

视频安防监控系统电气施工质量评价优化研究

郭福雁, 王 宁

(天津城建大学 控制与机械工程学院, 天津, 300384)

摘要: 目前, 国内对于视频安防监控系统电气施工领域的评估, 无论是理论还是方法上都比较欠缺, 多由一些专家及现场安全员凭经验得出结果, 这样既缺乏科学性又有很大的局限性. 提出一种组合式评价方法, 即根据视频安防监控系统构成及施工工艺, 采用 HAZOP 对系统电气施工节点进行定性分析, 并得出偏差产生的原因和结果, 在此基础上, 结合层次分析法建立评价指标体系, 利用差异性系数改进的组合赋权法对指标权重进行优化, 采用等级比重法确定指标的隶属度, 由专家打分建立模糊评判矩阵, 通过模糊综合判断理论算法得出结论. 将该方法运用于实际工程项目进行系统施工质量评价, 可分析出系统整体质量等级并能准确定位施工质量较差的指标和制定对应的安装技术措施, 验证了其科学性、实用性, 为系统电气施工质量评价提供了一定的理论基础.

关键词: 视频安防监控系统; 电气施工质量; HAZOP 分析; 组合赋权法; 权重优化

中图分类号: TU-714

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2018)02-0301-08

Study on evaluation optimization of electrical construction quality for Video Surveillance and Control System

GUO Fuyan, WANG Ning

(School of Control and Mechanical Engineering, Tianjin Chengjian University, Tianjin 300384, China)

Abstract: At present, the domestic field of video surveillance and control system for the assessment of the electrical construction, either in theory or in method is relatively lacking some experts and on-site safety personnel experience which is obviously unscientific and limited. This paper presents a combined evaluation method, that is, according to the structure and construction technology of video surveillance and control system, HAZOP is used to conduct qualitative analysis of the system electrical construction node, and the reason and result of the deviation are obtained. On this basis, combined with analytic hierarchy process evaluation index system, the weight of indicators is optimized by using the combination weighting method with improved diversity coefficient. The grade weighting method is used to determine the membership degree of the indexes. The experts' score is used to establish the fuzzy evaluation matrix, and the conclusions are obtained through the fuzzy comprehensive judgment theory algorithm. The method is applied to the actual construction project to evaluate the construction quality of the system, which can help analyze the overall quality level of the system and accurately locate the indicators of poor construction quality and make corresponding installation technical measures. This verifies its scientificity and practicability. Electrical construction quality evaluation provides a certain theoretical basis.

Key words: video surveillance and control system; electrical construction quality; HAZOP analysis; combination weighting method; weight optimization

目前, 国内学者对建筑电气领域施工问题进行了研究, 对与弱电智能化系统工程^[1-2]相关的内容进行了探讨. 视频安防监控系统工程是作为弱电智能化系统工程领域的重要组成部分, 国内专家及学者对视频安防监控系统进行了一些研究, 但

主要侧重视频安防监控系统的设计分析^[3-5]和工程管理及施工建议, 鲜有施工质量评价方面的研究. 程莉芬^[6]主要从视频安防监控系统工程设计重点、施工技术要点两方面提出自己在视频安防监控系统施工中的施工见解, 认为在设计施工阶段, 要根

收稿日期: 2017-07-11

修改稿日期: 2018-04-10

基金项目: 天津市城乡建设和交通委员会基金资助项目(2014-软 5)

第一作者: 郭福雁(1976—), 女, 硕士, 副教授, 主要从事计算机控制与建筑智能化、建筑智能化系统检测与设备控制. E-mail: gfy@tcu.edu.cn

据工程的实际需求选择适用的设备及施工工艺,以保证安防工程的可靠与稳定性.钱雄威^[7]针对视频安防监控系统在建设过程中出现的视频安防监控系统的接入问题、维护管理问题、数据储存问题加以剖析,并提出了相应的建议.杨国栋^[8]认为项目的工程质量极大程度上取决于施工工艺以及对系统的操控和管理,视频安防监控系统在建设过程中仍然存在不少问题,并抛砖引玉提出如何提高视频监控系统的实施质量.但在视频安防监控系统施工评估领域的理论基础研究比较欠缺,没有针对系统施工的具体特点展开深入研究,大多数文献对其施工质量控制只是浅述系统安装的要点,并没有陈述这些安装要素和系统之间的联系.另外,我国建筑工程领域相关技术人员在验收视频安防监控系统施工质量时,仅依靠相关规范中检查表进行相应的打分,在此方法的使用过程中,不能将指标定量化,评价结果较大程度的受人为因素的制约,且系统可操作性较差.因此,为了科学、有效评价视频安防监控系统施工质量,评价方法的选择很关键.

