



中国通信学会
CHINA INSTITUTE
OF COMMUNICATIONS

2016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



2016^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（C I P）数据

2016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，2016. 10
ISBN 978-7-115-43521-7

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(2016)第210773号

内 容 提 要

2016年中国通信能源会议论文集共收录论文130余篇，分6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。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。

2016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>
北京光之彩印刷有限公司印刷
- ◆ 开本：880×1230 1/16
印张：36. 75 2016年9月第1版
字数：1176千字 2016年9月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-43521-7

定价：200. 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

《2016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

杨世忠 高 健 侯福平 艾兴华

郭 武 付宏志 李晓明 丁南岗

序 言

中国通信学会通信电源委员会在中国通信学会的领导下,始终围绕“安全、节能、环保”的主题,团结广大科技人员,组织相关企业、研究院校、设计规划单位、运营企业,积极推动通信电源领域的学术交流和技術研讨活动,引领通信电源技术的发展方向,促进了电源技术创新和产业发展,并取得了丰硕的科研及学术成果,对推动和巩固我国在通信领域节能减排工作起到了重要作用。

随着4G、云计算、大数据的普及应用,信息通信技术发展进入了一个新的历史阶段,传统通信电源领域的节能降耗技术和方法潜力有限,通信能源需要新的创新突破。为此,集行业精英共商发展大计,搭建交流平台汇集专家智慧势在必行。

2016年9月8-9日,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、科研设计单位和优秀通信电源设备制造企业的鼎力支持下,成功地在青岛举办了“2016年中国通信能源会议”,包括学术论坛和优秀企业的产品展示等系列活动。

在行业专家的积极参与下,通过专家评审,本次会议择优录用论文130余篇,包括供电技术、节能技术、空调技术、电池技术、设计技术、管理维护等领域。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,也有多年的创新理念和最佳实践总结。为了进一步传播优秀经验,推广创新技术,中国通信学会通信电源委员会与人民邮电出版社一道组织编纂、出版了《2016年中国通信能源会议论文集》,旨在帮助广大通信电源专业工作者学习、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,营造百家争鸣的学术氛围,促进通信电源技术的提高,为建设节能环保的通信网络而共同努力。

我衷心希望通过中国通信学会电源委员会这个学术平台,让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,使其真正成为“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,感谢对中国通信学会电源委员会的支持与关爱。相信在大家的共同努力下,我国通信电源事业必会取得更大的进步!

侯士彦

中国通信学会通信电源委员会主任委员

2016年9月

目次

供电技术

通信基站油机发电稽核技术研究	高 健 艾兴华 潘江勇	1
太阳能电池组件户外测试方法研究	刘丁璞 施成营 贾 骏 齐曙光	11
氢燃料电池在核心局址供电系统中的应用研究	丁 强 车 勇 李庆贺	14
-48V双路直流供电可靠性研究	艾兴华 高 健 康彩云	17
数据中心新型电源模块及供电架构研究	王华成 赵明宝 胡 柏	25
基站应急发电管理平台方案研究	金美华 严兰忠	28
开关电源微模块化研究	赵砚鹏	32
电源头柜负荷精确控制研究	王 伟	34
基站门禁系统可携带备用电源研究	韩 勇	39
大型数据中心发电机组选型及配置可行性研究	金 婷	43
数据中心柴油发电机组应用研究	傅学东 陈劲华	48
便携式小功率柴油发电机组的研究及应用	唐智文	54
直流供电技术IEC标准及相关研究工作分析	齐曙光	59
电动汽车为通信基站提供应急供电的应用分析	孟彦伟	65
光伏分布式并网后备供电系统探索	杨 军 陈喜军 张秋生	70
336V直流供电热点问题探讨	李玉昇 彭广香 张 瑜 高兴旺	73
IDC机房供电及制冷节能技术应用研究	李永宁 潘洪涛	81
基于网络末端设备供电的一种新型不间断电源系统	马平原	85
数据中心备用电源主控制系统设计探讨	齐丽英 赵德秀	87
小型局站应急供电解决方案	孙 艺 吴兴国 黄 毅	94
通信基站发电流程优化及取信研究	高 健	96
数据中心新型供配电解决方案	王 波 刘 峰 裴群伟	104
浅析微电网技术与分布式供电方案在大型通信机房的应用	窦荣启	107
已建传输机房大功率设备新型供电解决方案	张 毅	113

