

层次分析法船舶机电设备自查表设计研究

赵贵武

(中海油田服务股份有限公司船舶事业部, 广东 惠州 516081)

【摘要】为确保船舶机电设备的正常运行, 防止船舶航行过程中机电设备出现故障。对船舶机电设备开展相应的管理尤为重要。本文以船舶机电设备为对象, 在分析船舶机电设备工作环境及其影响基础上, 采用层次分析法将其划分为主机部件、舵机等部分, 构建相应的层次分析模型。通过设计判断矩阵、一致性检验等环节获得船舶机电设备管理权重集。依据权重数值大小实施排序, 组成相应的船舶机电设备自查表, 有助于船员开展船舶机电设备检查工作, 以期为航运公司开展机电设备维护与管理工作提供一定的参考。

【关键词】层次分析法; 自查表; 船舶机电设备; 故障

在航运公司发展过程中, 船舶机电设备占据非常重要的地位, 也是确保公司可持续发展的基本要求。但机电设备日常维护与管理工作具有复杂性、系统性的特点, 因船舶机电设备所处环境较为恶劣, 发生故障的概率随之增加。面对日益增加的机电设备, 如何确保其长时间稳定地运行, 成为航运公司及相关人员关注的主要问题。2022年6月2日, 上海海事局在2022年6月对外发布《上海海事局关于加强机电设备故障船舶安全管理的通告》(以下简称《通告》)^[1], 提出船长要重视做好船舶机电设备的自查工作, 明确船舶是否达到航行要求。船舶出现机电故障的因素多种多样, 参照海事部门公布的故障信息, 主要将船舶机电设备管理划分为主机部件、燃油管路及泵等部分。文章引入层次分析法对引起船舶机电设备故障的各项因素展开权重分析, 以期为航运公司开展船舶机电设备自查工作提供重要的参考。

一、船舶机电设备工作环境及影响

船舶运行过程中不管处在搁浅、在航等状态, 均要与海水相接触, 船舶机电设备运行情况会受到海水及海洋大气的影响。有调查指出, 高温对于船舶机电设备影响较大, 但船舶机电设备需要在海水或海洋大气引起的高盐度及湿度环境下工作, 这种情况下, 会在一定程度上增加船舶机电设备的腐蚀速度^[2]。此外, 高湿度的环境使得船舶机电设备绝缘性能降低, 影响其正常工作。绝缘系统作为船舶机电设备的重要组成部分, 船舶机电设备技术与绝缘系统的稳定性、可靠性存在密切的关系。高湿度环境不仅会增加船舶机电设备与海水或海洋大气接触部位的腐蚀速度, 也会加速机电设备相关绝缘材料的老化, 导致绝缘电阻性能降低, 增加船舶机电设备故障发生概率^[3]。

必须注意, 金属的腐蚀情况与含盐量存在一定的关联, 海水或海洋大气中含盐量较高, 氯离子会加快金属的腐蚀速度, 即使使用不锈钢材料, 长时间接触盐水也会发生腐蚀^[4]。加之, 海水作为强电解质, 会导致金属出现电化学腐蚀。

二、层次分析法在船舶机电设备自查表中的应用

(一) 概述层次分析法

层次分析法是指将与决策存在关联的元素分解为目标、方案等不同层次, 在此基础上开展定性和定量分析的方法。层次分析法是由美国的运筹学家萨蒂教授提出的, 为美国国防部门研究各工业部门对国家福利贡献情况而实施分配课题时, 采用网络系统理论及多目标综合评估方法, 提出层次权重决策的分析方法。层次分析法主要适用在具有分层交错评估指标的目标, 且目标值无法定量实施描述的决策问题。层次分析法主要用法在于构造相应的判断矩阵, 求得最大的特征值及相应的特征向量 W , 实施归一化处理后, 获得相对重要性的权值^[5]。

(二) 构建结构模型

船舶机电设备管理作为一项复杂、系统的工程, 因船舶体体积结构大, 所用机电设备结构比较复杂, 船舶机电设备日常维护与管理工作难度较大, 相关部门要重视做好机电设备的管理工作, 采用科学的维护与管理措施解决各类故障问题。部分航运公司为减少人力投入及资源浪费, 在管理过程中减少机电设备保养的工作。一些机电设备需要开展防腐蚀工作, 但安装机电设备时为加快工作效率, 可能减少防腐蚀保养环节, 只对部分设备进行保养, 导致一些设备使用寿命明显缩短, 后期极易发生故障^[6]。还有一些机电设备已经老化, 为节省成本, 一些航运公司会设法延

