

河南省电力需求响应能力测算与储备目标优化分解

刘军会¹,刘湘莅¹,华 隼²,白宏坤¹,付 涵²

(1. 国网河南省电力有限公司 经济技术研究院,郑州 450000;

2. 国网河南省电力有限公司 营销部,郑州 450000)

Power demand response capability calculation and reserve objective optimized decomposition of Henan province

LIU Junhui¹, LIU Xiangli¹, HUA Jun², BAI Hongkun¹, FU Han²

(1. Economic Research Institute, State Grid Henan Electric Power Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China;

2. Marketing Department, State Grid Henan Electric Power Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China)

摘要:“十四五”期间,河南省电力供需缺口持续加大,国家和国网公司对逐步形成3%~5%的需求侧响应能力提出了明确要求,引导需求侧可调节资源向电力供应紧张的地区倾斜。为确保需求响应工作稳步推进,在合理评估18个地市需求侧响应能力的基础上,统筹考虑全省、各地市电力供需情况,完成全省需求响应储备目标在各地市的优化分解。相关研究方法和结论可用于需求响应实施方案的制定,有助于需求侧可调节资源纳入“十四五”期间电力规划,更好发挥保障供需平衡、缓解电网投资的作用。

关键词:电力需求响应;电力供需;能力测算;目标分解

Abstract: During the 14th Five-Year Plan period, the gap between power supply and demand in Henan province will continue to increase. The government and State Grid put forward clear requirements for gradually forming a 3%~5% demand response capability, so as to guide the adjustable resources to favor regions with power supply shortage. In order to ensure the steady progress, the power supply and demand of the whole province are considered, and the decomposition optimization of the provincial demand response reserve target in each municipality are achieved based on the assessment of the demand response capability of 18 cities. Relevant methods and conclusions can be applied to the formulation of demand response plan, which is conducive to the integration of demand side adjustable resources, so as to better play the role of guaranteeing the balance of supply and demand and mitigating power grid investment.

Key words: demand side response; power supply and demand; capability calculation; target decomposition

0 引言

近年来,国家对需求响应能力建设提出明确要求:通过引导和激励电力用户挖掘调峰资源,形成占年度最大用电负荷3%左右的需求响应能力^[1-2]。国网公司要求强化需求侧管理,将需求侧可调节负荷纳入电力规划,按照95%最大负荷进行“十四五”期间电力平衡规划。文献[3]—文献[5]聚焦响应潜力和激励机制开展研究,文献[6]—文献[9]对政策保障机制、信息化支撑、平台部署等关键问题进行探讨,为河南省开展需求响应工作提供了较好的借鉴和参考,但未见面向规划的应用研究。为把需求侧可调节资源纳入“十四五”期间电力规划,作为平衡电力供需的首选手段,本文聚焦各地市响应能力,充

分考虑地区供需情况,从全省整体出发进行评估,优化储备目标分解顺序,实现储备目标与响应能力的动态平衡,确保目标制定合理,规划切实可行。

1 “十四五”期间河南省及各地市电力供需情况分析

面对“十四五”期间河南电力供需缺口的压力,单纯从供给侧难以经济、高效地解决供电缺口问题,需要充分挖掘需求侧响应潜力。为在电力供应紧张的区域安排足量的需求侧可调节负荷资源,开展更精准、灵活的互动响应,需要根据“十四五”期间电力供需情况,进一步明确分区电力缺口。

1.1 河南省电力供需情况分析

综合考虑河南省全社会最大负荷以及系统供应能力,“十四五”期间全省电力缺口呈逐年扩大趋势,2025年缺口将扩大至约1 600万kW。河南省“十四五”期间夏季晚高峰电力平衡情况如表1所示。

收稿日期:2020-12-18;修回日期:2021-01-08

基金项目:国网河南省经济技术研究院“电力需求侧响应资源潜力评估与市场化实施模式研究”

表1 河南省“十四五”期间夏季晚高峰电力平衡情况
Table 1 Summer evening peak power balance of Henan province during the 14th Five-Year Plan period

	万 kW				
晚高峰	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年
全社会最高负荷	7 644	8 134	8 624	9 114	9 604
非统调电厂容量	136	182	205	215	224
全省统调负荷	7 389	7 799	8 258	8 739	9 221
统调电网需要备用容量	961	1 014	1 074	1 136	1 199
统调电网需要装机容量	8 349	8 813	9 332	9 875	10 420
统调电源装机容量	9 095	9 537	9 760	9 671	9 791
区外电力输入	1 431	1 995	2 115	2 235	2 375
电力盈亏	-168	-277	-751	-1 387	-1 612

