

绿色数据中心监控系统平台方案设计

彭洁¹, 王跃²

(1. 珠海派诺科技股份有限公司, 广东 珠海 519085; 2. 广东工业大学, 广东 广州 510006)

摘要: 设计了一套绿色数据中心综合监控系统平台方案, 方案包含设计目标和原则、设计思路和框架以及监控策略和软件功能等具体实施方案。该方案实现了数据中心环境、冷源及IT资源的集中管理和监控, 为建设集成度高、可靠共享的绿色数据中心提供了方案参考。

关键词: 数据中心; 绿色; 监控系统; 方案设计

Design scheme of green data center monitoring system platform

PENG Jie¹, WANG Yue²

(1. Zhuhai Pilot Technology Co., Ltd., Zhuhai 519085, China; 2. Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: A platform scheme of integrated monitor & control system for green data center is designed. The system mainly includes objective and principle, design idea, framework, monitoring strategies and software functions. This design scheme can realize centralized management and monitoring of data center environment, cold source and IT resources. It also provides a reference scheme for the construction of a green data center with high integration and reliable sharing.

Key words: data center; green; monitor & control system; design scheme

0 引言

数据中心支撑着各自单位核心业务的运行, 其作用至关重要。数据中心通常包含电气、制冷和安防等多个子系统。目前, 大部分数据中心的PUE值大于2.2, 运行效率普遍较低, 能源浪费严重且难以实现精细化管理。为贯彻落实《国务院关于加快发展节能环保产业的意见》要求, 工信部、国家机关事务管理局及能源局联合制定了《国家绿色数据中心试点

工作方案》, 用于指导开展绿色数据中心试点创建工作, 提升试点数据中心节能环保水平。2016年发布的《公共机构节约能源资源“十三五”规划》中明确要求: “加强数据中心节能管理, 建设数据中心能耗与环境计量监控系统, 对数据中心运行状态及电能使用效率(PUE)、运行环境参数进行监控, 提高数据中心节能管理水平。”

有关绿色数据中心的建设方案设计及实践中, 文献[1]就中国科学院超算青岛分中心部署的水冷系统和自然风冷系统作了全面介绍^[1]; 文献[2]通过深入研究数据中心的实际运行情况,

教育部学校绿色发展研究基金资助项目(LSFZ1602);

广东工业大学2015年青年基金资助项目(16ZK009)

构建了层次型绿色数据中心运行的评价指标体系并进行了权重确定，提出了绿色数据中心节能降耗的相关措施；文献[3-5]给出了中小微型绿色数据中心动力环境监控的综合设计方案及案例，为不同类型和特征的数据中心绿色设计及改造提供借鉴。

本文在部分设计方案及案例调研总结的基础上，探讨设计了一套绿色数据中心综合监控系统建设方案，包含设计目标及原则、设计思路及实施方案等方面内容。

1 设计目标及原则

1.1 设计目标

绿色数据中心设计的核心目标是确保数据中心涵盖的各业务子系统的稳定、节能运行，全方位提升管理精细化水平，具体设计目标如下。

1) 改变传统运维管理方式，提高信息化和节能水平。方案应实现对数据中心网络软硬件、数据中心环境、空调系统及安防系统的监管全覆盖，进而提升工作效率以及各业务子系统的信息化和绿色节能水平。

2) 快速发现和解决故障，提升稳定性和可靠性。方案应可以实时获取网络、服务器CPU使用率等数据中心关键指标，直观快速定位系统故障，从而增强各业务子系统的稳定性和可靠性。

3) 实现可视化的数据中心机房运维管理模式，统一门户管理。

4) 实现开放度高、扩展性良好的数据中心综合管理平台。

1.2 设计原则

1) 通用性。平台系统整体方案应符合有关数据中心设计标准，监控系统网络通信协议符合国际网络通信协议标准，操作系统选用国际通用操作平台，应用软件可独立运行。

2) 可靠性。监控系统方案符合电磁兼容性设计要求，不影响被监控设备正常工作；监控系统具有自诊断功能，对通信中断、软硬件故障应能够诊出故障并及时报警；监控系统硬

件能在UPS电源支持下不间断工作；平均故障间隔时间MTBF>50 000 h。

3) 稳定性。平台系统中的某个子系统运行异常，不影响其他子系统的正常运行。

4) 安全性。硬件系统的设计采用可靠的电气隔离，保证系统的软硬件在异常情况下，不影响被监控对象运行的安全性；进行多级权限分类以保证系统的安全性；系统数据采用加密传输，避免信息泄露。

