

基于智能控制的工程安全系统研究

苏 堃¹ 王 倩 (通讯作者)² 唐鹏飞³

1. 世纪万安科技(北京)有限公司 陕西西安 710016

2. 中联西北工程设计研究院有限公司 陕西西安 710065

3. 陕西省应急管理厅 陕西西安 710016

【摘要】工程安全是工程实施中位于首位的主要内容。研究以“人为因素—智能控制—环境因素”系统为研究对象,运用安全系统工程研究方法,建立了安全管理及预警系统。系统核心控制层由基于N-K模型与模糊数学的信息融合结构组成,达到了事故发生概率的智能判断,从而完成控制层的预警。系统由基础设施层、数据输入层、智能控制层、单元控制层和决策服务层构成。主要实现了安全管理、事故预警、风险估算、应急指挥与可视化等功能,让安全管理更加有效、简洁与规范,为工程实施提供了一定的安全保障。

【关键词】安全管理;信息融合;智能判断;预警

【基金项目】志丹县保安中心小学建设项目安全评价(TDTHAP-2015-018);咸阳鸿元石油化工有限公司安全现状评价(TDTHAP-2017-029)

1 引言

随着科技的进步,社会的不断发展,国家建设也在不断的增多,尤其是工程类项目,承担着整个国家的大部分建设。一直以来,工程安全都是工程建设中的重中之重,也是工程安全管理的主要研究。工程建设过程中,工程事故时有发生,比如建筑的坍塌、施工环境的变化、水电水利的突发状况、人员操作不谨慎及其他一些安全问题等,都是工程安全管理需要考虑与研究的问题。施工过程中的突发事件发生随机性大、频繁发生、具有不确定性,对工程建设计划的正常实施产生较大的影响,对工程项目的顺利实施、可持续发展、目标实现及人员的财产和自身安全产生不利影响,整体安全建设及生产形势严峻。因此,在工程安全管理中,必须建立科学与完善的安全管理体系、应急与响应系统,提高安全管理能力,这也是目前工程安全

管理中亟待解决的问题^[1]。

研究以工程安全为基础,建立工程安全管理及预警系统,以系统工程的方法研究,结合工程安全的管理方法及工程实施过程中的各种因素,解决工程建设中的安

全问题,以“人为因素—智能控制—环境因素”系统为研究对象^[1],运用安全系统工程研究方法,使安全问题分析从过去凭目视、经验判断、人员监管的传统方法,发展成为能够预警、智能分析安全问题及突发事故的定性及定量的方法。通过建立安全管理及预警系统,以系统为整体进行管理,科学的消除存在的各种安全隐患,预警可能发生的安全事故,最大程度的预防和避免意外事故的发生,从而为工程的顺利实施以及人员安全的保证提供保障。

2 控制设计与智能判断

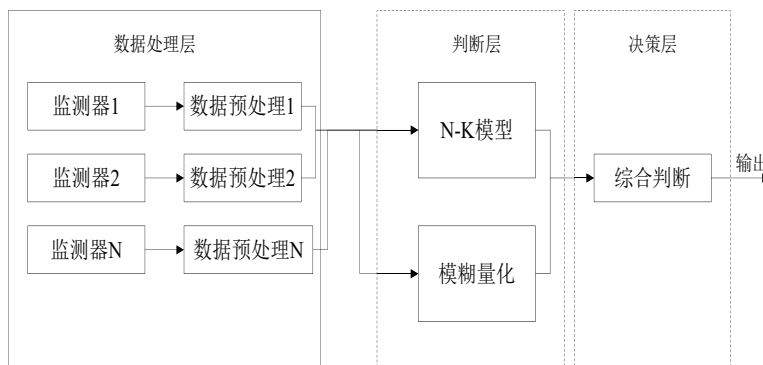


图1: 多信息融合处理

2.1 控制设计

研究将控制分为智能判断与单元控制两部分，采用“集中管理，分散控制”的策略^[2-3]，对监测或输入的安全因素进行综合分析。智能判断对安全问题做出综合判断，单元控制层在接收到判断结果之后，若为具有安全隐患，则再次进行具体分析，控制不同的控制器进行响应。

