

Management of Network Multimedia Teaching Equipment Based on FMEA Theory

Gao Xiangmin¹ Duan Huiqiong^{2*}

1. Modern Education Technology Center, Nanchang Hangkong University, Nanchang;

2. School of Foreign Languages, Nanchang Hangkong University, Nanchang

Abstract: This paper provides an example of using failure mode and impact analysis (FMEA) to ensure the reliability of network multimedia teaching equipment. Through interviews, questionnaires and data analysis, the problems existing in equipment management were identified and the improvement measures were put forward. These are the steps used in equipment life cycle stage to ensure continuous improvement of equipment use process. It tries to encourage the use of FMEA to reduce costs, avoid defects, problems such as fault, downtime, scrap. Contrast before and after evaluation between teachers and students about improvement schemes, blind spots on the subjective understanding and operation are eliminated, equipment reliability is improved. FMEA is the active way to solve the potential failure modes. School "hardware" construction is greatly enhanced.

Key words: Equipment management; Network multimedia teaching equipment and equipment; FMEA theory

Received: 2019-09-12 ; Accepted: 2019-10-19 ; Published: 2019-11-01

基于 FMEA 理论的网络多媒体教学设备管理

高湘民¹ 段惠琼^{2*}

1. 南昌航空大学现代教育技术中心, 南昌;

2. 南昌航空大学外国语学院, 南昌

邮箱: englishduan2011@163.com

摘 要: 本文提供了使用失效模式和影响分析 (FMEA) 确保网络多媒体教学设备可靠性的应用实例。通过访谈、问卷调查和资料分析, 找出设备管理中存在的问题, 并提出实施改进措施。这些在设备生命周期使用阶段采取的步骤, 保证了持续改进设备使用的过程, 试图鼓励使用 FMEA 降低成本, 避免出现缺陷、故障、停机、报废等问题的尴尬。对比实施改善方案前后的师生评价, 消除主观认识与操作上的盲点, 提升设备可靠性, FMEA 这种解决潜在失效模式的主动方法大大加强了学校“硬件建设”。

关键词: 设备管理; 网络多媒体教学设备; FMEA 理论

收稿日期: 2019-09-12; 录用日期: 2019-10-19; 发表日期: 2019-11-01

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1 前言

网络多媒体教学设备轻松地为学生创造有效的学习环境。由于隶属精密系统，所以价格不菲，是中学投入巨大的现代教育装备之一 [1]。网络多媒体教学设备使用频次较高，使得设备的运转性能劣化、精度降低，达不到教师对教学活动的要求，招致教师不满和学校依靠的是缺乏经验的教师。有的教师提前退休，部分原因是因为他们对教学条件不满。中学只有依照科学的网络多媒体教学设备管理方法，才能扭转教师的不满，给教师和学习者带来时代感。

2 FMEA 理论

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)，故障模式与影响分析，在大多数发表的刊物中，被认为是一种高度结构化、系统的失效分析技术。它由可靠性工程师在 20 世纪 50 年代后期开发，用于研究军事系统故障可能产生的问题。作为研究设备可靠性的第一步，它包括审查尽可能多的零件和子系统，找出它们的故障模式、故障原因和产生的负面影响。每个零件的故障模式、它们对系统其余部分的影响都记录在一个特定的 FMEA 表上。FMEA 表有许多略微变化的版本。FMEA 可以是定性分析，但当数学故障率模型与统计失效模式比率数据库相结合时，那么 FMEA 分析要基于定量基础之上 [2]。FMEA 是一个归纳推理（正向逻辑）单点失效分析，是可靠性工程、安全工程和质量工程的核心任务。一个成功的 FMEA 活动要建立在基于类似产品和过程的经验之上，这样才能有助于帮助识别潜在的失效模式。它广泛应用于产品生命周期的各个研发和制造阶段。

