

## 新能源集控系统电量指标综合处理策略

姜 凯, 金岩磊, 秦冠军

(南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102)

**摘要:** 论述了新能源集控电量曲线的复杂情况及特点, 针对这种现象引进电量跟随突变因子以及变化状态标记变量, 提出一套完整的电量修正策略, 采用实时动态闭环修正, 消除了宏观上的数据跳变和微观上的数据异常。这个方法既保证了大数据展示所需的秒级刷新和数据准确特性, 也兼顾了历史数据的任意时段的统计查询需求, 避免出现不可信区间和统计损耗。策略同样适用其他工程累积量变量的数据修正。

**关键词:** 新能源; 集控系统; 电量; 修正策略

**中图分类号:** TM73

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2096-3203(2018)05-0104-05

### 0 引言

近几年来, 新能源发电已成趋势, 大量的专业技术人员的现场维护成本急剧增加, 建设新能源集控(远程监视系统)将逐渐成为新能源公司最经济和高效的运维方式<sup>[1-4]</sup>。集控系统运维依赖于各项指标的准确性和实时性, 电量指标作为系统重要的生产指标, 其指标的准确、实时等特性是否满足要求对集控系统运维价值有极大的影响。

新能源远程集控系统通过前置模块采集电量实时数据, 受多种因素的影响<sup>[5-8]</sup>, 集控采集电量的异常现象呈现曲线变化多样性、异常时刻随机性和是否异常难分辨性等特点。从宏观上看是因为子站数据源的多样化(包括设备类型、传输数据类型等多样化)、集控系统结构层级化<sup>[9-10]</sup>带来的通信干扰不确定性等原因导致的, 从微观上看是由于存在通信码率传输精度的随机跳跃。

目前的集控系统基本未对实时数据本身进行策略优化, 常规手段是借助于其他软件工具对离线数据进行数据回填以保证数据可用性, 或者推动工程消除数据异常源, 以减少数据异常发生概率<sup>[11]</sup>, 但是工程中异常数据是不可避免的, 比如子站电量定期清零、调试期间的数据修改、通信数据扰动等。在千万测点的大数据<sup>[12-14]</sup>集控系统中, 这种处理方式将会一定程度上降低集控系统指标展示的实时性效果和数据的正确性。

本文提出一套完整的电量数据处理方案, 对采集数据入库前进行实时处理, 准确记录实时电量数据, 同时增加处理策略, 对“好”“坏”数据使用双重标准校验, 在不影响数据准确性情况下, 使得系统的电量指标能够正确的实时更新。

### 1 新能源集控电量数据异常特性

#### 1.1 电量数据宏观异常曲线特点

新能源集控系统与大量的光伏、风电等子站设备通信获取电量生产数据<sup>[15-17]</sup>, 其数据刷新实时性展示需要达到秒级, 通过三峡新能源集控系统工程实际数据观察, 电量数据呈现异常多样化, 通过30秒间隔采样数据拟合曲线, 观察宏观上的电量(累计值总值)曲线随机异常变化规律。

图1中10d时间内风机电量数据在随机跳变波动, 经常出现“尖峰”数据<sup>[18]</sup>, 整体趋势是缓慢合理增长。图2中某风机电量在电量异常时间段持续时间较长。图3中某风机电量数据在A点到B点之间电量虽然是向上增加趋势, 但是数值变化却远超此风机能发最大上限, 不增加过滤判别很难识别出来。图4中是风机在某个时刻随机的电量变为0, 之后电量值恢复。

