

# Study on Optimization of Peak Load Shifting in Zhongshan Power Supply Bureau and Development of the Support System

Zhijiong Guo<sup>1</sup>, Zihao Guo<sup>2</sup>, Shaoqing Guo<sup>2</sup>, Honghui Kuang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zhongshan Power Supply Bureau, Zhongshan Guangdong

<sup>2</sup>Qingdakeyue Corporation, Beijing

Email: [chinadave@126.com](mailto:chinadave@126.com)

Received: Oct. 11<sup>th</sup>, 2015; accepted: Oct. 23<sup>rd</sup>, 2015; published: Oct. 29<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Starting with industrial power customers' behavior of Zhongshan Power Supply Bureau, this paper studies the electrical behavior and production characteristics, and implements staggering power consumption optimization. Then an optimization method is proposed, which could guarantee the peak load shifting effect, and at the same time could reduce the influence on users. In this way, peak load shifting could reduce outage time and get industrial customers' understanding and support compared to the former way. And with the peak load shifting support system, manpower could be cut down. Based on the optimization of peak load shifting scheme, the limited power could be used in the most efficient enterprise. The improvement of peak load shifting will reduce industrial customers' forced outage frequency as well as the influence on the normal production of the industrial customers, and help the power supply bureau put the customers first, providing quality services.

## Keywords

Demand Side Management, Peak Load Shifting Optimization, Peak Load Shifting Will

---

# 中山供电局行业错峰优化研究及系统开发应用

郭志炯<sup>1</sup>, 郭自豪<sup>2</sup>, 郭少青<sup>2</sup>, 匡洪辉<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中山供电局, 广东 中山

<sup>2</sup>清大科越公司, 北京  
Email: [chinadave@126.com](mailto:chinadave@126.com)

收稿日期: 2015年10月11日; 录用日期: 2015年10月23日; 发布日期: 2015年10月29日

## 摘要

本文从中山供电局工业客户用电行为着手, 研究其用电行为特性和生产特点, 实施错峰优化, 在确保错峰效果的同时, 降低对企业造成的影响, 减少了企业的停电时间, 比原方案更能得到工业客户的理解和支持配合, 有效提升客户自觉错峰率, 从而减少开展错峰工作所需要的人力物力, 并通过优化错峰方案, 争取将有限的电能用到对社会贡献最大的行业和企业。实施错峰优化后, 错峰效率的提升将降低对工业客户强制停电的频率; 对客户提供差异化的方案, 降低了对工业客户正常生产的影响, 树立以客户为先, 提供优质服务的形象。

## 关键词

需求侧管理, 错峰优化, 错峰意愿

## 1. 引言

电力需求侧管理(Power Demand Side Management, DSM)主要包括电力负荷调荷的技术手段和经济手段、节能、能源替代和新能源应用 3 方面内容[1]。其中, 电力负荷调荷的技术手段和经济手段的应用是最早实施的电力需求侧管理, 它开始于 20 世纪 30 年代的法国、德国等国家, 采用开关钟控制负荷和实施分时电价制度[2]。

需求侧管理技术是智能电网最重要的组成部分之一。文献[3]-[5]将高级计量体系(Advanced Metering Infrastructure, AMI)和需求侧管理列为建设智能电网涉及的关键技术之一。文献[6]指出需求侧管理是智能电网不可或缺的部分, 推动需求侧管理技术, 如智能仪表、通信和控制系统, 以及其他负荷控制技术, 是未来决定智能电网能否成功实施的关键基础因素。文件[7]-[9]指出现有研究局限于对聚类算法的比较与选择, 而对用户典型负荷特性提取以及相似度判别的探索有限, 因此仍无法充分掌握用户的负荷特性, 存在较大不足。

2005 年至 2011 年, 由于受到干旱、煤价上涨、电网建设、经济发展较快等诸多因素的影响, 广东省经常处于电源性电力供应不足的状态, 中山地区受省网供电不足影响, 电力供应将持续紧张, 负荷高峰期间每天有约 2000 家企业参与错峰, 日最大错峰负荷达到日用电负荷的 1/6。2012 年至今, 全省电力供需形势缓和, 但受电网架构、恶劣天气等因素影响, 迎峰度夏期间局部地区仍可能出现电力短缺情况, 造成的错峰将给中山地区的经济和社会发展带来不利影响, 也对电网安全运行和客户服务造成巨大压力。