注:晚高峰负荷为午高峰的98%。

1.2 “十四五”期间河南省分区电力平衡情况

“十四五”期间,参照各分区电力需求情况和省网平衡原则对河南省各分区电力平衡情况进行分析,如表2、表3所示。

表2 “十四五”期间河南省分区晚高峰电力平衡情况
Table 2 Evening peak power balance of Henan province during the 14th Five-Year Plan period

	万 kW				
	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年
豫北	11	-79	-175	-279	-378
安鹤濮	-213	-257	-301	-354	-407
焦新	224	177	126	76	28
豫西	444	380	359	257	206
洛三济	444	380	359	257	206
豫中东	-214	-299	-449	-596	-678
郑州	88	48	-54	-148	-177
开商	-302	-347	-395	-448	-501
豫南	-501	-385	-548	-784	-768
许漯周	-425	-478	-540	-644	-689
平南	-173	-95	-148	-264	-326
驻信	9	95	41	17	132

注:表2中数据为15%备用条件下的电力平衡结果。正数表明电力盈余,负数表明电力缺额。

1.2.1 豫北区域

2021年豫北整体电力盈余11万kW;到2023年,豫北电力缺口为175万kW;到2025年,豫北地区电力缺口进一步扩大,整体电力缺额378万kW。

1.2.2 豫西区域

作为河南的电源基地,2021年豫西整体电力盈余444万kW;到2023年,豫西整体电力盈余359万kW;到2025年,豫西盈余206万kW。

1.2.3 豫中东区域

考虑天中直流逐步满送,2021年豫中东整体电力缺额为214万kW;到2023年,豫中东整体电力缺额约为449万kW;到2025年,豫中东整体电力缺口进一步扩大至678万kW。

表3 “十四五”期间河南省各地市晚高峰电力平衡情况
Table 3 Evening peak power balance of prefecture-level cities in Henan province during the 14th Five-Year Plan period

	万 kW				
	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年
安阳	-270	-287	-304	-327	-350
鹤壁	170	161	151	141	130
濮阳	-129	-149	-168	-189	-209
焦作	229	210	186	168	150
新乡	-25	-53	-81	-115	-145
济源	54	28	22	16	9
三门峡	305	301	295	289	282
洛阳	110	96	66	26	-13
郑州	88	48	-54	-148	-177
开封	-206	-229	-250	-280	-309
商丘	-122	-147	-175	-200	-225
许昌	-112	-129	-151	-207	-200
漯河	-128	-137	-149	-162	-179
周口	-217	-246	-278	-315	-352
平顶山	-24	-38	-57	-129	-150
南阳	-170	-79	-114	-159	-203
驻马店	136	249	224	235	385
信阳	-144	-172	-203	-239	-275

注:表3中数据为15%备用条件下的电力平衡结果。正数表明电力盈余,负数表明电力缺额。

1.2.4 豫南电网

考虑2020年青豫直流建成投产,2021年豫南整体电力缺口约501万kW;到2023年,豫南电力缺口扩大至548万kW;到2025年,豫南地区整体电力缺口约768万kW。

综上,“十四五”初期,豫南因青豫直流的投运,驻信由传统的受电区域变为送电区域,河南省夏季晚高峰时期供电紧张的地区主要分布在豫南的许漯周、平南5个地市。随着各区域负荷发展,“十四五”中期,供电紧张的区域扩展到豫北的安鹤濮。“十四五”末期,供电紧张区域进一步扩展至豫中的郑开商地区。

2 “十四五”期间河南省18地市响应能力评估

需求响应能力与区域产业结构和负荷水平密切相关,各地市存在一定的差异。单个地市的需求响应能力可以通过调研方式由行业响应能力“自下而上”汇总得到。

地市 m 第 i 个行业响应能力计算公式为

$$\Delta P_{m,i} = P_{\text{peak},i} \cdot \gamma_i \cdot \delta_i \quad (1)$$

式中: $\Delta P_{m,i}$ 为地市 m 行业 i 需求响应能力; $P_{\text{peak},i}$ 为实施需求响应前峰荷,是行业固有的负荷特性,具有一定的发展规律,可根据“十四五”期间地市行业发展规划采用趋势外推法进行预测; γ_i 为需求响应时段可削减(避峰)负荷比例,与用户的用电设备、

