

# 地区级电网负荷特性及其影响因素分析

尹琦, 刘青丽

(德阳电业局, 四川 德阳 618000)

**摘要:**结合作者所在地区电网的实际,详细分析了电网负荷特性及其影响因素,综合考虑了各产业、水电机组、气候条件、产业结构与政策、电网规划与建设等多因素对实际电网负荷的影响。针对所在电网存在的问题,提出了改善电网负荷特性的建议。

**关键词:**负荷特性;影响因素;电网结构,改进措施

**Abstract:** The load characteristics and its influence factors of Deyang Power Grid are analyzed in detail, and the proposals for improving the load characteristics of power grid are put forward.

**Key words:** load characteristics; influence factors; network structures; improvement action

**中图分类号:** TM714 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-6954(2009)01-0065-04

在实际电网运行管理过程中,必须结合电网实际,认真考虑各种影响因素,包括:产业结构与政策、经济水平、地理位置、气候条件、负荷水平等,存在很大的随机性和不确定性。在制定运行方式、检修方式和运行管理中,对负荷特性及其影响因素的研究是保证电网安全经济运行的前提条件。结合中国西部较典型的地区级电网的实际,重点研究负荷组成与结构、负荷变化趋势与规律、负荷影响因素及其与负荷的关系,针对不同因素变化应采取的技术措施进行了研究,期望通过研究提出适应地区级电网实际需要的负荷分析方法,为四川电网乃至中国西部地区电网的安全经济运行提供参考。从实际电网出发,为了全面掌握电网运行的实际情况,了解负荷变化规律及变化趋势,为电网的电力电量平衡计算、电网调峰规划及电网规划提供依据,以提高电网运行的经济性。

## 1 历年负荷特性分析

在实施西部大开发战略的过程中,产业结构和政策的调整对电网负荷结构有重要影响。在西部地区尤其是在四川,重工业、高能耗产业的比重不断增多,形成了电网的主要负荷。所研究的实际电网地处中国重型装备制造基地,该地区的主要产业包括:机械加工、钢铁、烧碱、黄磷、水泥等,这些行业的用电量占全网用电市场的 70%以上,其中排名前 10 的大客户的用电量占全网售电能量的 30%以

上。从总体上看,黄磷受国家宏观经济政策调控影响较大,其余工业企业的用电量更多取决于市场变化。

所研究的电网,2000~2007 年用电比重变化如见表 1。其中,2007 年第一产业用电由于农村生产排灌负荷增长大,比重呈下降趋势;第二产业由于结构调整,用电比重有所下降,但其占总供电能量比例大,导致 2007 年供电能量增长缓慢;第三产业若不考虑 2003~2007 年限电因素的影响,应呈上升趋势;居民生活用电比重呈上升趋势;趸售电能量比重呈较快上升趋势。

表 1 各产业用电比重 (%)

年份	一产	二产	三产	居民	趸售
2000	6.4	73.8	5.5	10.3	4.1
2001	5.1	73.2	6.0	9.3	6.5
2002	3.2	72.4	8.0	9.0	7.4
2003	2.0	72.4	7.4	8.8	9.4
2004	2.0	75.6	6.3	8.0	8.2
2005	1.1	75.6	5.6	8.6	9.1
2006	1.7	70.4	5.8	9.8	12.3
2007	1.2	67.4	4.8	9.5	17.2

该电网 2000 年主网供电能量为 34.6 亿  $\text{kW} \cdot \text{h}$ , 2007 年为 70.98 亿  $\text{kW} \cdot \text{h}$ , 年均递增率 10.6%。2000 年主网最大供电负荷为 544 MW, 2007 年达 1164 MW, 年均递增率 11.42%。

2000~2005 年主网年平均最大负荷和年平均负荷显著增长,但 2006 年由于受高耗能产品出口退税

政策的影响,什邡市和绵竹市电量有所波动,导致德阳电网主网年平均负荷较往年增长缓慢。见图 1。

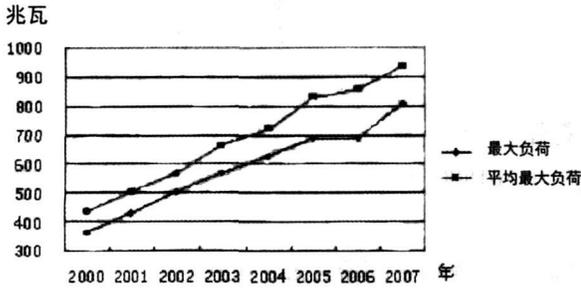


图 1 2000~2007 年平均最大负荷和平均负荷

德阳电网 2000~2007 年主网平均负荷率介于 0.82~0.90 (见图 2), 负荷均衡且波动小。其原因主要是由于德阳地区高耗能、黄磷企业多, 这些用户多半是三班制或二班制连续生产, 平均负荷较高。这些企业一般选择平段和谷段用电, 使得德阳地区平段和谷段的用电负荷不低反高。特别是在冬季, 低谷电价低, 德阳地区许多用电能量大的企业都采取避峰生产。

