



中国通信学会
CHINA INSTITUTE
OF COMMUNICATIONS

2018

年

中国通信能源会议 论文集

中国通信学会通信电源委员会
主编

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

2018

年

中国通信能源会议 论文集

中国通信学会通信电源委员会

主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

2018年中国通信能源会议论文集 / 中国通信学会通信电源委员会主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2018.10
ISBN 978-7-115-49259-3

I. ①2… II. ①中… III. ①通信设备—电源—学术会议—文集 IV. ①TN86-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第204147号

内 容 提 要

2018年中国通信能源会议论文集共收录论文120余篇,分6篇,分别为供电技术、节能技术、空调技术、电池技术、研究与设计、管理维护。这些论文均出自通信电源行业各类专家之手,既有较深入的学术研究,也有作者多年的实践总结,可全面反映我国在这些领域的研究、部署、创新以及应用等最新进展,充分体现我国产业链各方的探索和创新。本论文集可供全国通信电源领域的运营人员、科研工作者和高等院校相关专业师生学习和参考。

2018年中国通信能源会议论文集

- ◆ 主 编 中国通信学会通信电源委员会
责任编辑 牛晓敏
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100078 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京圣彩虹科技有限公司印刷
- ◆ 开本: 880×1230 1/16
印张: 21 2018年9月第1版
字数: 660千字 2018年9月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-49259-3

定价: 260.00元

读者服务热线: (010) 81055488 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

《2018年中国通信能源会议论文集》 编委会

主任委员 侯士彦

副主任委员 高 健 马雁序 柴建云 雷卫青

郭 武 侯福平 艾兴华

序 言

随着5G通信技术的到来，数据通信技术的换代和大数据信息业务的迅速增长，信息通信运营企业和相关的制造业等面临“绿色”“节能”等可持续发展的艰巨任务，其中通信电源领域的系统结构和设备等节能降耗技术及方法在科技人员的努力下已逐步走向极致，到了需要创新突破的阶段。

近几年来，中国通信学会通信电源委员会在中国通信学会的领导下，根据国家经济技术发展的需要，团结广大科技人员，组织专业性学术活动，进行信息交流和技术研讨，推动本行业的产业发展和技术创新，引领业界学者、技术专家和通信电源领域的优秀企业，紧紧围绕“安全、节能、环保、创新”这一中心议题，开展学术研究和探讨，取得了较好的社会影响，并获得丰硕的科研及学术成果，为各委员单位和广大的通信电源科技工作者提供技术支持。同时，为确保行业的可持续发展，围绕国家节能减排国策的要求和相关政策开展工作，引领通信电源技术的发展方向，推动通信电源产业的技术进步，巩固我国在通信领域节能减排所取得的巨大成果。

2018年9月13-14日，一年一度的“中国通信能源会议”在四川成都如期召开。中国通信学会通信电源委员会以“安全、节能、环保、创新”为主题，在各大通信运营商、科研设计单位和业内优秀通信电源设备制造企业的鼎力支持下，成功举办“2018年中国通信能源会议”学术论坛和优秀企业的产品展示。

本次学术活动中，在行业专家的积极参与下，通过专家评审，本次会议录用论文120余篇，分别为供电技术、节能技术、空调技术、电池技术、设计技术、管理维护等议题。这些论文均出自通信电源行业各类专家之手，既有较深入的学术研究，也有作者多年的创新理念和最佳的实践总结。为了进一步传播优秀经验，推广创新技术，委员会与人民邮电出版社一道组织并编纂出版了《2018年中国通信能源会议论文集》，旨在供广大通信电源专业、学术和应用工作者学习、参考、借鉴并应用有关的理论和成果，更重要的是进一步激励大家的创新热情，为建设节能环保的通信网络而共同努力，希望营造“百家争鸣”的学术氛围，促进通信电源技术的提高和发展。

衷心希望通过中国通信学会通信电源委员会这个学术平台，使国内外的通信电源领域专家、学者能够增强友谊、加强交流、互惠互利、共同进步，真正把委员会做成“学术交流的主渠道，科学普及的主力军，通信电源工作者的家园”。

再次感谢积极参加学术论坛活动和撰写论文的各位领导和专家，感谢对中国通信电源委员会的支持与厚爱。相信在大家的共同努力下，我国通信电源事业会取得更大的进步！

中国通信学会通信电源委员会论文集编委会主任

侯士彦

二零一八年九月

目次

供电技术

勿忘初衷，开创通信用240V直流供电技术应用的新局面	侯福平 杨世忠	1
醇水氢燃料电池供电技术在通信基站的应用	高 健 郭宇辉 郭 玮 郭春山 高继明	6
柴油发电机组在数据中心中带载运行特性的研究	蔡树国 齐曙光	9
长链基站传输设备用电时长技术应用	朱 恒 余 斌	13
通信微基站电源提供策略与管理探讨	吴红钢	16
浅析绿色能源在无线基站动力方面的运用	聂 永	19
小型、微型基站使用间歇性供电电源解决方案研究	汪 清 王文斌	22
光电一体与直流远供在微站群方案中的创新应用	高 伟 汪 清 谷宝升	24
一体化电源系统在小微基站的应用探讨	刘国锋 王怀宇	28
充电桩创新改造用于通信微站方案	高 健 顾国政 郭建雄 宋 卿 张晓宇	30
新能源光伏组件热斑效应检测的研究	段俊毅	33
机房分层分级供电结构模式	白 鹏	35
多台发电机接入的基站市电应急供电方案	卢运运 刘力贤 甘顺水 陈大裕	38
铺设发电机组备用路由、有效提升通信电源应急供电保障能力	郭彦军 贾战峰 徐 铎	41
县级传输汇聚机房安全供电保障探析	敬 明 游晓东	44
数据中心备用发电机组设计中的常见问题	郭 武	48
小微站新型供电技术应用研究	黄建丰 吴蓉蓉 方 剑	54
通信基站光柴储混合能源供电系统的浅析	许乃强 田智会 杨少慰 郭国良	57