RF和DC复合天馈供电新系统及应用	包 静	杨万辉	张彦亮	管一霖	罗泽民	117
铝-空金属燃料电源在通信行业的应用				陈剑馨	王 涛	123
基站充电宝制作与应用					国 庆	127
融合站点市电监控系统			周 平	颜士军	李 远	132
变电站智能数据采集及传输探讨	高金波	张世明	任丽涛	张 超	崔志强	135
电动汽车充电桩安装问题剖析				李媛媛	李 杰	140
县市综合楼供电系统安全评估探讨					蒋 波	143
一种应用于基站风光互补供电系统的双向DC-DC变换器					周重阳	148
缺相自动供电原理及其在农村基站的应用					董卫东	152

节能技术

铝合金电缆替代铜缆可行性分析					李 彤	157
运用大数据提升划小单元节能降耗管理			朱庆钰	吴兴国	叶建安	163
立足创新 艾默生网络能源携手运营商推动通信行业实现更大发展					黄 晟	167
IDC与能源互联网					张 箴	169
智能符号关断技术助力LTE基站节能增效					奉 媛	171
提高功率因数 降低电费成本					冯 钧	177
一种动力环境监控双电源优化系统			崔卫峰	白 鹏	姚志强	182
基站能耗集中化管理方法研究					崔万才	186
基站节能改造技术效果测试方法研究					陈健秀	192
基础设施共享节能用电模式探究					刘廷亮	195
配电系统三相不平衡情况下损耗研究及分析	朱红兵	罗志全	李志平	吴梓斌		198
新材料可拼装恒温节能柜创新应用分析		高 伟	刘经平	董 锋		201
交流负载能耗采集方式分析	韩 磊	王 鹏	潘洪涛	刘苗青		208
基于自然冷源的数据中心制冷系统节能潜力分析					黄 贊	214
基于大数据数据中心的能耗与节能技术分析					薛 浩	218
通信机房节能综合控制方法	冷柏坤	刘晓春	周建宇	马德刚	李汉宁	220
共享基站电量计量精确化管控的新方法					姜 军	224

太阳能新能源监控应用	段俊毅	229
开关电源冷关断节能技术应用	杨 超	236
分布式电源系统在数据中心建设中的应用	张 箴	239
自由冷却技术在数据中心的应用	周 音	244

空调技术

专用空调EC风机节能改造研究	牛 琳 马 麟	250
热管背板空调运行安全性研究	邵正忠	255
氟泵节能空调节能技术和效果分析	陈海东	259
双源精密中央空调在通信机房的应用探讨	梁润康	263
机房专用空调节能方法探讨	刘丁零	269
通信机房“热岛”及其解决方案	桑永礼	273
智能冷源塔节能空调系统	徐兴江	279
共享机房冷量探讨	刘 云	281
基于水冷预冷的空调节能降噪方法	罗泽民	285
空调系统气流组织优化方案	李光辉	287
热管背板空调在数据中心的应用	穆 赞 钱钊钊	292

电池技术

基于磷酸铁锂电池的基站分散式供电系统研究	王新岱 胡志涛	296
利用绝缘监察检测铅酸蓄电池组漏液隐患的方法	侯福平 蓝郁峰	300
铅酸蓄电池使用寿命研究	杨茂光	307
低成本解决基站电池组环境温度控制与防盗方案研究	蒋吉祥	311
高频UPS电源PWM整流器无功就地补偿方法研究	杨 昆 于晓伟 王 鹏 韩华杰	316
通信基站用铅酸蓄电池的谐振式复合脉冲修复再利用技术	马翼飞	321
蓄电池组容量对新型能源供电系统的影响	姜志君	324