故障模式 (failure mode) 又称为失效模式，指的是设备的元器件或者产品出现故障的外在表现形式。一般人们能够观察到这些故障现象，如材料的弯曲、断裂、变形、电器短路 / 接触不良、腐蚀、安装设备不当等。影响分析 (Effects Analysis) 指的是在不同的系统层次上研究这些失效产生的后果。因此，FMEA

分析有时被描述为包含两个子分析，第一个是失效模式和影响分析（FMEA），第二是危害性分析（Critical Analysis）。[3] FMEA 的成功开发要求分析包含在系统中每个部件或部分的所有重要失效模式。它可以在系统、子系统、程序集、组件或零部分级层面上执行。FMEA 可以在没有危害性分析（CA）的情况下完成，但是 CA 要求 FMEA 之前已经确定了设备系统层面上的危害性故障。当两个步骤都完成时，整个过程被称为 FMECA。

每个 FMEA 的基本规则包括一套选定的程序；建立在分析基础上的假设；已包含的硬件和被排除分析的硬件，及被排除的理由。基本规则还描述了分析的契约层次、基本硬件状态以及系统和任务成功的标准。在 FMEA 开始之前，应该尽一切努力来确定所有的基本规则；然而，随着分析的进行，基本规则可能会被扩大和澄清。一组典型的基本规则（假设）如下：

- （1）一次只存在一个故障模式。
- （2）对正在分析的项目的所有输入（包括软件命令）都是当前输入基数值。
- （3）所有消耗品都有足够的数量。
- （4）标称功率是可用的

FMEA 分析必须分析系统中所有可能产生的故障模式及其有可能造成的影响，并按照严重程度（Severity，下文简称 S）、检测难易度（Detection，下文简称 D）、发生频度（Occurrence，下文简称 O）三个指标实行分类。因此，实施 FMEA 从最高优先级出发，预测零件可能出现的问题、其潜在故障模式，找出故障原因，以及判断故障对系统产生的负面影响将达到的严重程度。接下来采取相应的预防改进措施和行动，以便减少故障的发生次数，甚至消除故障的发生，达到减少设备运行缓慢或者非正常停运的次数，最终提高设备可靠性运行。因此，它起到了防患于未然的作用 [4]。失效的优先等级是根据产品或者零件发生故障所产生的后果严重程度、发生频率的高低、以及检测出故障的难易度来划分的。对于没有 FMEA 经验的人来说，FMEA 过程可能是一个挑战，通常会把产生失效果模式与影响的因果混淆。

FMEA 的特征参数与功能包括严重度（S）、发生频率（O）、探测难易度（D）和风险优先值（RPN）。

严重度 (Severity, 记为 S) 是评价某种潜在故障模式将对生产的产品质量、对顾客产生的负面影响的程度。这个评价指标的数值由低到高, 位于 1-10 之间。给分参考表见表 1。

发生频度 (Occurrence, 记为 O) 是统计发生某一潜在故障模式的可能性指标, 其数值由低到高, 位于 1-10 之间。发生频度越高, 危害越大。给分参考表见表 1。

探测难易度 (Detection, 记为 D) 指的是当发生某一故障时, 现有的检测手段及控制方法是否能快速、准确地检出来。D 值由低到高, 位于 1-10 之间。数值越大, 探测难度越大; 反之, 探测难度越小。给分参考表见表 2。

风险优先值 (Risk Priority Number, 记为 RPN) 是一项全面综合评价当发生某一故障模式时, 故障所产生的风险和危害的综合性评价指标。人们使用 RPN 作为阈值来采取行动限制 FMEA 的有效性。历史上, 基于 FMEA 的纠正措施是基于 RPN 的优先级。然而, 这样的模式会导致消极的团队行为, 因为一些团队会选择最低的数量以便低于阈值, 而不考虑需要减轻的实际风险 [8]。RPN 值在 1 至 1000 之间。RPN 数值越高, 越应该当作预防控制风险的重点。计算风险优先值 (RPN) 的公式是严重度 (S) * 发生频率 (O) * 探测难易度 (D), 即: $RPN = S * O * D$ 。通过风险优先值的计算公式, 用以决定每一故障模式风险指数, 并将此计算结果记录到的分析表中。RPN 数值越高, 风险越高。