节能技术

运营商能耗监测网络部署方案	张永民	61
EMC模式在超期电源改造中的应用	金立标	65

直流48V系统的节能改造方案及其经济性分析	张永红	69
老旧开关电源创新融合延寿增效	吕鹏程	72
数据中心燃气三联供节能改造方案的探讨	张 渊 林武隽 翟 骏 刘永彬	74
某数据中心水力平衡调试及节能效果	赵晓辉 黄 贇	76
冷机变频改造节能分析	王天翔 黄 贇	78
数据中心制冷节能技术应用研究	穆 贇 刘世水	80
通信机房“长明灯”创新管控与节能降耗	常亚峰	83

空调技术

某数据中心水冷中央空调系统冷却塔补水安全性和节能性的探讨	孙 颖 刘 洋 倪震楚	85
通信机房空调自适应节能监控系统浅析	张金鹏 汪 清 李长松	88
变频技术在机房精密空调节能上的应用分析	王 璐 李 森	90
全氟换热的热管空调解决方案	黄艺云	93
基于通信机房空调智能控制器的应用设计	刘激光	95
通信机房空调室外冷凝翅片自动清洗装置探讨	桑永礼	97
通信机楼移动式应急中央空调的研究及应用	王 强 左 建 程晓煜	101
高效热管列间空调系统及其应用研究	史辉山 王绥贺	103
通信机房冷冻水空调的双冷源改造	唐守彬	106
老旧通信机房楼空调系统常见问题分析及改造方案	丁 强 车 勇	110
通信机房空调系统节能环保技术的研究	张 礼 王 健	112
CFD仿真在机楼空调安全保障中的应用	纪 辰 刘海晨	117
数据中心空调节能技术研究	张 萌 秦雨峰	120

电池技术

基站铅酸蓄电池延长使用寿命课题研究	茹 琤	124
蓄电池能量碎片化管理技术及其效益分析	李春园 王怀宇	126

通信基站蓄电池有效管理方案探讨	李 坦 王怀宇 金文良	128
中国铁塔蓄电池运行分析软件支撑基站节能安全维护工作	李 丹 李 洪 刘国锋	130
机房UPS储能化改造方案及收益分析	张 渊 林武隽 翟 骏 杨子靖	132
蓄电池在线监测系统在数据中心的应用	马 强	134
蓄电池组开路电池在线快速检测技术	高 庆 俞 薇	136
蓄电池智能化管理新技术系统的设计应用	徐 铎 郭彦军 贾战峰	139
基于电流分析蓄电池组开路检测方法的研究	何秀强 韩 雷	142
基于四段法判断铅酸蓄电池单体容量的研究	冯 涛	145
电池容量自动在线估测系统研究	黄建丰 金美华	148
新能源“铝-空气金属燃料电池”在通信局站的试点研究及应用	欧 勇 罗万彬	151
电池监控采集器告警灯常亮故障案例分析	王春雷	154

研究与设计

数据中心建设经验浅谈	陈 曦	156
通信智慧广告柜设备技术探究	王怀宇 张 冰 高 伟 万金鑫 张 伟 李 胜 邱 杰	158
制冷剂与相关国际环保协议	吴 捷 吴天泽	161
内蒙电信数据中心的DCIM系统建设	王华成	164
基于DCIM理念的通信局(站)电源O域智能运营综合管理系统建设规划	钱胜杰 翁志远 刘峻溥	167
IDC无人值守10kV配电房的研究与实现	周 平 颜士军 窦荣启	170
基站新型交流配电箱的设计应用	郭彦军 徐 铎 贾战峰	174
移动通信基站过电流研究	李 浩 梁 雪	176
带制冷功能的网络机柜装置	施建荣 施君宇	179
新型单相光伏发电逆变器研究	李媛媛 李 杰 丁 倩	182
数据中心温湿度独立控制应用研究	牛 琳 吴海滨 温 驰 高 龙	185
通信局(站)开关电源升级MTM新模式研究	王 琪	188
移动物联网智能用电管理系统的研究与应用	李永宁	190
IDC数据中心空间模拟温度气流云热量智能自调节控制系统探究	包 静 杨万辉	193

基于动环监控系统数据的代维发电自动稽核方法研究	王 振 潘 兴 李德峰 商 丹	197
数据中心液/气双通道散热系统的应用案例与性能研究		郭佳哲 200
PC级、CB级和派生型ATSE的特点及选用要点		吴卫华 203
直流变频混合能源系统的控制模式分析		杨 雄 张 鸿 207
NPC型三电平逆变器热设计	陈 力 张朝铉 李永兴 潘澎树	209
大功率核电站用应急电源车的设计		陈劲华 张华东 212
华东某通信运营商微模块机房PUE实测结果研究	刘 海 于 宙 严 瀚	216

