

区域发电权交易网省协调优化模式研究

于琪¹,张晶²,王宣元²,张粒子¹

(1. 华北电力大学 电气与电子工程学院,北京 102206;2. 华北电网有限公司,北京 100053)

摘要:提出2种区域发电权交易网省协调优化模式,即网省分层优化模式和区域统一优化模式。介绍了2种协调优化模式的组织形式,定性分析了模式的特点及适用条件,从经济学的角度,分别在有阻塞约束和无阻塞约束的情况下,对模式的经济机理进行了深入剖析,并对2种模式的市场效率进行了比对。得到结论:有输电约束时,采用区域统一优化模式下的总社会福利大于等于网省分层优化模式下的总社会福利;无输电约束时,采用区域统一优化模式下的总社会福利大于网省分层优化模式下的总社会福利;在区域发电权交易市场建设初期,宜采用网省分层优化模式实现发电权交易从省级市场向区域市场过渡;区域统一优化模式规避了网省协调过程中所造成的效率损失,宜采用区域统一优化模式不断完善区域发电权交易市场。算例分析验证了所得结论的正确性。

关键词:发电权交易模式; 分层优化; 统一优化; 输电阻塞; 优化

中图分类号: TM 71; F 123.9

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.03.015

0 引言

发电权交易对优化资源配置、提高能源利用效率具有重要意义,是实施电源结构调整、促进节能减排的市场化手段。自2008年3月《发电权交易监管暂行办法》出台以来,全国大部分省市都开展了发电权交易,交易规模与交易范围不断扩大,2009年国家电网公司共完成发电权交易电量 1.442×10^{11} kW·h。为打破省间壁垒,在更大范围内提升资源配置效率,中国正在对区域发电权交易进行有益探索和积极实践。2009年11月东北电网公司达成了国内首次跨省发电权交易,撮合成交电量 1.376×10^9 kW·h,进一步扩大了资源优化配置的范围。

在发电权交易由省级市场逐步过渡到区域市场以及不断完善区域市场的过程中,通过网省两级市场协调运行,还是由区域市场统一优化,不仅涉及到发电资源优化配置程度的问题,还与区域电力市场运行体系建设紧密相关,选择合理的交易模式不但可以提高发电侧市场活跃度,促进发电资源优化配置,更能进一步完善我国区域电力市场运行体系,推进电力市场化改革。

目前,国内关于发电权交易的研究主要集中在交易机理、交易模式、交易模型、阻塞调度以及网损成本等方面^[1-8],且研究大多基于省内市场。文献[9]对省内发电权交易与跨省跨区发电权交易进行了分析比较,并从提高能源总体利用效率的角度,给出了跨省跨区发电权交易的边界条件。文献[10]以华中电网为例,基于华中区域电力交易平台,分析了市场主体的效益、环境效益及节能减排效果,探讨了跨省发电权交易的效益分配模式。但是,上述研究均未对区域发电权交易的网省协调模式进行详细的探讨。虽然在网

省协调模式研究方面,区域电力市场建设^[11-15]、电力系统优化调度^[16]等领域已有涉及,但是从发电权交易的角度对此进行研究的文献尚未见报道。

在上述背景下,本文结合国内外区域电力市场建设经验和我国现有跨省跨区电力交易组织方式,提出了2种区域发电权交易网省协调优化模式,即区域统一优化模式和网省分层优化模式。文中首先阐述了这2种模式的市场组织形式,定性分析了模式的特点及适用条件;然后,从经济学的角度,对有输电阻塞和无输电阻塞情况下各模式的经济机理和市场效率进行了深入的剖析;最后,以A、B两省共11台机组的区域发电权交易算例对文中所得结论进行了验证。