表 1 故障严重度、发生频度给分参考表

Table 1 Scores for fault severity and frequency

停机事件	给分范围	故障频率 (次数 / 学期)	给分范围
≤ 5 分钟	1-2 分	< 1 次	1-2 分
5-14 分钟	3-4 分	1 次 -2 次 (不含 2 次)	3-4 分
15-24 分钟	5-6 分	2 次 -3 次 (不含 3 次)	5-6 分
25-34 分钟	7-8 分	3 次 -4 次 (不含 4 次)	7-8 分
≥ 35 分钟	9-10 分	≥ 4 次	9-10 分

表 2 探测难易度给分参考表
Table 2 Scores for detecting difficulty

探测难易度	评价准则	给分范围
总发现	设备运转过程中，设备维护检修人员可探测到故障模式，并且可以找出产生该故障模式的主要原因，避免再次发生该故障。	1-2 分
便于发现	设备维护检修人员可探测到大部分故障模式，但是少数几种不能。不能避免这少数几种故障的再次发生。	3-4 分
很少发现	设备维护检修人员很少探测到故障模式。即使发现了，也很少能够找出产生故障原因，很少能够避免该故障的再次发生。	5-6 分
难以发现	设备专业技术工程师探测到故障模式（如：元件几乎不能使用）很困难，或者很难找出产生故障的原因。	7-8 分
不能发现	设备专业技术工程师在故障发生前没有办法探测到元件的故障模式	9-10 分

3 网络多媒体设备管理中存在的不足

本次调查问卷以调查的对象是 NH 中学现代教育技术中心（或现教中心）网络多媒体现代教学设备的管理人员 14 人、各学院、各系部使用网络多媒体设备上学的学生，共发出调查问卷 120 份，回收有效问卷 104 份。

统计结果显示：很多中学多媒体教室得到极高的使用率，排课率稳超 75%。NH 中学 90% 以上的课程使用了多媒体现代教学设备进行教学。从事多媒体现代教学设备管理、技术维护维修人员全是男性；全部是计算机专业和数理化工科专业的毕业生；学历中本科学历者为多数，占 57.14%；职称以中级居多，57.14%；工作年限以 11-15 年居多。管理队伍呈现出中年化，有一定的专业基础、工作经验和管理水平。

多媒体教学设备出现故障频率超过 50%，没有同学经历设备运行很好的状况。常见的多媒体教学设备故障种类有 U 盘不能识别、计算机运行缓慢和投影不能显示整个画面，分别占 62.7%、76.4% 和 50.9%。由于必须同时满足老师同时使用多台设备，因此面对当前不断增多的多媒体教室，及教室空间分布松散的情况，设备的维护维修与管理人员就得频繁穿梭于各楼层，有时会顾此失彼，对教学的顺利开展影响较大。同时使得负责教学设备的日常维护工作变成一项繁琐的体力活，不能充分发挥出现代教育技术之优势与效益。技术人员没有时间研究新的教育技术，或者开发新的东西，长此下去，只重复干着简单劳动，

妨碍了职业发展。

根据故障统计，计算机故障和投影机的故障占设备系统总故障的 76.47%，是网络多媒体教学设备系统中主要和最多的故障。计算机故障分别出现在计算机主机的启动部分、显示器出现黑屏现象、以及计算机没有办法进入多媒体教学系统。计算机慢、老是重启、还有蓝屏问题，都是非常严重的故障。显示器超出频率范围、鼠标和键盘失灵的故障发生的严重度小，容易找到问题的症结所在，但是它们发生的次数并不少。想象一下，停机修复计算机耗时最长的故障如果超过 35 分钟，老师将没有办法进行教学。多媒体教学设备计算机 FMEA 分析表统计结果如下（见表 3）：