维护管理

安全生产 电气防火		董宏涛 220
重视隐患排查, 持续降低电源维护操作风险		师 明 223
网格化精确送风在老旧数据中心机房改造中的应用研究	杨子靖 林武隽 刘永彬 张 渊	226
汇聚机房安全度提升的探索	翟 骏 林武隽 李小聪 张 渊	229
局站脸谱的构建及能耗管控新方法的探索		杨 飞 张永民 231
湿膜新风系统在机房的应用		张成伟 234
中国电信省级动环监控系统演进策略探讨		宗 凌 236
新型基站动力系统过电流防护装置		梁 雪 李 浩 239
深拓动环应用提升运维效能	施建荣 张春飞 窦荣启	241
信息通信网络电源安全管理		王 平 246
从核心局楼智能化管理系统谈动力运维系统的建设方向		韩 雷 何秀强 249
浅谈数据中心动环管理系统建设	朱青山 刘中明 邵 安 李嘉琳	252
基于动环监控系统的基站能耗模型构建与应用	甘顺水 卢运运 黄剑叶	255
高功耗机柜下沉老旧低密度机房降温降耗案例探讨		唐智文 260
如何在通信机房内合理扩容机架		纪 辰 刘海晨 263
自然冷却在IDC机房的应用探讨		姜 军 267
基站不使用SPD防雷技术及试验应用		赵敏文 270
通信行业光纤温控系统应用方案探讨	潘洪涛 刘苗青 张 希	272

机柜内置自动调节开度风栅	张 宪 刘朝建	276
柴油发电机组启动故障维护案例分析	叶正远	279
A局楼1#变压器高压出线柜故障分析	陈剑辉	280
UPS整流输入电压异常分析	胡 磊	282
BSC设备异常宕机故障分析与处理	艾兴华 周 平 韩冠军	284
湖州移动二环机房低压总ATS切换开关故障分析与处理	王春雷	286
ABB断路器自动跳闸问题分析	康维欢	288
油机过载频率飘移时系统故障分析	吕英钱	290
汇流排端子间发热碳化导致电源空开跳闸案例	薛建洪	292
普天洲际开关电源霍尔传感器故障的分析与处理	吕 阳	294
交流线路过长导致开关电源频繁重启的故障分析	汪平分	296
交流电缆单相熔断紧急处理案例	俞希望	298
既有机房气流组织优化设计	王晓腾 黄 贇	299
某品牌变压器档位极柱炸裂故障	王 伟	301
核心机房10kV高压真空断路器过流定值设定及维护要点	虎佐翰	302
中置柜真空断路器偶尔不能合闸的故障处理案例	柳小明	305
铁塔迷你机柜智能排风系统	谷云勇 赵国龙	306
室内分布站点电源管控思路探讨	穆 赞 钱钊钊	308
通信机楼电费优惠最大化应用的实践	林 雪 姜 宁	310
机架配电母线方案在数据中心的应用	韩冠军 赵黎明 艾兴华	313
基于物联网的5G小微基站动环监测	马卫兵 刘 勇	316
动环监控系统C接口改造方案	罗 勇 胡亚希	318
送风精确温度控制方法	张建风 陈徐钢 刘昊儒	320
智能营维整体解决方案，消除站点动环监控痼疾	章异辉 艾兴华	322
基于断站时长报表TOP N四象限管理精准投资，实现站点精益运营	章异辉 王 振	325

勿忘初衷，开创通信用240V直流供电技术应用的新局面

侯福平 杨世忠

中国通信学会通信电源委员会

摘要

描述通信用HVDC应用自2007-2017年10年来取得的辉煌成就，对国内信息通信用HVDC供电技术10年间的推广应用数据进行汇总，并分析这10年间的应用经验，提出推广HVDC应用技术的展望。

关键词

HVDC 供电技术 通信

1 前言

自2007年起，通信用240V直流供电技术在通信网络和数据中心得到了广泛的实际应用。目前，中国通信用HVDC技术的应用规模已经位居全球领先水平。

对国内信息通信用HVDC供电技术自2007-2018年上半年的推广应用数据进行汇总分析可以看到，通信运营商（中国电信、中国移动、中国联通等）在前5年应用领先，互联网运营商（腾讯、阿里巴巴、百度等）在近5年大力创新、大胆应用，其推广应用的速度直线上升。中国的HVDC技术应用在实际环境中，已大范围、大规模地验证了HVDC的安全性、可用性。240V系统应用已占绝对优势，一个崭新的应用局面已经形成。

随着信息通信网络技术的发展，特别是5G技术的应用的到来，240V直流供电技术将会越来越呈现出其独特的优势和魅力。

2 已取得的辉煌业绩

2.1 应用规模数据

据不完全统计，截至2018年6月，国内仅在信息通信行业已经投入实际使用的HVDC供电系统应用已达6807个，总供电容量达6514650A。其中，电信企业有2656个、2826200A；互联网企业有3187个、3027630A；其他有964个、660820A。HVDC应用系统的数量分布和容量分布分别如图1、图2所示。HVDC应用系统的数量发展情况和容量发展情况分别如图3、图4所示。

2.2 技术应用推广成果

通过10多年的发展，信息通信行业HVDC供电技术应

用得到了国家的大力支持，也获得了业界的普遍认可和使用者的高度评价。

为贯彻落实《中华人民共和国节约能源法》《国务院关于加强节能工作的决定》和《国务院关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知》，加快重点节能技术的推广普及，引导用能单位采用先进的节能新工艺、新技术和新设备，提高能源利用效率，国家发展和改革委员会组织编制并公布了《国家重点节能技术推广目录（第五批）》。其中，“通信用240V高压直流供电系统技术”作为信息通信行业的推广项目（该批次仅两项）之一列入其中。2014年，国家发展和改革委员会开展了国家重点节能技术的征集及前6批国家重点节能技术的推广目录更新工作，相关技术将纳入《国家重点节能低碳技术推广目录》（2014年版），并于同年12月向全社会发布。