针对以上问题, 为应对不同供电形势下的有序用电管理工作, 中山供电局开展“错峰优化项目”, 期望实现三个层面的收益: 一是深入把握工业客户生产用电行为特征, 具有前瞻性地把握企业用电负荷变化, 主动掌握负荷变化规律, 做到早认识、早布局, 改进错峰方法, 缓解电源紧张对电网稳定运行造成的影响; 二是按照客户用电行为特性和生产特点, 优化错峰方案, 为客户提供差异化服务, 提升优质服务水平; 三是了解客户产能产值等经济特性与其用电设备耗能模式, 在能源紧张的情况下, 做到将有限的能源资源投入到对社会和市场贡献最大、最环保的领域, 推动企业节能减排。

## 2. 错峰优化方案简介

中山供电局原错峰方案中只设置轮休错峰，错峰方案机械生硬缺乏弹性。当前电力平衡已经从供不应求转变为总体上供大于求，但在局部区域局部时段供小于求的形势。

经过优化后的错峰方案应包含轮休错峰、日常避峰和紧急避峰，做好紧急情况的预案以满足实际需要，如图 1 所示。

轮休错峰：企业按照供电部门安排的轮休日在电网负荷高峰时期(8:30~22:30)停止生产用电。每周错峰轮休天数视供电缺口情况而定，安排错峰客户开六停一、开五停二等。

日常避峰：主要指根据用户负荷特性，选择避峰用户，该类用户每周 7 天生产，每天在用电高峰时段(8:30~22:30)自觉避峰生产，用户视电网总体缺口情况压减一定比例用电负荷。

紧急避峰：根据用户负荷特性，选择可快速压减或可中断负荷作为紧急避峰用户。当电源异常紧张或临时大幅下调电网供电指标，且轮休错峰和日常避峰都无法达到错峰目标值时，启动紧急避峰。紧急避峰客户在接到通知后 30 分钟内自行压减负荷，属随机错峰。正常情况下，该类用户一般不安排“轮休错峰”和“日常避峰”。

## 3. 行业错峰优化研究

以供电部门用电数据库为数据来源，研究行业用户的用电曲线变化规律，从而准确把握行业用电特点。

根据用户季度负荷曲线算术平均得出用户典型曲线，根据用户行业属性进行拟合得到行业典型负荷曲线，分析行业进行用电规律。公式如下：

$$tp_{i,j,s,y} = \sum_{k=1}^n p_{i,k,j,s,y}$$

其中，下标  $i$  代表行业，下标  $k$  代表企业，下标  $j$  代表 96 点，下标  $s$  代表季节，下标  $y$  代表年份； $p_{i,k,j,s,y}$  代表在第  $y$  年的  $s$  季第  $i$  行业的第  $k$  企业典型日负荷曲线中第  $j$  点的负荷， $tp_{i,j,s,y}$  代表在第  $y$  年第  $s$  季的第  $i$  行业第  $j$  时点的样本负荷。