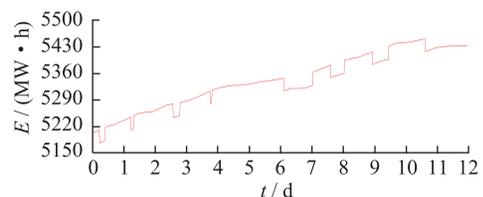


图1 电量尖峰曲线

Fig.1 Electricity peak curve

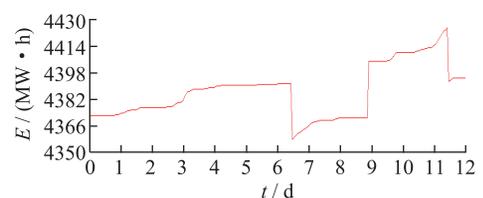


图2 电量异常持续时间长曲线

Fig.2 Power exception duration long curve

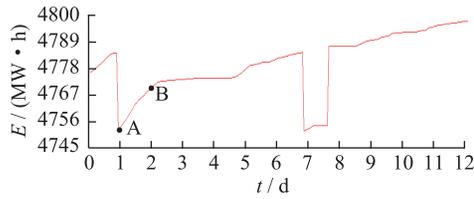


图3 电量数据复杂变化曲线

Fig.3 Complexity curve of electric quantity data

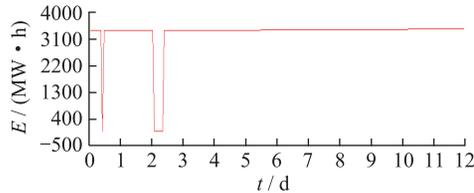


图4 电量正常清零曲线

Fig.4 Normal power reduction curve

从集控系统应用角度来分析,“异常”原因分为合理和不合理的数据异常,正常运维产生的数据跳变有子站端电量累计值设备清零(和通信中断会有相同的现象)、设备程序升级清零等,不合理数据异常产生原因则有设备越限、通信中断、数据源质量不稳定、通信环节多干扰大等。

数据异常变化从整体上来看存在以下特点:

(1) 异常数据发生时间的随机性;(2) 数据曲线异常趋势不确定性;(3) 数据异常状态持续时间的不确定性;(4) 异常现象和正常现象混杂不可区分。新能源集控系统对数据展示实时性、统计查询时间随机性有非常高的需求,因此必须对电量数据做出完整的过滤处理,将异常数据实时消纳,做到从应用对象角度能够无差别使用异常和非异常期间的电量数据。

## 1.2 电量数据微观异常曲线及特点

电量数据微观异常的概念是指在集控系统和子站通信期间,由于设备、子站、总站系统等各个环节因为系数设置等原因导致电量数据丢失数据精度的现象。这会导致数据在传输环节上出现一定程度数据曲线失真,但并不影响总体(宏观)趋势,如图5所示。

丢失数据精度的曲线变化规律有些是类似宏观数据曲线的异常现象,比如图5中采样点4(从左往右)比采样点3值小,原因是在此时段设备内发电量较小,精度损失带来的扰动影响较大,其现象与宏观电量向下突变类似。如果对此种电量不加关注,每个设备微小的损失,也会使得系统整体累计电量生成数据因设备量大而出现明显的偏差。因此在处理电量宏观上的数据异常情况时,必须兼

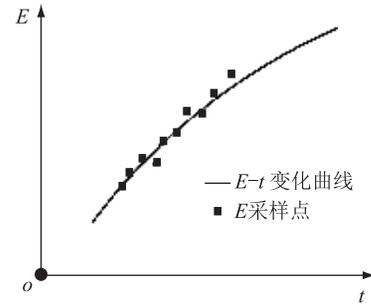


图5 电量-时间采样定性曲线

Fig.5 Power-time sampling qualitative curve

顾微观上的数据精度丢失带来的异常情况。

## 2 新能源集控电量修正策略

首先对发电设备构建数据处理模型,实时库电量  $E_t$  ( $t$  表示任意时刻,下同)引入伴随突变因子  $T_t$ 、电量状态标记  $l$  和上次异常时刻电量记录值  $E_b$ 。其中电量数据的突变因子  $T_t$ ,用来修正实时电量异常情况发生时的突变差量,具有记忆累计功能,修正后的电量  $E'_t$  参数可以修改为:

$$E'_t = E_t - T_t \quad (1)$$

则发电设备和厂站任意时刻的集控随机数据集统计电量为:

$$\Delta E = E'_i - E'_j \quad (2)$$

$$E_{\text{总}} = \sum_{\Phi} E'_i - E'_j \quad (3)$$

式中:  $i, j$  分别表示任意的两个时刻;  $\Phi$  表示场站下子设备集合;  $\Delta E$  表示发电设备在任意时间段  $[i, j]$  内的电量统计;  $E_{\text{总}}$  为厂站层下的任意时间段  $[i, j]$  的电量统计。

同时增加实时库电量  $E_t$  当前状态标记  $l$ ,以记录当前电量  $E_t$  的状态是否是处于“异常”期间,在不同的状态期间执行相应的数据处理策略。