通信行业标准《通信用240V直流供电系统》荣获2012年度中国通信标准化协会科学技术奖二等奖。《通信用240V直流供电系统研究及大规模应用》荣获2013年度中国通信学会科学技术奖一等奖，并推荐向国家科学技术奖申报。

2015年，为贯彻落实《国务院关于加快发展节能环保产业的意见》（国发〔2013〕30号）要求，全面提升数据中心节能环保水平，工业和信息化部、国家机关事务管理局、国家能源局决定开展绿色数据中心试点工作，研究制定并印发了《国家绿色数据中心试点工作方案》。其中，在“积极开展绿色数据中心技术创新和推广”中，特别强调了“数据中心关键设备生产企业要加强生态设计，提高设备能源使用效率，控制有毒有害物质使用，采用易于拆解和回收处理的设计。试点单位要加强绿色智能服务器、能源管理信息化系统、热场管理、余热利用、自然冷源、水循环利用、分布式

供能、直流供电等技术和产品应用”。

2016年,为引导数据中心积极采用先进节能环保技术,推动绿色数据中心的建设,工业和信息化部组织开展了绿色数据中心先进适用技术筛选工作。经企业申报、各地工业和信息化主管部门及行业协会推荐、专家评审、网上公示,遴选产生第一批绿色数据中心先进适用技术目录。共涉及5类17项技术,其中制冷冷却有6项、供配电有3项、IT(信息技术)有4项、模块化有2项、运营维护管理有2项。其中,通信用240V/336V直流供电技术名列供配电类技术首位。

2.3 技术标准规范制定

10年间,制定和正在编制一大批通信行业标准和国家标准,

使240V直流供电技术体系得到规范和统一,有力地促进了技术的推广应用的发展。其中包括如下几个方面。

(1) 通信行业标准

已发布:

YD/T 2378-2011《通信用240V直流供电系统》

YD/T 2555-2013《通信用240V直流供电系统配电设备》

YD/T 2556-2013《通信用240V直流供电系统维护技术要求》

YD/T 2656-2013《基于240V/336V直流供电的通信设备电源输入接口技术要求与试验方法》

YD/T 3091-2016《通信用240V/336V直流供电系统运行后评估要求与方法》

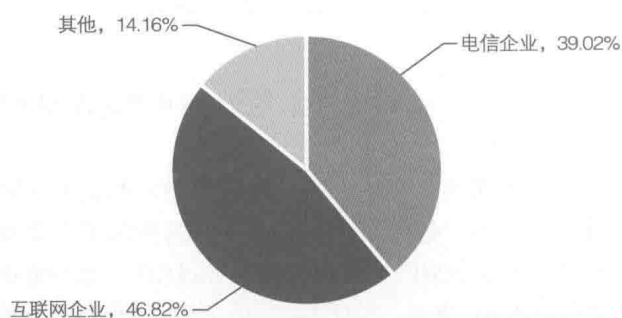


图1 HVDC应用系统数量分布

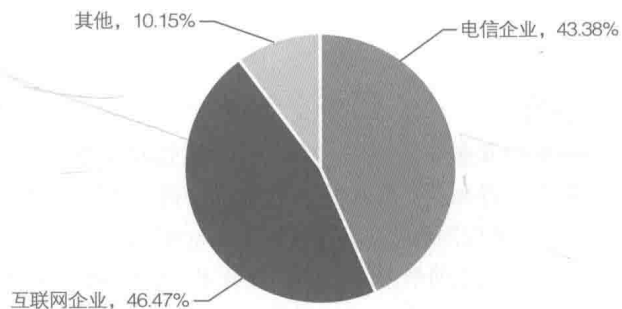
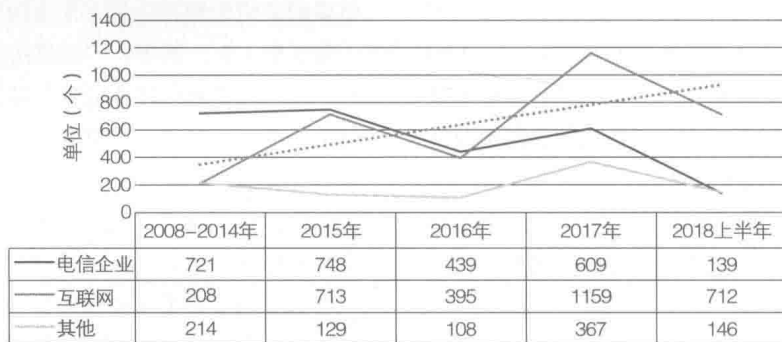
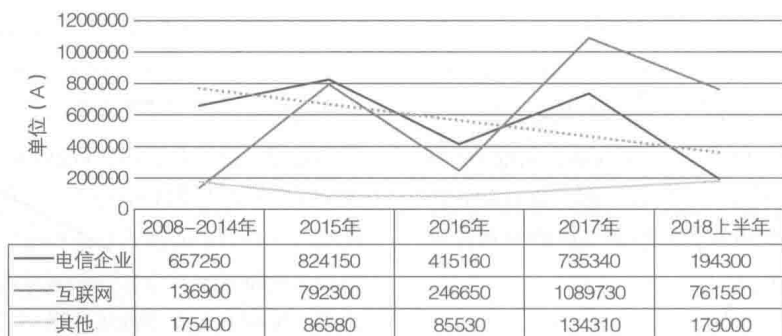


图2 HVDC应用系统容量分布



图注: — 电信企业 — 互联网 — 其他 线性(互联网)

图3 HVDC应用系统数量发展情况



图注: — 电信企业 — 互联网 — 其他 线性(互联网)