## 4. 系统设计

如图 2，基于行业负荷特性及用电客户的错峰意愿进行错峰优化方案制定，本文开发了中山需求侧管理及后评估系统。该系统在功能与框架上具备以下几方面的特点：

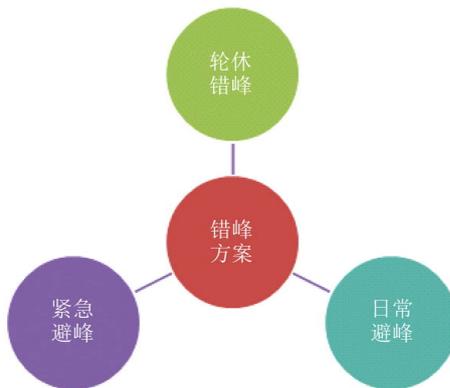


Figure 1. Peak load shifting scheme  
图 1. 错峰方案

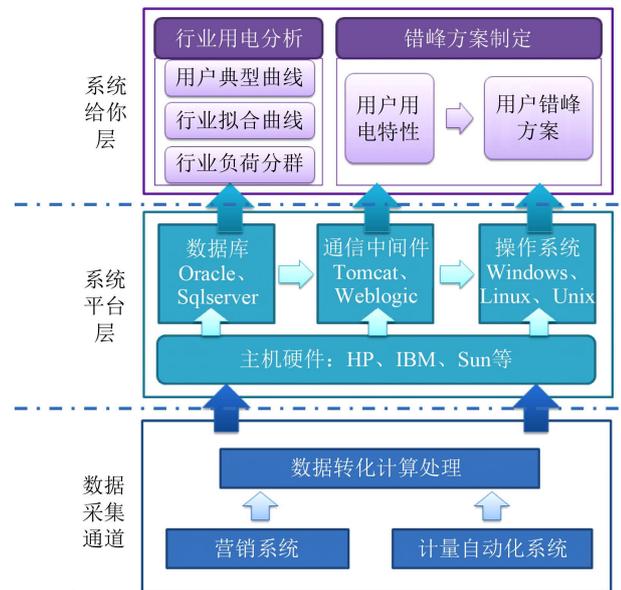


Figure 2. System structure  
图 2. 系统结构

- 行业负荷自动分群

根据行业用电规律，根据行业用电高峰、低谷时段进行信息自动判别，形成对行业的自动分群，帮助工作人员用数据挖掘错峰潜在行业及用户。

- 提供分时段错峰设定

随着个性化错峰的需求逐渐受到重视，研究用户生产行为和尽量满足客户的错峰意愿，实现不同用户不同时间段的差异化需求，中山需求侧管理系统提供时段错峰设定。

#### 4.1. 系统平台

本系统的数据库、中间件、操作系统、主机硬件的构建情况如下：

- 数据库：可采用 Oracle、SQL Server、Sybase 和 DB2 等主流数据库；
- 中间件：对于松耦合应用的信息交互，采用基于 XML 的中间件技术，支持主流的 WebLogic、WebSphere、Tomcat 等中间件服务器；
- 操作系统：可适应 UNIX、Linux、Windows 等操作系统要求；
- 主机设备：支持包括 HP 的系列服务器和工作站、SUN 公司 SPARC 系列服务器和工作站、IBM 公司的 Power5 系列服务器和工作站、所有品牌的 PC 服务器和工作站。

#### 4.2. 行业典型负荷曲线拟合

通过长期的信息化建设，中山供电局已经建立了完善的用户用电数据采集平台，积累了丰富的历史数据。目前中山局在运用户表计超过 100 万，其中专变用户计量点约 16,000 户，已实现 100% 负控。通过集抄、负荷管理终端，配变终端以及遥测终端(变电站和电厂关口表)采集数据，实现远程拉闸，远程抄表，公变负荷监测，实时运行数据等功能，数据处理工具见图 3。

系统通过后台程序自动从营销系统获取用户的行业等基本信息，从计量自动化系统获取用户的用电信息，每季度计算出用户的 96 点典型负荷曲线。当前系统每季度产生形成 12,000+ 的工作日用户典型曲线和 12,000+ 的周末典型曲线，如图 4、图 5。