UPS+市电的供电模式探讨	罗 文	328
一种发电机简配设计思路探讨	潘洪涛 刘苗青 韩 磊	332
UPS自回馈老化功能在高频UPS蓄电池组全容量放电测试的应用探讨	尚兴源	335
一种蓄电池组容量估算方法探索	石 恒	339
高功率型阀控式密封铅酸蓄电池在数据中心的应用	王长林 胡杰超 李 华 李春林	343
退网蓄电池再利用助力打造蓄电池全生命周期管理体系	陈 敏 陈志东 李长松	345
数据中心落后电池筛选策略	柳小明 吴小虎	350
高温场景下先进电池解决方案	李建立 袁志良	353
蓄电池全生命周期体系助力智能化网络能源管理	马卫兵 蒋 斐	357
UPS节能实践	姜 宁	362
模块化UPS运行故障分析	王龙毅 黄艺云	365
基站电池模块化应用案例分析		368

设计技术

无线动环覆盖应用研究	陈 强 王 超	369
基于互联网+的基站门禁管理系统研究	任丽涛 王文彬	371
数据中心合规设计中PUE值范围选择与分析	黄 贇	375
空气开关与电路安全探讨	高 健 陈 敏 王怀宇 陈志东 李长松	379
CAN和ZigBee总线在动环监控系统的应用探讨	刘 峰	385
混合负载情况下机楼冲击系数研究	潘 兴 艾兴华 李德峰	389
基于GPS/GPRS基站设备防盗系统的探讨	许雪松 夏丽娜 李长松	394
高速自动转换开关技术剖析	王亚涛	397
地下机房防盗门创新标准化制定	龚镇南	400
数据中心10kV冷水机组直启方案中补偿方式的选择	王 波 刘 峰	403
磁悬浮冷水主机在运营商的应用分析	纪 辰 张伟中 刘海晨	405
机房能耗管理中热仿真应用探究	吴 捷	408
二维码技术在机房管理达标中应用	叶建安 吴兴国 王四海	413
基于专业仪器测试的通信电源设备重要性能指标分析及评价	刘立贤	416

维护管理

建立以价值为导向的数据中心运维体系	方 力	吴铁刚	文 静	424
数据中心一体化运维体系实践	丁会芳	康 楠	金玉科	428
智慧节能运维服务平台中热仿真应用研究		袁晓东	吕 扬	433
IDC基础设施智能化运维管理研究			王 振	440
IDC机房基础设施模块化管理方法			李巨星	447
DCIM对大型数据中心运维管理的贡献			袁晓东	450
分布式能源与数据中心	张 渊	林武隽	刘永彬	454
数据中心无负荷情况下冷机调试			叶明哲	458
组合风扇阵列在IDC机房的创新应用	翟 骏	林武隽	张 渊	463
高山基站有效防雷研究			虎佐翰	469
小微基站防雷接地建设方法探讨			汪平分	472
直击雷雷击过程与基站防护			赵敏文	476
RRU遭雷击原因及解决措施探讨			温 超	483
基于终端应用的动力设备维护作业全生命周期管理系统			高 庆	488
动力环境集中监控网络边缘节点安全性提升探讨			李 浩	491
动环网络集中故障管理面临的问题及效能分析	王 强	左 建	程晓煜	494
减少动环系统告警 保证全网设备安全			董宏涛	499
基站动环监控单元重启机制策略			王居志	503
基于控制图与阈值结合的动环监控方法		武宇飞	杨磊军	507
基于动环系统的智能油机调度	吴兴国	陶小俊	叶建安	511
应急电源车太阳能充电及远程监控管理系统		徐 帆	叶 闪	514
水冷热管在通信机房运用实践			姜 宁	518
热管技术在传统机房应用初探		吴 剑	方元昌	523
基站保温自供热技术研究			焦海琦	529
新型通信机房中热岛成因与解决对策		甘顺水	刘立贤	533
有源谐波治理设备运用剖析			罗 勇	538
插框改造方案替换整机更换方案剖析			黄雄伟	542
分立式开关电源不断电更新改造方案			李伟伟	546
集团专线光端机未上传停电告警分析		蔡良卫	何秀强	548

基于无线方式的基站能源管理系统	盖润生 张 浩	552
能耗精细化管理方案探讨	李 森	554
基站油机集中化运维管理探索	杜 翊 林 磊 颜 兵 王 鹏	559
基于划小核算的能耗管理创新实践	曾文菁 管洪飞 邵正忠	567
促进通信企业安全生产监督标准化	师 明	572
利用移动新媒体打造学习新氛围	韩 啸	576