视频安防监控系统是一个复杂系统,影响视频安防系统施工质量的因素复杂多样,且具有一定的模糊性,另外,各因素之间还相互制约和影响.针对系统施工时具有多样性、关联性等特点,评价其施工质量时,既要对整个有一定的判断,又要对施工过程中出现的偏差进行准确定位.HAZOP分析是以系统工程为基础的一种可用于定性分析或定量评价的评价方法^[9],具有全面、系统、深入的优点,能有效识别出过程装置中的潜在风险^[10].目前,HAZOP分析在石化、煤矿等领域应用较为成熟^[11-14],但在建筑电气系统施工领域的应用却很少,仅有少数学者在HAZOP分析的基础上,提出一种新的构建数字化变电站的故障树建立方法^[9].层次分析法^[15-17]具有将复杂问题系统化、层次化等优点,目前在评价指标体系建立方面已应用较为广泛.视频安防监控系统在施工过程中,有很多边界不清、不易量化的影响因素,对系统施工质量评价既要能对单一因素进行有效识别,也要对系统整体做出评价.目前,在电气系统评价方面,模糊综合评价^[18-20]的应用较为广泛.

HAZOP主要优势在于能够对复杂系统进行风险识别,但不能对评价结果进行量化.模糊综合评

价主要优势能对评价结果进行定量分析,从而给出评价等级,但不能对系统进行风险识别.另外,评价结果的可信度是由指标的权重直接决定的,因此,保证评价指标的合理性尤为重要.以层次分析法为代表的主观赋权法,其优势是考虑了决策者的主观偏好,但存在一定的主观性.以熵值法为代表的客观赋权法,其优势是考虑了指标的独立性和信息量,避免了人为因素的干扰,但可能与实际情况有偏差.因此,本文将HAZOP、层次分析法、熵值法等评价方法以及模糊综合判断理论进行有机组合,使其能够形成互有逻辑关系且为一个闭合的系统方法,来解决视频安防监控系统施工质量评价方面所存在的问题.

1 组合式评价方法分析

组合式评价方法步骤如下:(1)视频安防监控系统施工HAZOP分析;(2)基于HAZOP分析,建立评价指标体系(3)通过组合赋权法对指标权重进行优化;(4)结合模糊综合评价理论对系统电气施工质量进行评价.

1.1 视频安防监控系统施工HAZOP分析

根据视频安防监控系统构成及施工工艺,将系统电气施工划分为前端设备、控制设备、显示设备、线缆敷设和供电防雷与接地5个关键节点,采用HAZOP分析方法对系统节点电气施工进行定性分析,确定系统节点偏差,分析出偏差产生的原因和导致的后果,并根据偏差原因制定出对应的建议措施.具体分析如下:

(1)前端设备HAZOP分析

①偏差:监视目标区域有影响;监视目标不清晰;摄像机清晰度不高;摄像机发生聚焦.

②原因:摄像机安装位置不正确;摄像机环境照度不稳定;摄像机清晰度未按要求设置;摄像机安装不牢靠、稳固.

③后果:影响现场设备运行以及人员正常活动;无法清晰稳定地观察监视目标;系统图像质量较差;对系统视频图像质量有较大影响.

④建议措施:摄像机设置的高度,室内距地面不宜低于2.5 m,室外距地面不宜低于3.5 m;监视目标的最低环境照度不应低于摄像机靶面最低照度的50倍;彩色摄像机的水平清晰度应在330 TVL以上,黑白摄像机的水平清晰度应在420 TVL以上;摄像装置的安装应牢靠、稳固;在强

电磁干扰环境下,摄像机安装应与地绝缘隔离。

(2)控制设备 HAZOP 分析

①偏差:控制台安放不牢固;机架安装不平稳;对转向无法进行遥控。

②原因:控制台安装质量未按要求布置;机架安装质量未按要求布置;控制切换器遥控性能不符合要求。

③后果:控制台面损伤或脱落;监控画面不稳定;系统视频图像无法显示。

④建议措施:控制台应安放竖直,台面水平;机架的底座应与地面固定;机架安装应竖直平稳,垂直偏差不得超过1%;视频切换控制设备应能手动或自动操作,对镜头、电动云台等的各种动作(如转向、变焦、聚焦、光圈等动作)进行遥控。