Figure 3. ETL tools  
图 3. 数据处理工具



Figure 4. Custom filter  
图 4. 用户过滤

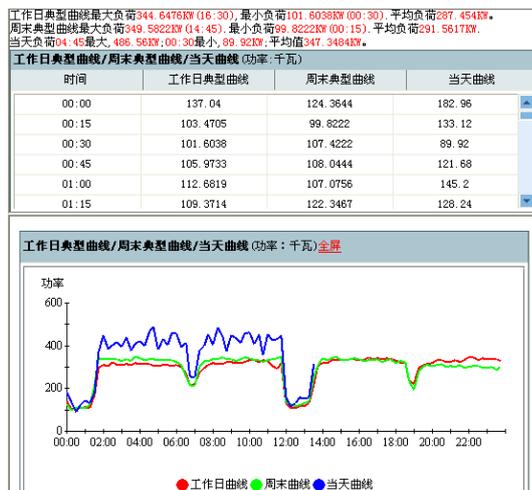


Figure 5. Type curve  
图 5. 典型曲线

根据用户的行业自动拟合形成该季度的行业典型负荷曲线。共形成 104 条行业典型曲线。

### 4.3. 行业负荷分析

对 104 条行业用电曲线的的高峰、低谷时段及爬坡速率对行业用电规律分析，见图 6。

通过分析行业用电规律，通过与系统负荷进行对比，行业负荷特性分为以下 6 类，如图 7：

1) 对于第一、二类行业用户，由于其负荷高峰出现在晚上，与系统负荷曲线正好互补，应该鼓励其扩大生产，并将其经验介绍给其他企业。

2) 第三类行业用户负荷平滑，单个用户用电量，需要在负荷高峰期从早到晚都进行压减负荷，是节能减排的重点关注对象。应该根据行业特点调研客户的设备能效状况，分析该行业节能改造方向。推荐及宣传该行业的节能改造案例，突出改造成效，推进节能改造工作。

3) 第五类行业用户负荷特性由于和系统负荷相同，可作为“错峰”的重点研究用户，促进其改变用电行为，进行轮体式错峰生产。

4) 第四类和第六类行业用户在中午午餐、晚上下班时段有非常明显的负荷下降，说明该企业的生产行为可即时开工复工，其生产条件能够满足紧急错峰的需求，可促进作为紧急错峰安排用户。

### 4.4. 行业用户错峰

根据行业负荷分群对有错峰潜力的行业用户重点分析，分析行业用户的错峰潜力和可采用的错峰方式。对客户进行设置分时错峰方案，如图 8，图 9 所示。

### 4.5. 错峰分析

选择不同日期，展示全局错峰分析、分公司错峰分析、镇区错峰分析、线路错峰分析、行业错峰分析、用户错峰分析，见图 10。

### 4.6. 实施效果

本系统已在中山供电局得到了应用。实际使用效果表明，系统的设计理念符合实际的工作要求，所提供的行业负荷分析和用户负荷分析能够使工作人员掌握行业用户的用电规律，能够快速挖掘错峰空间和采取适宜的错峰方式，能够满足客户在错峰生产中的个性化需求，使电力公司在错峰工作中提前规划，有的放矢，提高了工作效率的同时提高客户满意度，具有很强的实用价值。