表 3 多媒体教学设备计算机 FMEA 分析表

Table 3 Multimedia teaching equipment computer FMEA analysis table

故障模式	严重度 (S)	发生频度 (O)	探测难易度 (D)	风险优先值 (RPN)
主机启动不了，发出蜂鸣报警	9	9	7	567
USB 口不能识别	5	8	7	280
计算机运行缓慢	8	9	7	504
显示器黑屏	9	9	7	567
计算机频繁重启	8	6	7	336
显示器超出频率范围	2	6	2	24
计算机噪音大	6	6	3	108
蓝屏	9	7	8	504
键盘失灵	3	9	3	81
鼠标失灵	3	9	3	81
计算机进不了系统	9	9	9	739
合计				2440

投影机把计算机的信号源进行转换，把图像投影到白色屏幕上，调整聚焦后，放大图像，并把图像显示出来。因此，它的重要作用是投影、放大计算机页面上的内容 [5]。

投影仪在使用过程中，颜色的调整、正投、背投、吊装、台置方向都会影响投影仪的使用效果。它的使用周期最长、应用率最高，是维修维护费用最贵的设备。NH 中学投影机有 雅图、松下、夏普、NEX 等品牌。上表可知，投影机突然不工作、不能启动、图像暗淡、投影有光斑和投影机噪音大是主要问题。造成这些故障的硬件问题难以较快找出来。多媒体教学设备投影机 FMEA 分析

表统计结果如下（见表 4）：

表 4 多媒体教学设备投影机 FMEA 分析表

Table 4 Multimedia teaching equipment projector FMEA analysis table

故障模式	严重度 (S)	发生频度 (O)	探测难易度 (D)	风险优先值 (RPN)
投影机突然关机	9	8	8	576
投影不能启动	9	7	7	441
投影图像暗淡	9	5	5	135
投影图像偏色	5	5	5	135
投影不能显示整个画面	3	6	5	90
投影模糊	3	4	4	50
投影有光斑	9	7	8	504
投影噪音大	9	7	7	441
合计				2240

4 FMEA 理论在网络多媒体教学设备管理中可行性分析

1) 人力资源可支撑性分析

任何一个组织，其日常重复的管理和工作事项都应有据可依、有章可循，而不是杂乱无章、任意作为，从而确保各项管理和工作井然有序。由于多媒体教学整个过程都会和人有关，因此这种教学设备管理若能将人的管理加以量化，员工知道别人对他的要求是什么，员工能监控自己的进度，也知道如何去调整操作过程的方法，将能减少设备异常故障。

2) 网络多媒体教学设备可控性分析

多媒体教学过程如果只靠老师教，是不能实现好教学效果的。因为如果教学设备因故障停机 20 分钟以上，那么正常的教学活动会被打乱。因此，多媒体教学设备性能的好坏和运行是否平稳，直接影响到正常的教学活动。FMEA 理论将不可控事项——可能的故障实现控制。依据精益质量管理的理念，我们可运用 FMEA 的观念对机器设备进行提前维护，量化设备的性能，以及监控设备的实际性能和稳定性。设备清灰、系统备份、易损件鼠标和电池等备件准备，都必须记录下来；当多媒体教学设备发生故障时，能使维护和维修人员及早看见，并及时处理。设备的可控性涉及到如何进行设备管理量化，我们将采取的办法是：

