**Advances in Energy and Power Engineering** 电力与能源进展, 2016, 4(4), 88-94
Published Online August 2016 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/aepe
http://dx.doi.org/10.12677/aepe.2016.44012

# On Construction of Low-Voltage Metering Cabinet Laboratory

**Xiaoxing Mu**[1,2]

[1]Jiangsu Electrical Power Company Research Institute, Nanjing Jiangsu
[2]State Grid Key Laboratory of Electrical Power Metering, Nanjing Jiangsu
Email: m139129@163.com

Received: Jul. 20th, 2016; accepted: Aug. 14th, 2016; published: Aug. 17th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

## Abstract

**State Grid Corporation of China has officially promulgated the standard "technical specifications of low-voltage metering cabinet" in 2013, and the corresponding industry standards are also soon to be released. In this standard, tests on metering cabinet as well as their test methods are strictly regulated, so that the manufacturing and inspection of metering cabinet have basic rules to follow. As a result, setting up the laboratory specialized for metering cabinet and performing every tests have become an important routine, to implement type approval, inspection, and quality supervision of metering cabinet.For each provincial electric power testing authority who faces the task of setting up new laboratory for metering cabinet, technical guides are needed to make the laboratory excellent and coincident with technical requirements. By analyzing the tests, designing the testing procedure, and planning the testing site, followed by an application based on assembly line testing technique, a systematical and thorough solution is then proposed, which enables a fast and economic way to setting up metering cabinet laboratory, to ensure a smooth development of metering cabinet, furthermore, to provide technical supporting for the updating and evolving of the product.**

## Keywords

**Low-Voltage Metering Cabinet, Laboratory Construction, Inspection, Electrical Performance Test, Mechanical Performance Test, Material Performance Test**

# 论低压计量箱实验室之建设

**穆小星**[1,2]

文章引用: 穆小星. 论低压计量箱实验室之建设[J]. 电力与能源进展, 2016, 4(4): 88-94.
http://dx.doi.org/10.12677/aepe.2016.44012

[1]江苏省电力公司电力科学研究院，江苏 南京
[2]国家电网公司电能计量重点实验室，江苏 南京
Email: m139129@163.com

收稿日期：2016年7月20日；录用日期：2016年8月14日；发布日期：2016年8月17日

## 摘 要

**2013年国家电网公司正式颁布了《低压计量箱技术规范》标准，其相应行业标准也即将发布。标准中对计量箱试验项目、方法都进行了严格规范，使其制造、检验工作有了可循依据。而建立计量箱专用实验室，实施计量箱各项试验，开展计量箱型式检验、验收检验、质量监督就成为一项重要的例行工作。对各省电力检测机构，都面临建设新计量箱实验室任务，如何建立完善的、符合技术标准要求的计量箱实验室，则需要一个技术指导。通过对计量箱试验项目分析、试验流程设计，试验场地规划，并借助流水线检测技术应用给出了一个系统的、全面的计量箱实验室解决方案，使之能够多快好省地建成一个现代化、自动化的高标准检测实验室，确保计量箱检测工作顺利开展，为计量箱产品最终更新换代提供技术保障。**

## 关键词

**低压计量箱，实验室建设，检测，电气性能试验，机械性能试验，材料性能试验**

## 1. 引言

电能表用低压计量箱(表箱)关系千家万户，涉及百姓切身利益。而此前却没有一个关于计量箱的产品标准，使得计量箱产品型式、质量、电气性能、机械特性、寿命等方面存在诸多问题。与当前社会、技术发展不相适应，电能计量公信力也受到质疑。它已严重影响到了计量公平、公正的社会形象和企业形象，为此 2013 年国家电网公司正式颁布了《低压计量箱技术规范》标准，相关的电力行业标准也正在起草编制过程中。在新标准中，对计量箱的检测暨试验内容则进行了系统、全面规范，是开展计量箱相关型式检验、质量检验的重要技术保障措施。因此随着新标准的问世及质量监督部门和各企业对计量箱管理的需要，依据新标准建造计量箱实验室，成为电力检测机构、相关企业目前的一项重要业务。

