

2. 实验教学项目描述

2-1 名称

可靠性测试实验

2-2 实验目的

企业实际生产中，因为对产品可靠性技术指标是不知道的，企业通过可靠性试验将其测出，因此，这一过程称为“可靠性试验”，而高校在实际教学中，侧重于对可靠性测试的过程、目的及数据分析方法的教学，而这些在实验前是可以预设的，因此，该课程内容称为“可靠性测试实验”。

可靠性测试实验包括常规应力下的可靠性测试实验和可靠性加速寿命实验两个部分，实验时需按照一定的数量进行抽样以确定实验样品，然后对样品按实验要求施加环境应力，直至样品功能丧失或性能衰退，而后按可靠性数据分析方法得到实验结果。据此，实验目的包括：

(1) 掌握可靠性试验过程设计。企业生产时，可靠性试验按照试验标准抽选试验样品、加载环境应力、监控并记录试验参数，最后获得试验结果，这一过程要符合可靠性试验相关标准和规范，通过虚拟仿真实验，学生深刻理解和掌握可靠性试验过程设计。

(2) 掌握可靠性试验数据分析与处理方法。企业生产时，可靠性试验的结果体现在产品失效概率分布函数和可靠性技术指标上，需要通过可靠性试验数据获得这一结果，学生通过对虚拟仿真实验的实验数据分析和处理，掌握数据的分析和处理方法。

2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时： 32

(2) 该实验项目所占课时： 4

2-4 实验原理（简要阐述实验原理，并说明核心要素的仿真度）

(1) 实验对象：220V50Hz 单相交流机械感应型电能表。

(2) 试验相关标准：

① DL/T 1763-2017 电能表检测抽样要求

② GB/T 17215.701-2011 标准电能表

③ GB/T 2423.102-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验：温度（低温、高温）/低气压/振动（正弦）综合

④ G899-90 可靠性鉴定和验收试验

⑤ JB7518-94 机电产品可靠性评定导则

(3) 实验基本原理：在工作状态，施加高低温循环应力和电冲击应力，监测并记录电能表性能衰减和损坏情况，分别按定时结尾和定数结尾

试验方法进行实验；设计步进加速应力，完成加速寿命测试。

(4) 核心要素的仿真度：

- ① 实验设备完全仿真
- ② 实验现象完全仿真
- ③ 实验过程完全仿真
- ④ 实验数据分析与处理过程完全仿真。

知识点：共 5 个

- (1) 试验任务剖面设计
- (2) 定数结尾试验方法
- (3) 定时结尾试验方法
- (4) 加速寿命试验方法
- (5) 可靠性测试数据分析与处理方法

2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

客户端个人电脑、服务器、可靠性虚拟测试实验软件（网络版）。

2-6 实验材料（或预设参数等）

- (1) 被试电能表的规格、参数
- (2) 被试电能表的台数
- (3) 电能表失效概率分布函数（指数分布、威布尔分布、正态分布选一）

2-7 实验教学方法（举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果）

(1) 使用目的

传统的实验室实际操作可靠性实验，只能针对实验设备进行原理性了解，无法让学生按可靠性测试要求实操，无法获得产品可靠性数据，因而也不能评估出产品可靠性指标，导致实验效果极差，其根本原因为：

- ① 学生需要自行设计应力加载剖面，但这些种类繁多的任务剖面，实验设备难以完全满足要求，导致创新性、综合性实验无法开展；
- ② 可靠性实验，需时极长，对定数结尾试验，要求一定数量的被试样品发生功能性故障或性能衰退方可结束实验，正常情况下，这一过程将耗时数月甚至数年，即使定时结尾试验也需耗时数天至数月时间，显然无法在有限的课内学时中完成实验；
- ③ 实验效果难于评定。实际产品失效概率分布函数误差极大，导致学生实验结果的评定难以准确进行；