通信基站油机发电稽核技术研究

高 健¹ 艾兴华² 潘江勇³

- 1. 中国铁塔股份有限公司
- 2. 中国移动通信集团公司
- 3. 武汉智远软件有限公司

摘要

通过研究现有通信基站的发电流程、稽核方法，结合基站油机接入现状和关键采集测点，提出基于指标状态、交流电特征、状态组合、辅助手段等多个方面进行综合分析判断的发电稽核算法，并从系统层面和业务层面提出相关考核指标，最后给出发电稽核系统部署的注意事项和实施成效。

关键词

发电稽核 指标状态 交流电特征 状态组合 辅助手段

1 引言

目前，国内通信基站每年产生的油机发电费用超过15亿元，为提高油机发电费用的准确性，各个公司一般都会安排人员进行费用稽核。但因发电稽核的工作量很大（平均每月每个地市公司可能发电数百到1000次，需要比对分析多个来源数据），对稽核人员的责任心要求很高，受主观因素影响较大。也有公司另辟蹊径，或给油机安装监控模块，或给基站安装波形检测设备，均取得一定成效，但都因各种原因，只是局限于个别地区使用。因此，业界急需找到一种更加低廉、更加高效、更加开放的基站油机发电稽核方法，兼容并蓄现有各种稽核方法的优点，全面提升基站油机发电稽核效率和准确率。

2 现有发电流程及稽核方法

2.1 已监控基站油机发电流程

已监控基站在市电停电之后，动环监控系统会产生市电停电告警，并提醒工作人员进行发电。如果开发了油机发电调度系统，就可以考虑停电告警、出发时间等更多信息。典型的已监控基站油机发电流程如图1所示。

2.2 未监控基站油机发电流程

未纳入动环监控的基站，一般会委托本地协管员或电工关注市电情况。当市电停电后，本地协管员或电工会电话通知运营商或铁塔公司，后者会在分析判断后，安排相关人员进行发电。具体流程如图2所示。

2.3 常见的发电稽核方法

目前国内通信基站油机发电费用以人工稽核为主，相关数据信息来源有以下几种。

动环监控系统：根据动环监控系统中详细的市电停电、恢复历史告警和数据进行分析判断。该方法简单易行，但是并非所有基站均纳入动环监控，动环监控系统的数据并非完全准确，同时也不是所有基站的测点部署均满足相关稽核规则要求。