计量箱品种、型式、检测项目多，其检验是一个复杂、耗时的系统工作。如果对标准没有透彻的理解、没有一个科学的规划、没有一个系统周详的技术方案，要建成这样一个复杂的综合性实验室并能使之科学运转则是不可能的，即使建成了也可能是能力不健全的。通过对标准中规定的试验项目、设备进行分析及试验项目顺序优化设计，设计一个结构合理、技术先进、能力健全的技术方案，则可以多快好省建设好计量箱实验室；如能再借助于目前的电力产品流水线检测线手段，组建一个自动化的检测系统，则可大大提高检测效率、检测质量，成为一个一流的实验室。新型现代化的计量箱实验室建立将为今后计量箱的质量监督、生产验收、采购验收提供可靠的技术保障，更好地贯彻、执行标准，从根本上改善目前计量箱状况差、技术水平低、可靠性差、管理混乱的无序状况。

## 2. 计量箱试验项目分析

《低压计量箱技术规范》中所列试验项目完全依据相应国标、属类标准[1]，其检测试验项目按试验

性质可分为以下几类(组)：

1) 机械性能试验：包括静载力、动载荷、冲击载荷、拉力、扭矩、门/开关/门锁机械寿命试验；
2) 计量箱高低温、高低温冲击、潮湿环境试验；
3) 计量箱盐雾/$SO_2$、外壳标志、漆膜附着力等环境影响试验；
4) 计量箱温升电气性能试验；
5) 计量箱介电、绝缘、接地有效性、电气间隙/爬电距离等电气性能试验；
6) 计量箱 IP 防护等级验证试验；
7) 计量箱内微型断路器常规电气试验；
8) 计量箱内接插件性能试验；
9) 计量箱外壳及箱内绝缘材料性能试验。

按试验场所分布及合理化顺序，对所有试验进行合理组合、排序，见表 1。通过表 1 可以对计量箱试验项目及顺序、设备有一个全面的了解。

## 3. 计量箱实验室之建设

计量箱实验室实验能力应能涵盖《低压计量箱技术规范》中全部试验项目，满足全性能检测要求；实验室定位目标应是技术先进，检测可靠；实验室装备应量身定裁，通过研制与集成的方式实现；试验系统、流程应科学规划、设计；对试验技术、手段进行现代化设计，以奠定一流实验室平台；通过因地制宜与现有检测专业横向联合，充分利用已有资源多快好省、节约化搞建设。

### 3.1. 实验室检测设备技术方案

计量箱多数试验设备(如环境试验设备等)为标准化产品，通过选型或稍加技术改造进行配置、选购即可；而对机械性能试验、工件传送、特殊类试验项目所需设备，由于计量箱型式的多样性及机械性能试验对样品结构的依赖性，所用试验设备一般没有专门的，需要定制、研发。因此应依据标准中计量箱相关图纸，研发专用的机械试验设备。

设备研发可参考目前业内自动化校表系统中广泛应用的各种机器人、机械手、自动控制等先进技术[2]-[4]，研制计量箱各种自动化加载设备、机器人加载(力)设备，以实现对被试品灵活、方便加载各种载荷、作用力，解决人工难以加载的问题；研制计量箱门、门锁、开关、插拔件机械寿命自动试验机，以实现人工难以实现的重复操作；通过采用机器人/机械手、传送带/穿梭车等传输方式实现计量箱工件的物理位移，以减轻人工操作强度、难度等。

机械性能试验设备研发应包括：

1) 机器人/机械手加载机；
2) 自动冲击试验机；
3) 箱门操作(机械寿命)试验机；
4) 门锁操作(机械寿命)试验机；
5) 接插件操作(机械寿命)试验机；
6) 电气开关操作(机械寿命)试验机；
7) 自动/半自动工件传输机；