统计分析以往的设备故障, 然后对将要影响设备的因素进行量化管理, 从而保证实施过程控制故障的有效性。

3) FMEA 理论可操作性分析

对 FMEA 理论而言, 本身早已大量运用在汽车、航天航空、半导体行业, 其本身并不是一成不变的固定格式, 现在仍在不断完善和发展中, 故其通用性无需怀疑了。而且其大量成功的事例告诉我们的运用不会太难的。对于中学网络多媒体教学设备维护人员而言, 现有人员的知识和技能可在未来使用 FMEA, 且资金要求不高。对于教学设备的操作性而言, 无非是人、财、物的控制。对于 FMEA 而言, 不需要大量的试验或特殊的物料去验证实施过程的结果是否有效。它是通过全员的头脑风暴后对可能潜在问题的预防, 要求对产生故障的零件按既定流程执行, 从而进行预防。此事实实施难度不大, 足以说明能在中学网络多媒体教学设备管理中实行。

5 多媒体教学设备管理改善方法

(1) 成立 FMEA 项目小组。小组成员包括维护维修技术员、教师、设备处老师、物管人员。教学设备技术员是本 FMEA 项目小组的核心成员, 负责设备尤其是计算机主机机柜的维护与维修。他们将做到定期保养、检修设备, 使设备正常运转。他们还将制订多媒体教学设备使用和管理制度, 并张贴在各班教室。对于上课的老师, 他们将贴一份告知在主机柜表面, 内容是: 还原系统会将文件删除, 请将课件只保存在 D、E、F、G 盘, 不能放在 C 盘。

各专业的授课教师将教学中设备使用情况反馈给设备技术人员, 使他们尽早对出现故障的设备进行维修, 保证第二天的教学能够正常进行。设备处人员负责教学设备采购、入库等管理工作。物管人员负责多媒体教室内的设备安全保障, 防止设备被盗。他们掌管机柜钥匙并负责在每天上完课后, 关好教室电源和门窗柜。如发现设备故障, 及时告知现教中心的技术员进行维修, 以免影响正常的教学工作。项目小组通过 QQ 联系。

(2) 要实现多媒体设备的有效管理, 负责部门首先建立良好的使用记录, 对设备从购入到使用进行全程仔细记录, 以便及时跟进每台机器设备的使用情

况，特别是注意投影仪与电脑链接后或者与音响链接使用的时候是否能够正常使用。要制定可行的设备维护维修计划，彻底的设备清洁方案，定期维护，使得设备配套。比如，计算机的内存大，符合教学要求，但是计算机的操作软件要定时升级。

(3) 加强人员管理，建立明确的岗位责任制，工作人员对自己的岗位职责有清楚的了解。在举行人员培训时，应做到走出去学习人家的经验与邀请外面的专家相结合。在新教学设备引进时，对设备的基础运作原理、基本最好运行环境和操作要求及维护时应该注意哪些问题都应该学习。在必要时，可以邀请同行专家指导，使设备管理人员对自己的工作心中有数，不能以为工作经验等于一切。

(4) FMEA 小组成员在虚心请教专家后，根据自己维护维修经验，对每一个故障模式提出了改善方法。如：①开机不显示。解决措施为打开主机箱，把内存条拔出，用橡皮擦（纸巾、干布）擦拭内存条上的金属条。然后重新插上后再开机。②开机蓝屏或者不能进入系统。解决措施为恢复系统或者重做系统。③开机后网络不通。解决措施为确认不是整个学校网络问题后，检查网线插口灯是否闪烁。如果不闪烁，则检查网卡驱动是否装好。若闪烁还是不通，则需要自动修复下载本地连接网络来解决问题。④开机不通电。解决措施为先查看是否是插板没电或者电源线松动，如果一切正常，则有可能是电脑主机硬件有问题，请直接打售后电话报修。多媒体教学设备投影机故障模式的原因、后果及改善方法见表 5。

表 5 多媒体教学设备投影机故障模式的原因、后果及改善方法

Table 5 Causes, consequences and improvement of the fault modes of multimedia teaching equipment projector

故障模式	故障原因	故障后果	改善方法
投影机突然关机	1、滤网堵塞散孔，造成过热保护 2、投影灯泡烧毁	严重影响本次教学	每学年的寒暑假定期给投影机除尘
投影图像暗淡	1、灯泡老化	严重影响本次教学	与供应商建立模块保养协议，定期检测灯泡
投影图像偏色	1、VGA 视频线接触不良	中等影响本次教	每个学期定期插拔和紧固 VGA 视频接口