油机调度系统：正常情况下，通信基站油机调度系统中，具有比较完整的油机调度和发电记录，但油机调度系统的准确性需要提高。

本地电工反馈：根据通信基站所在地电工反馈的停电和发电信息，确认基站是否曾经发电。该方法的准确性与本地电工的人品和责任心关系很大，客观性比较差。

无线网管反馈：根据无线专业网管平台产生的每日退服基站清单，确认油机是否到该基站发电。该方法只能判断未发电的基站，无法判断已经发电的基站。

油机监控模块：通过在油机上安装的监控模块，判断油机工作情况，结合其他信息判断基站是否发电，但现网普遍反映油机监控率比较高。

波形参数提取：在开关电源上安装模块检测提取交流输入频率或谐波等参数，判断属于油机或市电供电。

3 发电稽核算法

3.1 关键采集指标

目前通信基站典型的油机接入方式有以下三种，如

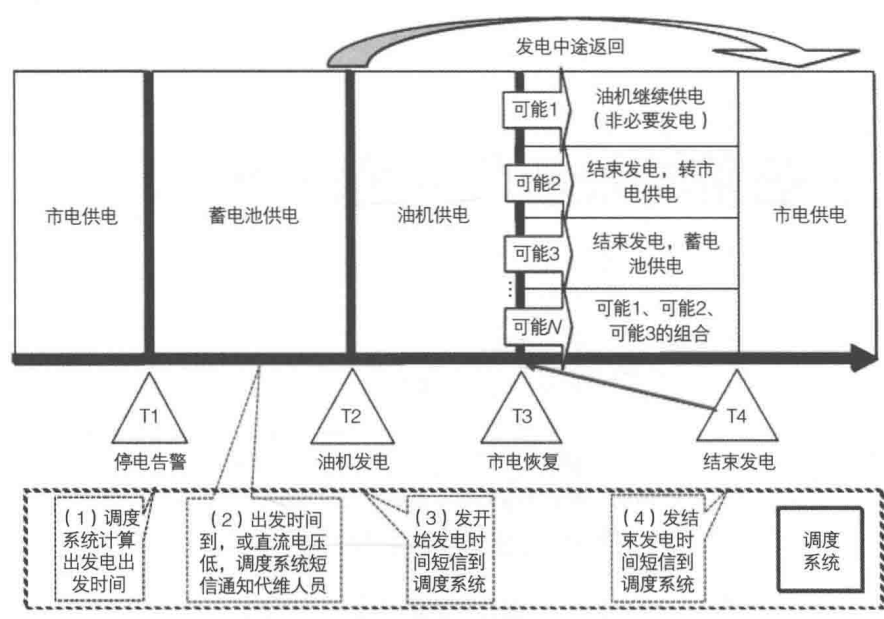


图1 典型的已监控基站油机发电流程

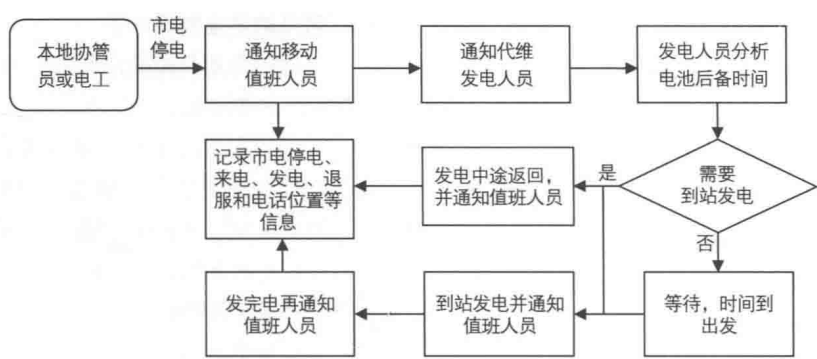


图2 未监控基站油机发电流程

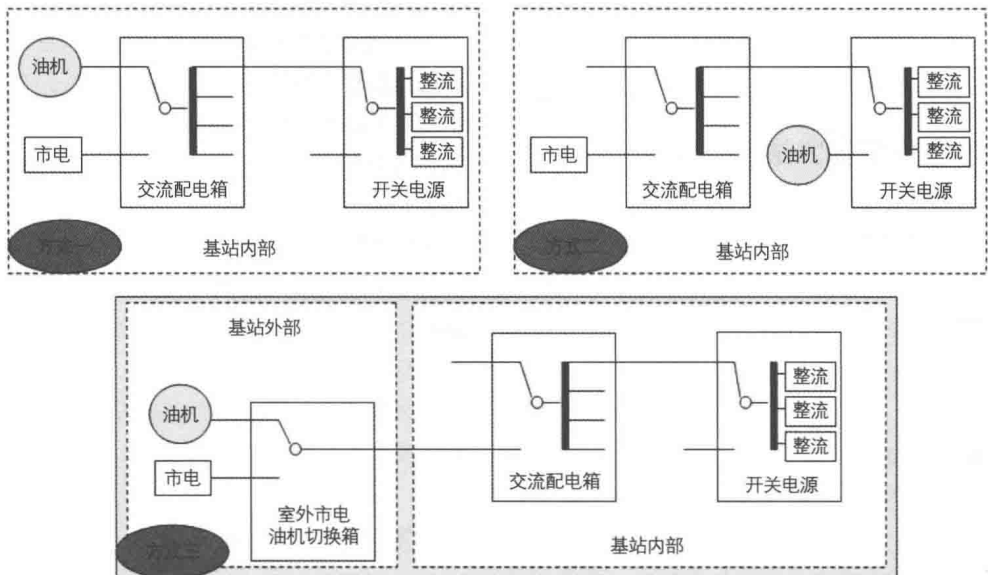


图3 通信基站典型的油机接入方式

表1 关键采集指标信息

采集点序号	关键指标名称
1	门开告警
2	基站通信中断
3	开关电源通信状态
4	低压配电交流输入电压（值及告警）
5	低压配电交流输入电流
6	低压配电交流输出电压（值及告警）
7	开关电源交流输入电压
8	开关电源直流输出总电压（值及告警）
9	开关电源直流输出总电流（不含蓄电池充电电流）
10	蓄电池组总电压（值及告警）

