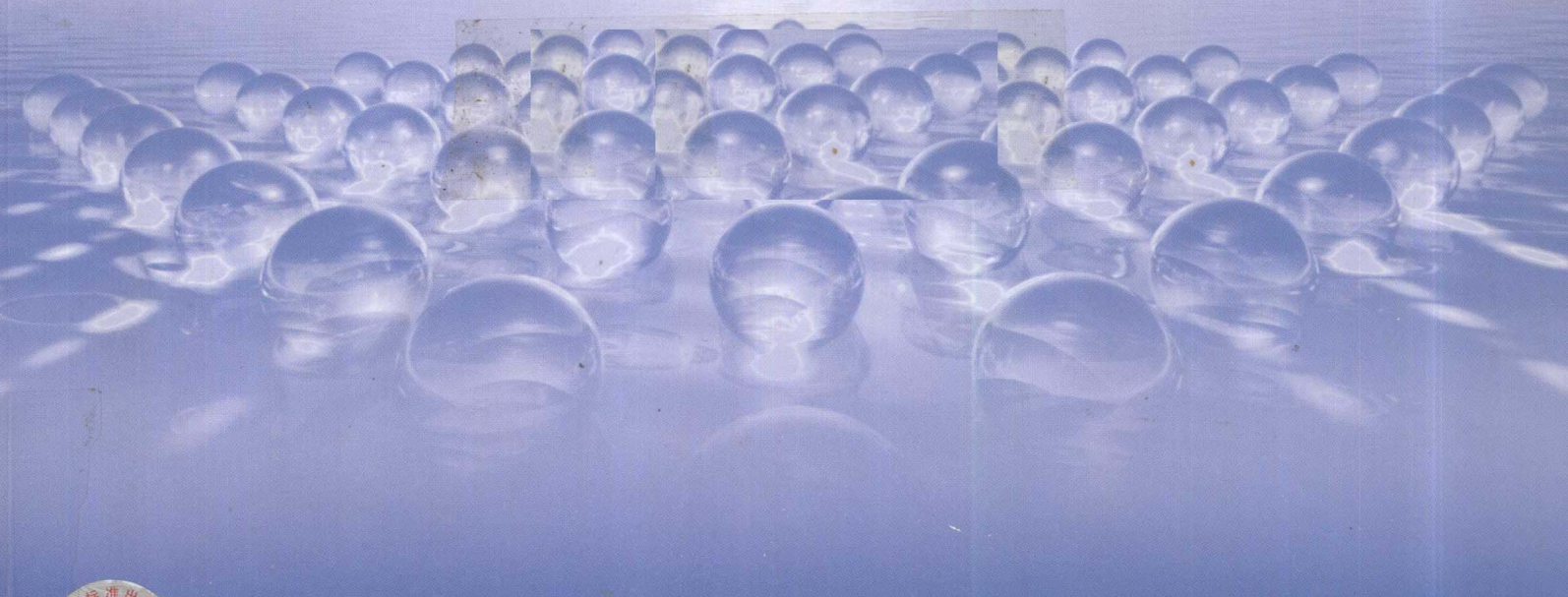
Diwujie Dianneng Zhiliang Yantaohui Lunwenji

# 第五届电能质量研讨会

## ——论文集——

西安·2010

全国电压电流等级和频率标准化技术委员会　编



中国标准出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

责任编辑：孙海军
封面设计：徐东彦
版式设计：李　玲
责任校对：刘宝灵
责任印制：程　刚

ISBN 978-7-5066-5753-2

9 787506 657532 >

定价：200.00 元

销售分类建议：电工

# 第五届电能质量研讨会
# 论 文 集

全国电压电流等级和频率标准化技术委员会 编

中国标准出版社
北 京

**图书在版编目(CIP)数据**

第五届电能质量研讨会论文集/全国电压电流等级和频率标准化技术委员会编.—北京:中国标准出版社,2010

ISBN 978-7-5066-5753-2

Ⅰ.①第… Ⅱ.①全… Ⅲ.①电能-质量分析-文集 Ⅳ.①TM60-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 042045 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn
电话:68523946 68517548
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 33.75 字数 990 千字
2010 年 3 月第一版 2010 年 3 月第一次印刷