生产工艺、负荷管理水平有关; δ_i 为行业 i 用户参与度, 可通过调研一定数量的样本用户 j ($j=1, 2, 3, \dots, n$) 获得。假定总量为 n 的样本用户中有 k 个用户参与需求响应, 则对于行业 i 可以合理推测出削峰比例 γ_i 和参与度 δ_i 如下

$$\gamma_i = \sum_{j=1}^k \frac{\gamma_{ij}}{k} \quad (2)$$

$$\delta_i = \frac{k}{n} \quad (3)$$

对具有参与意向、具备响应能力的 r 个行业负荷削减潜力进行累加, 汇总得到地市 m 的需求响应能力 P_m ($m=1, 2, 3, \dots, 18$), 即

$$P_m = \sum_{i=1}^r \Delta P_{m,i} \quad (4)$$

按照上述方法通过调研分析得到“十四五”期间河南省各地市响应能力, 如表4所示。到2025年, 将各地市需求响应能力相加可得, 全省可调节负荷规模将达到774万kW, 响应能力超过750万kW。

表4 “十四五”期间河南省各地市响应能力分解
Table 4 Response capability decomposition of prefecture-level cities in Henan province during the 14th Five-Year Plan period

万 kW					
年份	2021	2022	2023	2024	2025
全省合计	588	624	668	717	774
安阳	40	42	44	47	50
濮阳	13	15	16	18	20
鹤壁	8	8	9	10	11
新乡	47	50	54	58	62
焦作	46	47	49	52	54
三门峡	17	18	18	19	21
洛阳	75	77	80	83	87
济源	16	16	17	17	18
郑州	81	87	94	101	110
开封	22	23	25	27	29
商丘	34	37	40	44	49
许昌	25	27	29	31	33
漯河	15	17	18	20	22
周口	26	31	35	39	44
驻马店	25	27	30	33	36
信阳	18	20	22	24	26
平顶山	31	32	34	36	38
南阳	48	51	55	59	64

3 “十四五”期间河南省需求响应储备目标地市分解

根据分区电力供需形势, 按照年度储备目标在全省范围内组织需求响应资源。“十四五”期间河南省需求响应储备目标如表5所示。

根据电力供需情况, 将18个地市分成3类。从

表5 “十四五”期间河南省需求响应储备目标
Table 5 Demand response reserve target of Henan province during the 14th Five-Year Plan period

万 kW					
年份	2021	2022	2023	2024	2025
全社会最大用电负荷	7 800	8 300	8 800	9 300	9 800
需求响应年度实施规模	260	320	380	440	500
需求响应年度储备目标	390	480	570	660	750

全省整体出发, 树立“一盘棋”思想, 统筹考虑地市电力供应缺口与需求响应能力, 优化储备目标分解顺序, 实现储备目标与响应能力的动态平衡。

第Ⅰ类: “十四五”期间不存在供电缺口且负荷规模小的地区, 比如三门峡、济源; 由于青豫直流投运, 由受电区域变为供电区域, 且工业负荷比重较低的地区, 如驻信;

第Ⅱ类: “十四五”期间始终存在供电缺口、需要外部联络线供应的地区, 如许漯周和平南;

第Ⅲ类: “十四五”期间逐步出现供电缺口的地区, 如安鹤濮、郑开商; “十四五”期间不存在供电缺口但负荷规模较大的地区, 如洛阳、焦新。

储备目标分解顺序如下:

(1) 首先安排第Ⅰ类地区, “十四五”期间需求响应储备目标维持2020年水平;

(2) 其次安排第Ⅱ类地区, “十四五”期间需求响应储备目标与本地需求响应能力保持一致;

(3) 剩余储备目标安排第Ⅲ类地区实施, 设定平衡系数 k , 实现储备目标与响应能力的动态平衡

$$\sum_{l \in \text{III}} k \cdot A_{m,l} = P_m - \sum_{x=1}^{\text{II}} Q_{m,x} \quad (5)$$

式中: P_m 为年度 m 全省需求响应储备目标, m 为水平年, 取值为2021年、2022年……2025年; $Q_{m,x}$ 为年度 m 第 x 类地区已确定的储备目标, x 取值为Ⅰ、Ⅱ; $A_{m,l}$ 为年度 m 地市 l 的需求响应能力, 地市 l 归属为第Ⅲ类地区; k 为平衡系数, 一般情况下, 平衡系数 $0 < k \leq 1$, 若 $k > 1$, 则将参与平衡的地市范围扩大到第Ⅱ类地区。

通过平衡系数 k 确定第Ⅲ类地区的储备目标 $Q_{m,\text{III}}$

$$Q_{m,\text{III}} = k \cdot A_{m,l} \quad l \in \text{III} \quad (6)$$

各地市的储备目标分解方案如表6所示。

4 主要结论

全省“十四五”期间一直存在电力缺口, 且呈现逐年扩大趋势, 2025年缺口将扩大至1 600万kW; 经测算, 2025年全省需求响应能力将超过750万kW, 可以