5) 扩展性。系统的软硬件设计采用模块化的可扩充结构及标准化的模块接口，便于系统适应不同规模和功能要求的监控网络系统。

2 框架设计思路

系统采用松耦合模块的平台架构进行设计，遵循ITIL实践标准，实现对数据中心IT资源的监控，全方位展现与业务相关联的所有软硬件的应用状况和处理性能。方案的整体架构思路如下。

1) 运维视图层。展现运维管理视图，全面高效地实现日常的运维管理工作。

2) 服务管理层。积累了ITIL管理的最佳实践以及ITSS国标要求，以CMDB为核心实现流程的快速定制，着力提升数据中心的可量化服务能力和服务质量。

3) 运维管理层。从业务服务保障的角度，对设备运行状态、虚拟化资源以及数据中心资源进行监控和管理，并建立高效快速的故障处理机制。

4) 数据接口层。提供移动终端运维管理接口、ITSS接口以及第三方系统接口。

此外，为充分体现系统可扩展性，应充分考虑数据、视图和流程可拓展；采用高度模块化设计、开放的API接口以及友好的二次开发界面；支持分布式架构的实施，可随数据中心建设规模的扩大而增长。此外，对于系统的安全性，应进行严格的角色权限控制、登录失败次数限制、操作日志记录和第三方安全漏洞扫描测试。方案整体框架设计思路如图1所示。

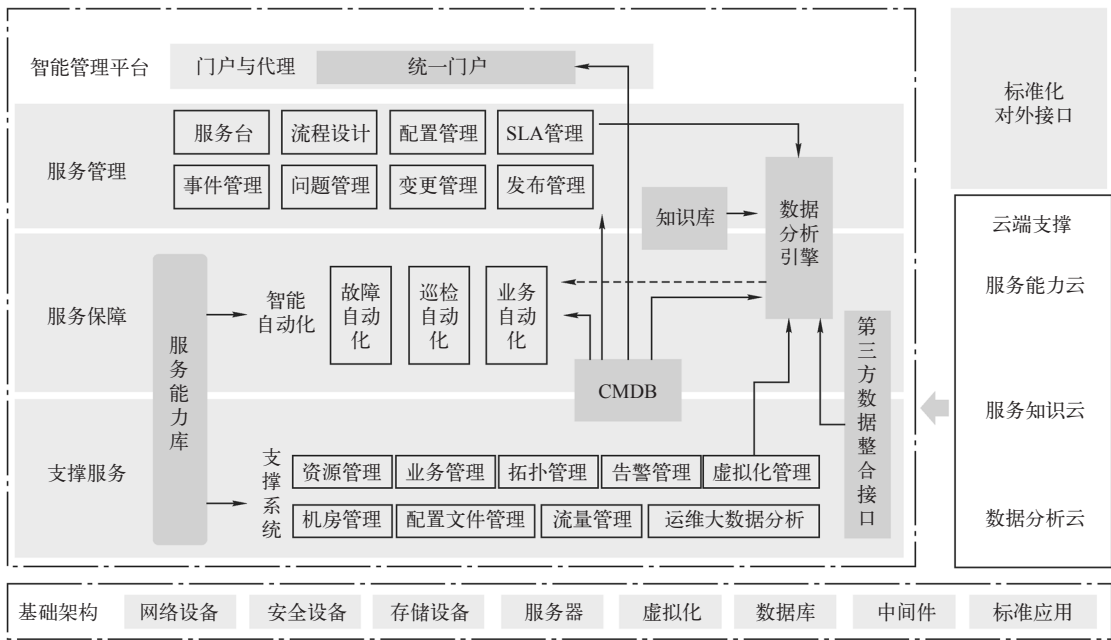


图1 方案整体框架设计思路

Fig. 1 Design thought of the scheme

3 设计方案

3.1 系统架构

3.1.1 硬件架构

整个平台系统采用三层分布式结构，分别为数据采集层、集中管理层和交互层，实现动力、环境子系统全面监测。

1) 数据采集层。包括数据中心内各类监控对象，例如温湿度传感器、空调系统、配电柜仪表、不间断电源系统（UPS）和漏水控制器等。系统采用分布式管理网络结构，通过串口总线方式进行模块化数据采集。数据采集层采用数据采集器进行数据采集通信时，单个串口下挂接同一类设备。

