应同时把握工作团队的核心位置。首先,将培训开发的决策权由企业领导层下放给工作团队,如培训开发预测、资金预算、计划制定与执行、结果评估等,均由团队决策担当,领导层起监督、控制、协调、引导作用,使得个体开发、团队开发、组织开发三位一体,便于开发目标协调一致,产生培训开发的高效益。其次,通过培训提高员工的知识水平及创新能力,将员工竞争力提升体现在减少工作时间、降低生产成本、减少浪费现象等工作过程中。第三,注重培训成果转化,确保企业培训效果,要使员工学以致用,实现培训学习的目的。

在知识经济时代,知识更新快、有效周期短,对员工的职业生涯而言,更新知识必须与时俱进,因此优秀的企业经营管理者,首先必需是一位优秀的培训师,他不仅重视培训,而且善于通过培训,采用针对性的对策和措施,真正提高培训的有效性,把企业的发展战略、经营理念、管理模式、价值取向、文化氛围等带给每位员工,培养企业的团队精神,让大家团结在自己的旗帜下,凝聚一股强大的力量勇往直前。只有这样的企业,才能永葆青春活力,具有良好的发展前景。

参考文献:

- [1] 王耀华. 培训需要创新 [J]. 中国电力企业管理, 2008(1): 65.
- [2] 方存艳. 企业培训相关问题研究 [J]. 山西财经大学学报, 2008, 30(S1): 64.
- [3] 张玉珍. 企业培训发展趋势研究 [J]. 中国培训, 2008(5): 20-21.
- [4] 郭秀丽. 企业培训:教育第二落点 [J]. 人力资源开发, 2008(2): 67-68.

(收稿日期 2008-11-10 编辑 张志琴)

天津 天津大学, 2003.

- [4] 韩传峰, 何臻, 马良河, 等. 基于故障树分析的建设工程风险识别系统 [J]. 自然灾害学报, 2006, 15(5): 183-187.
- [5] 王世明. 故障树分析法在工程机械发动机故障诊断中的应用 [J]. 机床与液压, 2007, 35(9): 251-253, 257.
- [6] 张霭蕾. 故障树分析在电力系统可靠性研究中的应用 [J]. 华东电力, 2005, 33(2): 14-17.
- [7] 林铁良, 王君杰, 陈艾荣, 等. 基于事故记录的船撞桥故障树建立 [J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2006, 34(4): 467-471.

(收稿日期 2008-12-16 编辑 张志琴)