*

定价 **200.00** 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)68533533

# 第五届电能质量研讨会
# 组织指导委员会

| | | | |
|---|---|---|---|
| **主任委员** | 李　冶 | 高级工程师 | 国家能源局能源节约与科技装备司司长<br>全国电压电流等级和频率标准化技术委员会主任委员 |
| **副主任委员** | 黄学农 | 高级工程师 | 国家电力监管委员会输电监管部副主任<br>全国电压电流等级和频率标准化技术委员会副主任委员 |
| | 景德炎 | 高级工程师 | 铁道部工程设计鉴定中心电气化咨询部部长<br>全国电压电流等级和频率标准化技术委员会副主任委员 |
| | 陆宏惠 | 教授级高工 | 全国电压电流等级和频率标准化技术委员会副主任委员<br>原中国电力企业联合会标准化中心主任 |
| | 刘　迅 | 教授级高工 | 中机生产力促进中心核设备监造中心主任<br>全国电压电流等级和频率标准化技术委员会副主任委员 |
| **特别顾问** | 韩英铎 | 工程院院士 | 清华大学 |
| | 余贻鑫 | 工程院院士 | 天津大学 |
| | 夏道止 | 教授 | 西安交通大学 |
| | 王兆安 | 教授 | 中国电源学会理事长 |
| | 刘霜秋 | 高级工程师 | 国家标准化管理委员会工业标准二部主任 |
| | 张　琳 | 高级工程师 | 国家标准化管理委员会国际标准部主任 |
| | 班　建 | 高级工程师 | 西安西电电力整流器有限责任公司董事长 |
| **委　　员** | 张　苹 | 高级工程师 | 全国电压电流等级和频率标准化技术委员会秘书长 |
| | 葛　俊 | 高级工程师 | 国网公司科技发展部科技处处长 |
| | 邱　野 | 教授级高工 | 南方电网公司生产技术处 |
| | 魏宏伟 | 教授级高工 | 中铁工程设计咨询集团有限公司电化院总工 |
| | 李若梅 | 博士 | 中国电机工程学会秘书长 |
| | 白继彬 | 教授级高工 | 中国电工技术学会理事 |
| | 武守远 | 教授级高工 | 电力行业电能质量与柔性输电标委会副主任 |
| | 白小青 | 高级工程师 | 西安赛博电气有限责任公司董事长 |
| | 黄　炜 | 国际铜业协会(中国) | |



需要全本请访问 www.ertongbook.com

**专家组**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **组　长** | 林海雪 | 教授级高工 | 中国电力科学研究院 |
| **副组长** | 吴光皋 | 高级工程师 | 原中国铁路工程总公司处长 |
| | 肖湘宁 | 教授 | 华北电力大学电气与电子工程学院常务副院长 |
| **成　员** | 陆宠惠 | 教授级高工 | 原中国电力企业联合会标准化中心主任 |
| | 姜齐荣 | 教授 | 清华大学柔性输配电研究所 |
| | 刘军成 | 高级工程师 | 深圳市领步科技股份有限公司技术总监 |
| | 韩民晓 | 教授 | 华北电力大学电能质量研究所所长 |
| | 魏宏伟 | 教授级高工 | 中铁工程设计咨询集团有限公司 |
| | 王宝安 | | 东南大学电气工程学院 |

**秘书组**

**秘书长**　张　苹

**成　员**　高永梅

**会务组**

**组　长**　白小青

**副组长**　张建荣

**成　员**　朱　云　冯新生　李薇娜

# 序

自2002年以来，全国电压电流等级和频率标准化技术委员会每两年举办一次电能质量学术研讨会，研讨会得到了全国以及来自美国、俄罗斯、日本、南非、香港等国家和地区电能质量科技工作者的支持，本届会议为第五届研讨会。本论文集也是第五届研讨会的主要会议资料之一。