2) 管理服务层。主要由集中监控服务器主机、报警设备和管理软件等组成。管理服务层从数据采集层的数据采集器以及各监控子系统服务器中采集数据，提供逻辑处理分析、数据存储和应用服务功能，实现集中管理。

3) 交互层。交互层包含客户端、IE远程浏览终端等，是实现人机交互的层面，旨在提供各种展示能力。系统平台支持C/S、B/S架构，能支

持1 000个以上客户端或IE端的远程访问。同时可通过权限设置，实现不同类型的人员操作不同的页面。

3.1.2 功能架构

系统方案采用多层架构及模块化的设计模式，系统功能全面，模块功能独立，可根据不同数据中心的实际需求自由组合，同时系统具备良好的扩展性，通过第三方数据接口、数据总线以及门户Portal，与第三方系统进行无缝对接和集成。

3.1.3 技术架构

系统方案采用J2EE架构，全图形化B/S模式，可移植性强，可在不同的操作系统运行，实现跨平台部署。统一开放的监控管理平台支持多数据库（MySQL、Oracle等）、多操作系统，为第三方系统提供多种集成接口。

3.1.4 部署架构

系统方案的Portal服务、信息处理服务和信息采集服务可根据数据中心IT环境的实际情况部署在相同或不同的主机上，部署架构具体如图2所示。

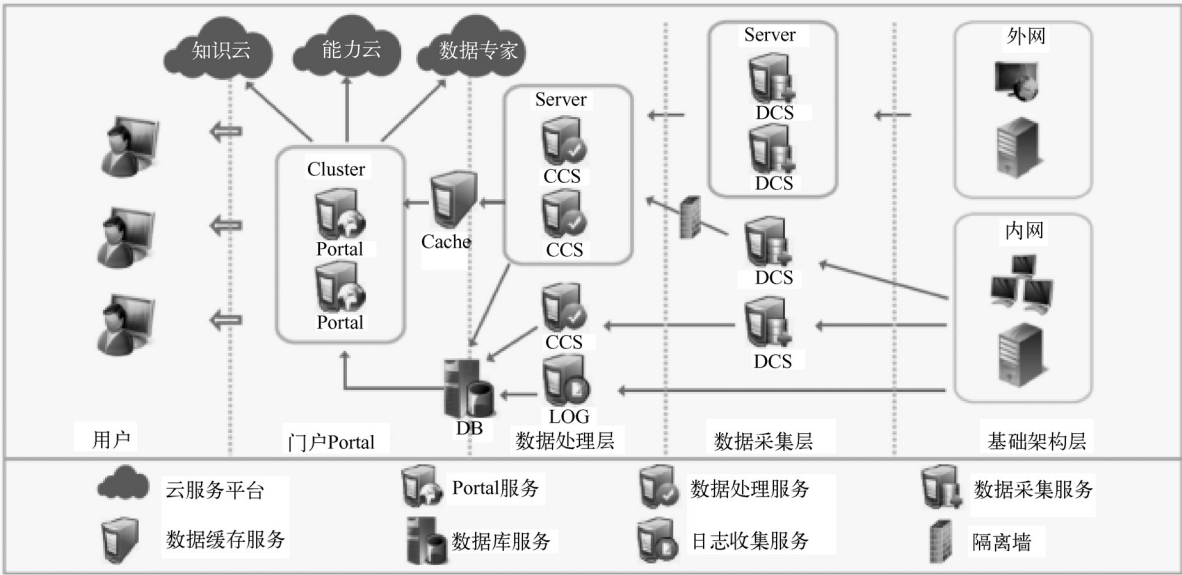


图2 部署架构

Fig. 2 Deployment framework

3.2 监控策略

3.2.1 常规设备监测

监控内容及功能如下表所示。

表1 监控内容及功能

Tab. 1 The monitoring content & function of the system

项目	监控内容	实现功能
环境监测	典型部位的 温度、湿度	①温湿度实时监测；②异常温湿度报警；③远程实问
空调系统 监控	空调系统工 作状态、运行 参数监测及控 制	温湿度、空调及风机运行状态、 压缩机运行状态、压缩机高压报警、 风机过载、气流动故障、过滤器堵 塞和制冷失效等
UPS 机组 监测	UPS 机组部 件工作状态、 运行参数等	①状态监测：对 UPS 各部件的运 行状态进行实时监测；②参数监测： 对 UPS 各运行参数（如 UPS 输出电 压、电流等）进行实时监测和显示； ③异常报警
漏水监测	空调管网漏 水监测	实时显示并记录漏水线缆感应到 的漏水状态
烟感报警 状态监测	烟雾感应器 报警状态监测	①实时监测烟雾浓度是否超限或 者发生火灾；②若超限，则烟感发 生报警并推送至平台

