

装备安全管理框架和量化评价方法研究

李玉龙, 庄锦程, 李大伟, 刘文一

(91550 部队 41 分队, 辽宁 大连 116023)

摘要: **目的** 实现安全管理的量化评估。**方法** 对安全管理内容进行分析, 提出安全项目、管理要求、事故内容和对策措施的确定准则, 并以此为基础描述管理框架构建流程。利用专家打分法, 对安全项目的权重进行了确定, 并以管理要求执行情况为依据, 提出量化评分方法, 实现安全管理水平的定量评价。**结果** 以某装备为例, 通过专家打分法计算, 得到了科学结果, 说明了安全管理框架和量化评价的适用性。**结论** 利用专家判别打分模型, 可以对安全管理框架中的安全项目权重和管理要求完成情况进行定量评价, 综合给出安全管理工作的评分, 从而实现安全管理的量化评估。

关键词: 装备; 安全管理; 量化评价; 专家打分

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2019.01.011

中图分类号: TJ01 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2019)01-0058-05

The Research on Safety Management Framework and Quantitative Evaluation Method of Equipment

LI Yu-long, ZHUANG Jin-cheng, LI Da-wei, LIU Wen-yi
(41 Element of PLA 91550 Unit, Dalian 116023, China)

ABSTRACT: Objective To have quantitative evaluation on safety management. **Methods** Contents of safety management were analyzed. Principles for determination of safety items, management requirement, accidents and countermeasures were proposed. And procedures for building of management frame were described on this basis. The expert scoring method was used to calculate the weight of safety item. Based on execution of management requirement, the quantitative evaluation method was proposed to have quantitative evaluation on the safety management level. **Results** With certain equipment as example, the scientific result was obtained through the expert scoring method. It illustrated the applicability of the safety management frame and the quantitative evaluation. **Conclusion** The expert scoring method could be used to quantitatively evaluate weight of safety items and completion of management requirement on the safety management frame to obtain the comprehensive score of safety managing and to have quantitative evaluation on safety management.

KEY WORDS: equipment; safety management; quantitative evaluation; expert scoring

装备安全事关部队的中心工作, 一旦安全出现了问题, 部队日常工作、训练及管理工 作都会受到影响。因此, 装备安全管理工作一直是各国军队安全管理的重要内容^[1]。

装备安全管理工作涉及的内容多, 且要求多为定性描述, 一方面造成安全工作很难系统地进行管理,

另一方面也给安全定量评价工作造成了一定的困难。近年来, 随着科学技术的飞速发展, 装备结构越来越复杂, 种类越来越多元, 这都给安全管理工作带来了很大的压力。为了解决风险隐患和安全稳定之间的矛盾, 管理者和学者开展了大量的研究, 比如美军以高度智能的信息化装备为基础, 建立了一套完善的安全

管理方案。从安全活动的产生到结束,美军有非常细致的管理措施和方法,较好地控制了各类风险发生的概率^[2]。20 世纪 80 年代,国内开始将安全管理和系统工程理论相结合,开始在部分企业中进行试用。目前,虽然取得了一定的成果,但国内大部分单位缺乏对安全管理工作的系统认识,少有建立专门的安全管理机构。因此,为了实现装备体系化安全管理,并对安全工作进行定量评价,使管理者充分掌握安全管理实际水平,尚需进一步开展相关研究。文中针对装备安全工作,对管理框架进行了分析,描述了构建流程,并提出了量化管理方法。最后,以某型装备为例,进行了案例分析,说明了该研究内容的适用性。

1 管理框架分析

1.1 管理内容

为了构建装备的安全管理框架,需要分析安全项目,提出对应的安全管理要求,并明确可能发生事故的灾害、可能性。在此基础上,对照安全管理要求,检查其完成情况,评价每个安全项目,并根据评价结果,提出装备安全工作的对策措施。

安全项目主要指安全管理工作所涉及的各个方面,可根据以下原则对安全项目进行分类确定^[3]。

1) 实用性原则。安全项目的确定要考虑信息的可获取性、可度量性,应选取具有普遍代表性的综合工作和重点工作。安全项目应注意项目数的平衡,数量过少不易完整反映装备的安全工作,数量过多则不利于安全工作的开展^[4]。