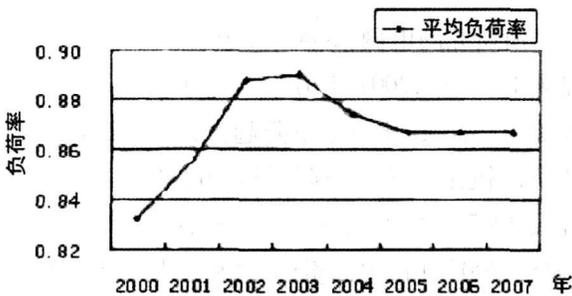


图 2 2000~2007 年平均负荷率

用电负荷增长的同时, 地区用电峰谷差也在逐年加大。虽然 2007 年最大峰谷差达 425 MW, 与 2006 年同期持平, 但从发展的角度看, 还有继续加大的趋势 (见表 2)。

表 2 2000~2007 年年最大峰谷差

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
最大峰谷差 (MW)	198	203	225	292	311	361	425	425

德阳地区用电峰谷差变化特点是夏季和冬季大于春、秋两季。这是由于德阳地处川西平原, 夏季闷热、冬季湿冷, 冬季无集中供暖设备, 采暖制冷均采用空调设备。这就决定了随着空调负荷的增长, 夏季高峰与冬季高峰的峰值十分接近。近年来人民生活水平的不断提高, 伴随第三产业的发展, 夏季和冬季空调负荷的快速增长, 德阳电网最大负荷发生在冬、夏两季。

## 2 影响德阳地区历年用电负荷的因素

### 2.1 德阳地区小水电对用电负荷的影响

截至 2007 年底, 德阳电网全口径并网电厂装机容量为 57.805 MW, 全是水电机组。2007 年度的丰水期上网平均负荷仅为 10.62 MW, 平水期上网平均负荷仅为 9.24 MW, 枯水期上网平均负荷仅为 4.11 MW, 占德阳地区丰、平、枯水期平均负荷的 1.36%、1.26%、0.58%, 影响较小。

### 2.2 气温及气候对用电负荷的影响

居民生活用电负荷、农村生产排灌用电负荷具有明显的季节波动特点, 在多数情况下, 直接影响系统峰值负荷的大小和出现时间。尤其是随着取暖器、空调、电风扇之类家用电器日益广泛地使用, 居民负荷变化对系统峰值负荷变化的影响越来越大。商业部门越来越广泛地采用空调、电风扇、制冷制热设备等, 使得商业用电负荷也同样具有季节性变动的特性, 并且这种趋势正在增长。相对来说, 大多数工业负荷一般都受气候影响较小。

2007 年德阳空调降温日用电量最高已接近 4 GWh, 并且还将继续增长。一般来说, 冬季气温在 8℃ 以下或夏季气温在 25℃ 以上时, 负荷的季节特性就会较明显的表现出来。

就德阳地区而言, 当气温降至 10℃ 以下时, 取暖负荷占总用电负荷的比重大大增加, 最高可达 15%; 当气温在 10℃~18℃ 之间时, 取暖负荷占总用电负荷的比重开始下降, 约占总用电负荷的 6%; 当气温在 18℃~25℃ 之间时, 降温负荷逐渐增加, 最高约占总用电负荷的 3%; 当气温高于 25℃ 时, 降温负荷大幅增加, 最高约占总用电负荷的 20%。

### 2.3 其他因素对用电负荷的影响

① 随着经济发展和产业结构调整的不断深入, 德阳 6 县 (市、区) 的招商引资工作逐渐向招商选资方向发展, 集中优势工业发展区的建设构想和战略目标, 使德阳市工业园区快速成为全市经济发展的闪亮点和增长点, 其中 2006 年以二重为龙头的重工业同比增长 47.7%, 以化肥为主的化工行业同比增长 21.1%。全市全社会投资完成额同比增长 10.41%, 其中商品房销售额增长幅度最大, 同比增幅为 78.42%。2007 年, 二重、美丰等大工业用电能量保持了 20% 以上的增幅。