电能是一种最为广泛使用的能源，和工农业生产和人民生活密不可分。国民经济和科学技术的发展对电能质量提出了越来越高的要求。电能质量指标的偏离，是发电、输变电和用电三个部分造成的，同时也给自身和其他两个部分带来不同程度的危害。所以提高电能质量是三个部分共同的责任和义务。

电能质量问题是政治和经济问题，改善电能质量对于电网和用户电气设备的安全、经济运行，进而保障社会发展、工农业生产和人民生活的提高均有重要意义。随着低碳时代的到来和我国减排的庄严承诺，新能源和可再生能源得到迅速发展，他对电网的电能质量带来了新的挑战和机遇，所以本论文集特别开辟了新能源专篇讨论新能源和可再生能源的电能质量问题。

本次会议主要包括以下6个方面的议题：

——电能质量与节能；

——影响电能质量因素的分析研究；

——新能源与可再生能源接入带来的电能质量问题研究；

——电能质量的监测、分析、综合评估技术与方法研究；

——电能质量的控制、综合治理技术与方法研究；

——改善和提高电能质量的措施和对策研究。

广大作者热情参与本次会议，积极投稿。本次会议共收到论文106篇，经过专家评审，论文集收录了91篇论文。专家委员会花费了大量的时间审阅这些论文，论文集的出版，既有作者的劳动和成

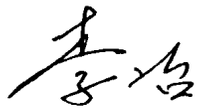
果，也凝聚了各行业专家、学者的心血，在此，我代表全国电压电流等级和频率标准化技术委员会对各位论文作者、评审专家表示衷心的感谢。

从论文内容看，涉及的领域广，理论研究的比较深入，工程经验的实用价值也较高，这反映了近年来国内研究电能质量方面的新技术、新经验和新成果，对电能质量的技术进步和实际工作具有很好的借鉴和指导作用。

举办电能质量研讨会的宗旨就是共同推动电能质量技术与相关产业的健康发展，为广大电能质量科技工作者提供一个交流的平台。利用这个平台，大家可以交流研究和实践中的经验和成果、心得与体会，捕捉电能质量领域的商机。

中国国家标准化管理委员会、国家能源局、国家电力监管委员会等主管部门的领导对本次会议给予了积极的支持和指导。会议承办单位西安赛博电气有限责任公司和协办单位中国西电集团、西安交通大学、中铁第一勘察设计院集团有限公司为本次会议的筹备做了大量的工作，对支持本次会议的公司企业在此一并表示衷心的感谢。

全国电压电流等级和频率标准化技术委员会主任委员



2010 年 3 月

# 目　录

## 综合与标准篇


电能质量与国民经济　陆宏惠　3
电能质量与节能的思考　张回力　孙继经　江　华　秦三营　8
电能质量管理的回顾与展望　黄学农　刘雅芳　13
电力系统谐波水平的主要控制方法　林海雪　18
稳态电能质量的数据简约方法分析　刘军成　焦　莉　25
三相负荷不平衡情况下的配电网降损技术分析　朱小军　刘华勇　31
高压大功率马达起动引起电网电压暂降的计算模型研究　杨心刚　桂勤昌　田英杰　潘永刚　潘爱强　34
影响电能质量的因素及危害简析　杨长军　于得海　王培新　41
京沪电气化铁路供电电能质量现状　周胜军　冯满盈　45
广珠(货运)电气化铁路接入系统负序和谐波问题研究　韩　笑　韩民晓　张志强　50
国民经济各领域对电能质量的要求——大规模集成电路制造公司对电能质量的要求　陆还明　57
铁道电气化牵引供电系统中三相 V/V 接牵引变压器有关工程应用的计算分析　魏宏伟　61
仿真技术在电气化铁道电能质量分析中的应用　董志杰　68
基于 Mallat 算法和快速傅里叶变换的电能质量分析方法　张　斌　72
小电网负荷低谷时段谐波电压问题的研究　马志远　贺建闽　79
基于 WEBANET 仿真的电气化铁路负序影响研究　黄文勋　宫衍圣　盛望群　85
浅析发电厂的电能质量控制　沈　冲　翟大海　金玉磊　李传波　齐锋光　胡学海　91
发电厂如何保证电能质量　齐　竹　95
牵引变电所电能质量计算及控制效果分析　智　慧　99
加强电网电压调控　提高电能质量　刘晓峰　李海星　104