2) 独立性原则。安全项目较为复杂,往往涉及多因素、多层次,某些项目甚至彼此相互联系。此时,要对安全项目的确定做好统筹,尽量避免各个项目之间存在包含的关系,确保相同内容的安全项目只出现一次。

3) 目的性原则。安全项目的确定,是为了科学地反映装备的安全内容,提出各项工作的要求,为客观评价装备的安全管理水平提供输入。因此,能否满足安全评价是衡量安全项目是否合理的重要标准之一。

4) 完备性原则。安全项目的确定要考虑完备性,通过分析明确安全与不同项目之间的关系,使安全项目较为完整地反映和度量装备的安全水平,否则不仅不能全面地反映装备的安全工作内容,而且还不利于安全定量评价工作的开展。

为了确保各项安全项目可以安全顺利地实施,避免事故发生,需要提出对应的管理要求。管理要求通常分为定性要求和定量要求两大类。

1) 定量要求。定量要求往往包括事故率、安全可靠度等。定量要求容易理解,且具有较强的说服力。

2) 定性要求。定性要求往往包括人员技能要求、

警告标示要求等。工程中,不是所有要求均可以量化,此时,定性要求往往可以较好地描述无法量化的安全项目,从而对该类项目起到较好的约束^[5]。

应根据安全项目,对可能发生的事故进行分析,明确事故内容,以及事故危害和可能性。事故危害主要指事故发生的严重程度,通常有两种方式进行描述:一是定性描述,可分为四级,即灾难的、严重的、轻度的和轻微的,具体内容见表 1;二是定量描述,主要利用人员伤亡数字或经济损失金额等方面进行说明。

表 1 事故危害等级定性划分

等级	说明	事故危害说明
I	灾难的	人员死亡或系统报废
II	严重的	人员严重受伤、严重职业病或系统严重损坏
III	轻度的	人员轻度受伤、轻度职业病或系统轻度损坏
IV	轻微的	人员受伤和系统损坏轻于 III 级

事故可能性主要指事故发生的可能程度,与事故危害类似,通常也有两种方式进行描述^[6]:一是定性描述,主要利用事故发生的频繁程度进行描述,可分为五个等级,即频繁、很可能、有时、极少和不可能,具体内容见表 2;二是定量描述,主要利用事故发生的概率或频率进行说明,比如飞机飞行出现一次事故的概率为 10^{-6} 。

表 2 事故可能性等级定性划分

等级	说明	单个项目发生情况	总体发生情况
A	频繁	频繁发生	连续发生
B	很可能	在寿命期内会发生若干次	经常发生
C	有时	在寿命期内可能有时发生	发生若干次
D	极少	在寿命期内不易发生,但有可能发生	不易发生,但有理由预期可能发生
E	不可能	很不容易发生,以至于可以认为不会发生	不易发生,但有可能会发生

在获得安全项目评价结果后,可采取进一步对策措施,确保安全管理工作顺利开展。通常,对策措施包括以下方面。

1) 开展安全警示教育。使现场操作人员和指挥人员明确可能面临的主要风险,加强安全警示教育,做好相关防范工作^[7]。

2) 下发整改通知书。对存在的安全隐患和因素提出警告,指定责任单位、责任人,并限期逐项整改。如果存在无法解决的重大隐患,要及时向上级报告,并说明情况和原因。

3) 组织专业技能培训。组织相关人员操作和防护技能培训,提高指挥员、操作员和保障人员应对风险的能力,消除人为隐患,降低风险^[8]。

4) 完善管理制度。针对装备使用、维护和贮存等方面,通过完善管理制度,制定各项安全防护措施,规范和固化操作规程,并细化安全措施,降低制度不完善所带来的风险^[7]。

5) 加强各类保障。针对装备可能发生的事故,一方面,要强化落实各项安全措施,加强训练演练,建立反馈机制,对风险控制措施执行情况进行跟踪监督。另一方面,要加强安全器材工具的保障,强化技术保障力量,提高应对风险的能力^[9]。