设备技术指标、参数应满足标准中规定的参数值；机械寿命试验机工作方式能够与产品操作方式相匹配；工件传送自动化与工件、试验设备、场地条件相匹配。

总之，通过快速集成与设备研发并行方式实现实验室设备硬件化；通过采用新技术等手段实现检测

**Table 1.** Table of test items, sequence and equipment analysis
**表 1.** 计量箱试验项目、顺序及设备分析表

| 序号 | 试验项目 | 试验设备 |
|---|---|---|
| 1. | 型式、外观、工艺检查 | 卡尺等 |
| 2. | 耐冲击负载试验 | 沙包 |
| 3. | IK 代码、角状物撞击验证试验 | 摆锤 |
| 4. | 外壳耐静力试验 | 拉(压)力机/载荷 |
| 5. | 外壳刚度试验 | 拉(压)力机 |
| 6. | 外壳耐扭力试验 | 拉(压)力机 |
| 7. | 安装板静载能力试验 | 拉(压)力机/载荷 |
| 8. | 箱门耐静力试验 | 拉力机、载荷 |
| 9. | 绝缘材料金属嵌件轴向力试验 | 拉(压)力机 |
| 10. | 箱门、门锁、接插件及开关操作试验、接插件插拔力试验 | 专用操作机 |
| 11. | 附件紧固性试验 | 扳手/电动扳手 |
| 12. | 温度冲击、低温撞击试验 | 高低温箱 |
| 13. | 动态负载试验 | 振动冲击台 |
| 14. | 壳体防护等级-防雨验证试验 | 摆管式淋房 |
| 15. | 壳体防护等级--塞规插入试验 | 塞规 |
| 16. | 介电强度验证试验 | 耐压仪 |
| 17. | 电气间隙爬电距离测定试验 | 卡尺 |
| 18. | 绝缘电阻测量 | 兆欧表 |
| 19. | 保护电路连续性测量 | 电阻仪 |
| 20. | 温升极限验证试验 | 电流源、温度巡检仪 |
| 21. | 塑料耐热性验证试验(高温球压试验) | 温湿度箱(房) |
| 22. | 塑料热稳定性验证试验(高温干热试验) | 温湿度箱(房) |
| 23. | 塑料耐受非正常发热和火焰危险的能力试验(灼热丝试验) | 灼热丝设备 |
| 24. | 金属件耐腐蚀验证试验(湿热、盐雾试验) | 化学液/盐雾箱 |
| 25. | 外壳标志印刷性能试验 | 水、汽油 |
| 26. | 壳体及五金件防护涂层附着力试验 | 涂层厚度测量仪、切割装置 |
| 27. | 塑料耐老化验证试验 | 紫外、温湿度箱(房) |
| 28. | 塑料冲击性能测定试验 | 专用设备 |
| 29. | 塑料拉伸性能测定试验 | 专用设备 |
| 30. | 塑料弯曲性能测定试验 | 专用设备 |
| 31. | 开关电器性能试验 | 电流源、时间仪 |

技术的现代化，使实验室建成伊始，就具备一流实验室水平。

### 3.2. 实验室自动化检测技术方案

计量箱的试验项目和内容都比较多，对一件被检品进行全性能试验，需要几个流程、工位。按目前

工业自动化生产思路，进行流水化的检测作业应是比较科学的方案，技术型式上可参照、采用工业流水线模式。考虑到目前电网企业计量器具检测(电能表、终端、互感器等)都在采用自动化、流水线方式[5]-[7]，因此计量箱检测可借鉴其方式。加之计量箱个体较大、质量较重，对检测操作、运输传送采用自动化或半自动化等方式比较合理。对于运输机，可考虑移动小车、穿梭车、输送机等方式，并建立输送总线及到各工位支线的输送网络。