- ④ 经过可靠性测试的被试样品，成为了“损坏件”，无法重复利用，导致实验浪费严重，实验成本很高，比如以常规电能表完成可靠性测试实验，为降低成本，每 5 名学生为 1 组，每组 3 个电能表，若一个班级 30 名学生，则一次可靠性测试实验需要 $3 \times (30 \div 5) = 18$ 台电能表，若增加一次可靠性加速寿命试验，则又需 18 台电能表，合计为 36 台电能表，若每台电能表为 50 元，则需 $50 \times 36 = 1800$ 元，而这些电能表实验后无法重复利用，永久报废了，该实验成本还没有考虑其他设备损耗和用电成本，显然，这是极不经济的实验教学方法。

综上，对可靠性测试实验教学，只有开展虚拟仿真教学，才可能在有限的时间，以极低的成本达到极佳的实验效果，可以说，开展虚拟仿真实验教学成为唯一有效的实验教学办法。

(2) 实施过程

如图 1 所示，实施过程分为示范教学环节、实践教学环节和作业及评价环节几个部分。先由教师讲解、演示，并提出实验要求，学生自己设计实验，独立完成实验，教师评定成绩，并对课程进行总结和改进，不断完善实验教学。

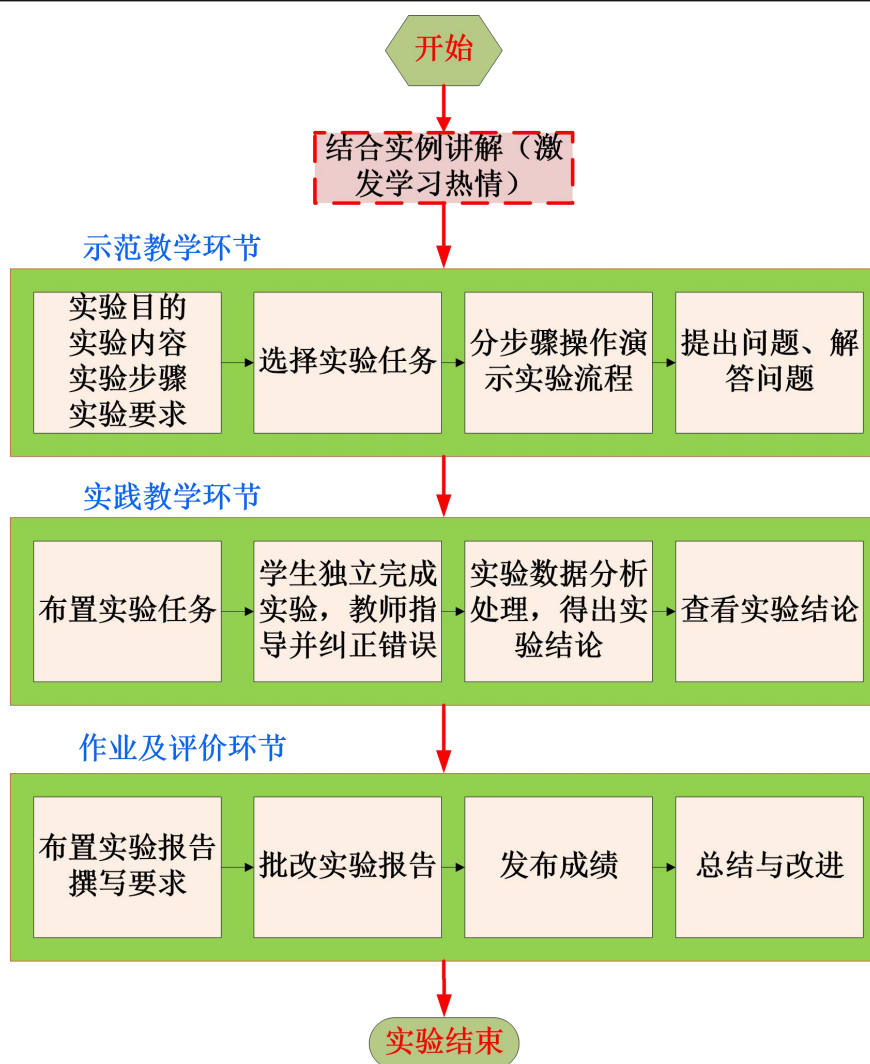


图 1 实施过程

(3) 实施效果

实验能完全达到实验目的, 并达到如下实验效果:

- ① 将实验的关键环节——应力任务剖面设计让学生独立完成, 并能虚拟仿真出实验效果, 提高了实验的创新性和趣味性;
- ② 通过软件设定, 实验时间效率和经济成本方面将有质的改进, 能很好地完成实验任务;
- ③ 实验成绩评定更客观, 因为实验预期的失效概率分布函数, 教师可以预先设置, 可以将其与学生实际实验结果进行对比, 实验成绩更客观;
- ④ 实验管理更高效。实验过程在网络上对教师是透明的, 对学生实验过程有很好的把控, 提高了实验管理效率, 并能及时发现学生实验缺陷。

2-8 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

（1）实验方法描述：

教师首先设置失效概率分布函数，然后，学生按如下步骤操作：

① 实验准备阶段

步骤 1：点击实验开始，了解实验目的

步骤 2：点击实验认知，认识实验设备和被试电能表、了解实验内容

② 实验操作阶段

步骤 3：点选电能表可靠性测试实验，进入相应实验界面

步骤 4：点选定数结尾试验，确定截尾数

步骤 5：输入被试电能表台数，并随机抽选被测电能表

步骤 6：设计加载应力剖面

步骤 7：将被试电能表移入高低温试验箱，并通电，使电能表处于工作状态

步骤 8：按任务剖面，施加温度和电冲击应力

步骤 9：监测、记录电能表读数

步骤 10：计算电能表重复性误差

步骤 11：判定并记录失效和性能衰退电能表台数

步骤 12：点选定时结尾试验，确定定时数

步骤 13：输入被试电能表台数，并随机抽选被测电能表

步骤 14：将被试电能表移入高低温试验箱，并通电，使电能表处于工作状态

步骤 15：按任务剖面，施加温度和电冲击应力

步骤 16：监测、记录电能表读数

步骤 17：计算电能表重复性误差

步骤 18：判定并记录失效和性能衰退电能表台数

步骤 19：点选电能表可靠性加速寿命试验

步骤 20：输入被试电能表台数，并随机抽选被测电能表

步骤 21：点选加速方程

步骤 22：设计加载应力剖面

步骤 23：将被试电能表移入高低温试验箱，并通电，使电能表处于工作状态

步骤 24：按任务剖面，施加温度和电冲击应力

步骤 25：监测、记录电能表读数

步骤 26：计算电能表重复性误差

步骤 27：判定并记录失效和性能衰退电能表台数

③ 实验数据分析处理阶段

步骤 28: 针对定数结尾, 点选失效概率分布函数

步骤 29: 概率分布函数及其参数进行假设性检验

步骤 30: 计算可靠性特征量

步骤 31: 针对定时结尾, 点选失效概率分布函数

步骤 32: 概率分布函数及其参数进行假设性检验

步骤 33: 计算可靠性特征量

步骤 34: 根据加速方程, 换算失效数和性能衰退电能表台数

步骤 35: 针对加速寿命试验, 点选失效概率分布函数

步骤 36: 概率分布函数及其参数进行假设性检验

步骤 37: 计算可靠性特征量

(2) 学生交互性操作步骤说明:

① 操作步数合计: 37 步

② 实验分为实验准备、实验操作和实验数据分析处理共三个阶段, 根据相关国家标准和可靠性试验数据分析处理规则完成实验, 得出实验结论。

2-9 实验结果与结论要求

(1) 是否记录每步实验结果: ☐是 ☐否

(2) 实验结果与结论要求: ☒实验报告 ☒心得体会 ☒其他

(3) 其他描述:

对实验结果进行分析和总结, 回答有关问答题, 并根据实验过程中产生的各类问题, 撰写心得体会。

2-10 考核要求

按百分制考核, 具体分值为:

① 预习部分 (共 10 分)