续表

故障模式	故障原因	故障后果	改善方法
不能显示整个画面	1、电脑分辨率和投影分辨率不一致	轻微影响本次教学	培训老师正确操作
投影不能启动	1、灯泡烧毁 2、非正常关机	严重影响本次教学	1、与供应商建立模块保养协议，准备备件 2、培训老师正确操作
投影模糊	1、投影位置位移，聚焦没调好	中等影响本次教学	每学期定期检查
投影有光斑	1、镜头脏 2、光路系统有灰尘	中等影响本次教学	每学期定期检查除尘
投影噪音大	1、散热风扇灰尘多 2、轴承磨损	中等影响本次教学	与供应商建立模块保养协议， 每期除尘给轴承加润滑油

6 实施网络多媒体教学设备管理方案的保证措施

成功地实施基于 FMEA 分析法的多媒体现代教学设备管理应用方案不是容易的事情。第一、需要管理保障。对于使用多媒体现代设备进行教学中普遍存在的问题在制度上进行约束，做到物尽其用。另外，对于设备采购提出要求。在订购设备时，注意设备的可靠性指标，设备的平均寿命值是多少，不能出现半年内因为设备本身出现的故障造成停止工作的情况。在设备安装中，监督安装过程，确保安装质量好，保证设备的可靠运行；还有，采取措施，调动设备管理与维护维修人员的工作积极性，做到人尽其才。

加强主动维修意识。要求设备管理维修人员经常巡视多媒体教室，及时处理设备异常情况，防止故障的再发生。之后做好维修记录。用《多媒体教学系统日常故障情况登记表》把各个实验组多媒体教室的故障情况记录下来，主要记录：故障单元（如投影机）、故障现象及原因、故障部件（如投影灯）、故障因素、修复耗时等。

7 改善后的跟踪评价

改善方法是否成功，需要重新形成改善后的多媒体教学设备 FMEA 表，计算新 RPN 值。多媒体教学设备计算机系统总的 RPN 值从 2440 降到 606；投影

机系统总的 RPN 值从 2240 降到 546。这些说明,多媒体现代教学设备出现故障少于使用 FMEA 法之前设备发生的故障。实施改善方法后多媒体教学设备计算机 FMEA 分析表见表 6,投影机 FMEA 分析表见表 7。

表 6 改善方法后多媒体教学设备计算机 FMEA 分析表

Table 6 Computer FMEA analysis table of multimedia teaching equipment after improving method

故障模式	严重度 (S)	发生频度 (O)	探测难易度 (D)	风险优先值 (RPN)
主机不启动,发出报警	4	3	7	84
USB 口不能识别	5	5	5	125
计算机运行缓慢	4	5	5	125
显示器黑屏	4	4	3	48
计算机频繁重启	4	4	7	112
显示器超出频率范围	2	4	5	40
计算机噪音大	4	3	4	48
蓝屏	1	1	1	1
键盘失灵	2	3	2	12
鼠标失灵	2	3	2	12
合计				606

表 7 实施改善方法后多媒体教学设备投影机 FMEA 分析表

Table 7 Projector FMEA analysis table of multimedia teaching equipment after improving method

故障模式	严重度 (S)	发生频度 (O)	探测难易度 (D)	风险优先值 (RPN)
工作中自动关机	9	3	2	54
投影图像暗	9	3	3	81
投影机噪音	9	3	5	135
投影机偏色	5	3	5	75
投影图像有斑点	9	3	1	27
不能显示整个画面	2	3	5	30
投影画面模糊	3	1	5	15
投影图像抖动	1	1	3	3
投影机不能启动	9	2	7	126
合计				546