同时，还可以积极考虑采用自动监控技术、被试品多媒体信息自动录入技术，满足规范性检测的管理需求，提高产品检测公正性，提高检测机构自身的公信力。

### 3.3. 计量箱试验流程设计

计量箱试验项目多达 30 余项，项目多、范围广，如果不进行科学设计、无序检测，即使设备再先进，试验工作也不可能很好地完成。因此，如何对试验项目优化分析、合理分组，并尽量降低送检企业试验成本，是考核计量箱实验室技术水平高低的重要标志。过多样品虽然会带来检测效率的提高，但给送检企业带来高送检成本的同时，也会对样品存贮空间、实验空间、人员数量带来较多的需求，场地及人力资源成本的提高及检测品后续处理带来的问题应统筹考虑。实验室检测效率提高应建立于技术手段的提高及系统优化、科学化管理。

对计量箱 3C 认证验，样品为通常 3 只(额定样品数)，计量箱实验室全检样品送样数可参考此值。如此可把试验流程分为 3 节(段)，基本上可兼顾效率与成本。任何一段某试验节点产品发现缺陷或额定样品数量中已有一个判定不合格，则试验“链”断裂，即判定该产品试验不合格。

计量箱多项试验流程并不是“同类项”合并，同类试验不一定要在同一时间或同一个工位、同一个分实验室做。图 1 为计量箱样品的试验的全部流程，为一种优化后的检测程序方案。

### 3.4. 计量箱实验室规划方案

计量箱试验内容整体分为计量箱材料试验与整机性能试验(含附件试验)。对多数电力检测机构，都已有材料性能实验室。为充分利用现有资源，本着节约化理念，在新建计量箱实验室时可不考虑重复建设。应打破专业界限，把计量箱实验室拆分为两大分实验室：整机性能实验室、材料性能实验室。对每个分实验室又可规划为若干个子实验室。对整体性能试验，其试验空间上可分为 8~10 个区域，包括机械静载&冲击载荷试验区、机械振动区、机械寿命试验区、淋水试验区、环境试验区(1~2 个)、电气试验区、电气开关试验区、电气控制室、振动控制室、各个工位试验台放置区、输送线及传输区、备品备库区及临时仓储区。每个试验区平均按 20 $m^2$ 计算，则整体性能试验区域需要 200 $m^2$，加上仓储区、运输通道、安防通道、公共设施等，计量箱整机试验区域至少应按 300 $m^2$ 考虑。由于实验室所需面积较大，加之振动设备基础(地基)、淋水试验供排水系统特殊需求及流水线作业方式，计量箱实验室宜设计在地面层。

图 2 为一种计量箱试验区域规划参考图。它考虑了流水线检测作业方式及工业化厂区布置基本规则。

## 4. 结语

计量箱实验室建设是一个全新的系统化技术工程，涉及众多技术邻域，在建设过程中还有许多问题去探索[8]；计量箱许多试验内容涉及多学科、多专业，还有许多课题去研究[9] [10]。计量箱标准及相应实验室的建立，必将带来电能计量箱产品更新换代、功能升级及技术、质量、管理方面水平的提高，也必将给电能管理企业带来显著的经济效益与社会效益，同时也为广大电力用户的用电计量提供准确、可