## 新能源篇


并网风电场对电能质量的影响综述　许　郁　朱永强　111
并网光伏电站电能质量分析　严玉廷　卢　勇　杜朝波　吴　强　116
光伏发电系统并网稳态分析　段晓波　戎士洋　李　鹏　121
双馈异步风力发电机组低电压穿越分析　燕振元　张洪涛　126
丹南达濠风电场对电能质量影响的分析与评估　熊凌飞　韩民晓　张志强　129
一种面向智能电网的分布式电能质量测试系统　胡志琳　陈　卫　134
一种面向智能电网的分布式电能质量监测系统　胡志琳　陈　卫　138

## 监测和评估篇


电气化铁路不同牵引变电所注入公用电网负序电流计算评估 王海群 田英杰 桂勤昌 杨心刚 潘永刚 潘爱强 145

基于分类评估的电能质量二级评估方法 丁泽俊 朱永强 陈彩虹 153

开放式电压监测管理系统平台的开发与应用 吕彦红 李战荣 郭 涛 159

背景谐波电压测试和评估 田英杰 潘永刚 杨心刚 桂勤昌 163

大型电能质量监测网的网络结构选择 彭小俊 王 昕 丁玉凤 冯 成 168

电能质量监测数据分析思路探索 麦 洪 刘晓华 173

广西电网谐波源负荷建模与评估分析 周 柯 刘 路 楚红波 吴玉燕 178

贵州电网电能质量在线监测与分析系统建设方案的研究 冯 成 彭小俊 184

SOE 顺序事件记录在电能质量监测系统中的应用 裴玉刚 王 昕 丁玉凤 190

非常态运行整流器谐波发射评估研究 潘爱强 桂勤昌 田英杰 杨心刚 195

供电系统电压暂降研究及评估软件开发 代双寅 李国栋 韩民晓 王 峤 202

厦深线电气化铁路电能质量评估 杨 霞 韩民晓 熊凌飞 张志强 207

某钢厂 1780 热轧电网振荡故障的测试分析和改进建议 杨建宁 212

电力变压器分接头试验中负序电流分析 桂勤昌 潘永刚 田英杰 李献伟 220

考虑谐波和负序因素的输电损耗及其对经济性影响分析 王维洲 温志伟 张忠元 226

电气化铁路无锁相环单相无功谐波电流检测 周福林 李群湛 解绍峰 232

加强设备监测能力 提高 A 类电压合格率 井春红 238

电能质量与节能 裴玉刚 薄丽雅 241


## 治 理 篇


直流融冰兼 SVC 系统的谐波和无功仿真分析 李长宇 段 昊 张 帆 张晓薇 249

广西电网 110 kV 湖润变电能质量综合治理研究 周 柯 刘 路 罗 安 楚红波 吴玉燕 255

大力推广低压静止型无功补偿装置(SVC) 郭智文 夏 华 263

AVC 无功电压自动调节装置的应用 姚鸿飞 266

SVC 在国外冶金行业的应用 王立春 安万洙 王晓艳 王飞义 271

三单相 H 桥级联型 DVR 补偿策略的研究 孙 哲 郭春林 肖湘宁 徐永海 刘颖英 280

500 kV 梧州变电站 SVC 系统设计应用 石书华 288

谐振引起的牵引变电所无功动补投切故障分析 曹建设 294

110 kV 三道河变电站谐波治理优化研究 王 昀 邓先明 彭 睿 300

SVC 补偿技术在京沪铁路三界牵引变电所的应用 王 猛 黄足平 汪自成 黄 军 304

混合式电铁电能质量调节器补偿原理及容量分析 邱大强 李群湛 周福林 张永祥 308