在控制层借鉴消防控制系统，引入CAN总线技术^[4]。工程现场安全隐患因素信息采集采用多方面数据输入，针对安全系统存在的误报率、漏报率较高的缺陷，中心控制主机采用基于N-K模型的方法和模糊量化两者融合的方式对提取的特征信息进行处理，显著降低误报率和漏报率。

一方面，N-K模型能够有效的将各种因素之间的耦合关系考虑进去，也能够计算出不同因素、不同耦合方式的风险耦合值。另一方面，模糊量化系统只需要工程过程中少量的数据，再根据经验预先制定好模糊规则就能进行安全隐患判断，结合两者的优势，形成互补^[6]。图1为多信息融合处理了结构。（见图1）

2.2 智能判断

工程安全风险主要影响因素可划分为人为、机械、管理和环境四个方面。安全事故的发生不是单一的风险因素造成的，而是多个风险因素间耦合作用导致的。研究基于改进的N-K模型进行风险概率的计算，通过风险概率的分析完成智能判断。

K模型^[7]原是从信息理论发展处的一种模型，刚开始是用于解决基因组合

问题，后被学者们普遍的应用于复杂系统的计算。研究在N-K模型基础上，对N-K模型进行改进，融合模糊量化系统。根据工程施工实际情况，系统将工程安全管理风险因素主要归纳为规章缺陷、设备设施故障、知识储备不足、危险作业四类。信息交互公式如式：

$$T_4(a,b,c,d) = \sum_h^H \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K P_{h,i,j,k} \cdot \log_2(P_{h,i,j,k} (P_h \cdot P_i \cdot P_j \cdot P_k))$$

式(1)

$P_{h,i,j,k}$ 代表四类风险因素在h、i、j、k六种状态下耦合的风险概率。a, b, c, d分别为四类风险因素。计算出的T值越大，说明该种耦合状态下的风险越高，T值是对工程施工事故风险耦合的量化评估。

在N-K模型基础上，融合模糊量化系统。组成安全系统

的指标有确定性和不确定性之分，各种因素相互影响、相互作用，组成了一个非常复杂的确定-不确定的动态系统^[8]，直接用于计算，不利于系统的实用性。因此，对四类因素进行模糊量化处理，单位设置为度，即规章缺陷度、设备设施故障度等，模糊量化视为整数N，取值范围为0—10，依次表征风险因素的严重程度。

为了系统的准确性，以实际统计的工程施工事故为基础数据。查询并统计全国施工过程中的事故发生概况，检索权威机构发布的事故调查结果，随机选取200起事故数据，并将与四类风险因素相对应或相近的其他因素并入上述四类因素，以此计算四类因素风险耦合发生的次数和频率。表(1)为不同因素之间的耦合次数与频率。

表1: 不同因素间耦合次数与频率

单因素 风险耦合	次数	0000=0	1000=5	0100=4	0010=4	0001=7	/
	频率	0.000	0.025	0.020	0.020	0.035	/
双因素 风险耦合	次数	1100=12	1010=10	1001=22	0110=8	0101=13	0011=9
	频率	0.060	0.050	0.110	0.040	0.065	0.045
多因素 风险耦合	次数	1110=21	1101=33	1011=25	0111=12	1111=15	/
	频率	0.105	0.165	0.125	0.06	0.075	/

获得了四类因素发生事故的耦合次数和频率之后，对应不同程度即0-10，计算概率 $P_{h,i,j,k}$ ，并根据式(1)计算不同程度不同因素之间的风险耦合T值。这种融合模糊量化的N-K模型，不单单只是获取事故发生或不发生的T值，而是表征了四类风险因素在不同程度上，事故发生的概率。以此作为系统判断事故发生可能性大小的依据。

3 系统的构架

安全管理及预警系统是基于安全管理的内容、安全管理的原则、安全管理的目的，坚持动态管理与预警的综合系统。

3.1 基础设施层

安全管理与预警系统基础设施层是支撑整个系统运行的基础条件，主要包括：由地面网络、卫星通信网络等构成的物理链路系统；由服务器、存储设备、交换机、机柜、UPS 服务器、监测仪器、传感器、显示设备等构成的硬