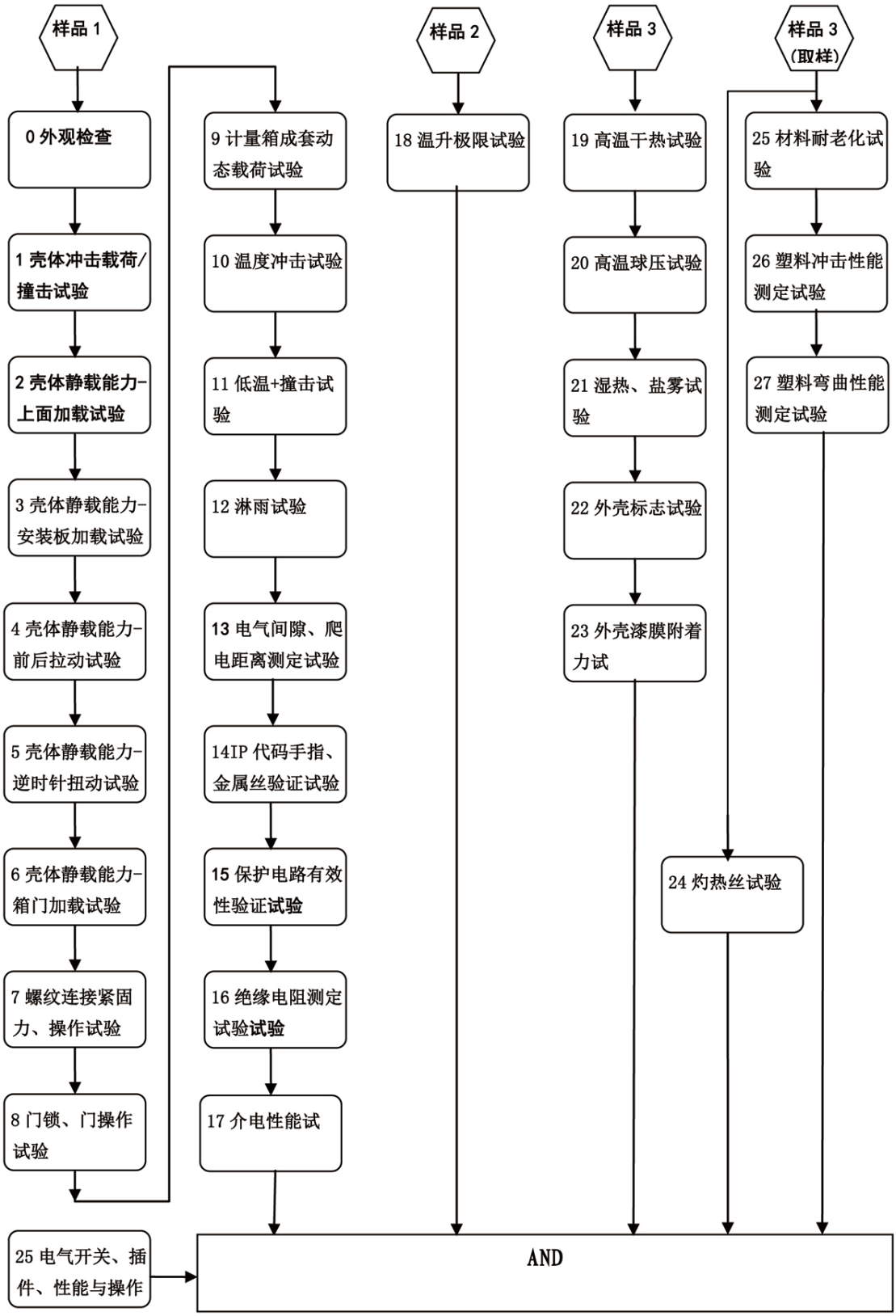


**Figure 1.** Flow chart of the metering cabinet test
**图 1.** 计量箱试验流程参考图

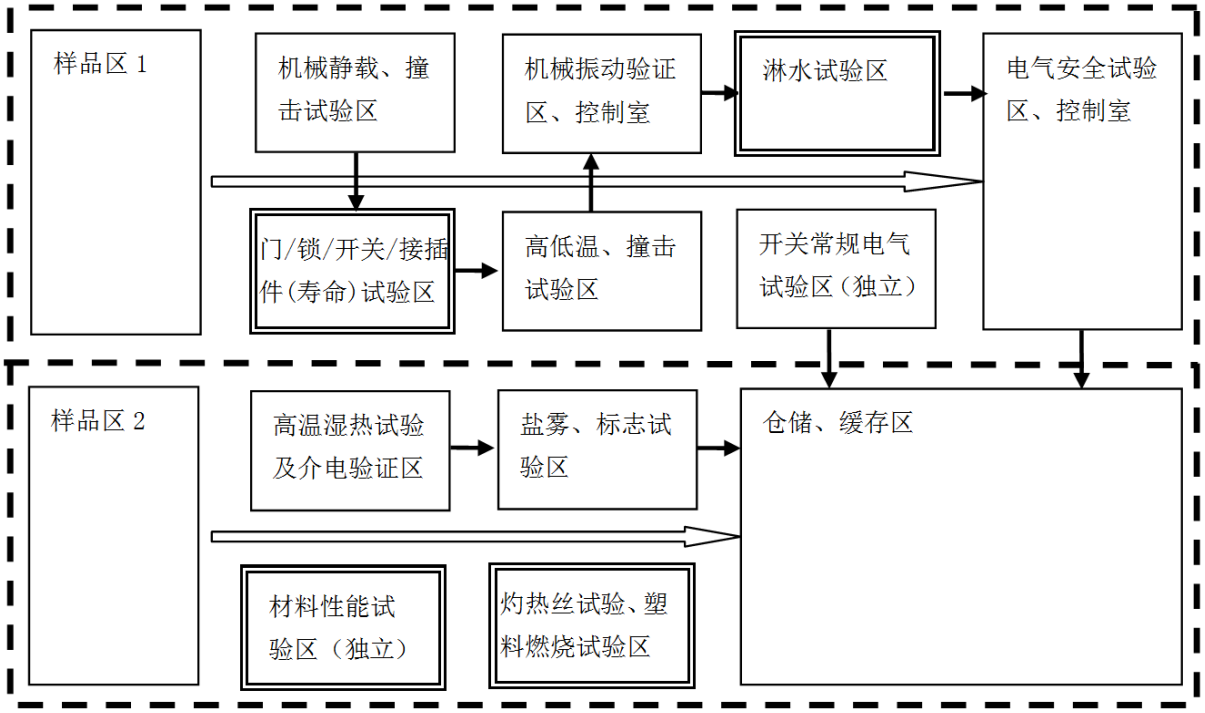


**Figure 2.** Planning diagram of the metering cabinet laboratory
**图 2.** 计量箱实验室规划参考图

信的有力保障。目前，国家电网公司计量箱实验室建设业已完成，这将对今后各省电力检测机构计量箱实验室建设提供相应的建设经验。可以预见，计量箱实验室将成为衡量一个电力检测机构检测能力的重要标志。

## 参考文献 (References)

[1] GB 7251.1-2013. 低压成套开关设备和控制设备[S]. 国家标准. 北京: 中国标准出版社, 2015: 34-56.

[2] 郭宝利, 陈伟斌, 李哲. 一种用于低压电流互感器自动化检定系统的自动穿排机构设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2013(1): 71-73.

[3] 冀兰风. 穿心式电流互感器误差检定的自动接拆线装置[J]. 机械工程与自动化, 2015(5): 71-73.

[4] 邵雪松, 蔡奇新, 黄奇峰, 王忠东, 刘建. 电能表自动化检定机器人可靠挂卸表方案设计与实现[J]. 电测与仪表, 2014(8): 151-155.

[5] 侯兴哲, 冯凌, 魏东. 低压电流互感器一体式自动检定系统[J]. 四川电力技术, 2014(11): 40-43.

[6] 陈建波. 低压电流互感器自动检定系统的研究[J]. 机械工程与自动化, 2013(3): 185-186.

[7] 钱辉敏, 邓德勇, 李源. 高压计量箱检定系统研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2014(8): 27-31.

[8] 吉晓江, 王贤恩, 潘桂黄, 韩英. 开展计量认证推进实验室建设和发展[J]. 实验技术与管理, 1995(4): 1-3.

[9] 张国定, 娄曙晖. 电气检测与实验室建设[J]. 电测与仪表, 1997(11): 35-36.

[10] 赖燕玲. 加强实验室建设与管理, 提高学科建设水平[J]. 实验技术与管理, 2012(6): 27-29.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：http://www.hanspub.org/Submission.aspx