(3)显示设备 HAZOP 分析

①偏差:监视器损坏;监视器清晰度不高。

②原因:监视器安装位置不符合要求;监视器的清晰度不低于摄像机的清晰度。

③后果:监视画面的质量降低;监视画面质量将受到严重影响。

④建议措施:监视器的安装位置应使屏幕不受外来光直射,当有不可避免的光时,应加遮光罩遮挡;显示设备的清晰度不应低于摄像机的清晰度,宜高出100 TVL。

(4)线缆敷设 HAZOP 分析

①偏差:同轴电缆的传输距离不符合要求;同轴电缆的敷设半径不符合要求;同轴电缆的敷设质量不符合要求。

②原因:传输距离不合适;线路附近有强电磁场干扰;同轴电缆中间有接头,其可能会线路老化。

③后果:系统播放图像清晰度较差;系统监控画面受严重干扰;系统画面质量不高甚至信号中断。

④建议措施:300 m 以内的视频信号传输距离,推荐选用 SYV75-5 的同轴电缆;同轴电缆宜采取穿管暗敷或线槽的敷设方式;同轴电缆应一线到位,中间无接头。

(5)供电防雷与接地 HAZOP 分析

①偏差:电源质量不符合要求;系统供电方式有误;系统接地失效。

②原因:电源质量参数不满足规范要求时,没有选备用电源或不间断电源供电;没有采用

TN-S 交流电供电系统;系统没有做等电位接地处理。

③后果:监视器上出现木纹状的干扰;系统设备易受外来的雷电冲击。

④建议措施:采用稳频稳压、不间断电源供电或备用发电等措施;当发生停电或意外事故时要能启用备用电源,并自动切换。为了保护系统免受外来的雷电冲击等和系统的操作使用安全,应采用 TN-S 交流电供电系统;系统等电位接地;系统单独接地时,接地电阻不大于 $4\ \Omega$,接地导线截面积应大于 $25\ \text{mm}^2$ 。

1.2 基于 HAZOP 分析建立评价指标体系

运用 AHP 中关于建立递阶层次结构的理论,将视频安防监控系统施工质量评价指标体系划分为目标层、准则层、要素层三个层次,将上述不同层次从上到下用 A、B、C 表示,准则层和要素层中同一层次各因素从左到右用 1、2、3、4... 表示。最终构成了系统施工质量评价指标体系递阶层次结构示意图,如图 1 所示。

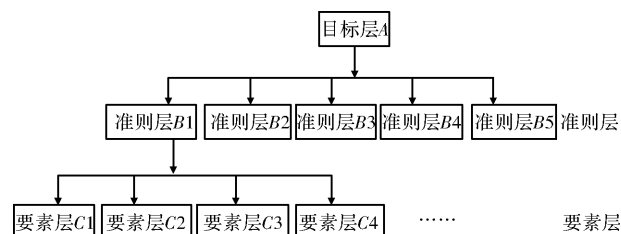


图1 系统施工质量评价指标体系递阶层次结构示意图

Fig.1 Hierarchy structure diagram of system construction quality evaluation index system

结合视频安防监控系统施工 HAZOP 分析,主要目的是为了评价系统的施工质量,因此,将视频安防监控系统电气施工质量作为目标层;系统整体施工质量的好坏主要由施工人员是否遵照现行标准和规范对系统的主要设备、线缆敷设和供电防雷与接地进行施工所决定,因此,将系统的施工节点作为准则层;在系统施工过程中,所出现的偏差是影响其施工质量的因素,因此,将施工偏差作为要素层。基于上述分析,构建视频安防监控系统施工质量评价指标体系(图2)。