### 2.1 宏观趋势数据异常处理策略

本策略部分是当数据出现异常时候的处理环节。本文中状态标记  $l$  值表征  $E_t$  环境含义为:  $l = 0$  表示正常数据环境;  $l = 1$  表示下降异常数据环境;  $l = 2$  表示上升异常数据环境,数据跳变判据采用相应发电设备单位时间内最大额度发电量为上限,实际中考虑设备有超发情况,需增加冗余上限。使用控制策略,保证在不改变实时数据  $E_t$  值情况下,采用修改伴随变量方式,使得电量  $E_t$  累计值能够在趋势上不丢失,不出现统计异常。对于宏观数据处理策略如图6所示。

此策略基本解决累计电量曲线受外部环境异常情况的影响,但其可靠性高度依赖数据异常判别时间点的准确度,因而当判别点因为数据扰动而发

生错误判断时,会导致修正电量  $E'_i$  累计出现错误。比如当设备由断电至恢复通信再到值传输正常,一般至少经历 3 个状态:中断值 0 态、通信恢复微小值态(通道恢复,扰动数据先恢复)、值恢复态(大值),如果不对这种微观情况下的扰动数据进行抑制,那么极容易出现恢复时间点的误判,通道恢复当成电量刷新时间点,值恢复态变成完全跳变点,修正电量  $E'_i$  损失掉通信中断期间的设备发电量。因此必须要在宏观数据策略处理前对数据微观扰动进行判别、抑制。

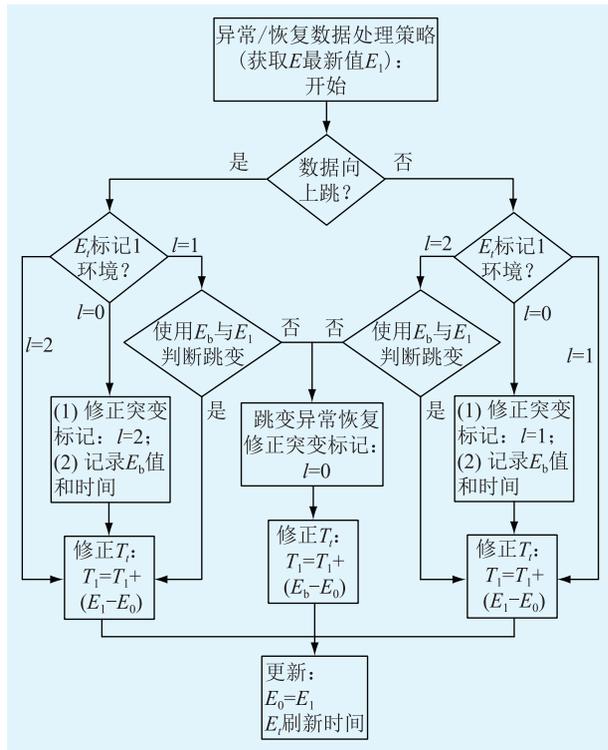


图6 宏观异常数据处理策略

Fig.6 Macro anomaly data processing strategy

### 2.2 数据微观扰动损失处理策略

本文中处理“好”、“坏”数据实行不同的数据校验标准,以确保“好”数据更快执行,异常数据和异常状态恢复严格校验。确保小发电情况下的数据精度扰动等不被误判为跳变损失,详细的控制策略见图 7,在图 6“异常/恢复数据处理策略”前序逻辑中增加对数据多层校验的过程,将数据曲线合理范围“管道化”。增强电量数据发生异常、异常恢复情况下的判别程度,抑制扰动数据带来的影响。

其中精度校验环节  $d_2 \geq d_1$ ,  $\Delta E$  额定为采样点两次值比较周期内最大发电量值。 $d_1$  为数据变化周期内的采样最小计算精度,用于正常数据的变化处理,  $d_1$  的合理设立有助于实时数据的刷新速度;  $d_2$  用于“异常”判别和恢复“正常”的数据门槛值,对于