图3所示。

而可直接用于通信基站油机发电稽核的关键采集指标见表1。

各关键采集指标分布情况如图4所示。

上述各关键采集指标可能存在的变化见表2。

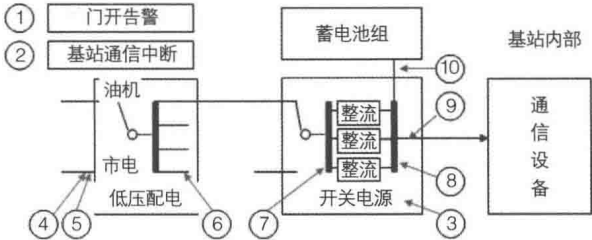


图4 各关键指标分布情况

表2 各关键采集指标的变化

序号	关键指标名称	变化1	变化2	变化3	变化4	变化5	变化量（种）
1	门开告警	有	无	未监控	-	-	3
2	基站通信中断	正常	异常	未监控	-	-	3
3	开关电源通信状态	正常	异常	未监控	-	-	3
4	低压配电交流输入电压（值及告警）	有电	无电	单相	未监控	-	4
5	低压配电交流输入电流	有电	无电	未监控	-	-	3
6	低压配电交流输出电压（值及告警）	有电	无电	单相	未监控	-	4
7	开关电源交流输入电压	有电	无电	单相	未监控	-	4
8	开关电源直流输出总电压（值及告警）	上升大于设定值	上升不大于设定值	不变	下降	未监控	5
9	开关电源直流输出总电流（不含电池充电电流）	不变小	变小	未监控	-	-	3
10	蓄电池组总电压（值及告警）	上升大于设定值	上升不大于设定值	不变	下降	未监控	5

表3 无市电、无油机的指标组合

状态编号	基站通信状态	开关电源通信状态	低压配电市电输入电压	低压配电市电输入电流	低压配电交流输出电压	开关电源交流输入电压	开关电源直流输出总电压	开关电源直流输出总电流	蓄电池组总电压	状态说明	备注
A1	正常	正常	无	-	无	无	-	-	-	蓄电池放电，开关电源无输入。市电停电，油机未发电	-
A2	正常	正常	无	-	未监控	无	-	-	-		
A3	正常	正常	未监控	-	无	无	-	-	-		
A4	正常	正常	未监控	-	未监控	无	-	-	-	蓄电池放电。开关电源无输入，油机市电状态无法知道	-
A5	正常	异常	无	-	无	-	-	-	上升	市电停电，油机未发电，但开关电源一次下电负载变轻，电压回升	电压低于52V，后来不上升
A6	正常	异常	无	-	未监控	-	-	-	上升		
A7	正常	异常	未监控	-	无	-	-	-	上升		
A8	正常	异常	未监控	-	无	-	-	-	低位不变	无市电，无油机，或油机工作无法带全部负载	方式一
A9	正常	异常	无	-	无	-	-	-	低位不变	市电停电，负载电流非常小，无油机。或油机在开关电源上供电但不给电池充电，电源通信异常	