图4 HVDC应用系统容量发展情况

YD/T 3319-2018《通信用240V/336V输入直流-直流电源模块》

YD 5210-2014《240V直流供电系统工程技术规范》编制中:

《通信用240V/336V直流配电单元》(报批中)

《通信用240V直流供电系统使用技术要求》(报批中)

《通信240V/336V供电系统用直流断路器》(报批中)

(2) 国家标准

已发布:

GB 51215-2017《通信高压直流电源设备工程设计规范》

编制中:

《通信用240V/336V直流供电系统技术要求和试验方法》(报批中)

《通信高压直流电源设备工程验收规范》(编制中)

(3) 国际标准化组织

• IEC

IEC 62040-5-3-2016《Uninterruptible power systems(UPS)-Part 5-3 DC output UPS-Performance and test requirements》

• ITU

ITU-T L.1200-201205《Direct current power feeding interface up to 400V at the input to telecommunication and ICT equipment》

ITU-T L.1201-2001403《Architecture of power feeding systems of up to 400 VDC》

ITU-T L.1300-201111《Best practices for green data centers》

3 应用形式分析

在已获取的HVDC应用信息中,直流240V应用占据绝对优势,占总数的97.41%、总容量的98.86%。而直流336V应用却很少,这反映了客户在HVDC应用中对IT设备兼容性需求的关注度是非常高的。直流336V应用若想有所突破,规模化定制采购IT设备不失为上策,但可能会造成采购成本和维护成本的上升。

在HVDC应用的前几年,传统的通信运营商(中国电信、中国移动、中国联通等)在通信网络应用的系统数较多,但受供电需求和技术发展水平的限制,系统容量都不会太大。而近几年面向数据中心尤其是大型IDC、云数据中心的建设中,使用HVDC较多。大容量的分立式系统大多选用1200~1600A。

腾讯、阿里巴巴、百度等相关互联网运营商在近几年的IDC建设中,对HVDC应用的需求突飞猛进,已成为HVDC推广应用的主力军,为全面推广应用起到先锋模范

带头作用。在互联网运营商中已拥有一大批精明强干的精通HVDC应用的电源专家。通过学习和消化吸收,他们在原有技术的基础上,成功地结合互联网技术发展的需求,创新性地提出许多新的应用思路,有力地促进了HVDC供电技术的发展。

HVDC应用已涉足到广电行业、金融行业、证券行业及政企专用数据中心等一些重要场景,他们已经接受并在实际中检验HVDC的优缺点,深信他们会喜爱HVDC并将扩大应用。在一些特殊应用中,存在将两套1200A系统并联使用的场景,从而保证提供较大电流量的需求。

随着中国通信技术和设备在全世界的发展,直流240V供电技术也在向国外输送。目前,已经在全球多个国家中应用,并得到了国际上技术同行们的认可。

10余年的应用反映了HVDC产品已基本成熟,完全能够胜任安全运行的需要。其产品的优良性能印证在近7000个系统中,安全、节能、方便维护是HVDC的真实表现。

4 应用经验汇集

4.1 交流UPS与直流240V供电系统投资与运行成本比较

有技术专家用详实的HVDC与交流UPS系统建设数据,对具有相当供电能力的交流UPS系统和直流240V系统的投资和运行费用进行了比较。

虽然1000A直流240V系统在配套电池投资方面达到300kVA(1+1)UPS系统配套电池投资的两倍,但在供电能力增加4个机柜的情况下,一次性总投资仍节省12.5%。由于UPS系统的后备时间仅按0.5~1小时率设计和配套电池,而直流240V系统是按2~3小时率设计和配套电池。如果缩短到相近的后备时间,其投资优势会更显著。

1000A直流240V系统较300kVA(1+1)UPS系统供电的单机柜年度分摊投资节省25%,优势十分明显。

1000A直流240V系统较300kVA(1+1)UPS系统供电的单机柜年度电费节省5%。

4.2 《市电+高压直流》供电架构分析

腾讯公司提出“市电+240V”方案。有专家撰写出《市电+高压直流和传统UPS供电架构对比浅析》精彩文章,对于类似可靠性及输出能力的2N配置400kVA UPS和容量为360kW的“市电+240V”供电架构,在带320kW负载的模型下,“市电+240V”供电架构比传统的2N UPS架构减少投资44万元(不含电池及配电网缆约节省投资40%),并节省6个配电柜(不含电池室约节省57%的配电柜占用面积)。还在机房运营的8年生命周期内,还可节省

运营电费157万元。折算成TCO，仅仅在CAPEX及OPEX的电费部分就节省200万元。

4.3 《通信用240V直流供电系统》

已经出版的《通信用240V直流供电系统》一书，为了解HVDC技术并能够指导理论学习与实际应用以及推广应用提供了很好的理论指导。

5 推广应用成效

10余年的HVDC应用达6807个系统，总供电容量达6514650A。这足已显现出HVDC是一个非常成熟的应用技术，已经为安全供电做出很大贡献，在节能减排方面也取得了巨大成效。

(1) 大大提高供电可用度

UPS系统供电的最高可用度为“6个9”，HVDC供电可用度可高达“10个9”。

(2) 节省建设一次性投资金额

按照1000A直流240V系统较300kVA(1+1)UPS系统的建设一次性总投资节省10%即30万元计算，6500个系统可节省建设一次性总投资为 $6500 \times 30 \text{万元} = 195000 \text{万元}$ 。即可节省建设投资19.5亿元，成效显著。