1.3 评价指标权重优化及比例分配

层次分析法(AHP)、熵值法(EVM)分别是系统工程评价中确定指标主、客观权重的常用方法,但上述两种赋权方法在评价指标权重比例分配方

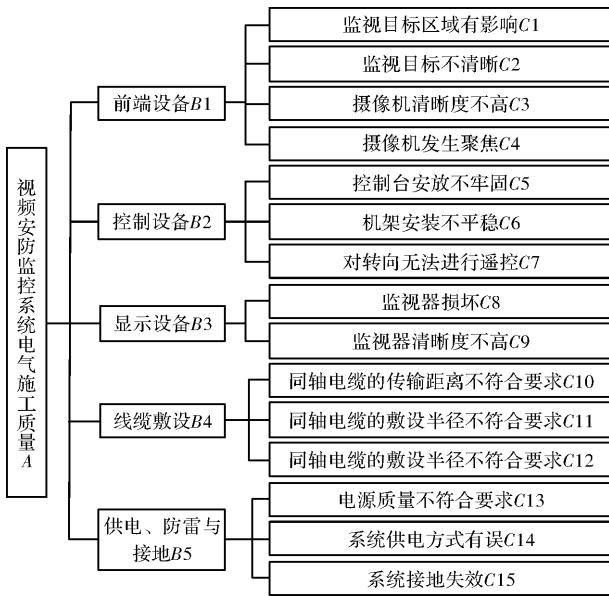


Fig. 2 Evaluation index system of electrical construction quality for Video Surveillance and Control System

面都有各自的局限性。为了优化评价指标权重，使指标的权重比例分配更加合理，并考虑保持指标阈值的统一性的需要，本文考虑综合层次分析法和熵值法来确定新的权系数，即基于传统熵值法求解权系数的理论，对指标差异性系数的求解进行改进，进而得出评价指标的客观权系数，记为 V 。在此基础上，利用AHP得出的主观权系数 W 修正客观权系数 V ，得到新的权系数 λ 。该方法既能充分利用AHP和EVM的优点，又可弥补各自局限性，即兼顾了主观偏好与客观事实。具体的评价指标权重优化算法流程图如图3所示。

结合层次分析法步骤和评价指标权重优化算法流程，计算评价指标的组合权重，结果如表1所示。很明显，指标的组合赋权值与具有经验的主观赋权值在允许的误差范围内，评价指标权重得到了进一步优化，组合赋权法使指标的权重比例分配更加合理。

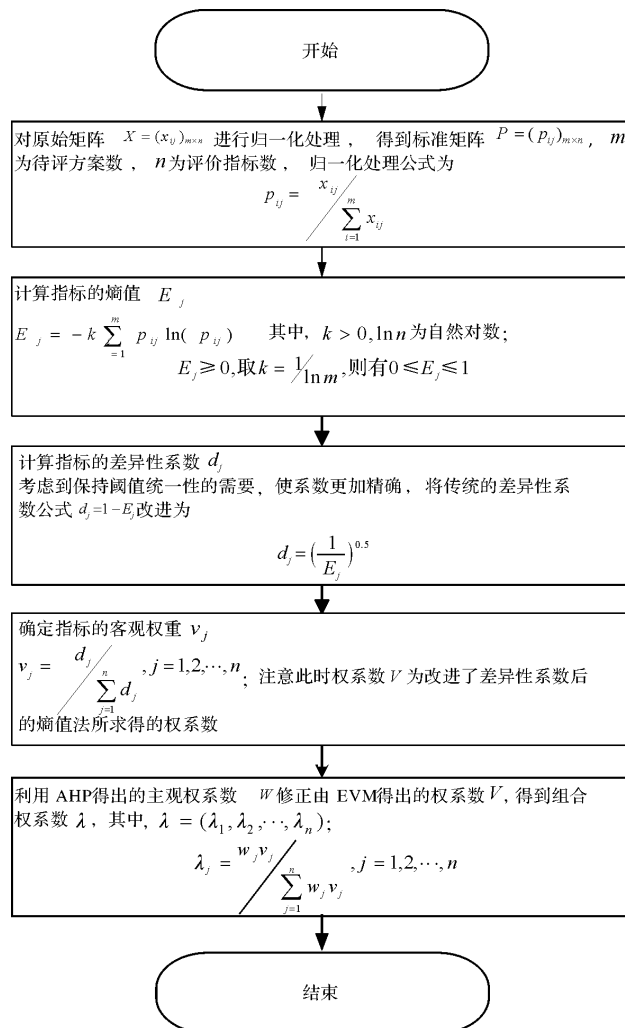


图3 评价指标权重优化算法流程图

Fig. 3 Flow chart of the evaluation index weight optimization algorithm

表 1 组合赋权法指标权重比例分配

Tab. 1 Proportional distribution of index weights of combination weighting method