表6 “十四五”期间河南省需求响应储备目标地市分解方案

Table 6 Demand response reserve target decomposition scheme of prefecture-level cities in Henan province during the 14th Five-Year Plan period

		万 kW				
区域分类		2021	2022	2023	2024	2025
第Ⅰ类	全省合计	390	480	570	660	750
	三门峡	5	5	5	5	5
	济源	5	5	5	5	5
	驻马店	20	20	20	20	20
第Ⅱ类	信阳	10	10	10	10	10
	许昌	25	27	29	31	35
	漯河	15	17	18	20	23
	周口	26	31	35	39	47
	平顶山	31	32	34	36	40
	南阳	48	51	55	59	67
第Ⅲ类	安阳	23	31	39	46	53
	濮阳	7	11	14	18	21
	鹤壁	4	6	8	10	11
	郑州	45	64	82	100	116
	开封	12	17	22	27	30
	商丘	19	27	35	44	51
	洛阳	42	56	70	82	92
	新乡	26	37	47	57	65
	焦作	26	35	43	51	57

满足全省需求侧响应500万kW的实施规模(最大负荷5%水平);为确保需求响应稳步实施,需统筹考虑地市响应能力与区域供需缺口进行储备目标分解。

4.1 “十四五”期间大部分地市存在电力供应缺口

综合考虑河南省全社会最大负荷以及系统供应能力,“十四五”期间全省电力缺口呈逐年扩大趋势,2025年缺口将扩大至1 600万kW左右。因青豫直流的投运,驻信由传统的受电区域变为送电区域,2025年驻信区域盈余132万kW;作为传统的电源基地,2025年豫西区域盈余206万kW。随着负荷的发展,2025年供电紧张的区域为豫北的安鹤濮、豫中的郑开商、以及豫南的许洛周、平南;其中,安鹤濮区域电力缺额将扩大至407万kW,郑开商区域电力缺额扩大至678万kW,许洛周、平南区域电力缺额扩大至689万kW、326万kW。

4.2 2025年全省需求响应能力超过750万kW

需求响应自实施以来,参与用户主要集中于工业企业和大型商业。需求响应能力与区域产业结构、负荷水平密切相关,综合考虑各地区的响应能力与电力供需形势,对各地市通过调研方式“自下而上”汇总分行业响应能力,预计2025年全省需求响应能力超过750万kW,可以满足全省需求侧响应500万kW的实施规模(最大负荷5%水平)。

4.3 目标分解需统筹考虑地市响应能力与区域供需缺口

需求响应储备目标分解应坚持全省“一盘棋”,

统筹考虑地市响应能力与区域供需缺口。需求响应能力与区域产业结构和负荷水平密切相关,各地市存在一定的差异;同时,各区域供需形势不同,对需求侧可调节资源量的需求也存在差异。应坚持“因地制宜、分类推进”的原则,对于“十四五”期间不存在供电缺口的地区,储备目标应与响应能力解耦,维持在合理的较低水平;对于“十四五”期间持续存在供电缺口的地区,储备目标应按照响应能力的上限进行设定;对于其他地区,通过设置平衡系数,确保全省总体目标的实现。

5 “十四五”期间需求响应工作建议

“十四五”期间,为促进全省逐步建立占年度最大负荷3%~5%的需求响应能力,建议规划阶段把需求响应作为重要资源,纳入电力供需平衡规划,充分利用互联网信息技术,提升签订需求响应协议、自动对用电设备进行远程控制等操作便捷度;同时,利用支付宝、微信等使用率高的社交生活软件等现代化新媒体宣传方式,提高广大居民和小商业用户对需求响应的认可度,进而提高需求响应能力^[10]。

5.1 规划阶段把需求响应作为重要资源,纳入电力供需平衡

优先保证省内电源有效供给能力,积极开拓省外市场,大力推进第三直流前期工作,同时,把需求响应作为重要的资源纳入供需平衡,根据电力供需情况稳步扩大实施范围和规模,并进一步挖掘电动汽车充电桩、冷库、通信基站等新兴负荷的需求响应潜力。

5.2 开发利用需求响应支撑技术,提升响应便捷度

利用互联网信息技术,将用户参与需求响应的预期收益和实际补贴金额及时反映给用户,激发其参与需求响应项目的积极性。利用便捷的线上服务,试点网上签订需求响应协议,丰富签约形式,简化签约流程。采用智能控制终端,依据用户意愿或者电网侧需求响应指令,自动对用电设备进行远程控制,实现灵活需求响应。

