

张钟华院士论文集

Zhangzhonghua Yuanshi Lunwenji

郑志荣◎主编



中国质检出版社
中国标准出版社

郑志荣 主编

张钟华院士
Zhangzhonghua Yuanshi
Lunwenji 论文集

中国质检出版社
中国标准出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

张钟华院士论文集/郑志荣主编. —北京: 中国标准出版社, 2014.7

ISBN 978-7-5066-7574-1

I. ①张… II. ①郑… III. ①计量学-文集
IV. ①TB9-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 139749 号

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100029)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010) 64275323 发行中心: (010) 51780235

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 22 字数 878 千字

2014 年 7 月第一版 2014 年 7 月第一次印刷

*

定价 108.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107



2004 年 6 月 30 日张钟华院士在伦敦与专业人士交谈



2008 年与学生合影



2005 年张钟华院士在办公室

张钟华，男，1940 年 7 月生，1965 年清华大学电机系研究生毕业后进入中国计量科学研究院，主要从事精密电磁测量工作。1995 年当选中国工程院院士。

主要贡献：

1965 年 ~ 1979 年，张钟华同志研究建立了交叉电容法国家电容标准；1997 年参加由国际计量局（BIPM）组织的 10pF 电容国际比对，与国际平均值的差别仅为 4×10^{-8} ，成为当时国际上最好的结果之一。1983 年 ~ 1988 年，负责研究用低温核磁共振法建立了国家强磁场标准（2 ~ 12）特斯拉，不确定度为 6×10^{-5} 。此标准至今仍为国际上最好的同类标准之一。1987 年 ~ 2002 年，研究建立了量子化霍尔电阻国家标准。用交叉电容测量量子化霍尔电阻的量值，从而测定了精细结构常数 α ，并将结果提交到了国际数据委员会（CODATA），目前国际上仅有 4 个国家能进行此种测量。

张钟华同志 1997 年被评选为全国优秀科技工作者，并被评为全国先进工作者及中央国家机关优秀党员。长期从事电磁计量基、标准的研究，研究成果曾获国家科技进步一等奖 1 项，二等奖 1 项。2001 年因在基本电测量标准方面的贡献，获得中国仪器仪表学会的科学技术奖。2003 年获得何梁何利科学与技术进步奖。

如今，已经 70 多岁高龄的他，仍然奋斗在科研一线，根据其提出的一种能量天平方案，对普朗克常数进行测量，为探索建立我国独立自主的量子质量基准贡献着自己的智慧和力量。



2007 年获国家科技进步一等奖



2007 年在国家科学技术奖授奖大会上



张钟华院士为苏州华电电气有限公司高电压计量科技大会题词

不断探索创新
为高电压计量科技
发展作贡献！

张钟华

二〇一四年四月二十三日

张钟华院士为苏州华电电气有限公司题词



张钟华院士与苏州华电高压计量科技大会部分代表合影



张钟华院士与杭州大华仪器制造有限公司郑志荣董事长合影



张钟华院士与杭州大华仪器制造有限公司部分科技人员合影



张钟华院士与安徽省电力科学研究院汪建合影



张钟华院士与中国计量学院蔡晋辉、毛谦敏合影



张钟华院士与浙江省计量科学研究院罗进合影



院士寄语

做既专又博的工程师

现代工程技术一般都是综合性的，需要多学科专家共同努力才能有所建树。因此，要求每一位工程师，不仅要具备精湛的专业技能，同时还要有较为广博的知识领域。这样在工作中才易于互相理解，加强团结，形成团队力量。

对于工程师来说，学习书本知识重要，多方面的实践更为重要。一点一滴的积累，从涓涓细流汇集起来，经过长时间的不懈努力，才能做到既专又博。

加强科技合作，研发具有自主知识产权的科研成果，形成产业链，
为振兴我国仪器仪表工业努力！

与实验室交流电阻器国标工作组人员 共勉

张钟华

2013年5月8日

《张钟华院士论文集》编委会

主 任 郑志荣

副主任 周 刚 罗 进 毛谦敏

成 员 鲍清华 蔡晋辉 余 青 夏民荣
沈义成 蒋俊培 金海彬 汪 建
来 磊 郑 捷 李建明 廖 铀
王 震 彭建华 王志荣 方学锋
侯小京 倪裕康 邵 东 徐益民
王兴愿 朱成华 东亚萍 田伯昂
徐建国 李晓春 杜昌军 朱 杰
刘 余 范志杰 罗庆升 薛 飞
秦家羽 柳 杨 杨海俊