基于同相供电的电气化铁路电能质量综合治理 周福林 李群湛 解绍峰 易 东 314

可移动式 SVC(RSVC)装置在电网中落点选择分析 刘 洋 李长宇 徐桂芝 319

新建牵引变电所无功补偿及谐波治理方案探讨　杨建兴　323
合理选用电能质量测量器具　有效降低供电环境治理成本　任长宁　329
基于 Matlab 平台的无源滤波器参数优化仿真分析及应用　王启华　高　鹏　张建荣　335
基于网侧电流检测型有源电力滤波器控制方法的对比研究　易　皓　卓　放　343
华能淮阴电厂＃5、＃6 机组自动电压控制的实现　颜国廷　350
高次谐波的现状分析及消除方法　高兴岩　王君辉　359

## 设备与装置篇

基于 MATLAB 的配电网静止同步补偿器研究　曹珍崇　365
基于飞轮储能阵列的新型动态电压恢复器的研究　朱俊星　王同勋　369
飞轮储能型动态电压恢复器控制策略研究　朱俊星　王同勋　376
石油钻机系统低压大容量有源电力滤波与静止无功补偿设备研制及应用　高　鹏　张建荣　李景楠　张云亮　382
牵引变电所动态无功补偿方案设计研究　呆秀芳　388
一种静止无功补偿器控制系统的设计与仿真　曹珍崇　393
基于能量回馈技术的非线性负载模拟发生装置的研究　金丽莉　王宝安　张金望　黄学良　400
单相 27.5 kV 转三相 10 kV 电源装置　丁雅丽　李　兴　李　旷　405
有源电力滤波器中自动限制输出电流环节的设计及实现　李春龙　王启华　张建荣　高　鹏　411
一种 HAPF＋SVC 电能质量综合补偿器研究　周　柯　罗　安　盘宏斌　415
关于阶梯补偿并联电容器在变电站应用的研究　程贤芳　李有利　李秀丽　王　昀　421
MCR 型动态无功补偿技术在西安电网中的应用研究　吕一斌　425

## 其　他　篇

电压暂降与短时间中断的经济评估　章雪萌　徐永海　431
电网中电力电子设备引发的谐波不稳定浅析　赵　贺　林海雪　437
电能质量与电容器故障分析　葛　军　罗亚桥　442
关于陈阳变 10 kV 电容器组串抗故障分析　左玉玲　郝　伟　陈　谦　黄明亮　446
可调串联电容补偿及其在电气化铁路中的应用　邓云川　450
铁路 10 kV 电缆贯通线电容电流补偿方案探讨　孙东山　杨艳芳　454
电压序列对配电网供电质量和经济性的影响研究　吴俊玲　彭　冬　梁才浩　张东霞　侯义明　卜广全　459
500 kV 串补站隔离开关操作电磁骚扰研究　钟　尧　李小建　466
国家电网公司系统无功补偿配置水平研究　苗竹梅　孔　湧　周军义　刘　伟　程贤芳　陈　滨　473
高选择性快速切除双回链式短线路故障的新型保护方案　王　锐　479



需要全本请访问 www.ertongbook.com

并联型电能质量控制器开关频率对谐波补偿特性的影响研究　赵国鹏　刘进军　486
神华国华锦界电厂发电机组次同步谐振　安万洙　左　强　李海生　王飞义　495
基于全控型变流器件的发电机组次同步振荡抑制方法
张银山　李　旷　左　强　郭自勇　焦东亮　付国良等　504
直接并联三相四桥臂变换器中零序电流的建模与控制　王先为　卓　放　王　丰　易　皓　509
配电变压器采用自动装置改变运行方式对其损耗和供电可靠性的影响
袁　波　袁红旗　吴延涛　袁天佑　515