(3) 降低运营维护成本显著

整机式交流UPS与HVDC(高压直流)的年维护费用概况见表1。

按照1000A直流240V系统较300kVA(1+1)UPS系统进行维护成本比较，交流UPS设备在8年运行生命周期中，需要更换一次交流和直流滤波电容，更换一台需6万元。用已推广的HVDC系统数据做相关比较：交流UPS(1+1)系统6500×2台的更换电容费用为 $13000 \times 6 \text{万元} = 78000 \text{万元}$ ，这笔费用分摊在8年中，每年约9700万元。对于使用交流UPS设备较多的企业，每年支出维护费数额不小，有的单位还会对较大容量的UPS设备做深度保养等维修保护项

表1 整机式交流UPS与HVDC(高压直流)年维护费用概况

用户	整机式交流UPS(部分)		HVDC(高压直流)	
	数量(个)	维修保护费用(万元)	数量(个)	维修保护费用(万元)
B	200	400	-	-
G	500	557.2	193	10
Z	400	500	46	10
J	380	685	272	5
H	80	100	27	5

注：整机式交流UPS维修保护费用包含：部分设备更换电容，深度维护保养检查。HVDC维修保护费用一般仅有单元模块损坏维修支出

目，这也要花费一定的维护费用。采用HVDC设备，每年只有极少数电源模块损坏的维修费用，而每个模块维修费用约为200元，累计支出较少。使用HVDC设备，总的维护成本会大大低于UPS设备的维护成本。

使用直流240V供电设备将大大减少维护工作量和 workload 难度。交流UPS设备的深度维护(如功率器件检修、更换电容等)都要断电停机，要求制定严谨的停机维修作业计划，会频繁地进行现场带电操作。对使用UPS设备较多的场合，现场维护人员将整年忙个不停，累得精疲力尽。而采用直流240V供电技术，以上烦恼将大大减少。有利于生产现场的安全管理，降低维护操作风险和劳动强度，保障运营维护人员的身心健康。

6 推广应用新局面

(1) 数据中心中的分布式供电和市电直供

为了更好地降低能耗和PUE值，通信运营商和互联网运营商以及IDC机房的投资建设方都不约而同地创新应用各种高效节能的新技术。其中，分布式就近供电保障的分布式机柜电源(DPS)、微模块数据中心以及“交流市电+直流240V”的市电直供等，都是基于240V直流供电技术高可用性和高兼容性的特点，在保证供电质量达到一定保障等级要求的基础上发展起来的。可以预见，未来更多以240V供电技术作为基础的技术创新、技术应用会源源不断地在信息通信网络及数据中心机房中呈现。

(2) 解决光传送技术的供电能力和供电保障

近年来，随着高速率、大带宽光传送技术的高速发展，OTN设备的速率和容量呈数量级急剧上升，其设备的功耗大幅增加。例如，500Gbit/s OTN设备(600mm×600mm)单机架最大功耗已经超过20kW，未来几年内将投入应用的超过1Tbit/s的OTN的单机架功耗将超过40kW。现有光传送设备所采用的48V供电体制根本无法满足供电能力需求。

因此，提高供电的电压成为必然趋势。而在需要高供电保障等级的网络设备机房中，通信用240V直流供电技术势必成为首选。

(3) 满足万物互联5G时代基站覆盖的供电技术

随着举世瞩目的5G通信技术越来越靠近我们，对供电保障的要求越来越明确。为了满足万物互联的要求，5G的无线覆盖将越来越广泛，所需的基站将越来越密集。而5G单个基站的功耗也并非人们所想象地减少，反而是增加。供电技术的分层次、多元化、本地化将成为发展之必然。5G基站的供电需求如图5所示。