前 言

计量技术是国民经济发展的组成系统之一，高科技发展的实施需计量技术的支撑，高科技的发展又促进了计量技术的发展。我国对计量技术相当重视，先后在各行业系统组建了量传体系或校正系统，为我国的经济持续发展进行服务。

计量技术的发展直接关系到科技创新及创新技术的产业化，为此国家在编制中长期科技发展纲要时，把计量科技列入纲要作为战略研究，并作为第“十二五”专题科技条件平台和基础设施建设，为国家计量基标准体系建设纳入到国家中长期科技发展规划。

高精度、高稳定性的计量基标准和标准物质体系建立相当重要。前总理朱镕基曾指出：“原材料、工艺和计量是保证产品质量的三大要素”。钱学森院士明确指出：“信息技术包括测量技术、计算机技术和通信技术，测量技术对信息进行采集和处理，是信息技术的源头，是关键中的关键”。王大珩院士指出：“计量测试和仪器仪表技术是信息技术的组成部分，而且是不可或缺的重要组成部分”。因此作为对信息进行采集、测量、处理和控制的重要基础手段和设备，其正在广泛应用于经济各领域。

21 世纪将是产品质量竞争的时代，计量标准起着保证测试结果准确性的关键作用，因此产品质量在很大程度上依赖于计量测试工作。

21 世纪是科技飞跃发展的时代，计量工作的服务面越来越广，如生物技术、环境保护、食品安全、检验检疫、节能等提高生活质量和安全的领域越来越受到各级政府的关切和重视，提供有效的质量评估方法，对计量科技提出了更新更高的要求。

电磁计量是计量技术中的重要组成部分，特别是现代社会的高度电气化、科学技术创新、社会生产规模化、电力传输和通信网络的发展都需要相应技术和物质的支撑，而支撑的相关技术都要在统一的技术规范下实施，计量体系和校正规范起到保证先决条件的作用。

中国计量科学研究院的科研人员历经数十年艰苦努力，在社会各界的配合下，建立具有原创技术的基标准量传体系和校正系统，解决了实物计量基准，制定了相关检定规程、校正规范。为各行各业的计量中心配制相应的计量装备和人员培训，其中所有技术装备都立足于国内产品，整个量传体系的完整性、严密性，基标准计量装备的正确性、稳定性都达到或高于规范的基本要求，满足了国民经济发展的需要，达到国

际先进水准。科学技术的不断发展，计量科技也在同步进行，中国计量科学研究院科研人员根据现代物理发展方向，开始研究量子计量基准，确保量传体系的可靠性、安全性，同时提升基标准的精度。

中国工程院院士、中国计量科学研究院首席研究员张钟华和他的同事们为我国的计量科学默默无闻、辛勤耕耘的努力工作，从零开始建立了具有原创自主知识产权的基标准量传体系，满足了国民经济发展所需的基准器和量传体系所需的理论依据和溯源体系，且达到国际先进水平。

张钟华院士同时兼任中国计量测试学会副理事长，希望把从事计量科技的社会各界科技人员组成强大的科研团体，提升科研水平，更好地为社会服务，他希望计量科技的技术力量后继有人，为此他兼任清华大学、西安交通大学、哈尔滨工业大学、天津大学、北京航空航天大学教授，与学校进行技术交流和授课。

杭州大华仪器制造有限公司是专业研制和生产电工仪器的企业，公司和中国计量学院计量测试工程学院成立大华研究生工作站，为了使我国电工仪器持续发展，让年轻一代科研人员了解我国计量科技发展的部分经历，激励他们对我国电工仪器的未来发展多做贡献，在中国计量学院蔡晋辉、毛谦敏，浙江省计量科学研究院罗进，上海久麦电气有限公司周刚建议下征询张钟华院士同意，汇编此论文集，供热爱计量科技的科研工作者阅读。

本论文集主要收集张钟华院士本人和他的同事共写的部分材料。本论文集中，“计量科技新发展和基标准溯源”描述了计量科技发展的趋势和努力方向，系统描述了量子计量基准的重要性及发展的过程，今后面临的重点解决的计量课题和国际单位制 SI 中的基本单位的溯源问题；“基本物理量新概念”介绍了七种基本基准量和围绕基本物理常量的单位制定义；“新技术在计量科技中的应用”是系统回顾在计量科技发展过程中，当今我们重点研究的技术领域，如量子计量基准，交流电阻值的计量等科技项目。