部分单位简介　520

# 综合与标准篇



# 电能质量与国民经济

陆宠惠
（中国电力企业联合会）

**摘　要**

电力工业是国民经济发展的重要基础之一，本文分析了电能质量下降的原因及电能质量下降产生的危害，提出提高电能质量更好地为国民经济的发展服务，同时针对我国现状提出了电能质量研究的建议。

**关键词　电能质量；国民经济；负荷**

## 1　前言

随着国民经济发展和人民生活水平的提高，社会对电能的需求越来越大。由于我国电力工业的发展，特别是近年来的高速发展，供电量基本满足了社会的需求。但是工业的发展，用电设备中整流元件的大量使用，大负荷、冲击负荷、不平衡负荷的出现使电能质量下降。与此同时，高新技术的发展，大量电子设备的应用，对电网的电能质量提出了更高的要求。因此近年来电能质量的问题受到了业内外各界的关注和重视。电网的互联和扩大提高了供电可靠性和经济性，但在事故状态下也会使电能质量的某些指标（如电压暂降）劣化的范围和频度扩大。电能质量检测与控制技术因此得到迅速发展。电能质量涉及发电、供电、用电和电气设备制造行业，关系到国民经济的发展和人民生活水平的提高。

本文综述电能质量和国民经济的关系，提出了电能质量检测与控制技术研究中应该注意的几个问题。

## 2　电力工业是国民经济发展的重要基础之一

能源是国民经济的重要基础，随着科学技术的进步和社会生产力的发展，人类使用能源不仅在数量上越来越大，在品种和构成上也呈现出多样化趋势。其中煤炭、石油、天然气、水能、核能、风能、太阳能等由自然界提供的能源称为一次能源；在我们的日常生产和生活中广泛使用的电能则是由一次能源转换而来的，称为二次能源。把一次能源转换为电能，并传输分配到工农业生产和人民生活等各用户的产业就是电力工业。现代社会中，电能是四个现代化不可缺少的动力，也是人们日常生活不可离开的能源。它是现代文明社会中最为清洁、安全、方便的能源。一百多年来的发展和使用习惯，电力工业已经成为支撑国民经济的重要基础之一。电力工业的发展水平已成为反映国家经济发达程度的重要标志，人均发电机装机容量也就成为一个国家和经济实力、生产力水平和人民生活水平的重要指标之一。尽管近几年我国每年装机容量将近 1 亿千瓦，到目前还只有 8 亿千瓦，人均只有 0.6 千瓦，而美国为人均 3 千瓦，德国和法国为 2.5 千瓦，我国的近邻韩国为 1.2 千瓦。我国目前在电能供需关系上基本消除了缺电现象，只能算是暂时的数量上基本满足，电力工业的发展、建设和电能质量的提高还任重道远。

## 3　电能质量下降的原因

电能和其他任何的商品一样，都有一个质量的问题。一般意义来说，电能质量是指通过公用电网供给用户端的交流电能的品质。公用电网应以规定范围内的频率、正弦波形和电压，按规定的负荷对用户供电。同时在三相交流系统中，各相电压和电流的幅值应大小相等、相位差为 120°。为此国家标准化管理部门发布了七项国家标准对电网的电能质量的指标进行规范：

(1) GB/T 12325—2008 电能质量　供电电压偏差
(2) GB/T 12326—2008 电能质量　电压波动和闪变
(3) GB/T 15543—2008 电能质量　三相电压不平衡
(4) GB/T 15945—2008 电能质量　电力系统频率偏差
(5) GB/T 14549—1993 电能质量　公用电网谐波
(6) GB/T 18481—2001 电能质量　暂时过电压和瞬态过电压
(7) GB/T 24337—2009 电能质量　公用电网间谐波