3.2.2 综合能源监控

一般数据中心能源消耗类别主要包括IT设备、空调系统、照明及其他辅助设备能源消耗。通过本系统方案可实时监测数据中心能耗状况，全面掌握能源使用效率（PUE）。

（1）照明系统监控

数据中心一级照明为主要通道及基础工作

照明，包括消防紧急照明；二级照明为数据中心操作辅助照明，一般只有在数据中心内有工作人员进行设备操作及维护管理时才开启所有区域的二级照明。通过对照明系统的节能控制，实现降低能耗。数据中心照明节能控制常采用基于“时间预设置+人体感应”的场景节能控制策略。其中对于一级照明，通道人体感应控制、分时分区管理、公共区域光感自动调节、应急照明系统自动巡检和刷卡联动控制；对于二级照明，则保留值守照明、刷卡联动打开/关闭公共区域照明和预登记后自动开启相关区域。

（2）空调新风控制系统

数据中心新风系统主要是为了给数据中心提供足够的新鲜空气，在保证数据中心内环境洁净度的同时，为工作人员创造良好的工作环境。数据中心内必须保持正压，避免灰尘和室外热空气进入。经过处理的新风送入专用空调系统回风口，与一次回风混合以后进入空调机组，经处理后输入房间。在室外焓值低于室内焓值时，充分利用室外空气进行自然冷却；当室外条件不能完全满足数据中心的制冷需要时，再开启空调系统制冷。空调新风控制系统如图3所示。

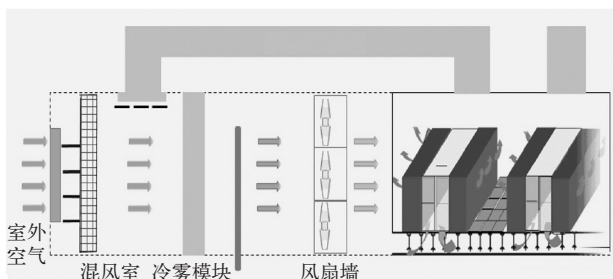


图3 空调新风控制系统示意图

Fig. 3 Schematic diagram of fresh air control system for air conditioning

3.2.3 系统资源监测

平台系统方案可实现对IT基础设施的实时监控、故障管理、性能分析及配置优化，提供对IT环境的性能监控及分析、故障监控、故障分析和定位、网络配置文件以及资源巡检的管理。

(1) 服务器管理

系统能够管理的服务器主机性能数据包括CPU利用率、DISK磁盘容量、系统内存、磁盘利用率、文件系统、日志、关键进程和软硬件资源信息等。针对服务器相关的性能指标，能够按照实际情况设定不同级别的性能阈值，对于超过阈值的性能指标系统能够进行故障报警或预警，同时可执行已定义好的脚本。系统的进程分析能够实时监视系统进程的运行状况，显示进程所占用系统资源的情况。

(2) 虚拟主机管理

虚拟主机管理主要包括CPU、内存、虚拟内存、I/O、带宽和连接数。系统应提供CPU使用率、内存使用率和磁盘使用率等性能指标的监控以及指定进程的状态监控，并支持用户对监控项设置报警规则。

(3) 网络设备管理

系统支持自动发现和手动添加两种方式监控网络设备，可支持所有满足SNMP V1/V2/V3方式的的品牌路由器、交换机、安全设备和负载均衡等设备的性能指标采集和预警，系统需内置当前主流品牌硬件的型号及对应指标模板，例如CPU利用率、内存利用率、Ping延时和丢

包、端口状态及流量、入/出错误帧以及广播入/出帧等指标。

(4) 存储管理

系统支持同时对多个存储设备的自动监控，动态发现设备存储资源配置、存储卷配置以及存储卷的映射。同时可自定义设置性能阈值，方便进行资源故障预警；通过SMI-S国际标准接口进行管理，支持目前主流的存储、磁盘阵列设备。