因此，采用“交流220V/直流240V”的供电体制替代现

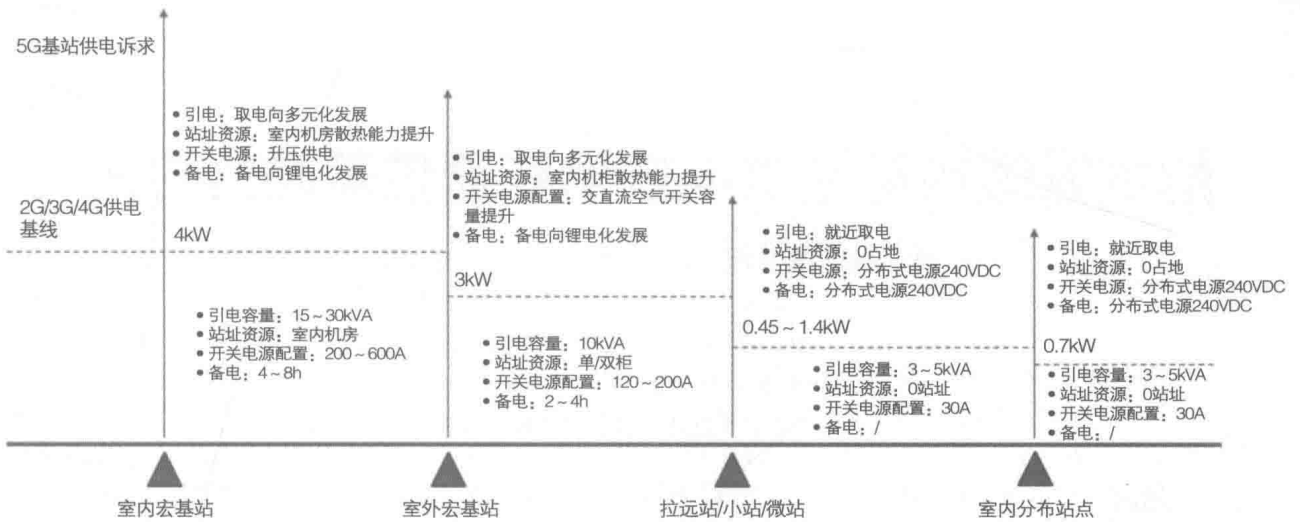


图5 5G基站的供电需求

时的“交流220V/直流48V”，必将为采用规范、统一供电接口的5G基站提供更加灵活方便的差异化的供电保障选择。

7 结束语

提高供电的可用性、保障信息通信网络设备的安全用电和信息通信网络的畅通，是通信用240V直流供电技术应用的初衷，也得到了业界的一致认同。在大型的云基地建设中，众多的IDC应用大量采用240V直流供电技术，这已经成为最佳推荐方案。越来越多的运营商选用240V，越来越多的有识之士喜欢上它，对它的信任度达到前所未有的高度。同时，越来越多的国外知名生产厂商对其应用技术产生了极大的关注与兴趣，广泛的探讨与合作交流已经开展。

240V直流供电技术在信息通信领域的大规模应用并走向全世界，已指日可待。

参考文献

[1] 中华人民共和国国家发展和改革委员会公告[Z].2012年第42号

[2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会公告[Z].2014年第24号

[3] 关于公布2012年度“中国通信标准化协会科学技术奖评选结果公告”[Z].通标协[2012]264号

[4] 工业和信息化部国家机关事务管理局国家能源局关于印发国家绿色数据中心试点工作方案的通知[Z].工信部联节[2015]82号

[5] 绿色数据中心先进适用技术目录（第一批）[Z].中华人民共和国工业和信息化部公告2016年第64号（附件）

[6] 黄艺云,张民.交流UPS与直流240V供电系统投资与运行成本比较[J].通信电源技术,2012(s1)

[7] 李典林,朱华.市电+高压直流和传统UPS供电架构对比浅析[A].中国通信学会通信电源委员会.2014年中国通信能源会议论文集[C].北京:人民邮电出版社,2014

[8] 侯福平.通信用240V直流供电系统[M].北京:人民邮电出版社,2014

如对本文内容有任何观点或评论，请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

侯福平 中国通信学会高级会员、中国通信学会通信电源委员会委员。

杨世忠 中国通信学会高级会员、中国通信学会通信电源委员会顾问。

醇水氢燃料电池供电技术在通信基站的应用

高健¹ 郭宇辉² 郭玮² 郭春山³ 高继明⁴

1. 中国铁塔股份有限公司

2. 中国铁塔股份有限公司广东分公司

3. 中国铁塔股份有限公司广东东莞分公司

4. 广东能态科技有限公司

摘要

分析醇水氢燃料电池供电技术的原理及其应用情况，并与市电供电技术进行比较；通过两个具体案例说明该技术具有经济性、稳定性、高效性、便捷性、环保性等优势。

关键词

醇水燃料电池 市电供电 环保 经济

1 引言

中国铁塔承担通信运营商的无线网络建设重担，为了满足各运营商无线网络的覆盖需求，需要在偏远郊外、高速公路两侧、高山顶等场景进行选址建站。这些站点远离电网，取市电困难，报建周期长，引入费用高，直接影响基站建设交付率，严重影响客户服务指标。因此，市电引入是目前中国铁塔基站建设的难点，主要存在以下问题。

初期投入大：对于引电难及用电难站点，市电引入的平均初期建设成本甚至超过100万元。极端情况如广州铁塔南××山基站，市电引入路由距离大约为8km，外电预算造价高达565万元。

工程周期长：市电引入的平均建设周期约为30天。

断电频率高：以东莞铁塔为例，按2107年不完全统计，平均每个站点断电时长约为240min/月。

抗灾害能力差：以广东珠海市为例，2017年台风苗柏（MERBOK）使珠海全市基站平均断电率高达15%，因抢修临时发电时间长达20天。

环境友好度差：备用电源柴油机和铅酸蓄电池存在SO_x、NO_x排放大，噪音大（95~125dB），铅、镉、砷等重金属污染物及回收处理难等缺点。

为了更好地解决基站上电难题，降低引电成本和用电成本，提高供电保障的可用性，在中国铁塔的领导和支持下，广东铁塔积极探索引进新技术，充分发挥资源整合的优势，引入清洁环保高效的甲醇水重整氢燃料电池（以下简称“醇水燃料电池”）供电技术，有效解决上述问题。

2 技术原理

醇水燃料电池供电技术是利用甲醇水通过重整技术制氢气，利用氢燃料电池产生电化学反应发出直流电，通过变换和配电输出-48V直流电压，给基站内通信设备供电的清洁能源供电技术。按照能源转换的路径，可以分为储液系统、制氢系统、发电系统、用电系统、控制系统5个部分。

（1）储液系统为基站特建的燃料储蓄池。燃料储蓄池的甲醇燃料储存量为60~90天，可以确保正常及长时间灾害天气下的燃料供应。燃料储蓄池中的燃料通过燃料供应商集中供应、例行补充，大大降低燃料的补充成本。

（2）制氢系统的基本原理是采用催化重整技术从醇水中获得富含杂质的氢气，经过提纯器后产生高纯度的氢气（纯度达到99.99%），以满足燃料电池电堆的发电需求。

（3）发电系统中，氢气经过一系列的控制阀门后，进入电堆发生电化学反应，生成电能。电能经开关电源转换成-48V直流输出电源，供通信基站用户端使用。发电系统提供的标准功率为10kW，实际运行功率为4~20kW。