电能除了具有商品的共性以外，还有其特殊性。电力系统是由发电机、电力网和负荷组成的统一体。发电机是将一次能源转换为电能的机器。目前主要有火力发电、水力发电、核能发电，还有风力发电、地热发电、潮汐发电和太阳能发电等，除太阳能发电，其他的发电均有发电机将动能转换为电能。为了节省原材料，发电机的铁芯运行在磁化曲线的接近饱和区，再加上三相绕组参数的不平衡等原因，发电机就是谐波、三相不平衡等电能质量问题的一个节点，由于制造部门的长期努力，这部分问题不突出。从发电机发出的电能要用升压变压器将电压升高到输电电压实现电能的远距离输送，在用电侧要用一级或者多级降压变压器将输电电压降低为配电电压。一般地说，电力系统各级变压器的总容量约为发电机容量的5～6倍，变压器和发电机一样有工作磁密位于磁化曲线接近饱和段的问题和结果。结构上的不对称性比发电机严重，发电机是旋转体，三相可以对称布置在圆周上，而三相变压器的三个绕组是布置在躺着的“□□”字的三个柱上，现代大型变压器的采用五柱结构平衡相关参数，它也是电能质量的一个节点。另外，线路导线的对地电容、互感等不相等，也是造成三相不平衡等电能质量问题的节点。

负荷对电能质量的影响更为复杂和多样了，主要有电动机、电炉、整流设备、电子设备、照明设施以及家用电器。从负荷性质来分，主要有大负荷的接入公用电网如大型电机的启动。大型冲击负荷和三相不平衡负荷的接入公用电网。如电炉炼钢和电气化机车；晶闸管式整流设备、变频装置等。这些均为电能质量的节点。

充气电光源如荧光灯、高压汞灯、高压钠灯与金属卤化物灯应用气体放电原理发光，其伏安特性具有明显的非线性特征。计算机、电视机、录像机、调光灯具、调温炊具、微波炉等家用电器，因内置调压整流元件，会对公用电网产生高次奇次谐波。电风扇、洗衣机、空调器等电动机因产生不平衡电流也会影响公用电网电能质量，这类设备功率虽小但数量多，也不可忽视。某电能质量监测点设在对居民区供电的10千伏侧，发现在晚上7～10点之间谐波总量已超过标准的规定。

公用电网或用户的单相、两相、三相接地短路(可能是雷击或者绝缘损坏)更是电能质量问题的一个节点。这个情况可能使某些线路供电中断，也可能使远离事故点的供电点出现电压波动和暂降现象。

由上分析可见，电能质量问题是由发电、输配电、用户和设备制造商四个方面引起的，因此，是一个共同的“环境”问题。

## 4　电能质量劣化的危害

### 4.1　三相不平衡

生产和生活用电中三相负荷不平衡，输配电线路参数三相不平衡时，使变压器处于不对称运行状态。造成变压器损耗增大(包括空载损耗和负载损耗)。零序电流增大，局部金属件温升增高，严重时甚至烧毁变压器。

三相电压的不平衡会导致数倍不平衡电流的发生，诱导电动机中逆扭矩增加，从而使电动机的温度上升，效率下降，能耗增加，发生振动，出力下降等。各相之间的不平衡会导致用电设备使用寿命缩短，设备运行维护成本加大；断路器允许电流余量下降；中性线中流过较大的不平衡电流，致使中性线加粗。

在三相四线制结线方式，三相负荷不平衡时，无论何种负荷分配情况，电流不平衡度越大，线损也越大。

### 4.2　谐波

谐波对异步电动机的影响主要是增加电动机的附加损耗、降低效率。负序谐波可以产生逆向扭矩，

起制动作用，减少电动机出力。对电机类设备（包括变压器）有同样的问题，有时会引发机械振动，引起噪声。有时谐波会引起谐振，产生高电压或大电流损坏电气设备。

对于配电用断路器，全电磁型的断路器易受谐波电流的影响使铁损增大而发热，同时由于对电磁铁的影响和涡流影响使脱扣困难。且谐波次数越高影响越大，热磁型的断路器由于导体的集肤效应与铁耗增加而引起发热，使得额定电流和脱扣电流降低，电力型的断路器，谐波也会使其额定电流降低，尤其是检测峰值的电子断路器，额定电流降得更多。简单地说会使配电断路器产生误动。