1.2 管理框架构建

在分析安全管理内容的基础上,构建装备的安全管理框架,相关步骤如下,具体如图1所示。

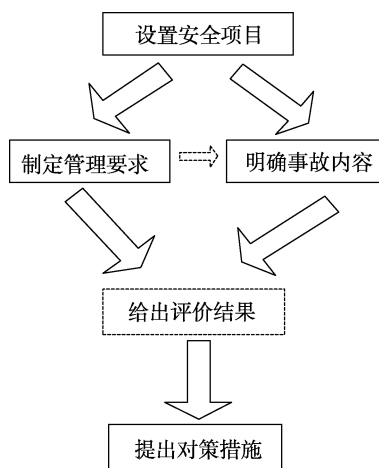


图1 管理框架构建流程

1) 设置安全项目。根据装备使用环境和使用目的,利用1.1节给出的安全项目确定原则,提出具体、可操作的安全项目。

2) 制定管理要求。针对不同的安全项目,制定为顺利完成该项工作所必需的管理要求(包括定性和定量两类)。

3) 明确事故的内容。针对安全项目,结合管理要求,进行安全分析,尽可能辨识所有危险事件,明确可能发生的事故,以及造成的危害、可能性。

4) 提出对策措施。根据管理要求的执行情况,以及事故内容(危害和可能性),给出安全评价结果,并以此为基础,提出规避或者降低安全风险的建议和对策措施^[10]。

2 量化评估方法

2.1 项目权重确定方法

为了实现安全量化管理,需要明确安全项目的重

要程度,即对不同项目的权重进行定量确定^[11]。选取较为成熟的专家打分法,具体步骤如下所述。

1) 确定专家。聘请相关领域研究人员和装备使用单位的管理人员作为评分专家,为了使权重确定更加准确,通常人数不低于5人。

2) 确定项目的重要性。针对不同的安全项目,每位专家采取两两比较法,对项目的重要性进行比较。设共有 n 个安全项目,对第 i 个安全项目与第 j 个安全项目进行两两比较,重要性准则具体见表3。

表3 重要性判别准则

序号	数值	含义
1	$a_{ij}=1$	第 i 个安全项目与第 j 个安全项目相比,同等重要
2	$a_{ij}=3$	第 i 个安全项目与第 j 个安全项目相比,稍重要
3	$a_{ij}=7$	第 i 个安全项目与第 j 个安全项目相比,明显重要

令 $a_{ji}=1/a_{ij}$ 。由此,能够得到判别矩阵满足:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

3) 确定权重系数。在获得判别矩阵后,计算各个安全项目的重要性权重系数,则第 i 个安全项目的权重系数为:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad (2)$$

利用上述步骤可以得到一个专家对 n 个安全项目的权重系数 $w_i(i=1,2,\dots,n)$ 。

由于每个专家对安全项目重要性的认识具有一定的主观性。为消除各位专家的主观性,对专家确定的安全项目权重系数进行平均^[12]。对于第 i 个安全项目,如果邀请的 1 位专家给出的权重系数分别为 $w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{ij}$ 时,根据式(2),得到该安全项目的权重系数为:

$$\bar{w}_i = \frac{1}{1} \sum_{j=1}^1 w_{ij} \quad (3)$$

2.2 量化评分方法

针对安全项目,根据对应的管理要求执行情况,通过组织专家进行评审,给出每个安全项目的评分结果。结合安全项目的权重,实现安全量化评价,具体步骤如下所述。

1) 评分原则。设参与评价的专家数为 n , 每个专家依据执行情况进行评价,评价等级为优、良、中和差四个等级,每个等级的分数分别为 10、8、5、1 分。

2) 单个安全项目评价。根据 n 个评审专家的评

分进行平均, 去掉最高分和最低分后, 获得该安全项目的得分, 记第 i 个安全项目的专家评分值为 g_i 。

3) 安全项目综合评价。结合第 i 个安全项目的权重, 得到第 i 个安全项目的评分值为 $w_i g_i$, 将安全项目分数相加, 根据式 (3), 得到安全项目综合评价结果为:

$$G = \sum_{i=1}^n \overline{w_i} g_i \quad (4)$$

显然, $G \in (0, 10)$ 。

利用上述方法, 在安全项目权重确定的基础上, 通过对管理要求完成情况进行定量评价, 从而实现安全管理工作的量化。

3 案例分析

某型装备结合任务需求和确定原则, 可将该装备安全工作分为: 日常维护、库房安全、使用和教育四个项目, 并进一步确定其事故内容, 具体见表 4。

表 4 装备安全事故内容

安全项目	危害	可能性
日常维护	严重	极少
库房安全	严重	极少
使用	轻度	极少
教育	轻微	有时

针对上述内容, 对装备的不同安全项目的管理要求进行制定, 并聘请五位专家对安全项目进行评分, 以确定不同安全项目的权重。以其中某一位专家的判别矩阵为例:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