✧ 预习报告 5 分

✧ 问题解答 5 分

② 实验操作部分 (共 40 分)

✧ 实验方法、步骤正确 20 分

✧ 仪器设备使用方法正确、规范 5 分

✧ 实验现象的观察、记录、测试 15 分

③ 实验数据分析处理阶段 (共 30 分)

✧ 数据分析处理方法正确 25 分 ✧ 结论的正确性、规范性 5 分 ④ 实验报告撰写部分（共 20 分） ✧ 报告内容完整性 5 分 ✧ 实验结果的分析、讨论、心得体会 10 分 ✧ 思考题的解答 5 分
2-11 面向学生要求 (1) 专业与年级要求 质量管理工程专业大三、大四本科生。 (2) 基本知识和能力要求 要求具有电工电子技术、误差理论与数据处理、检测技术、概率论与数理统计、可靠性理论等基本知识，具有 windows7 及以上操作系统的计算机操作技能或相关智能终端的网络操作技能。
2-12 实验项目应用及共享情况 (1) 本校上线时间： 2019 年 12 月 20 日 (2) 已服务过的本校学生人数： 0 (3) 是否纳入到教学计划：☒是 ☐否 (勾选“是”，请附所属课程教学大纲) (4) 是否面向社会提供服务：☐是 ☒否 (5) 社会开放时间： 无 ， 已服务人数:0

3. 实验教学项目相关网络及安全要求描述

3-1 有效链接网址
3-2 网络条件要求 (1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务） ① 基于公有云服务器部署系统，5M-10M 带宽 ② 基于局域网服务器部署系统，10M-50M 带宽 (2) 说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务） 100 人。

3-3 用户操作系统要求 (如 Windows、Unix、IOS、Android 等)

- (1) 计算机操作系统和版本要求
Window7 及以上。
- (2) 其他计算终端操作系统和版本要求
无。
- (3) 支持移动端：☒是 ☐否

3-4 用户非操作系统软件配置要求（如浏览器、特定软件等）

- (1) 需要特定插件 ☒是 ☐否
(勾选“是”，请填写) 插件名称 **UnityWebPlayer** 插件容量 **7MB**
下载链接: <https://unity3d.com/cn/webplayer>
- (3) 其他计算终端非操作系统软件配置要求(需说明是否可提供相关软件下载服务)
- ① 360 浏览器兼容模式，或 IE8.0 及以上浏览器
- ② UnityWebPlayer 5.3.6 插件，提供下载

3-5 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

- (1) 计算机硬件配置要求
- Intel 2GHz 及以上内存, 100GB 及以上硬盘空间, 4G 显卡, 显卡分辨率 1024×768 像数及以上, 1000Mbps 以太网卡, 网速 1M 以上 (推荐), 14 英寸以上显示器。
- (2) 其他计算终端硬件配置要求
- 无。

3-6 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

- (1) 计算机特殊外置硬件要求无。
- (2) 其他计算终端特殊外置硬件要求无。

3-7 网络安全

- (1) 项目系统是否完成国家信息安全等级保护 ☐是 ☒否
(勾选“是”，请填写) 级

4. 实验教学项目技术架构及主要研发技术

指标	内容
系统架构图及简要说明	

实验教 学项目	开发技术	☐ VR ☐ AR ☐ MR ☒ 3D 仿真 ☐ 二维动画 ☐ HTML5 其他_____
	开发工具	☒ Unity3D ☐ 3D Studio Max ☐ Maya ☐ ZBrush ☐ SketchUp ☐ Adobe Flash ☐ Unreal Development Kit ☐ Animate CC ☒ Blender ☐ Visual Studio ☐ 其他_____
	运行环境	服务器 CPU ____核、内存____GB、磁盘____ GB、 显存__ GB、GPU 型号____ 操作系统 ☒ Windows Server ☐ Linux ☐ 其他 具体 版本_____ 数据库 ☐ Mysql ☒ SQL Server ☐ Oracle 其他_____ 备注说明____（需要其他硬件设备或服务器 数量多于 1 台时请说明）_____
	项目品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等）	单场景模型总面数 600000 面、贴图 分辨率 1024×1024、每帧渲染次数 高于 30 帧/秒、显示刷新率高于 30Hz、分辨 率>960×540