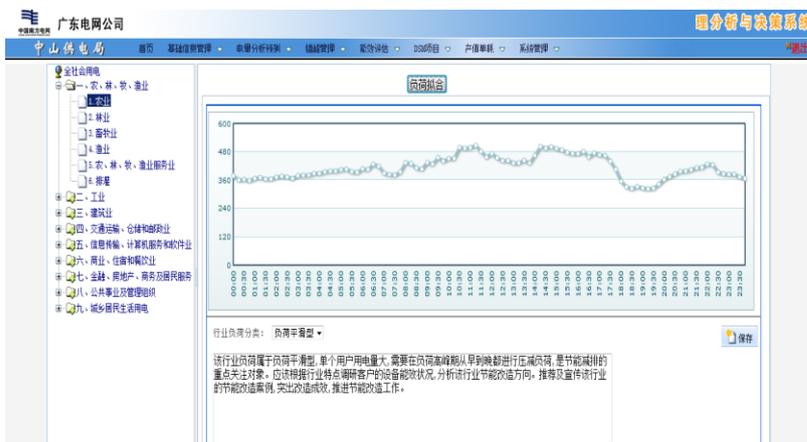


Figure 6. The analysis of industry load

图 6. 行业负荷分析

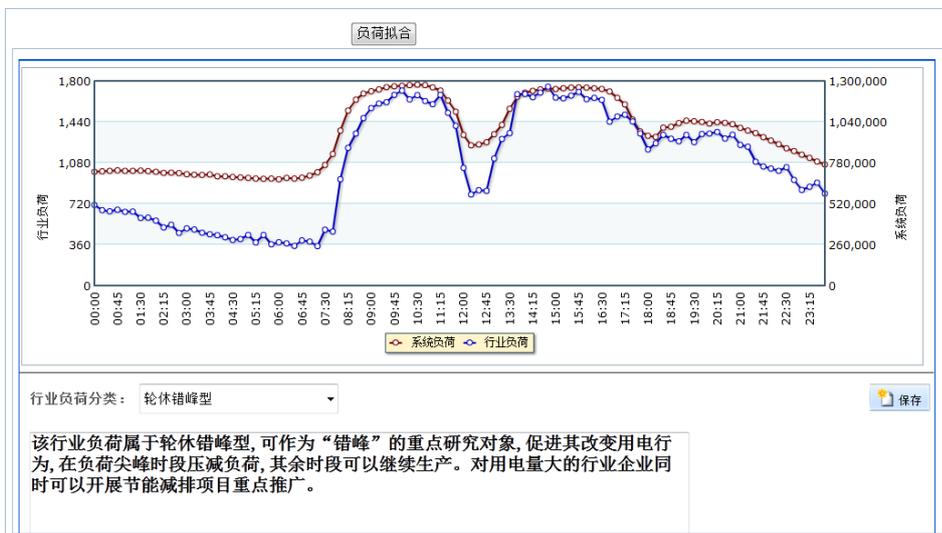


Figure 7. Industry load types  
图 7. 行业负荷分群类型



Figure 8. The setting of the user load shifting  
图 8. 用户错峰设置



Figure 9. The user load shifting  
图 9. 用户错峰



Figure 10. Analysis of peak load shifting  
图 10. 错峰分析

## 5. 结语

以营销系统、计量自动化系统等系统数据库为数据来源, 研究行业的用电曲线变化规律, 从而准确把握行业企业的用电特点。按照行业用户的用电特点进行用户分类, 标示对负荷高峰贡献较多的重点企业, 了解潜在的错峰优化措施。

实施错峰优化, 在确保错峰效果的同时, 对企业造成的影响降低, 减少了企业的停电时间, 比原方案更能得到工业客户的理解和支持配合, 有效提升客户自觉错峰率, 从而减少开展错峰工作所需要的人力物力。

实施错峰优化后, 错峰效率的提升将降低对工业客户强制停限电的频率; 对客户提供差异化的方案, 降低了对工业客户正常生产的影响, 树立以客户为先, 提供优质服务的形象。上述成效将会大大提升客户满意度。

## 基金项目

广东中山供电局科技项目(K-GD2012-281)。

## 参考文献 (References)

- [1] 曾鸣 (2001) 电力需求侧管理. 中国电力出版社, 北京.
- [2] 周昭茂 (2007) 电力需求侧管理技术支持系统. 中国电力出版社, 北京.
- [3] Novosel, D. (2008) Emerging technologies in support of smart grids. *Proceedings of IEEE Power and Energy Society General Meeting: Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*, Pittsburgh, 20-24 July 2008. <http://dx.doi.org/10.1109/pes.2008.4596957>
- [4] 陈树勇, 宋书芳, 李兰欣, 等 (2009) 智能电网技术综述. *电网技术*, **8**, 1-7.
- [5] 余贻鑫, 栾文鹏 (2009) 智能配电网概述. *第一届智能电网研究学术论坛*, 天津, 236-242.
- [6] Demand Response and Smart Grid Coalition. Accelerating the use of demand response and smart grid technologies is an essential part of the solution to America's energy, economic and environmental problems.
- [7] 杨浩, 张磊, 何潜, 等 (2010) 基于自适应模糊 C 均值算法的电力负荷分类研究. *电力系统保护与控制*, **16**, 111-115.
- [8] Chicco, G., Napoli, R. and Piglione, F. (2006) Comparisons among clustering techniques for electricity customer classification. *IEEE Transactions on Power Systems*, **21**, 933-940. <http://dx.doi.org/10.1109/TPWRS.2006.873122>
- [9] 黎祚, 周步祥, 林楠 (2012) 基于模糊聚类与改进 BP 算法的日负荷特性曲线分类与短期负荷预测. *电力系统保护与控制*, **3**, 56-60.