项目小组成员采访了使用多媒体教室授课的师生。他们普遍反映,现在的设备比较好用,故障率低,投影效果好,麦克风音量、音色调节得恰到好处。投影机偏离幕布的现象没有了,而且投影的亮度很好,不像以前那样偏暗、偏黄。

8 结语

笔者作为一名多媒体教学设备维护管理工作的管理人员，经过对设备管理、失效模式及影响分析方法基础理论的学习和探讨，在 NH 中学网络多媒体教学设备管理中引入故障模式及失效分析理论（FMEA），对于健全设备管理体制，提高维护水平，保障设备正常运作，避免上述提及的各类困扰，该理论起到了积极作用。

虽然 FMEA 在系统中识别出了重要的危害，但其结果可能并不全面，而且方法也有局限性。[6] 在医疗环境中，FMEA 和其他风险评估方法，包括 SWIFT（Structured What If Technique）和回顾性方法，被发现在单独使用时其有效性是有限的。关于范围和组织边界的挑战似乎是缺乏有效性的一个主要因素。

[7]

如果用作自上向下的工具，FMEA 可能只识别系统中的主要故障模式。故障树分析（Failure Tree Analysis）更适合于“自上而下”的分析。当用作“自下而上”的工具时，FMEA 可以增加或补充故障树分析，并识别出更多的原因和由上层产生的失效模式。它不能发现在一个子系统中涉及多个故障的复杂故障模式，或者将特定故障模式的预期故障间隔报告到上一级子系统或系统。

此外，严重程度、发生频度和检测排名的增加可能导致级别逆转，在这种情况下，较不严重的故障模式接收的 RPN 值要比更严重的故障模式要高。[8] 这是因为排名是序号，而乘法不是为序数定义的。序数排名只表明，一个排名比另一个更好或更差，但没有表明排名的原因。例如，“2”的排名可能不会比“1”的排名高一倍，或者“8”可能不会是“4”的两倍那么严重，但是排名增加了，好像它们就是这样的。针对这一问题提出了各种解决方案，例如使用模糊逻辑作为经典 RPN 模型的替代。[9]

基金项目

江西省教改课题（JXJG-13-8-19）、江西省教育科学十三五规划项目（编号：JG2017ZD030）（JG2017YB118）（CS201905185）、江西省高校人文项目“机

器翻译英汉新闻稿语言错误分析”“大学英语词汇移动学习中学习者元认知策略培训的实证研究（YY19223）”部分成果。

参考文献

- [1] 高湘民. 基于 FMEA 的多媒体教学设备管理研究——以 NH 大学为例 [D]. 南昌大学, 2016.
- [2] Vangel M G. System Reliability Theory: Models and Statistical Methods [J]. Technometrics, 2009, 38 (1): 79–80.
- [3] Project Reliability Group. Jet Propulsion Laboratory Reliability Analysis Handbook [M]. Pasadena, California: Jet Propulsion Laboratory, 2018.
- [4] Chen Q, Sheng H F. Application of Improved FMEA in Safety Management of Special Equipment in Port Enterprises [J]. Value Engineering, 2017.
- [5] 薛胜兰. 多媒体教室中投影机的正确使用与维护 [J]. 中国教育技术装备, 2004 (9): 41–41.
- [6] Franklin B D, Shebl N A, Barber N. Failure mode and effects analysis: too little for too much? [J]. BMJ Qual Saf 2012, 21: 607 – 611.
- [7] Potts H W W, Anderson J E, Colligan L, et al. Assessing the validity of prospective hazard analysis methods: A comparison of two techniques [J]. BMC health services research, 2014, 14: 41.
- [8] Steven K, Koshuke I. Scenario-based failure modes and effects analysis using expected cost [J]. Journal of mechanical design, 2004, 126 (6): 1027.
- [9] Chai K C, Tay K M, Lim C P. A perceptual computing-based method to prioritize failure modes in failure mode and effect analysis and its application to edible bird nest farming [J]. Applied Soft Computing, 2016, 49: 734 – 747.