表4 无市电、油机供电指标组合

状态编号	基站通信状态	开关电源通信状态	低压配电市电输入电压	低压配电市电输入电流	低压配电交流输出电压	开关电源交流输入电压	开关电源直流输出总电压	开关电源直流输出总电流	蓄电池组总电压	状态说明	备注
B1	正常	异常	无	-	有	-	-	-	下降	电池放电无市电。	-
B2	正常	正常	无	-	有	有	下降	-	-	油机发电不能带动全部负载或电源出现故障	
B3	正常	正常	无	-	无	有	下降	-	-	电池放电市电停电。油机直接连在电源上发电，但不能带动全部直流负载或电源出现故障	-
B4	正常	正常	无	-	未监控	有	下降	-	-	电池放电市电停电。油机发电但不能带动全部负载或电源出现故障	-
B5	正常	正常	未监控	-	无	有	下降	-	-	电池放电市电停电。油机直连在电源上发电，但不能带动全部直流负载或电源出现故障	-
B6	正常	正常	无	-	有	无	下降	-	-	蓄电池放电市电停电，油机发电，开关电源输入异常	-
B7	正常	异常	无	-	有	-	-	-	低位不变	市电停电，油机发电无法给蓄电池充电，或开关电源出现故障	-
B8	正常	正常	无	-	-	有	低位不变	-	-		
B9	正常	异常	无	-	有	-	-	-	上升	市电停电油机发电，开关电源通信异常	有效发电
B10	正常	正常	无	-	有	有	上升	-	-	市电停电，油机在低压配电设备发电，电源正常工作	有效发电
B11	正常	正常	无	-	无	有	上升	-	-	市电停电，油机在开关电源上发电，开关电源正常工作	有效发电
B12	正常	正常	无	-	未监控	有	上升	-	-	市电停电，油机发电，开关电源正常工作	有效发电
B13	正常	正常	未监控	-	无	有	上升	-	-	油机直接连在开关电源上供电	有效发电
B14	正常	正常	无	-	有	无	上升	-	-	市电停电，油机发电，电源无输入，电源一次下电电压回升	-
B15	正常	异常	无	-	无	-	-	-	上升	市电停电，油机直接连在开关电源上发电，开关电源通信异常	该状态内持续上升，有效发电
B16	正常	异常	无	-	未监控	-	-	-	上升		
B17	正常	异常	未监控	-	无	-	-	-	上升		
B18	正常	正常	未监控	-	无	有	低位不变	-	-	无市电，油机工作无法给蓄电池充电	-

表2中，10个关键采集指标变化情况组合起来后，存在变化有： $3 \times 3 \times 3 \times 4 \times 3 \times 4 \times 4 \times 5 \times 3 \times 5 = 388800$ （种）。如果基于流程分析，在理论上需要建立388800个流程，如果流程发生变化，相应软件需要进行更新，整个系统架构设计将会非常复杂。如果将某时刻表2中各项指标的变化视作一种状态进行分析，同样可以判断油机发电与

否。如果进一步在状态判断的基础上，进行状态的组合，更将提高发电稽核判断的准确性。而当状态发生变化时，只需要在状态表中修改各状态表示的含义，即可完成更新。显然，在稽核系统工具算法的选择上，基于状态的分析要优于基于流程的分析。另外，可以根据实际情况将上述指标进行归类，只对最常见的数百种状态进行分析，能

表5 市电供电、无油机指标组合

状态编号	基站通信状态	开关电源通信状态	低压配电市电输入电压	低压配电市电输入电流	低压配电交流输出电压	开关电源交流输入电压	开关电源直流输出总电压	开关电源直流输出总电流	蓄电池组总电压	状态说明	备注
C1	正常	正常	有	-	-	无	下降	-	-	蓄电池放电，市电正常，开关电源输入异常	开关电源没有交流输入，即使油机发电也视作没有发电
C2	正常	正常	有	-	-	无	上升	-	-	市电正常，但开关电源输入异常，开关电源一次下电负载变轻后，电压回升	
C3	正常	正常	未监控	-	有	无	下降	-	-	蓄电池放电，开关电源无输入	
C4	正常	正常	未监控	-	有	无	上升	-	上升	开关电源无输入，一次下电负载变轻后，电压回升	

表6 有市电、但油机供电指标组合

状态编号	基站通信状态	开关电源通信状态	低压配电市电输入电压	低压配电市电输入电流	低压配电交流输出电压	开关电源交流输入电压	开关电源直流输出总电压	开关电源直流输出总电流	蓄电池组总电压	状态说明	备注
D1	正常	异常	有	无	-	-	-	-	低位不变	市电正常，电源异常。油机供电但不能带动全部负载	非必要发电
D2	正常	正常	有	无	-	有	低位不变	不下降	-	市电正常，开关电源异常。油机供电但不能带动全部负载	
D3	正常	正常	有	无	-	有	上升	-	-	市电正常，油机发电带载，开关电源正常工作	
D4	正常	异常	有	未监控	无	-	-	-	低位不变	市电正常，电源异常。油机供电但不能带动全部负载	
D5	正常	异常	有	-	无	-	-	-	上升	市电正常，开关电源异常，油机供电	