（4）用电系统中的供电对象主要有-48V通信设备及-48V直流空调，其使用方式有主用电及备用电。

（5）控制系统为储液系统、制氢系统、发电系统、用电系统4个系统的总集控制。其控制方式包含远程监控系统和本地控制系统。远程监控系统包含远程设备监视、远程设备控制等功能；本地控制系统包含燃料自动添加功能、制氢自动控制功能、发电自动控制功能、备用电源控制功能、设备自动唤醒及关机功能等。

3 应用情况

醇水燃料电池供电技术是一种现场制氢现场发电的分布式供电技术，可以作为基站主供电电源，提供长期稳定的电力，替代传统的“市电+直流开关电源”供电方式，从而不受电网供电及质量影响，可用性高，解决了基站无电/坏电问题。同时，醇水氢燃料电池的整个供电过程无污染，低噪音，绿色环保，节能高效。醇水燃料电池也可以替代柴油发电机组作为备用应急电源，没有废气排放，且整机噪音小于55dB，非常适合在商业区、居民小区等需环保降噪的地方应急发电使用。

自2015年12月起，广东铁塔在广州增城沙埔基站首次采用醇水燃料电池供电技术给基站主供电。至今已陆续在广州、东莞、佛山、惠州、阳江等地多个基站近百台设备进行实际应用，累计覆盖站点近30个，累计发电时长18万h，累计发电量399万kWh，最长连续供电时间超过两年半。经现场实际应用证明，采用醇水燃料电池供电技术给通信基站供电的技术方案是可行的。

2017年8月，广东铁塔及下属技术支撑中心分别在广东省安监局等单位对醇水燃料电池在通信基站应用的相关安全规范等内容进行讨论，并制定《广东铁塔水氢发电项目建设指导意见》，有力支撑醇水燃料电池供电技术应用的开展。

经过两年多的实际应用证明，醇水燃料电池供电技术具有较强的创新性和实用价值，能产生重大经济效益和社会效益，适合在全国范围推广应用。

醇水重整氢燃料电池供电技术作为绿色分布式能源的代表技术之一，可以有效地解决市电引入的难题。醇水燃料电池供电技术具有经济性、稳定性、高效性、便捷性、环保性等优势

4 实际应用案例分析

案例一：广东东莞谢岗镇xx基站原设计采用引入交流

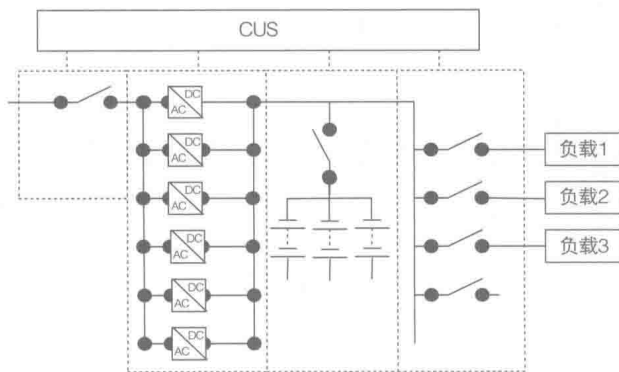


图1 基站供电系统原理

市电进行供电，由于种种原因一直未能实施，导致该基站一直没有投入运行。在中国铁塔能源创新中心的指导下，广东铁塔、东莞铁塔改用醇水燃料电池供电技术，并对原有供电系统进行优化，使该基站迅速投入运行。

该基站原有供电系统配置如图1所示。

采用醇水燃料电池直流供电技术后，该基站供电系统原理如图2所示。

根据现场的实际负荷及业务发展情况，可以对供电系统进行如下优化：

- ①该基站不考虑市电引入和应急油机发电，取消该基站配置的交流输入配电、应急发电接口；
- ②取消该基站原配置的开关电源系统及其整流模块；

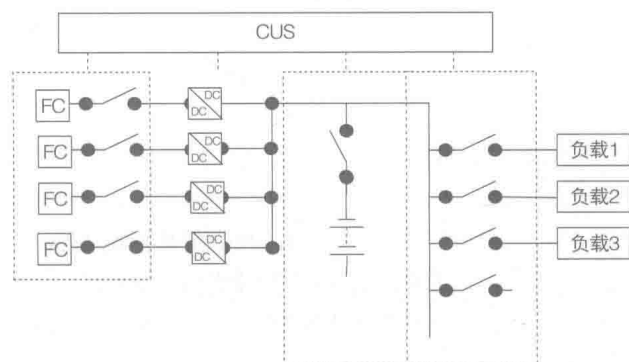


图2 醇水燃料电池供电系统原理

表1 优化前后投资异动情况估算

设备名称	变动情况		投资异动估算
	优化前	优化后	
市电引入费用（元）	1	0	-83.19%
交流配电单元（含两路市电切换）（个）	1	0	-0.42%
应急油机接入（架）	1	0	-0.42%
通信电源开关整流模块（50A/48V）（个）	6	0	-1.87%
铅酸蓄电池组（200Ah/48V）（组）	3	1	-4.13%
一体化机柜（个）	3	2	-0.64%
-48V直流空调（台）	3	2	-3.99%
醇水氢燃料电池设备（个）	0	2	62.31%
总投资			-32.35%

表2 典型站点市电引入建设费用对比

站点名称	传统市电引入	醇水氢燃料电池供电技术
大广高速上黄谷	由于高压路由500m，需要新增变压器（含电站施工）费用68万元，低压线路550m费用20万元，外电协调费30万元，合计造价118万元	30万元（4台醇水氢燃料电池供电设备）
黄谷田	由于高压路由2100m，需要新增变压器（含电站施工）费用150万元，低压线路450m费用16万元，合计造价166万元	
南香山风景区	路由大约8km，当初外电预算造价为565万元	