件支持体系：由三维地理信息平台软件、数据库软件、操作系统软件、安全软件等构成的软件支持体系。

3.2 数据输入层

数据采集层通过各种手段获取安全管理与预警系统需要的各类专业属性数据、基础数据、业务数据、安全应急综合管理数据及其他数据^[9]。数据采集手段包括与其他系统交换共享、数据采集软件录入、监测设备仪器、人工调查和实地勘测等其他途径。

3.3 智能判断层

智能判断层是安全管理及预警系统的核心层，是具有智能判别能力的计算机单元和指令系统。所有的数据输入与监测信息将在智能判断层进行计算与分析。通过对输入的参数数据以及监测的实时信息进行智能分析，判断工程实施是否安全，并将判断结果传输至单元控制层，由单元控制层统一处理。

3.4 单元控制层

单元控制层是在接收到智能控制层的信息之后，对智能控制层传输的信息进行进一步的判断，明确如何控制实施。决定是某一个单元控制实施还是多个单元协同控制实施。

3.5 服务决策层

服务决策层是整个系统的表现层，也是人员操作的直接界面。以数据为基础，供操作人员或者安全管理人员进行整个系统的操作与监控。系统的全面服务功能由这一层提供，面向安全管理与安全预警。负责人员可以通过该层进行整个安全管理的查看，安全预警信号也由这一层直接展现。同时，预留接口，实现业务应用的扩展性、二次开发等。

4 讨论与结论

4.1 讨论

工程安全是工程实施中位于首位的主要内容，研究以“人为因素——智能控制——环境因素”系统为研究对象，运用安全系统工程研究方法，建立了安全管理及预警系统。在系统核心部分，借鉴消防控制系统，采用N-K模型与模糊数学的方法融合数据信息，将定性话研究转为量化输出，达到智能判断工程施工风险概率。系统构架在智能控制层之后加入了一个单元控制层，智能控制层在做出智能分析与判断之后，将信息传递给单元控制层，单元控制

层对收到的信息再次进行分析与判断，判断是单因素还是多因素，同时反馈出是哪一种因素问题或多种因素问题，并且做出判断是否预警、应急或安全检查。

4.2 结论

工程施工是工程实施中的主要环节，施工环境差，施工范围广，意外事故频发，是施工过程中最大的威胁，也是人员安全最大的隐患。确保工程安全是每一个工程项目首要解决的问题，也是必须解决的问题。文章应用系统工程研究方法，结合智能计算机技术，从基础设施层、数据输入层、智能控制层、单元控制层和决策服务层五个方面对系统进行了构架。在系统构架基础上，结合实际应用管理，主要完成了安全管理、事故预警、风险估算、应急指挥与可视化等功能，为工程安全提供了一定的保障。

参考文献：

- [1] 彭家洋. 建筑工程质量与安全管理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [2] 王东伟. 智能消防控制系统总体设计方案[J]. 消防界: 电子版, 2016(3): 50-51.
- [3] Schneider J, Klein A, Mannweiler C, et al. A context management system for a cost-efficient smart home platform[J]. Advances in Radio Science, 2012, 10: 135-139.
- [4] 张铁壁, 李光. 基于CAN现场总线技术的火灾报警系统智能节点的设计[J]. 河北工程技术高等专科学校学报, 2010(3): 46-49.
- [5] 曹晶秀. 基于多传感器信息融合技术在灭火机器人系统的设计[J]. 计算机测量与控制, 2012, 20(1): 288-290.
- [6] Sadeghi M, Gholami M. Developing Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Controlling the Intelligent Universal Transformers in ADA[J]. Advanced Materials Research, 2012, 433-440: 3969-3973. JOHNSON W. Management Oversight and Risk Tree - MORT [J]. Journal of Safety Research, 1973: 4-15.
- [7] Materials Research, 2012, 433-440: 3969-3973. JOHNSON W. Management Oversight and Risk Tree - MORT [J]. Journal of Safety Research, 1973: 4-15.
- [8] 崔洪军, 李霖, 李昊等. 基于集对论和变权理论的高速公路安全系统评价[J]. 科技导报, 2015, 33(16): 72-76.
- [9] 妥洪玻. 基于GIS技术的高速公路突发事件应急管理信息系统的研究[D]. 重庆交通大学, 2017.