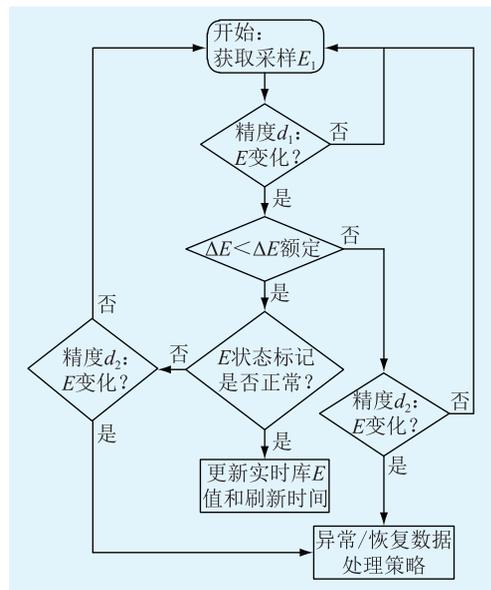


图7 综合数据处理策略

Fig.7 Integrated data processing strategy

扰动过滤、长时间异常点(对异常发生、恢复有较高要求)判别有重要作用,选值需要根据发电设备满发时数据扰动情况观察设立。

### 3 基于三峡新能源集控系统电量现状优化案例分析

本文采用三峡新能源集控系统某子站一台风机的电量数据进行测试,在风机设备侧模拟实际情况随机修改运行工况和电量数值。集控系统电量单位统计统一使用  $MW \cdot h$ ,风机的额定功率为 1500 kW。为了保证监控系统刷新的实时性(集控的重要用户体验指标),设定  $d_1 = 0.0001$ 、 $d_2 = 0.02$ ,单个计算采样间隔周期内风机的最大发电量采用 1.2 倍上限容忍。初始数据环境变量  $l$  为 0,即当前数据为正常数据,初始电量伴随因子跟随值均为 0。为了便于观察曲线,本文中通信中断数据模拟使用适量减少来实现,在策略处理上是一致的判断。为便于实验观察,对风机使用一分钟间隔采样点作为测试案例,连续测试 10 个数据点  $E_i$ 。

测试阶段内子站修改上传电量数据模拟异常现象中向上突变现象模拟子站端数据跳变等现象(比如子站端用户调试数据测试)。经过电量综合处理策略后,修正后的数据点为  $E'_i$ 。

使用 MATLAB 工具拟合  $E'_i$  和  $E_i$  曲线如图 8 所示。图中时间段  $[2, 4]$  模拟长时间数据异常,不同于短时尖峰过滤,长时间异常对于异常发生和恢复点有较高的要求,采样点 4 数据变化大于  $d_1$ ,但是出于异常状态,被  $d_2$  抑制住。在采样点 5 的时候采

用策略过滤,自动将时间段内的电量补偿恢复;时间段[6,7]模拟短时的尖峰越限,其时间段内的发电量折算后超过单位时间内设备最大发电量,策略判断出向上跳变,在点号8时刻数据恢复正常,策略修复异常期间的电量。

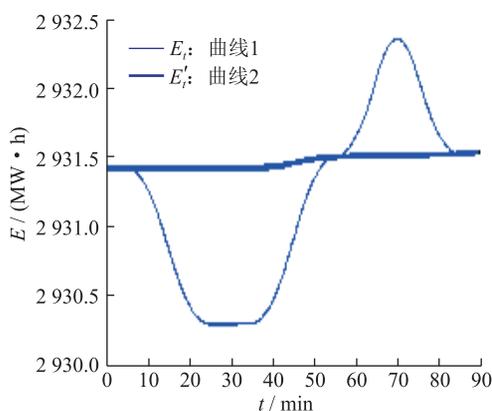


图8 修正前后电量曲线

Fig.8 Curves before and after correction

分析可知,任意时间段内的电量统计如公式(3),在未经策略处理之前,当查询时间边界处于[2,4]、[7,8]等范围内时,使用曲线1原始 $E_i$ 电量值计算区间发电量,将会得到错误的统计值。极端情况下,如果本文模拟电量清零,当统计时间段边界在通信中断期间,电量将有可能出现负值。而采用策略修正后的 $E'_i$ 曲线2,双精度抑制扰动环节保证了点4模拟扰动不被误判成电量开始恢复正常,因此到点5时修正电量 $E'_i$ 中将包括点2至点5之间的模拟中断期间的损失电量值。点6到点7异常发电量能被有效的识别并抑制掉。