长其使用时间,从而为船舶机电设备埋下巨大的安全隐患。现阶段,我国船舶行业出现高端产能不足等一系列问题,使得船舶机电设备维护与管理工作也面临一些漏洞。基于此,文中引入层次分析法,对船舶机电设备管理涉及主机部件、滑油管路及泵等类型进行分析,并把每一种大类包含的具体元素进行细分,获得基于层次分析法的船舶机电设备管理结构模型。

(三) 设计对比判断矩阵

依据上述船舶机电设备管理框架,结合文献资料,设计相应的船舶机电设备自查表调查问卷,通过多名具有丰富工作经验的安检员、航运公司机务主管、船舶管理员根据 1-9 标度法对其实施赋值处理。本次共发放 80 份问卷,回收率 100%,有 2 份不合格问卷,问卷有效率为 97.5% (78 份)。 a_{ij} 最终赋值使用平均计算后四舍五入取整数获得。

(四) 单排序及一致性检验

根据上述调查表中 A-B_i 相关数据,采用方根法求出这一矩阵特征值及特征向量 W。

$$\text{对判断矩阵} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 9 & 8 & 7 \\ \frac{1}{4} & 1 & 7 & 3 & 5 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{3} & 4 & 1 & 3 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & 2 & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix} \text{相关元素每行进行相}$$

乘,分别求解不同行乘积 M_i 的 n 次方根值,即:

$$\bar{W}_1 = \sqrt[n]{M_1} = 4.5804$$

$$\bar{W}_2 = \sqrt[n]{M_2} = 1.9224$$

$$\bar{W}_3 = \sqrt[n]{M_3} = 0.2882$$

$$\bar{W}_4 = \sqrt[n]{M_4} = 0.8707$$

$$\bar{W}_5 = \sqrt[n]{M_5} = 0.4530$$

对上述数值进行归一化处理,获得 $W = [0.5645, 0.2369, 0.0355, 0.1073, 0.0558]^T$,这一特征向量代表中间层的权重排序情况。

通过计算对比获得矩阵最大的特征根 $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} = 5.2770$ 。

对一致性指标进行计算 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0.0693$ 。通

过计算可知,如果 $n=5$,RI 数值为 1.12,因此,A-B 层次的判断矩阵一致性比率为 $CR = \frac{CI}{RI} = 0.0619$, $CR < 0.0$,判定该矩阵存在被认可的一致性。

(五) 船舶机电设备各元素权重数集

B-C 层次也可利用以上方法开展单排序及一致性检验,最终结果见表 1。

根据以上计算结果,获得 A-B、B-C 之间不同层次单排序值,因此,A-C_{1i} 总的排序权值 = B₁-C_{1i} 不同层次之间单排序权值 * A-B₁ 层次权值。即:

$$W_{11} = 0.5645 \times 0.0549 = 0.0310$$

表 1 B-C 层不同层次单排序及一致性结果

指标	判断矩阵				
	B ₁ -C _{1i}	B ₂ -C _{2i}	B ₃ -C _{3i}	B ₄ -C _{4i}	B ₅ -C _{5i}
W	0.0548	0.5570	0.4577	0.5815	0.6490
	0.0562	0.2066	0.2007	0.1095	0.2791
	0.1563	0.0738	0.2222	0.3090	0.0719
	0.1948	0.0571	0.1194		
	0.1147	0.0358			
	0.4232	0.0697			
$\lambda_{\max}$	6.3223	6.4144	4.0459	3.0038	3.0648
CI	0.0645	0.0830	0.0154	0.0020	0.00325
RI	1.25	1.25	0.91	0.59	0.59
CR	0.0521	0.0670	0.0171	0.0033	0.0560
一致性	满意	满意	满意	满意	满意

$$W_{12}=0.5645 \times 0.0563=0.0318$$

$$W_{13}=0.5645 \times 0.1564=0.0883$$

$$W_{14}=0.5645 \times 0.1949=0.1102$$

$$W_{15}=0.5645 \times 0.1148=0.0648$$

$$W_{16}=0.5645 \times 0.4233=0.2390$$

因此,在主机部件B1下各元素(C11-C16)处于船舶机电设备管理总目标(A)的权重数值分别为0.0310、0.0318、0.0883、0.1102、0.0648、0.2390。以此类推,获得船舶机电设备管理权重集结果,舵机B2下各元素(C21-C26)的权重数值分别为0.1321、0.0490、0.0176、0.0136、0.0086、0.0166,滑油管路以及泵B3下各元素(C31-C34)的权重数值分别为0.0163、0.0073、0.0080、0.0043,燃油管路及泵B4下各元素(C41-C43)的权重数值分别为0.0625、0.0333、0.0118,排温和冷却B5下各元素(C41-C43)的权重数值分别为0.0363、0.0157、0.0041。