(5) 硬件管理

通过IPMI规范，系统可对服务器内部的电源、风扇、CPU、内存和硬盘等部件的工作状态进行有效监控；由于独立于CPU、BIOS和操作系统，只要服务器的主板接通电源，就可提供远程检测、管理和恢复功能，从而协助系统管理人员迅速诊断故障原因，及早恢复工作。

(6) 数据库管理

系统能够对运行在主机设备上的各种数据库的运行状态和性能数据进行统一管理。系统支持SQLServer、Oracle、MySQL和PostgreSQL等主流数据库的监控管理。

(7) 应用服务管理

系统能够支持市场上各类主流应用服务的信息监测，包括有J2EE（WebSphere、Weblogic和TOMCAT）、JBOSS、等中间件、J2EE服务器和Web服务器。系统针对部署有中间件系统的主机系统采用的管理方式有定期轮询、全面性能监控（包括动态高速缓存、JCA连接池和JDBC连接池等）。

此外，还包括标准服务管理（如URL、SMTP、POP3、FTP、DNS、Ping和TCP等）及相应的公共应用管理等。

3.3 系统平台软件功能

3.3.1 动力环境监测

(1) 人机界面模块

1) 系统以设备树方式定位呈现监控数据，设备树根据不同的分组方式显示当前登录用户片区权限内的数据中心。实时信息显示区显示

监控中心和设备下的实时信息。

2) 实时信息显示支持列表和组态两种显示方式, 具备多窗口呈现能力, 可以创建多个窗口, 展现多个参数的实时曲线。

3) 系统向设备发送控制命令时, 需要输入密码确认, 确保设备控制的安全性。设备控制提供重发和确认的功能。

系统界面如图4所示。



图4 系统界面展示

Fig. 4 Display of system interface

(2) 设备监测模块

系统能以数据中心设备树方式灵活定位呈现监控数据, 实时显示监控中心、数据中心和设备下的信息。

(3) 远程管理模块

系统同时支持B/S和C/S两种结构, 具有多种数据存储管理方式, 包括周期存储、变化百分比以及变化绝对值存储, 存储周期和方式可进行自定义和选择。

(4) PUE能耗管理模块

系统对历史数据进行充分的分析与挖掘, 将数据中心的能耗按照动力系统、照明系统、空调系统和IT设备等类型进行分项计量, 以便发现能耗异常、用能不合理等现象。采用灵活的算法, 根据需求实现能源效率值计算, 如PUE值等, 软件能计算实时PUE值, 并通过仪表盘等方式来展示, 可导出形成数据报表, 具体可包括数据中心总功率/电度, IT设备总功率/电度, 空调系统、照明系统等设备总功率。通过能耗曲线、功率密度和能耗饼状图等直观形式评估用能情况, 为数据中心的的管理提供科学的决策依据。系统界面如图5所示。

能耗系统图可按房间、区域、设备和逻辑关系分别进行统计与公示, 也可进行逐时、逐日、逐月和逐年显示。



图5 PUE能耗管理界面展示

Fig. 5 Display of PUE value energy consumption management interface

(5) 门禁系统管理

门禁系统至少提供OPC、SNMP、Web Service、Socket和SDK开发工具以上任意接口接入本系统。具体内容及集成功能视接口协议而定，可实现查看相应位置门禁的开关状态、记录/查询刷卡事件、人员信息以及门禁报警显示。

(6) 视频监控数据

视频监控至少提供OPC、SNMP和Web Service等开发工具以上任意接口接入本系统。具体监测内容及集成功能视接口协议而定，可实现查看相应位置摄像机的实时图像、矩阵切换的控制和球机云台缩放/变焦/转动控制、手动/自动/联动录像、系统远程录像回放以及报警展示等。

3.3.2 IT资源信息监控

(1) 统一运维管理

统一运维门户Portal作为系统的统一入口，具备统一认证，单击登录，自定义首页工作界面等功能；快速呈现工作内容，提高工作效率；统一建立用户账号，实现简单化用户管理。

(2) 首页展示

系统针对每个用户ID提供个性化的自定义首页视图，可根据用户实际运维情况将其关注的或常用的运维信息设置到首页Portal组件中。组件可直观展示系统中的关键统计数据、关键设备及其关键指标，包括指标TOPN排名、故障报警统计、资源类型统计、关注指定的网络/主机/应用设备及其相应指标等；组件支持用户级的自定义增删，以及对组件内容进行个性化配置。