由判别矩阵可知, 该专家认为日常维护的重要性与库房安全的重要性相同, 装备使用的重要性与装备教育的重要性相同, 且日常维护与库房安全的重要程度稍高于使用与教育。进一步分析, 得到四个安全项目的权重分别为 0.375、0.375、0.125、0.125。

同理, 可以得到其他四位专家确定的安全项目权重, 经过平均便可以确定四个安全项目的权重。为了方便计算, 设五位专家给出的判别矩阵相同, 即各位专家对安全项目重要程度的认识达成一致, 由此, 可以获得该装备安全项目平均后的权重为 0.375、0.375、0.125、0.125。

在已知管理要求的基础上, 专家结合各个安全项目对应要求的执行情况, 给出评价等级, 具体见表 5。结合表 5, 利用第 2.2 节的评分方法, 能够得到各

个安全项目所对应的评分情况, 具体为 10、8.7、8、7。

表 5 评价等级

专家	安全项目			
	日常维护	库房安全	使用	教育
专家 1	优	优	良	良
专家 2	优	优	良	良
专家 3	优	良	良	中
专家 4	优	良	良	良
专家 5	优	良	良	中

综上所述, 根据安全项目的权重和管理要求的执行情况, 确定四个安全项目的安全管理分值分别为 3.75、3.26、1、0.875。此时, 说明利用专家打分法, 对该装备的安全管理工作评价为 8.89, 在满分为 10 的条件下, 其基本处于优秀水平。

为了进一步提高该装备安全管理水平, 在安全量化评分为 8.89 的基础上, 给出对策措施, 建议进一步开展安全警示教育, 使现场操作人员明确所面临的主要风险, 增强安全意识, 并以此做好防范工作。

4 结论

针对装备安全管理工作难以量化评估的问题, 文中以量化评估方法为基础, 建立了专家判别打分模型, 通过实例分析, 得出以下结论。

1) 提出了安全管理框架构建方法并明确了安全管理框架主要内容: 安全项目、管理要求、事故内容和对策措施等, 给出了相关内容的确定准则, 并描述了安全管理框架构建流程, 便于使用方根据装备需求构建安全管理框架。

2) 提出了安全管理量化评价方法。利用专家判别打分模型, 可以对安全管理框架中的安全项目权重和管理要求完成情况进行定量评价, 综合给出安全管理工作的评分, 从而实现安全管理的量化评估。

参考文献:

- [1] 李文山, 岳红博. 基层武器装备安全管理文化浅析[J]. 装备学院学报, 2014, 25(1): 43-46.
- [2] 廖明阳. 部队重大任务和时期安全风险评估系统设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2012.78-81
- [3] 施建荣, 王晓侠, 党弦. 装备全寿命环境剖面与任务剖面[J]. 装备环境工程, 2010, 12(2): 19-20
- [4] 庞虎. 部队政治工作信息系统安全风险评估系统设计与开发[D]. 成都: 电子科技大学, 2011.

- [5] 李尧. 飞机温度环境适应性要求分析和确定技术探讨[J]. 装备环境工程, 2008, (56): 60-64.
- [6] 熊长武. 装备环境适应性设计思想变革与实践[J]. 装备环境工程, 2014, 11(2): 22-24.
- [7] 邓林. 信息电子装备高可靠性设计方法思考[J]. 装备环境工程, 2010, (76): 146-149.
- [8] 谢干跃, 宁书存, 李仲杰. 可靠性维修性保障性测试性安全性概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
- [9] 刘阳娜. 舰艇装备信息安全管理评估方法[D]. 沈阳: 东北大学, 2010.
- [10] 刘章龙, 赵徐成, 胡涛. 基于高原环境的保障装备适应性技术研究[J]. 装备环境工程, 2016, 13(2): 35-36.
- [11] 羊军, 赵书平, 李金国, 等. 军用地面雷达装备环境工程探讨[J]. 装备环境工程, 2015, 12(2): 96-97.
- [12] 赵保平, 王刚, 孙兰. 基于产品功能的装备环境工程管理思考[J]. 装备环境工程, 2017, 11(14): 2-3.