② 由于高耗能行业不景气, 2006 年年平均日负荷率较往年有所降低, 但负荷率水平相对较高。

③ 枯水期由于电煤供应不足, 全省供电趋紧, 同时部分地区 (如川西北、川东北地区) 因网架薄弱联络线输送能力有限, 在峰平段出现供电能力不足, 电网被迫采取错峰、拉闸限电等需求侧管理措施。2006 年夏季, 受益地内百年不遇严重旱情的影响, 8 月份全网在峰水期出现了多年不见的以电量供应不足为主要特点的电力供需矛盾, 夏季日最大避峰负荷达 145 MW。2007 年汛期总降水量接近常年略偏少, 平均温度省内大部分地区较常年略偏高, 夏季降温负荷所占的比重加大, 但未出现限电。

④ 电网结构和输变电设备的限制。电网不能跟上负荷发展的需要, 主要表现为: 220 kV 变电容量不足, 110 kV 部分输变电设备不满足  $n-1$  要求, 配电网线径偏小且局部配电变压器容量不足。

### 3 2008 年影响德阳地区用电负荷特性的因素分析

#### 3.1 2008 年影响德阳地区用电负荷的因素

##### 3.1.1 大工业市场发展的影响

2008 年德阳地区经济工作重心仍是以重大装备制造为龙头, 在节能减排政策的带动下合理调整化工产业结构, 集中发展高新技术工业园区。因此 2008 年全局电力主要增长点仍表现为大工业用电的快速增长, 同时化工行业产业结构优化结果将逐渐减缓全局售电能量的增长速度。

##### 3.1.2 趸售区电力销售高速发展

从全局售电结构来看, 趸售电量占全局售电总量 17.18%, 为德阳局第二大用电市场, 同时也是德阳局增长最大的市场。

##### 3.1.3 居民用电的影响

2007 年居民用电增幅达 3.32%。预计 2008 年居民用电较往年有所增加, 但居民用电受温度、生活水平影响较大, 具有不确定因素。

#### 3.2 2008 年影响德阳地区供电能力的因素

1) 枯水期由于电煤供应不足、来水偏少, 主网电力电量供应无法满足所有用户需求。受主网与川西地区联络线潮流断面稳定限额的限制, 德阳电网枯水期供电形势依然严峻。

2) 受电网结构和输变电设备的限制。

##### 3.2.1 网络结构不合理

220 kV 变电站之间的 110 kV 联络线不足导致 220 kV 站全站失压或主变检修后大量负荷无法转移或依赖相邻电业局转移困难。

德阳电网 110 kV 线路串供变电站较多, 最为突出的是绵竹和中江电网。

单线单变、单线双变、多电源单变变电站共计 21 个, 电网供电可靠性降低。

110 kV 变电站电源进线不合理。如 110 kV 电源进线均在一段母线上, 造成电源进线段母线检修需对外停电。110 kV 电源一备一用, 主供电源一侧为刀闸进线, 备用电源一侧为开关进线。对于这种接线的变电站在主供电源线路检修时, 必须采用主变压器停电的方式, 才能将主变压器从主供电源倒至备用电源供电。

##### 3.2.2 变压器容量不足

220 kV 主变压器容量不足。2007 年 220 kV 新市、孟家变电站均出现主变压器过载现象, 新市主变压器最高时达到了 280 MW, 容载比仅有 0.97。

多台 110 kV 变压器重载。全局变压器重载的有斑竹等 4 个 110 kV 变电站。其中 110 kV 斑竹站主变压器容量容载比仅为 1.4; 民主枯水期负荷已经满载。

##### 3.2.3 配网问题

部分 10 kV 配网线径偏小, 联络能力不足。

表 3 德阳地区 2008 年主网供电负荷预测

月	月电量	最大负荷	平均最大负荷	平均最低负荷
1	6.09	960.00	895.00	648.00
2	4.69	905.00	815.00	587.00
3	6.34	965.00	905.00	656.00
4	6.54	1 019.00	950.00	685.00
5	7.25	1 093.00	1 013.00	737.00
6	6.65	1 129.00	1 029.00	743.00
7	6.45	1 140.00	1 042.00	759.00
8	6.49	1 186.00	1 066.00	780.00
9	6.42	1 048.00	970.00	701.00
10	6.32	1 064.00	981.00	708.00
11	7.02	1 268.71	1 156.00	856.00
12	7.70	1 321.09	1 196.00	896.00
合计	77.96	1 321.09	1 001.50	729.67