整体修正后的电量 $E'_i$ 曲线一直处于平滑上行,通过突变因子弥补了突变期间的差值,符合实际情况的真实性,满足任意时间段内的电量统计查询,达到有效修正异常计算周期的采样点信息,使得曲线不存在统计不可信区间。同时记录异常数据信息的突变因子的 $T_i$ 可以用来作为通信系统电量质量优劣的评价指标,也可以进一步作为其他指标的数据可信度依赖指标。对于新能源集控千万点的数据系统,能够满足电量生成系统的数据电量随机查询和实时展示要求。

## 4 结论

本文提出了一种采用综合电量生成数据的修正策略,并进行了完备的测试后得出如下结论:(1)基于“好”“坏”数据双重标准处理数据扰动策略解决了新能源集控系统电量生成展示的实时性和正确性的冲突。(2)对实时系统数据采用综合处理策

略,解决了电量曲线复杂异常问题,包括尖峰脉冲过滤、矩形过滤、中断期间累计数据恢复等,既满足了实时系统展示需求,同时也支持了任意时间段的正确统计查询功能。(3)引进电量指标的跟随变量:伴随突变因子和数据环境变量等,这些衍生变量可以用来判断系统的数据质量可信度等。

## 参考文献:

- [1] 国家电网公司. 促进新能源发展白皮书(2016) [EB/OL]. [2016-03-14]. <http://media.china.com.cn/zgwp/2016-03-14/663530.html>.  
SGCC. White paper on new energy development (2016) [EB/OL]. [2016-03-14]. <http://media.china.com.cn/zgwp/2016-03-14/663530.html>.
- [2] 刘振亚. 全球能源互联网[M]. 北京:中国电力出版社,2015.  
LIU Zhenya. Global energy interconnection[M]. Beijing:China Electric Power Press,2015.
- [3] 张丽英,叶挺路,辛耀中,等. 大规模风电接入电网的相关问题及措施[J]. 中国电机工程学报,2010,30(25):1-9.  
ZHANG Liying, YE Tinglu, XIN Yaozhong, et al. Problems and measures of power grid accommodating large scale wind power [J]. Proceedings of the CSEE,2010,30(25):1-9.
- [4] 曾 鸣,杨雍琦,李源非,等. 能源互联网背景下新能源电力系统运营模式及关键技术初探[J]. 中国电机工程学报,2016,36(3):681-691.  
ZENG Ming, YANG Yongqi, LI Yuanfei, et al. The preliminary research for key operation mode and technologies of electrical power system with renewable energy sources under energy internet[J]. Proceedings of the CSEE,2016,36(3):681-691.
- [5] 王 燕,李群湛,周福林. 一种暂态电能质量扰动检测的新方法[J]. 中国电机工程学报,2017,37(24):1-12.  
WANG Yan, LI Qunzhan, ZHOU Fulin. A novel algorithm for transient power quality disturbances detection[J]. Proceedings of the CSEE,2017,37(24):1-12.
- [6] 赵伟然,汪海蛟,李光辉. 分布式光伏并网电压和功率因数协调控制策略[J]. 电力工程技术,2017,36(6):20-26.  
ZHAO Weiran, WANG Haijiao, LI Guanghui. Voltage and power factor coordination control for distributed photovoltaic integration[J]. Electric Power Engineering Technology, 2017, 36(6):20-26.
- [7] 薛禹胜,雷 兴,薛 峰,等. 关于风电不确定性对电力系统影响的评述[J]. 中国电机工程报,2014,34(29):5029-5040.  
XUE Yusheng, LEI Xing, XUE Feng, et al. A review on impacts of wind power uncertainties on power systems[J]. Proceedings of the CSEE,2014,34(29):5029-5040.
- [8] 金 楚,黎嘉明,徐沈智,等. 大规模光伏发电并网概率潮流计算及对电网的影响[J]. 电力工程技术,2017,36(1):1-8.  
JIN Chu, LI Jiaming, XU Shenzhi, et al. Probabilistic load flow calculation and influence analysis for power grid connected with large scale photovoltaic generation system[J]. Electric Power Engineering Technology,2017,36(1):1-8.