对于电力电缆，谐波特别是高次谐波引起趋肤效应，导致电缆温升加大，允许通流下降。在一定线路感抗下，可能产生谐振，损坏电缆。

对于电力电容器，当某谐波频率下的电网的感抗和电容器的容抗相等会产生谐振，损坏电容器和其他电器设备。电容器组谐波阻抗小，容易使电容器过负荷影响其使用寿命。

### 4.3 电压波动和闪变

对于照明设备，电压波动可以使高压汞灯熄火，如果是冷启动型照明设备，要等待几分钟才能恢复照明。频闪效应会引发视觉疲劳；在频闪频率与旋转物体的转速成某个关系，可以引发视觉错误：运动物体变成静止、倒转或转速变慢等，引发次生事故。

电压降低，电动机的出力迅速下降，若负荷不变，就会出现电动机过载，甚至烧毁。为了保护电动机，必须跳闸，切断电源。公共场所的滚动电梯的电动机突然停止，会引起人身事故。

为了保证安全和运行状态的稳定，各种电器设备上都设置了跳闸的阈值，如可编程序控制器，电压低于80%时停止工作；一些I/O设备，电压低于90%持续几个周波就会被切除；由机器人控制的精密加工机械，电压低于90%，持续2～3个周波时跳闸；交流接触器电压低于50%时1个周波自行脱扣；计算机电压下降到60%以下时程序紊乱，数据丢失。

## 5 提高电能质量为国民经济的发展服务

从第4章可以看出电能质量问题给国民经济发展带来的影响。据2007年欧盟调查，因电能质量（包括供电可靠性）问题造成欧盟每年经济损失达1 500亿欧元。美国近年也有调研数据，认为损失每年达2 000亿美元。我国没有调研结果。

近年来，国家、企业和科研院所对电能质量给予了高度重视。国务院发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要》的重点领域及其优先主题的能源部分专门提到了“电能质量监测与控制技术”，该纲要指出：“重点领域是指在国民经济、社会发展和国防安全中重点发展，亟待科技提供支撑的产业和行业。优先主题是指在重点领域中急需发展，任务明确，技术基础较好，近期能够突破的技术群。”

国家标准化管理委员会将电能质量国家标准的制修订工作交给了全国电压电流等级和频率标准化技术委员会。这个标委会近年来组织各行各业的专家制定了15项电能质量国家标准，成功召开了四次国际电能质量研讨会。电力行业也成立了柔性输电和电能质量标准化技术委员会。相信随着电能质量标准的相继发布和实施，我们国家的电能质量将会有很大的提高，电能质量治理的市场得到进一步规范，工农业将在一个优化的电能质量环境中发展，人民生活环境将更加舒适和安全。

许多企业列了电能质量研究的专项课题、专项电能质量治理工程，创建了多个电能质量实验室，专项电能质量治理公司不断研制新型设备和治理新技术，投入市场。

监测网正在全国范围内逐渐形成，监测技术评估技术得到长足发展。

各类负荷正在建立物理和数学模型，便利仿真计算、实验和研究分析。

最重要的是逐渐形成了一支以中青年骨干为主的设计、规划、设备制造、工程改造和科学研究队伍，他们是电能质量的提高的近期和远期的目标实现的最重要的保证。

## 6 电能质量问题的研究的几点建议

### 6.1 电能质量是一个公共环境

众所周知，发电、输配电、用户、设备制造业都会影响到电能质量，同时本身亦会受到电能质量问题的



需要全本请访问 www.ertongbook.com