5. 实验教学项目特色

（体现虚拟仿真实验教学项目建设的必要性及先进性、教学方式方法、评价体系及对传统教学的延伸与拓展等方面的特色情况介绍。）

（1）实验方案设计思路

① 项目建设的必要性

教育部 2018 年 4 月公布了《网络学习空间建设与应用指南》，明确 “重构学习环境” 要求，建立 “人人皆学、处处能学、时时可学与非正式学习融合” 的智能化学习环境，同年 4 月，教育部印发了《教育信息化 2.0 行动计划》，提出了 “构建一体化 ‘互联网+教育’ 大平台”，开展促进网络学习空间与物理学习空间的融合互动，以国家精品在线开放课程、示范性虚拟仿真实验教学项目等建设为载体，加强大容量智能教学资源建设，加快建设在线智能教室、智能实验室、虚拟工厂（医院）等智能学习空间。

但对于可靠性实验，学生需要自行设计应力加载剖面，但这些种类繁多的任务剖面，实验设备难以完全满足要求，导致创新性、综合性实验无法开展；更重要的是，可靠性实验，需时极长，实验时要求一定数量的被试样品发生功能性故障或性能衰退方可结束实验，正常情况下，这一过程将耗时数月甚至数年，即使定时结尾试验也需耗时数天至数月时间，显然无法在有限的课内学时中完成实验，另一方面，实验效果也难于评定。实际产品失效概率分布函数误差极大，导致学生实验结果的评定难以准确进行，而且，经过可靠性测试的被试样品，成为了 “损坏件”，无法重复利用，导致实验浪费严重，实验成本很高。

基于此，本项目提出的开展可靠性虚拟仿真教学，成为该课程唯一有效的实验教学办法。

② 项目先进性

- ✧ 开放性与内容可扩展性：通过虚拟仿真实验，打破了时空限制，其实验内容、实验对象均具有极大的可扩展性，充分满足了网络学习的要求。
- ✧ 经济性：项目设计有效避免了可靠性测试实验固有的浪费严重，时间和经济成本极大的难题，通过本项目的实施，可以以极低的成本达到极大的教学效果。
- ✧ 学习的高效性：实验学习通过众多的交互式操作步骤展开，加深学生对课程理解的同时，锻炼了学生严谨的工作作风；另一方面，实验结果的预知性（教师预设参数实现）、实验预习、实验提示、实验打分系统等均有效地组织了学生实验，保证了成绩评价客观，

督促学生认真实验。

（2）教学方法创新

本项目注重课前指导，设置了实验预习环节，实验操作交互性强，有操作解析与提示，设置数据分析处理有公式解析，设计了全流程的实验评价体系，设置学生总结与体会分值，有效提升了学习效率，实现了物理性实操实验不可能实现的良好效果。

（3）评价体系创新

将虚拟仿真实验教学项目纳入专业实践教学培养计划，在此基础上，还可进一步开展相关课程的课程设计和毕业设计，丰富了对学生的综合能力评价；因为内容的可扩展性，可以不断丰富虚拟仿真平台的教学资源，建立物理实操实验与虚拟仿真实验之间的成绩互认和学分转换机制，丰富和完善了评价体系。

（4）对传统教学的延伸与拓展

该虚拟仿真实验项目虽以质量管理工程专业为核心建立，但平台可以为其他机械类、机电类等工科类不同专业的学生提供可靠性测试实验服务，所建立的实验平台由专业教师维护和内容拓展，提供完善的实验方案和评价体系。平台充分发挥网络功能，设置日志管理、数据备份、系统监控等功能，以保证实验项目及学生信息安全。平台也可以积累和收集学生实验数据，为实验教学的改进提高提供可靠依据，实验效果统计分析的图表展示也方便教师改进教学方案和学校进行流程管理。