

基于德尔菲法的工业供热风险评估体系构建研究

杨楠

南京化学工业园公用事业有限责任公司, 江苏 南京 210047

[摘要] 构建基于理论与实际的供热风险评估体系, 为工业供热风险评估提供参考标准和依据。在文献研究法和专家调查法的基础上, 基于德尔菲法, 从平均值、变异系数和协调系数等方面对函询结果进行评价, 进一步筛选和优化核心指标。通过对行业内 15 位专家的 3 次函询, 积极程度均达到 100%, 权威程度均 > 0.8, 根据指标均值和变异系数, 结合专家修改意见, 最终形成一级指标 3 个、二级指标 17 个。可帮助供热管理单位快速评估并发现潜在风险, 提高风险评估的能力和质量, 为后续风险评估提供理论基础与依据。

[关键词] 德尔菲法; 工业供热; 风险; 评估体系

DOI: 10.33142/ucp.v1i5.14435

中图分类号: TU995

文献标识码: A

Research on the Construction of Industrial Heating Risk Assessment System Based on Delphi Method

YANG Nan

Nanjing Chemical Industry Park Public Utilities Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210047, China

Abstract: Constructing a heating risk assessment system based on theory and practice, providing reference standards and basis for industrial heating risk assessment. Based on the literature research method and expert survey method, the Delphi method is used to evaluate the inquiry results from the aspects of mean, coefficient of variation, and coordination coefficient, and further screen and optimize the core indicators. Through 3 inquiries from 15 experts in the industry, the enthusiasm level reached 100% and the authority level was > 0.8. Based on the mean and coefficient of variation of the indicators, combined with expert modification opinions, 3 primary indicators and 17 secondary indicators were finally formed. It can help heating management units quickly assess and identify potential risks, improve the ability and quality of risk assessment, and provide theoretical basis and basis for subsequent risk assessment.

Keywords: Delphi method; industrial heating; risk; evaluation system

引言

2020 年 4 月, 国务院安委会通过部署《全国安全生产专项整治三年行动计划》, 在全国范围内开展了安全生产专项整治行动, 重点提到了为了提高公共安全必须建立隐患排查和安全预防控制的系统, 促使企业由被动接受安全生产监督转变为主动强化管理^[1]。同年 10 月举行的中国共产党第二十次全国代表大会上同样指出: “要坚持安全第一、预防为主, 建立大安全大应急框架, 完善公共安全体系, 推动公共安全治理模式向事前预防转型”^[2]。因此, 供热企业的安全生产工作需尽快升级, 建立相应风险隐患排查和安全预防机制, 提高安全生产能力。本研究通过准确有效的供热风险评估, 在文献研究和专家调查的基础上, 进行安全隐患排查工作并建立评估体系, 采用德尔菲法进一步筛选和优化风险评估核心指标, 以便更好的进行后续风险评估和预防的研究。

1 研究方法

1.1 案例分析法

对当前工业供热系统投入运行以来积累的相关故障或事故案例进行整理, 追溯事故根本原因及相关风险因素,

同时分析事故产生的原因、事故发生的过程、事故引发的后果及事故发生的概率, 并通过对供热系统中数据监控系统、检修情况及管道检验结果等信息进行统计和分析, 用于识别潜在的安全风险因素, 初步建立工业供热风险评估体系中的二级风险指标 15 个。

1.2 规范对比法

通过参考《中华人民共和国安全生产法》^[3]《生产过程危险和有害因素分类与代码》^[4]《城镇供热预制直埋蒸汽保温管及管路附件》^[5]《发电厂蒸汽管道安全运行管理规范》^[6]《压力管道使用安全风险分级管控和事故隐患排查治理体系建设实施指南》^[7]和《中华人民共和国特种设备安全法》^[8]等文件, 初步建立工业供热风险评估体系中的一级风险指标 3 个和二级风险指标 64 个。

1.3 德尔菲法

本研究函询对象为工业供热相关领域的专家, 以邮件的形式向其发送标准化的问卷, 每轮函询间隔 1 周, 专家根据李克特 5 级评分法对各指标的重要程度和一致程度进行判定, 并对指标的熟悉程度和判断依据做出评价, 同时可提出具体的指标修改意见, 提高评估体系的可靠性。

1.4 统计与分析法

根据函询数据,使用统计学软件进行反馈数据的专家积极程度 P 、理论水平系数 C_r 、评价依据系数 C_a 、熟悉程度系数 C_s 、平均值 \bar{x} 、变异系数 C_v 及Kendall 和谐系数 W 等指标值的分析^[9]。

2 研究过程

2.1 建立评分专家组

为了最大程度的保证评价指标可信度与专业程度,本研究通过邀请 15 位工业供热系统相关专家进行函询的方式进行,纳入标准确定如下:

- 本科及以上学历, 中级及以上职称;
- 5年及以上供热相关工作经验,熟悉工业供热系统运行;熟悉供热系统安全风险方面的内容;
- 愿意参加本研究,且持续至问卷调查结束;
- 至少 3 位本公司以外专家。

同时,为了避免部分权威专家对其他专家的评分意见影响,邀请的专家信息之间完全保密,避免互相间的沟通,邀请专家信息详见表 1:

表 1 评分专家组信息表

序号	职位	学历	职称	年龄	工作年限	工作内容
1	总经理	研究生	中级	41	16	生产、设备管理
2	总工程师	本科	正高/注安师	57	35	生产、设备管理
3	生产部部长	本科	副高	46	25	生产管理
4	设备部部长	本科	副高	55	32	设备管理
5	管廊部部长	本科	中级	39	17	管廊管理
6	安全总监	研究生	副高/注安师	38	14	安全管理
7	运行工程师	本科	中级	33	10	供热系统管理
8	设备检修工程师	本科	中级	42	20	供热系统检修
9	安全专业工程师	本科	中级/注安师	52	31	安全管理
10	仪表专业工程师	本科	中级	43	21	仪表控制
11	运行班组长	本科	中级	50	28	现场供热系统运行
12	S 企业公用工程负责人	研究生	副高	45	22	企业内用热管理
13	Y 设计院专业负责人	本科	副高	46	24	供热系统管网设计
14	R 电厂运行部主任	本科	副高	54	31	锅炉、供热管理
15	N 电厂运行部主任	本科	副高	49	27	汽机、供热管理

通过上表可以看出,受邀专家的整体学历达标,且职称水平较高,工作年限和工作范围均符合标准。

2.2 第一轮评分专家函询

第一轮问卷主要用于确定评分专家的积极程度和权

威程度,函询结果如下:

专家积极程度

专家的积极程度可用函询问卷的回收率表示,当发放的问卷回收量越多时代表专家的积极程度越高。此次共发放调查问卷 15 份,回收问卷 15 份,第一轮评分专家函询积极程度为: $P_1 = 100\%$,说明评分专家的积极程度很高。

专家权威程度

专家权威程度代表了评分专家在特定方向和问题上的权威程度,其数值大小对结果可靠性有直接影响,通过对专家权威程度的计算,可得出专家权威系数^[10],通常系数 ≥ 0.7 时可以认为评价结果可靠,根据第一轮问卷得出的结果如表 2 所示:

表 2 专家权威系数统计表

理论水平系数 C_r	评价依据系数 C_a	熟悉程度系数 C_s
0.86	0.84	0.85

综上所述,专家权威程度指标较好,可以继续进行函询。

2.3 第二轮评分专家函询

第二轮问卷 $P_2 = 100\%$,主要用于确定评分专家对相关安全风险指标的协调程度,判断专家对指标是否存在争议,通常用变异系数 C_v 及Kendall 和谐系数 W 表示。当变异系数 $C_v \leq 0.25$ 时说明专家对其意见比较一致,和谐系数 W 越接近于 1 说明专家意见协调程度越高,同时参考指标平均值 \bar{x} ,当平均值 $\bar{x} < 3$ 时说明此指标的重要程度偏低。

因统计结果较多,仅列出函询中需要调整的指标,相关结果如下:

表 3 第二轮专家函询指标修改意见

指标	平均值 \bar{x}	变异系数 C_v	意见	修改原因
安全附件故障	3.13	0.40	合并指标	指标不具体,可用保温层或保护层损坏等替代
防护缺陷	2.93	0.27	删除指标	$\bar{x} < 3, C_v > 0.25$
管线标识	1.40	0.36	删除指标	$\bar{x} < 3, C_v > 0.25$
合法合规	2.80	0.34	删除指标	$\bar{x} < 3, C_v > 0.25$
检测检验	2.93	0.33	删除指标	$\bar{x} < 3, C_v > 0.25$
设计或使用不当	1.40	0.36	删除指标	$\bar{x} < 3, C_v > 0.25$
隐患治理	1.87	0.64	删除指标	$\bar{x} < 3, C_v > 0.25$

本次函询的 Kendall 系数一致性检验的结果显示,总体数据的显著性 P 接近于 0,水平上呈现显著性,因此数据呈现一致性,同时模型的 Kendall 协调系数 $W = 0.502$,因此相关性的程度为中等的一致性。

2.4 第三轮评分专家函询

根据上一轮评分专家函询的结果,结合专家意见,对调查问卷进行调整后继续进行第三轮函询, $P_3 = 100\%$,因统计结果较多,仅列出函询中需要调整的指标,相关结果如下:

表4 第三轮专家函询指标修改意见

指标	平均值 \bar{x}	变异系数 C_v	意见	修改原因
参数波动	3.07	0.26	合并指标	参数波动超出设计值时产生风险,可合并至超温及超压指标中
管理与维护工作不到位	2.87	0.18	删除指标	$\bar{x} < 3, C_v > 0.25$

本次函询的 Kendall 系数一致性检验的结果显示, 总体数据的显著性 P 接近于 0, 水平上呈现显著性, 因此数据呈现一致性, 同时模型的 Kendall 协调系数 $W = 0.692$, 因此相关性的程度为高度的一致性, 协调系数较上一次函询有明显提升, 函询结果可用。

2.5 体系构建

根据三轮专家函询结果, 共形成符合要求的一级指标 3 个, 二级指标 17 个, 最终得到工业供热风险评估体系结果如表 5 所示:

表5 工业供热风险评估体系结果

一级指标	二级指标	\bar{x}	C_v	一级指标	二级指标	\bar{x}	C_v
A1 运行风险	B1 热源超温	4.87	0.07	A3 设备风险	B9 管道本体损坏	4.93	0.05
	B2 操作错误	4.53	0.11		B10 保温层损坏	4.40	0.12
	B3 热源超压	5.00	0.00		B11 保护层损坏	4.40	0.12
	B4 暖管过快	4.60	0.11		B12 管托损坏	4.80	0.09
	B5 流动停滞	4.80	0.09		B13 垫片损坏	4.73	0.10
A2 外界风险	B6 施工损坏	4.13	0.09		B14 管道减薄	4.80	0.09
	B7 自然灾害	3.07	0.08		B15 力学性能降低	4.40	0.12
	B8 交通环境	4.00	0.09		B16 检修记录缺失	3.20	0.13
					B17 设备资料缺失	3.80	0.11

3 结论与展望

3.1 结论

本研究通过德尔菲法构建了针对所在企业的工业供热风险评估体系, 按照指标隶属情况确定了一级指标 3 个和二级指标 17 个, 识别了系统中已知或潜在的预警风险点。在构建过程中, 专家参与度高、意见集中度和权威程度较高且协调性好, 评估结果准确程度、客观程度高且适应性广, 从多角度体现了风险评估的价值, 为工业供热的风险评估体系建立提供了应用思路和理论依据, 奠定了后续风险评估的基础。

此次构建的工业供热风险评估体系是整个风险管理流程中不可或缺的一环, 其质量直接影响到后续风险评估

的全面性和准确性, 有效的风险评估体系能够帮助在风险评估阶段更好地理解 and 权衡不同指标之间的关系和相互影响, 区分主要与次要风险, 确定风险的严重性和优先级, 为风险的进一步分析提供依据, 从而更好地分配资源, 制定更加有效的风险管理策略, 帮助企业制定有效的预防措施, 以减少风险发生的可能性或减轻风险的影响, 提升整体风险管理的效果。

3.2 展望

本文通过专家调查、文献研究和法律法规获取了相关基础资料, 研究了建立工业供热风险评估体系的常用方法, 尽管已经研究了各环节内相对重要的部分, 但工业供热系统情况复杂, 涉及安全风险众多, 尚有少部分当前未发生但可能在未来造成实际损害的次生潜在威胁需要继续研究和分析, 这些风险虽然不直接显现, 但在特定条件下亦可诱发严重事故, 后续可利用大数据技术, 深入分析次生风险, 适当增加安全风险识别的深度和广度, 引入更多的风险隐患来源。

另外, 在进行指标筛选时, 由于各评分专家所处的公司和工作岗位差异, 对供热系统的要求或理解也不相同, 评分时受其所处位置的不同会带来思考角度和范围的差异, 还需进一步研究加以完善。

在标准化研究方面, 不同时期或不同地区的工业供热系统情况均存在差异, 相应的风险指标选择和筛选过程也有所区别, 未来可通过定期评估和更新的策略, 继续研究其他同类型的工业供热风险评估体系, 对比分析不同情况下的体系差异, 查漏补缺并不断改进和优化, 以适应不断变化的内外部环境, 将研究结果反馈到评估体系中, 形成持续改进的闭环, 共同提高工业供热安全生产水平。

[参考文献]

- [1] 国务院新闻办公室. 国务院新闻办发布会介绍《全国安全生产专项整治三年行动计划》有关情况 [EB/OL]. https://www.gov.cn/xinwen/2020-04/28/content_5506931.htm, 2020/04/28.
- [2] 新华社. 习近平: 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告 [EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm, 2022/10/25.
- [3] 中华人民共和国安全生产法 [S]. 中国: 全国人民代表大会常务委员会, 2021.
- [4] GB/T13861-2022, 生产过程危险和有害因素分类与代码 [S]. 中国: 国家市场监督管理总局/国家标准化管理委员会, 2022.
- [5] CJ/T 246-2018《城镇供热预制直埋蒸汽保温管及管路附件》[S]. 中国: 住房和城乡建设部城镇供热标准化技术委员会, 2019.

- [6]DB41/T 2350-2022《发电厂蒸汽管道安全运行管理规范》[S].河南:河南省市场监督管理局,2022.
- [7]DB37/T 4282—2020《压力管道使用安全风险分级管控和事故隐患排查治理体系建设实施指南》[S].山东:山东省市场监督管理局,2020.
- [8]《中华人民共和国特种设备安全法》[S].中国:全国人民代表大会常务委员会,2014.
- [9]张曦,戴二玲,黄嘉南.建设项目社会稳定风险因素权

重确定方法优选——基于肯德尔协同系数的运用[J].北京航空航天大学学报(社会科学版),2021,34(4):124-130.

[10]许丹,郭丹丹,刘婧,等.基于德尔菲法的河北省水利科技成果评价指标体系构建[J].河北水利,2023(10):36-38.

作者简介:杨楠(1992—),男,江苏南京人,硕士,工程师,现主要从事工业园区供热生产运行管理工作。