一级指标	改进熵值法	层次分析法	组合赋权法	二级指标	改进熵值法	层次分析法	组合赋权法
B1	0.200	0.070	0.072	C1	0.245	0.477	0.464
				C2	0.249	0.154	0.154
				C3	0.261	0.288	0.320
				C4	0.245	0.081	0.080
B2	0.197	0.244	0.247	C5	0.328	0.540	0.532
				C6	0.344	0.300	0.307
				C7	0.328	0.163	0.161
B3	0.207	0.382	0.407	C8	0.514	0.750	0.760
				C9	0.469	0.250	0.240
B4	0.197	0.132	0.134	C10	0.345	0.400	0.422
				C11	0.328	0.200	0.196
				C12	0.327	0.400	0.391
B5	0.199	0.137	0.140	C13	0.320	0.163	0.153
				C14	0.360	0.540	0.569
				C15	0.320	0.300	0.280

注：上述一级指标和二级指标参量的含义与图 2 中参量的含义相对应，分别代表准则层和要素层指标。

1.4 模糊综合评价

本次评价，将评语集定为 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$ {很好，好，一般，较差，差}。为使系统评价具有较强的客观性和可操作性，采用等级比重法来确定要素层的单因素隶属度，即直接由多个专家对目标层的被评价因素进行打分，将分值通过模糊映射 f 计算出其隶属度，对照表 2 中隶属度与评价指标的关系求出其评价等级，并计算评价等级的频率，从而得出该因素的评价向量。其中，设专家对某因素打的分数为 n ，模糊映射为

$$f = \begin{cases} 0 & n < 60 \\ \frac{n-60}{90-60} & 60 \leq n < 90 (0 < f < 1) \\ 1 & n \geq 90 \end{cases} \quad (1)$$

表 2 隶属度与评价等级的关系

Tab. 2 Relationship between membership and rating

隶属度范围	评价等级
$f=1$	很好
$\frac{2}{3} \leq f < 1$	好
$\frac{1}{3} \leq f < \frac{2}{3}$	一般
$0 < f < \frac{1}{3}$	较差
$f=0$	差

例如，设有 k 个专家打分，对于二级指标中某个指标，有 k_1 人认为“很好”（若某专家对该指标的

打分为 84 分，由 f 可求得其隶属度为 0.8，则认为该专家的评价为“好”），有 k_2 人认为“好”，…，有 k_n 人认为“差”，并且 $\sum_{j=1}^n k_j = k$ ，进而可以计算出该指标的隶属度为

$$\left\{ \frac{k_1}{k}, \frac{k_2}{k}, \dots, \frac{k_n}{k} \right\}.$$

若某一级指标 $B_i (i=1, 2, 3, 4, 5)$ 有 j 个二级指标，则 B_i 的单因素评价矩阵可表示为

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} & r_{i14} \\ r_{i21} & r_{i22} & r_{i23} & r_{i24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{ij1} & r_{ij2} & r_{ij3} & r_{ij4} \end{bmatrix} \quad (2)$$

按照形式(2)，可建立视频安防监控系统施工质量评价体系中 5 个一级指标的单因素评价矩阵。

由模糊单因素评价矩阵结合权重行列式，可进行二级模糊综合评价，得到最终模糊评价行列式。

首先进行一级模糊综合评价，得到一级模糊评价矩阵为 $D = [D_1, D_2, D_3, D_4, D_5]^T$ (T 为矩阵行列式的转置)，其中：

$$D_i = \lambda_{B_i} R_i (i=1, 2, 3, 4, 5) \quad (3)$$

式(3)中 λ_{B_i} 为某一级指标 B_i 包含的二级指标的的组合权重行列式， D_i 为某一指标 B_i 的综合评价。

其次进行二级综合评价,得出系统施工质量模糊综合评价结果为

$$E=\lambda_A D=[e_1, e_2, e_3, e_4, e_5] \quad (4)$$

式(4)中, λ_A 为所有一级指标的组合同权重行列式. 其中: e_1 为很好, e_2 为好, e_3 为一般, e_4 为较差, e_5 为差, 按照最大隶属度原则, 可得到系统施工质量等级评价结果.