本论文集在编辑过程中得到张根才、来磊、鲍清华、余青、侯兴哲、金海彬、朱鹤年、廖铀、夏民荣、汪建、方学锋、宋健康等支持，在此深表谢意！

本论文集中若有不妥之处，请广大读者和同仁指正。

郑志荣

2014 年 6 月 30 日

目 录

计量科技新发展和基标准溯源

准确的计量是国家发展科技创新事业的基础	3
21 世纪计量技术的新发展	5
21 世纪电磁计量的展望	10
电磁计量的量子基准及量子三角形	14
量子计量基准发展的最新动向——基本物理常数与 SI 基本单位的重新定义	18
量子计量基准的现状	22
量子计量基准概况及研究进展	26
量子计量基准及其进展——现代计量科学专题之一	34
我与“量子化霍尔效应”	40
计量及其社会功能	42
完善节能计量制度	44
计量领域近年来的主要技术发展趋势	47
计量测试技术的新动态	48
加强我国计量基标准的研究	54
现代计量测试技术的进展	56
我国古代度量衡的辉煌成就及现代计量的自主创新	63
我国现代仪器仪表技术的发展战略	67
我国仪器仪表产业与技术发展战略思考	69
展望计量科学的前沿课题——SI 基本单位的重新定义	73

基本物理量新概念

基本物理常量与国际单位制基本单位的重新定义	77
计量单位制及基本单位	81
计量基准与基本物理常数	85
CODATA 发布新的基本物理常数平差结果	87

国际计量单位制 SI 面临重大发展	88
从马年无立春看我国时间计量历法方法	90
量子计量基准及 SI 基本单位的重新定义	93
量子计量基准与基本物理常数	98
量子基准与基本物理常数	102
基本物理化学常数的 CODATA 最新推荐值	105
论单位制的结构及变换	113

新技术在计量科技中的应用

交流量子化霍尔效应及其应用	119
交流量子化霍尔电阻研究中遇到的问题	123
交流阻抗的溯源问题	127
低温电流比较仪及其应用	131
提高低温电流比较仪测量准确度的几方面措施	134
功率天平准直参数及其调整措施的分析	139
交流电阻标准研究进展	150
电阻电容电桥研究进展	155
一种提高交直流开尔文电桥测量准确度的新方法	161
双螺线电阻静电屏蔽方法研究	165
低温电流比较仪动态特性的研究	170
焦耳天平磁场系统关键技术研究	175
宽频开尔文电桥的屏蔽防护研究	181
精密宽频开尔文电桥的研制	186
解耦技术在精密控温中的应用	192
核磁共振法快速测量大豆含油量	196
量子化霍尔电阻国家标准的研究	200
量子物理与量子计量基准	206
基于量子化霍尔电阻考核的国家电阻基准的稳定性	208
中国的量子化霍尔电阻标准	213
中国的量子化霍尔效应电阻标准	218
中国计量科学研究院建成的量子化霍尔电阻标准	223
用单片机实现的高精度音频频率计	227

启用量子化霍尔电阻基准时国内直流电阻量值的修正	230
普朗克常数 h 测定系统中磁场线圈稳流源研究	233
Kelvin 式等电位保护电极的气隙误差	239
变动边界微扰法及其对精密电容器误差计算的应用	244
等相移网络的最优化设计法	249
关于超导磁屏蔽问题的一些研究及对超导电流比较仪的应用	253
关于线性系统对脉冲面积的变换的研究及其应用	259
基于单片微计算机的新型核磁共振信号锁定及搜索系统	264
一种用增量法测量小电感的新型电桥	269
用矩阵微扰法计算精密电磁测量线路的误差	273

新技术在计量科技中的应用 (英文)

A Cross-capacitor with Fixed Value in NIM	277
A New Method for Reducing the End-effect Error of the Cross-capacitor with a Movable Guard Rod	282
Compensating the Error of IVD to a Magnitude of 10^{-9} within 400 Hz-20 kHz by Means of RC Network Designed by an Optimization Programme	288
A Determination of the SI Value of QHR by the Cross-capacitor in NIM	295
Hall-effect in the Two-dimensional Specimen with Cross-section of Arbitrary Shape and its Possible Applications	299
Recent Development on the Joule Balance at NIM	305
The Joule Balance in NIM of China	312
A Precise Measurement of QHR at NIM	319
A Proposal for Absolute Determination of Inertial Mass by Measuring Oscillation Periods Based on the Quasi-elastic Electrostatic Force	324
An NMR Magnetic Field Meter for Measuring High Fields at Liquid-helium Temperatures	332
Method for Reduction of AC-DC Transfer Error Caused by the Thomson Effect for the Multijunction Thermal Converter	337