5.3 加强宣传引导,提高广大居民和小商业用户需求响应能力

丰富激励手段,以政府或者省公司表彰文件等形式激发基层工作人员组织、宣传、参与需求响应的积极性。采用现代化新媒体宣传方式,利用支付宝、微信等使用率高的社交生活软件,向全社会宣传需求响应及用能优化对保障电力平衡安全、提升效率、降低全社会成本的重要意义,加强与电力用

户、负荷聚合商、设备厂商等市场主体的业务合作,共同促进需求响应业务良性发展。D

参考文献:

- [1] 国家发展改革委. 关于深入推进供给侧结构性改革做好新形势下电力需求侧管理工作的通知[EB/OL]. [2020-12-18]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-09/26/content_5227721.htm.
National Development and Reform Commission. Notice on further promoting supply side structural reform and doing a good job of power demand side management under the new situation [EB/OL]. [2020-12-18]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-09/26/content_5227721.htm.
- [2] 国家发展改革委,国家能源局. 关于做好2019年能源迎峰度夏工作的通知[EB/OL]. [2020-12-18]. http://ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/yxj/sjdt/201906/t20190625_987026.html.
National Development and Reform Commission, National Energy Administration. Notice on energy peak in 2019 [EB/OL]. [2020-12-18]. http://ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/yxj/sjdt/201906/t20190625_987026.html.
- [3] 李章允,王钢,丁茂生,等. 考虑负荷用电统计特性的需求响应潜力评估[J]. 中国科技论文, 2017, 12(5): 529-536.
LI Zhangyun, WANG Gang, DING Maosheng, et al. Demand response potential quantitative evaluation considering load statistical characteristics [J]. China Science Paper, 2017, 12(5): 529-536.
- [4] 陈璐,杨永标,姚建国,等. 基于电力积分的需求响应激励机制设计[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(18): 82-87.
CHEN Lu, YANG Yongbiao, YAO Jianguo, et al. Incentive mechanism design for demand response based on power score [J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(18): 82-87.
- [5] 李扬,孙宇军,王蓓蓓. 智能电网下需求响应实施模式和激励机制研究[J]. 供用电, 2014, 21(3): 28-31.
LI Yang, SUN Yujun, WANG Beibei. Research on implementation mode and incentive mechanism of demand response under smart power grid [J]. Distribution & Utilization, 2014, 21(3): 28-31.
- [6] 李彬,陈京生,李德智,等. 我国实施大规模需求响应的关键问题剖析与展望[J]. 电网技术, 2019, 43(2): 694-704.
LI Bin, CHEN Jingsheng, LI Dezhi, et al. Analysis and prospect of key issues in China's demand response for further large scale implementation [J]. Power System Technology, 2019, 43(2): 694-704.
- [7] 曾博,杨雍琦,段金辉,等. 新能源电力系统中需求侧响应关键问题及未来研究展望[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(17): 10-18.
ZENG Bo, YANG Yongqi, DUAN Jinhui, et al. Key issues and research prospects for demand-side response in alternate electrical power systems with renewable energy sources [J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(17): 10-18.
- [8] 田世明,王蓓蓓,张晶. 智能电网条件下的需求响应关键技术[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(22): 3 576-3 589.
TIAN Shiming, WANG Beibei, ZHANG Jing. Key technologies for demand response in smart grid [J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(22): 3 576-3 589.
- [9] 何继江,谭小英. 电力需求响应机制建设的路径分析[J]. 中国电力企业管理, 2016, 24(15): 57-59.
HE Jijiang, TAN Xiaoying. Path analysis of power demand response mechanism construction [J]. China Power Enterprise Management, 2016, 24(15): 57-59.
- [10] 闫华光,陈宋宋,李世豪,等. 需求响应发展现状及趋势研究[J]. 供用电, 2017, 24(3): 2-8.
YAN Huaguang, CHEN Songsong, LI Shihao, et al. Research on the current situation and development trend of demand response [J]. Distribution & Utilization, 2017, 24(3): 2-8.

作者简介:

刘军会(1988),男,河南南阳人,工程师,研究方向为能源电力供需以及电力需求响应。

(责任编辑 殷茉吟)

广告索引

国网江苏省电力有限公司信息通信分公司 (封二)

国网(宁夏)电动汽车服务有限公司 (封三)

江苏安方电力科技有限公司 (封底)

国网(江苏)电力需求侧管理指导中心有限公司 ... (P01)