### 4 2008 年主网负荷需求预测

依据历史资料, 结合德阳电网供电能力, 计及限

电因素的影响,采用自然增长 + 显著增长的基本预测方法, 预计 2008 年 德阳电业局可实现售电能量 73. 439 亿 kW · h 同比增长 5. 48%; 力争实现售电能量 75. 0785 亿 kW · h 同比增长 7. 83%。2008 年各月负荷预测见表 3。

## 5 改善德阳电网负荷特性的主要措施

(1)加强设备停电管理, 实行《年度停电管理办法》。《年度停电管理办法》的核心就是将德阳电网所辖设备的大修、技改、预试和基建的停电工作都纳入电业局年度停电计划和供电局年度停电计划, “同一设备一年内原则上只安排一次停电计划”。大力推行带电作业和不停电作业。任何单位发生重复计划停电和非计划停电、停电延期, 电业局都将对其进行严格考核。

(2)加快电网建设。加快中江 220 kV 站及配套的 110 kV 输变电工程、绵竹 220 kV 九岭站及配套的 110 kV 输变电工程等一系列新建、扩建工程项目, 增加变电容量, 提高供电可靠性, 解决供电能力不足的问题。

(3)加快 10 kV 配电网改造, 适当增加配电变压

器, 对老旧线路进行更新改造, 并新建配电线路, 消除配网“卡脖子”现象。

(4)加强负荷预测工作。做好每日极值预测; 并根据季节、气温变化的特点进行负荷的预测, 提高负荷预测的准确率, 以减少拉闸限电。如夏季应注意空调负荷、气候突变对负荷变化的影响, 做好降温负荷预测; 冬季电力供应紧缺, 做好负荷预测, 指导用电客户根据供电形势有序用电。

(5)合理、科学安排运行方式; 及时掌握系统运行的情况、负荷水平、电网薄弱环节, 在此基础上合理安排设备停电检修方式。方式安排中, 杜绝电网设备过载运行。方式变化较大时, 应进行潮流计算, 了解系统潮流、电压的变化及可能对系统带来的影响。

(6)加强需求侧管理, 有效降低高峰时段的电力需求。

(7)充分发挥电价在削峰填谷、均衡用电方面的经济杠杆作用。进一步加大峰谷电价政策的执行力度, 区别不同行业的价差比例, 实行分时段按功率因数调整电费, 以增强各类用户对其的响应程度, 指导用户低谷用电, 提高电网负荷率。执行季节性电价、避开电网尖峰时段。

(收稿日期: 2008-11-10)

(上接第 12 页)

2007, 27 (1): 93-97.

[8] Cristaldi L, Ferrero A. Harmonic power flow analysis for the measurement of the electric power quality [J]. IEEE Trans on Instrum. and Meas. 1995, 44: 683-685.

[9] Wilsun Xu, Xian liu, Yili liu. An Investigation on the validity of Power-Direction Method for Harmonic Source Determination [J]. IEEE Transactions on Power Delivery. 2003, 18(1): 214-219.

[10] Li Chun, Xu Wilsun, Tayjasanant T. A critical impedance based method for identifying harmonic sources [J]. IEEE Trans on Power Delivery. 2004, 19 (2) : 671-678.

[11] Moustafa A A, Moussa A M, El-Gammal M A. Separation of Customer and Supply Harmonics in Electrical Power Distribution Systems [C]. Harmonics and Quality of Power 2000 Proceedings Orlando Florida. 2000, 3 (1): 1035-1040.

[12] Kandil M S, Farghal S A, Elmitwally A. Refined power quality indices [J]. IEE Proceedings - generation Transmission and Distribution. 2001, 148(6): 590-596.

[13] Antonio Dell'Aquila, Maria Marinelli, Vito Giuseppe Monopoli, Pericle Zanchetta. New power-quality assessment criteria for supply systems under unbalanced and non-sinusoidal conditions [J]. IEEE Transactions on Power Delivery. 2004, 19(3): 1284-1290.

[14] 吴竞昌. 供电系统谐波 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.

[15] Mahdi M, ElAri. A time domain load modelling technique and harmonics analysis [C]. 8th International Conference on Harmonics and Quality of Power Athens Greece. 1998, 930-938.

[16] 何晓群, 刘文卿. 应用回归分析 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2001.

### 作者简介:

龚华鳞 (1985-), 男, 四川成都人, 硕士研究生, 研究方向: 电能质量及其控制技术。

肖先勇 (1968-), 男, 四川宜宾人, 副教授, 硕士生导师, 长期从事电能质量及其控制技术等方面的教学和研究。

(收稿日期: 2008-12-08)