为了能直观判断待评视频安防监控系统的施工质量等级, 确保评价结果科学合理、可信度高, 首先对评语等级进行赋值, 并保证各等级之间间距相等, 令 $S=(95, 85, 75, 65, 55)$, 其次建立如下系统施工质量评价总得分数学模型:

$$F=ES^T \quad (5)$$

最后得出的分数, 若在评价等级区间 $[90, 100)$ 内则为很好, $[80, 90)$ 内则为好, $[70, 80)$ 内则为一般, $[60, 70)$ 内则为较差, $(0, 60)$ 内则为差.

2 算例分析

天津市某多功能智能大厦总建筑面积为

4 532.1 m², 地下1层为车库, 地上6层为智能化办公等综合用房, 建筑高度为22.1 m, 是一幢多功能智能化的综合性商业大厦. 该工程中最重要的一项就是安全防范系统工程的建设, 视频安防监控系统作为安全防范系统工程的重要组成部分, 在工程验收阶段, 需要严格把控系统在建设过程中的质量要求. 目前, 视频安防监控系统在满足大厦的实际功能需求得基础上, 能够对整个大厦的主要出入口、重要部门、重要保护区域等进行实时的视频监控, 有效的预防各类案件的发生, 并对各个监控点进行全程的录像, 从而为日后的事件取证提供一个有力的依据. 本文选取该大厦视频安防监控系统为对象, 对其施工质量等级进行评价.

依据上述建立的施工质量评价指标体系, 通过10位行业专家学者对系统打分情况, 对该大厦视频安防监控系统的施工质量进行评价, 将统计出来的结果汇总, 并列出了二级指标的隶属度, 如表3所示.

表3 要素层指标隶属度的统计

Tab. 3 Statistics of the membership degree of the element index

要素层指标	V1(很好)	V2(好)	V3(中)	V4(较差)	V(差)
C1	0.1	0.4	0.3	0.1	0.1
C2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1
C3	0.1	0.3	0.3	0.3	0
C4	0.2	0.3	0.3	0.2	0
C5	0.3	0.3	0.3	0.1	0
C6	0.7	0.2	0.1	0	0
C7	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2
C8	0	0.3	0.3	0.2	0.2
C9	0.1	0.5	0.4	0	0
C10	0.4	0.3	0.3	0	0
C11	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3
C12	0.5	0.3	0.2	0	0
C13	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1
C14	0.8	0.2	0	0	0
C15	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1

注: 表中参量的含义与图2中参量的含义相对应, 代表要素层指标.

由表3可知, 二级指标的单因素评价矩阵 R_i , 有:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.1 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.1 & 0.5 & 0.4 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.4 & 0.3 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.1 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix}$$

根据表1、式(3)可得:

$$C = \begin{bmatrix} 0.1234 & 0.3464 & 0.2846 & 0.1839 & 0.0618 \\ 0.3098 & 0.2693 & 0.2063 & 0.1015 & 0.0322 \\ 0.0240 & 0.3480 & 0.3240 & 0.1520 & 0.1520 \\ 0.3803 & 0.2608 & 0.2216 & 0.0785 & 0.0589 \\ 0.6123 & 0.1847 & 0.1015 & 0.0584 & 0.0431 \end{bmatrix}$$

由式(4)可得:

$$D = (0.2520 \quad 0.2939 \quad 0.2472 \quad 0.1189 \quad 0.0882)$$

根据最大隶属度原则可知,该系统的施工质量等级为“好”。

由式(5)可得:

$$F = B \cdot S^T = (0.252 \quad 0.294 \quad 0.247 \quad 0.119 \quad 0.088) \cdot (95 \quad 85 \quad 75 \quad 65 \quad 55)^T = 80.04 \in [80, 90]$$

根据系统总得分和评语等级分值区间,可得出视频安防监控系统电气整体施工质量评价结果为“好”。

但根据表3可计算指标C11的得分为 $(0.1 \quad 0.1 \quad 0.4 \quad 0.3) \cdot (95 \quad 85 \quad 75 \quad 65 \quad 55)^T = 68$,结合评价等级区间可知,系统的同轴电缆的敷设质量不符合要求,根据1.1(4)线缆敷设偏差分析,可知同轴电缆中间有接头。若不及时整改,传输线路一旦老化,将会导致系统画面质量不高甚至信号中断。因此,在系统施工过程中,同轴电缆要采取穿管暗敷或线槽的敷设方式,并且要经常检查线路,及时更换老化线材,以防系统出现故障。