够覆盖95%以上的可能，将极大地提高分析效率和状态表的维护质量。

3.2 指标状态分析

对上述388800个状态进行简化和分类，大致上可以分为7类，并分别以A、B、C、D、E、F、G开头进行标示和编号。其中最常见的如下。

（1）无市电、无油机：A1～A9。油机三种接入方式出现下列指标组合，均可以确认为基站“无市电、无油机”，见表3。

（2）无市电、油机供电：B1～B18。油机接入方式一、方式二出现下列指标组合，可以确认为基站“无市电、油机供电”，见表4。

（3）市电供电、无油机：C1～C4。油机接入方式一、方式二出现下列指标组合，可以确认为基站“市电供电、无油机”，见表5。

（4）有市电、但油机供电：D1～D5。油机接入方式一、方式二出现下列指标组合，可以确认为基站“有市电、但油机供电”，见表6。

（5）无市电，无法确认油机供电：E1～E6。方式一、方式二出现下列指标组合，可以确认为基站“无市电、无法确认油机供电”，需要采用其他稽核手段或进行人工分析，见表7。

（6）有市电，无法确认油机供电：F1～F9。方式一、方式二出现下列指标组合，可以确认为基站“有市电、无法确认油机供电”，需进行交流电特征判断，或采用其他稽核手段分析，见表8。

（7）市电和油机状态均无法确认：G1～G13。方式一、方式二出现下列指标组合，可以确认为基站“市电和油机均无法确认”，需要进行交流电特征判断，或采用其他稽核手段进行分析，见表9。

表7 无市电，无法确认油机供电指标组合

状态编号	基站通信状态	开关电源通信状态	低压配电市电输入电压	低压配电市电输入电流	低压配电交流输出电压	开关电源交流输入电压	开关电源直流输出总电压	开关电源直流输出总电流	蓄电池组总电压	状态说明	备注
E1	正常	异常	无	-	无	-	-	-	下降	电池放电，市电停电，油机未发电，也可能是油机直接连在电源上，但不能带动全部直流负载，电源通信异常	-
E2	正常	异常	无	-	未监控	-	-	-	下降		
E3	正常	异常	未监控	-	无	-	-	-	下降		
E4	正常	异常	未监控	-	无	-	-	-	低位不变	无市电，无油机，或油机工作无法带动全部负载开关电源，通信异常	方式二
E5	正常	异常	无	-	无	-	-	-	低位不变	市电停电，负载电流非常小，无油机；或油机在电源上供电但不能给电池充电，电源通信异常	方式二
E6	正常	异常	无	-	未监控	-	-	-	低位不变	市电停电，负载电流非常小，无油机；或油机直接连在电源上供电但不能给电池充电，电源通信异常	

表8 有市电，无法确认油机供电指标组合

状态编号	基站通信状态	开关电源通信状态	低压配电市电输入电压	低压配电市电输入电流	低压配电交流输出电压	开关电源交流输入电压	开关电源直流输出总电压	开关电源直流输出总电流	蓄电池组总电压	状态说明	备注
F1	正常	异常	有	-	-	-	-	-	下降	蓄电池组放电，市电正常。或油机发电但不能带全部直流负载，开关电源故障	方式一、方式二
F2	正常	异常	有	未监控	有	-	-	-	低位不变		
F3	正常	异常	有	未监控	未监控	-	-	-	低位不变		
F4	正常	异常	有	-	有	-	-	-	上升		
F5	正常	异常	有	-	未监控	-	-	-	上升		
F6	正常	正常	有	-	-	有	下降	-	-	蓄电池组放电，市电正常，油机未发电，开关电源故障；或市电正常，油机发电但不能带动全部直流负载	方式一、方式二
F7	正常	正常	有	有	-	有	低位不变	-	-	油机发电状态无法判断	
F8	正常	正常	有	未监控	-	有	上升	-	-	市电恢复供电，开关电源正常工作	
F9	正常	正常	有	有	-	有	上升	-	-	市电恢复供电，开关电源正常工作	