(3) 业务管理

业务管理是从业务的角度统一展现出业务系统结构图，提供了业务模型构建、业务报警规则策略定义等功能。

1) 业务展示中心。集中展示所有关键业务系统的实时状态，通过定时轮播的形式轮询播放所有业务系统界面。

2) 业务详情。集中展示具体业务的实时状态，包括性能及容量等，从多角度展示某个业

务运行的相关态势。例如对于业务系统的容量方面，通过计算、存储、数据库及带宽容量等指标，从网络、存储和计算等各方面体现业务的相关容量，并提供业务的报警和分析功能。

3) 业务模型定义。进行业务建模，定义业务系统名称、所包含的IT资源、对外提供的服务内容及所支撑的业务部门等信息。通过对业务的建模，实现了业务系统的能力衡量、故障关联和IT架构等关键功能。

(4) 拓扑管理

拓扑管理中提供了地图拓扑管理、IP-MAC-PORT管理和真实面板管理等功能，还集成了Telnet、SSH、VNC、Console和Ping等远程运维工具。

1) 拓扑发现。系统具有自动发现网络拓扑的功能，采用先进的网络拓扑发现算法和数据采集协议，实现网络拓扑的自动发现。

2) 拓扑管理。①网络性能故障：系统通过与性能管理模块、故障管理模块进行关联，将故障报警显示在拓扑视图的相关设备和所属地域的图标上；②远程管理工具：提供相关的远程配置管理工具（如PING、Telnet和VNC等）进行故障处理；③链路一览表：系统采集链路相关的性能指标进行分析比较，然后根据预先确定的线路性能级别确定线路的健康状况，不同的性能级别采用不同的颜色在拓扑视图的链路显示上加以区分，从而直观地反映网络中关键链路的流量分布情况。

3) IP地址管理。系统提供基于拓扑发现链路算法，可使用IP-MAC-PORT实时表与基本表对比，查看网络中终端设备与上联端口的变更情况、新终端设备加入网络记录。

3.3.3 报警管理

系统提供统一的报警管理平台，通过性能指标采集轮询、Trap/Syslog主动推送以及第三方系统轮询获取等多样化的方式，获得整个网络系统中的各种故障、网络异常等报警，当出现故障后，能通过预置的报警方式及时以短

信、邮件等方式通知指定用户，并能生成报警统计报告，提供主动式的故障解决方式。

3.3.4 报表统计分析

报表类型及内容包括：①指标性能报告，即网络设备、网络接口主机设备、主机接口、主机硬盘、主机分区以及应用设备性能报表；②报警统计报告；③监控趋势报告，即性能运行趋势图形等。

4 结束语

本文就绿色数据中心监控系统进行了方案设计，将数据中心涵盖的各子系统数据集成于统一的平台上，实现数据中心环境、动力（能耗及冷源）及IT资源的集中管理和监控，达到各子系统间实时互联互通、信息共享和低碳节能。本设计方案应用于广东某高校数据中心机房绿色改造项目中，系统经建设调试后运行可靠稳定，实测数据显示PUE均值维持在1.3左右，年节能率在18.5%左右。项目实现了绿色数据中心综合监控系统平台方案的设计目标，为数据中心的整体信息化、智能化和绿色精细化改造提供了思路和借鉴参考。

参考文献

[1] 张平，赵增芳，徐军，等．绿色机房建设实践[J]．

科研信息化技术与应用，2013，4(5)：104-108．

[2] 倪静，王振全，易久，等．绿色数据中心能耗评价指标体系研究[J]．电气应用，2014，33(8)：89-93．

[3] 周立鹤，陈武．智能控制系统在绿色数据机房中的应用[J]．电力信息与通信技术，2015，13(11)：128-131．

[4] 蔡幸波，陈实，于娟．中小微型绿色数据中心动力环境监控综合解决方案[J]．智能建筑电气技术，2018，12(3)：93-96．

[5] 徐磊．基于云平台用于模块化数据中心的微动力环境监控系统设计[J]．电气应用，2019，38(2)：71-74．

作者简介



彭洁

彭洁（1966—），女，工程师，主要研究方向为能耗监管平台、智能电力仪表和数据中心监控。

王跃（1986—），男，工程师，主要研究方向为能耗监管平台、空调节能改造和新能源应用等。

（收稿日期：2019-01-02）EA