3 结论

针对目前视频安防监控系统电气施工质量评价方面存在的问题,提出了一种由HAZOP分析、层次分析法、熵值法、模糊综合评价有机结合,形成互有逻辑关系且为闭合的系统评价方法,为系统施工质量评价提供了一种科学的评价思路。

(1)采用HAZOP对视频安防监控系统电气施工质量进行分析,并建立了施工HAZOP分析表,给出了施工节点偏差产生的原因和导致的后果,并制定了相应的改进措施。

(2)建立了指标权重优化算法流程图。在传统熵值法求客观权系数的基础上,改进了指标的差

异性系数,得出了指标的客观权系数 V ,然后通过AHP求出的主观权系数 W 对其进行修正,得到最终的组合权系数 λ ,经指标计算,评价指标的权重比例分配更具合理性。

(3)采用等级比重法求要素层单因素的隶属度,由专家打分并给出对应的模糊映射,建立模糊单因素评价矩阵,使系统评价具有较强的客观性和可操作性。

(4)选取天津市某多功能智能大厦视频安防监控系统为评价对象,应用该方法对其进行施工质量等级评价,得出该实际工程的系统施工质量等级为“好”,但同时也存在一定的安全隐患。该方法能比较客观地评价系统整体以及分部电气施工质量,根据施工偏差可采取针对性的防范措施,具有一定的实用性和有效性。

参考文献 References

- [1] 岳栋. 浅析智能化建筑弱电工程的技术施工与质量管理[J]. 智能城市, 2016(6):182-183.
YUE Dong. Analysis of technical construction and quality management of intelligent building weak current project[J]. Smart City, 2016(6):182-183.
- [2] 潘军锋,徐小民,楚恒远. 对建筑电气弱电智能化系统工程施工的探讨[J]. 低碳世界, 2017(10):157-158.
PAN Junfeng, XU Xiaomin, CHU Hengyuan. Discussion on the construction of weak electrical intelligent system for building electrical engineering[J]. Low Carbon World, 2017(10):157-158.
- [3] 文武,谭沅军,刘敏. ASP.NET 架构下网络视频监控系统的的设计[J]. 电视技术, 2014, 38(5):160-163.
WEN Wu, TAN Yujun, LIU Min. Design of network video surveillance system under ASP.NET Architecture[J]. Tv Engineering, 2014, 38(5):160-163.
- [4] 顾志松,沈春峰,姚文韬,等. 高清人像抓拍检索系统的设计与实现[J]. 控制工程, 2015, 22(7):68-71.
GU Zhisong, SHEN Chunfeng, YAO Wenyu et al. Design and implementation of high-resolution portrait capture retrieval system[J]. Control Engineering, 2015, 22(7):68-71.
- [5] 袁剑飞,袁宇浩,简丹丹. 基于Hi3521的机车视频监控系统的的设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2016, 37(7):1781-1785.
YUAN Jianfei, YUAN Yuhao, JIAN Dandan. Design and implementation of locomotive video surveillance system based on Hi3521[J]. Computer Engineering and Design, 2016, 37(7):1781-1785.
- [6] 程莉分. 视频安防监控工程及施工中的几点见解[J]. 科技创新与应用, 2014(33):296.
CHENG Lifan. Several opinions on video security monitoring engineering and construction[J]. Science and