- [9] 吴涛, 刘立红, 王岱岚. 风光水互补发电集控系统总体设计初步研究[J]. 水电与新能源, 2016(2): 67-71.  
WU Tao, LIU Lihong, WANG Dailan. Preliminary study on overall design of integrated control system for scenery and water [J]. Hydropower and New Energy, 2016(2): 67-71.
- [10] 刘小杰, 李明辉, 樊立云, 等. 风电场远程集控中心的设计与应用[J]. 内蒙古电力技术, 2011, 29(2): 41-44.  
LIU Xiaojie, LI Minghui, FAN Liyun, et al. Design and application of remote centralized control center for wind farms [J]. Inner Mongolia Electric Power Technology, 2011, 29(2): 41-44.
- [11] 施金晓, 黄文焘, 邵能灵, 等. 电-热联合微网中分布式可再生能源功率波动平抑策略[J]. 中国电机工程学报, 2018, 38(2): 537-546+684.  
SHI Jinxiao, HUANG Wentao, TAI Nengling, et al. A strategy to suppress fluctuation of distributed renewable energy in microgrids with combined heat and power system [J]. Proceedings of the CSEE, 2018, 38(2): 537-546+684.
- [12] 张东霞, 苗新, 刘丽平, 等. 智能电网大数据技术发展研究[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(1): 2-12.  
ZHANG Dongxia, MIAO Xin, LIU Liping, et al. Research on development strategy for smart grid big data [J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(1): 2-12.
- [13] 赵国栋, 易欢欢, 糜万军, 等. 大数据时代的历史机遇[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.  
ZHAO Guodong, YI Huanhuan, MI Wanjuan, et al. Historic opportunity in the era of big data [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2013.
- [14] GTM Research. The soft grid 2013-2020: big data & utility analytics for smart grid-research excerpt [R/OL]. <http://www.gtiiresearch.com/report/gm257044-soft-grid-big-data-utility-analytics-smart-grid.html>.
- [15] 李雪明, 行舟, 陈振寰, 等. 大型集群风电有功智能控制系统设计[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(17): 59-63.  
LI Xueming, XING Zhou, CHEN Zhenhuan, et al. Design of power system intelligent control system for large-scale cluster [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(17): 59-63.
- [16] ALOK Pratap, NAOMITSU Urasaki, TOMONOBU Senju. Control strategies for smoothing of output power of wind energy conversion systems [J]. International Journal of Emerging Electric Power Systems, 2013, 14(6): 1-10.
- [17] 韦小丽. 光伏发电自动跟踪系统集控方案分析与设计[J]. 陕西电力, 2012, 40(4): 58-63, 67.  
WEI Xiaoli. Analysis & design of photovoltaic generation automatic tracing system central control scheme [J]. Shaanxi Electric Power, 2012, 40(4): 58-63, 67.
- [18] 张玉杰, 周博. 消除尖峰脉冲对数据采集干扰的设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2009, 17(12): 2552-2554.  
ZHANG Yujie, ZHOU Bo. Design and implementation of eliminating interference of pulse for data acquisition system [J]. Computer Measurement and Control, 2009, 17(12): 2552-2554.

## 作者简介:



姜凯

姜凯(1989—),男,硕士,工程师,从事新能源系统数据库结构分析、应用处理开发和研究工作(E-mail: jiangkai@nrec.com);

金岩磊(1978—),男,硕士,高级工程师,从事电力系统监控与新能源开发和研究工作;

秦冠军(1982—),男,硕士,高级工程师,从事新能源高级分析应用的开发和研究工作。

## Comprehensive Treatment Strategy of Electric Energy Index of New Energy Centralized Control System

JIANG Kai, JIN Yanlei, QIN Guanjun

(NR Electric Co., Ltd., Nanjing 211102, China)

**Abstract:** This paper discusses the complex situation and characteristics of the new energy centralized control curve. In view of this phenomenon, this paper introduces the power-changed factor as well as the variable state marker variables and presents a complete set of strategy, which uses real-time dynamic closed-loop correction to eliminate the macro-data transition and microscopic data anomalies, to amend the power data. It not only guarantees the second-level refresh and data accuracy features required for big data presentations, but also takes into account the statistical demand that the statistical calculation of any time period must avoid the untrustworthy interval and the statistical loss. This strategy is also suitable for data corrections of other project cumulative quantity.

**Key words:** new energy; centralized control system; electricity; correction strategy

(编辑 陈娜)