三、船舶机电设备自查表分析

通过分析上述数据可知,主机部件、启动设施与控制系统等与主机相关的问题成为引起船舶机电故障的首要因素。根据表2的数据进行计算,获得B1-B5相应的权重值分别为0.5646、0.2370、0.0356、0.1074、0.0559。其中,B1占权重处于首位,这与实际情况符合。其他指标依次为B2、B4、B5、B3。通过以上指标权重数值由大至小实施排序,构成相应的自查表。根据排序结果可知,主机部件发生故障概率更高,要受到更多的重视及关注。船舶主机作为船舶的重要部件,做好船舶主机部件的维护与管理工作,有利于提升船舶的使用寿命,确保船舶在海上运输中的安全性。相关部门应根据船舶使用情况制定主机部件管理与维护要求,实际维护过程中,全面了解各元件使用性能,明确油路管、阀门等基本走向,便于快速判断故障位置,在最短的时间内制定解决对策。对主机维护过程中,技术人员应对各部件开展拆分检查,判断内部结构是否安全,对出现问题的构件及时维修,确保主机部件满足运行要求。此外,对船舶主机部件进行检查时,要重视结合故障发生情况分析引起故障的原因。例如:检查发现排气阀运行中处在停滞状态,应对其内部、外部实施清查。必须注意,船舶处于任何水系进行行驶时,重点在于确保船舶机电设备保持良好的运行状态。文中依据层次分析法设计相应的船舶机电设备自查表,旨在总结以往船舶机电故障,形成更加精准、针对性强的自查表,便于航运公司

日常对船舶机电设备开展维护、管理工作。与此同时,为确保所选指标的量化行,并未把船员与机电设备相关的操作内容放在自查表内。即使如此,航运公司可依据船舶机电设备自查表相关故障,对船员进行机电设备方面知识的培训,有利于提升船员应对故障的处理能力。基于此,航运公司可根据船舶机电设备自查表对船员开展技术培训,有利于提升相关人员设备维护与管理水平,灵活应对船舶不同机电设备出现的故障。此外,可制定奖惩制度,将维护与管理水平当做一项考核指标,与船员的晋升、薪资相挂钩,有利于激励船员不断学习,提升自身对于船舶机电设备的维护与管理技能。

结论

船舶机电设备维护及管理船舶安全运行存在密切的关系,基于此,做好船舶机电设备的检查与维护工作尤为重要。文章在分析船舶所处恶劣环境下,依托层次分析法设计相应的船舶机电设备自查表,有利于航运公司开展船舶机电设备管理工作,帮助船员快速完成船舶机电设备故障自查工作,防止在重要水系或航道运行中机电设备出现故障,为水上交通带来一定的安全隐患。如果想要真正意义上实现安全航行,航运公司重视落实传播机电设备管理的主体责任,船员则不断学习,提升船舶机电设备管理意识及维护能力。

参考文献:

- [1] 凌国建.船舶机电设备故障诊断方法[J].船舶物资与市场,2021,29(2): 29-30.
- [2] 朱九明.船舶机电设备的维护及管理研究[J].船舶物资与市场,2023,31(7): 66-69.
- [3] 熊纪国.海损船舶机电设备修理分析[J].船舶标准化工程师,2022,55(6): 47-50.
- [4] 胡静.船舶主要机电设备型谱数据库及选型软件需求研究[J].中国水运(下半月),2022,22(12): 18-19,22.
- [5] 罗汉清,周海峰,尹金辉.冲击环境下船舶机电自动控制设备的故障诊断方法[J].船舶物资与市场,2022,30(10): 62-64.
- [6] 孙嘉徽,刘山尖,顾胜健,等.基于船舶振动环境应力的机电设备全寿命仿真与试验技术[J].机电设备,2023,40(5): 15-19.

作者简介: 赵贵武(1977.06-),男,天津市人,中级工程师,本科,研究方向:船舶机电。