- Technology Innovation and Applications, 2014, (33):296.
- [7] 钱雄威. 视频安防监控系统工程管理及施工建议探讨[J]. 建设科技, 2015(8):118-119.
- QIAN Xiongwei. Discussion on project management and construction proposal of video security monitoring system [J]. Construction Science and Technology, 2015(8): 118-119.
- [8] 杨国栋. 视频监控系统设计和施工中的几个问题(二)[J]. 智能建筑与城市信息, 2013(1):85-88.
- YANG Guodong. Several issues in the design and construction of video surveillance system (II)[J]. Intelligent Architecture & City Information, 2013 (1): 85-88.
- [9] 苏永春, 陈忻磊, 张沛超等. 基于 HAZOP 分析的数字化变电站故障树建立方法[J]. 电力系统保护与控制. 2012, 40(6):1-5.
- SU Yongchun, CHEN Yilei, Zhang Peichao et al. A method of fault tree establishment for digital substation based on HAZOP analysis[J]. Power System Protection and Control. 2012, 40(6):1-5.
- [10] Dunj6 J, Fthenakis V, Vilchez J A, et al. Hazard and operability (HAZOP) analysis [J]. Journal of Hazardous Material, 2010, 173: 19-32.
- [11] 宗成龙. HAZOP 定量分析方法研究[D]. 秦皇岛:燕山大学, 2014:20-35.
- ZONG Chenglong. Research on quantitative analysis method of HAZOP[D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2014:20-35.
- [12] 郭丽杰, 王楠, 康建新, 等. 石化装置 HAZOP 节点重要度模糊综合评价研究[J]. 中国安全科学学报. 2015, 25(1):98-103.
- GUO Lijie, WANG Nan, KANG Jianxin et al. Study on fuzzy comprehensive evaluation of importance of HAZOP node in petrochemical plant[J]. China Safety Science. 2015, 25(1):98-103.
- [13] 毛娟. 基于 HAZOP 分析的矿山铁路专用线模糊综合评价研究[D]. 重庆:西南交通大学, 2014:15-30.
- MAO Juan. Fuzzy comprehensive evaluation of mine railway dedicated line based on HAZOP analysis[D]. Chongqing: Southwest Jiaotong University, 2014: 15-30.
- [14] 张景钢, 安美秀. HAZOP 在煤矿安全评价中的应用研究[J]. 矿业安全与环保. 2016, 43(5):111-114.
- ZHANG Jinggang, AN Meixiu. Application of HAZOP in coal mine safety evaluation[J]. Mining Safety and Environmental Protection. 2016, 43(5):111-114.
- [15] 李松晨, 杨高升. 基于 AHP 的建筑施工安全管理风险控制策略[J]. 自动化仪表, 2014, 35(12):25-28.
- LI Songchen, YANG Gaosheng. Risk control strategy for safety management of building construction based on AHP [J]. Process Automation Instrumentation, 2014, 35(12):25-28.
- [16] 罗志坤, 刘潇潇, 陈星莺, 等. 变电站能效评估指标体系及建模方法[J]. 电力自动化设备, 2017, 37(3):132-138.
- LUO Zhikun, LIU Wei, CHEN Xingyu et al. Substation energy efficiency evaluation index system and modeling method[J]. Electric Power Automation Equipment, 2017, 37(3):132-138.
- [17] 王毅, 丁力, 侯兴哲, 等. 基于层次分析法的加权力线窃电检测方法[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(33):31-138.
- WANG Yi, DING Li, HOU Xingzhe et al. A method of power line detection based on analytic hierarchy process [J]. Science Technology and Engineering, 2017, 17(33):31-138.
- [18] 石少伟, 王可, 陈力, 等. 基于模糊综合评价和贝叶斯判别的电力变压器状态判别和预警[J]. 电力自动化设备. 2016, 36(9):60-65.
- SHI Shaowei, WANG Ke, CHEN Li et al. Power transformer state judgment based on fuzzy comprehensive evaluation and Bayesian discrimination. [J]. Electric Power Automation Equipment, 2016, 36 (9): 60-65.
- [19] 贾筱莹. 基于模糊综合评价法的继电保护人员安全状态评估及应用[J]. 中国安全生产科学技术. 2011, 7(9):170-173.
- JIA Yuying. Evaluation and application of relay protection personnel safety based on fuzzy comprehensive evaluation method[J]. China Safety Science and Technology. 2011, 7(9):170-173.
- [20] 王明东, 苏文霞. 变电所电气主接线设计方案的模糊综合评价[J]. 电气应用. 2012, 31(7):50-53.
- WANG Mingdong, SU Wenxia. Fuzzy comprehensive evaluation of electrical main wiring design scheme for substations[J]. Electrical Applications. 2012, 31(7): 50-53.
- [21] 中华人民共和国建设部. 视频安防监控系统工程设计规范:GB/T 50395-2007[S]. 北京:中国计划出版社, 2007:5-14.
- Ministry of Construction of the People's Republic of China. Video surveillance and control system engineering design specification: GB/T 50395-2007 [S]. Beijing: China Planning Press, 2007: 5-14.

(编辑 沈 波)