1 区域发电权交易网省协调优化模式

1.1 网省分层优化模式

网省分层优化模式是指:在1个区域内设置1个区域发电权交易市场负责省间交易,同时设置若干个省级发电权交易市场负责各自的省内交易。参与发电权交易的机组首先向省交易中心申报交易价格与交易电量,由省交易中心组织本省交易,并将没有成交或成交电量没有达到申报量的机组的申报价格和剩余电量提交至区域交易中心,由区域交易中心组织省间交易。

区域发电权交易网省分层优化模式与我国现有以省为实体的电力管理体制和现有跨省跨区交易机制相切合,因此,在区域发电权交易市场建设初期,可以采用网省分层优化模式,通过网、省两级市场的协调优化,实现发电资源更大范围的优化配置。但是,在网省分层优化模式下,受市场交易时序和省间价差的影响,两级市场容易促使市场主体进行策略性报价,降低市场效率。对于省间成交价格高于省内成交价格的省,将会激励省内替代机组在后续交易中尝试

提高报价,以参与省间交易提高自身福利;对于省间成交价格低于省内成交价格的省,则会激励省内被替代机组在后续交易中尝试降低报价,以参与省间交易提高自身福利。

1.2 区域统一优化模式

区域统一优化模式是指:在 1 个区域内仅设置 1 个发电权交易市场,区域内参与发电权交易的各机组均直接向区域电力交易中心申报交易价格与交易电量,由区域交易中心根据各机组提交数据,统一组织发电权交易。

区域统一优化模式规避了网省协调过程中所造成的效率损失,对提高市场整体的资源配置效率具有重要意义。在该模式下,市场规模变大,参与竞争的交易主体增多,有利于增强市场价格的稳定性。因此,为促进区域发电权交易的发展,逐渐完善区域电力市场运营体系,应逐步推进区域统一优化的交易模式。

2 无输电阻塞时网省协调模式经济学分析

2.1 网省分层优化模式下的社会福利

设某区域电网共包含 2 个省网,两省分别组织其省内的发电权交易,如图 1 所示(ρ 为价格, P 为电量),省 1 内被替代机组的综合报价曲线为 BTD_1 ,替代机组综合报价曲线为 TD_1 ,省内均衡价格为 ρ_1 ,成交电量为 P_1 ;省 2 被替代机组综合报价曲线为 BTD_2 ,替代机组综合报价曲线为 TD_2 ,省内均衡价格为 ρ_2 ,成交电量为 P_2 。在网省分层优化模式下省 1 和省 2 边际出清后总社会福利分别如图 1 (a)、(b) 中阴影部分所示。

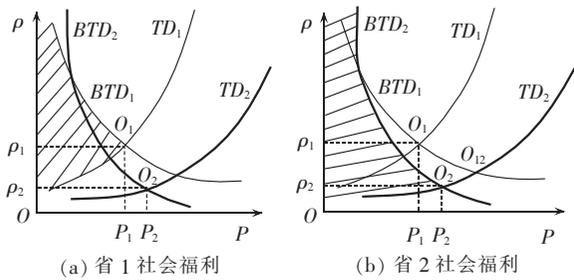


图 1 网省分层优化下省内交易的社会福利
Fig.1 Welfare of inner-provincial trade in layered optimization mode

省内交易后,省 1 内有部分未成交的被替代电量报价高于省 2 内部分未成交的替代机组,即图 1(b) 中曲线 BTD_1 的 O_1O_{12} 段的值大于曲线 TD_2 的 O_2O_{12} 段的值,因此具有进行省间交易的价格空间。

省内出清后,区域交易中心组织省间交易,如图 2 所示,曲线段 O_1O_{12} 上报价高的机组应先与 O_2O_{12} 上报价低的机组交易,但是由于 $P_1 < P_2$,使得能够进行交易的省 1 被替代机组和省 2 替代机组的交易电量

并不对应,为了在图 2 中直观表示出省间交易产生的社会福利,可在各机组报价不变的条件下,将曲线 TD_2 沿着电量轴向左平移 ΔP ,即得曲线 TD'_2 ,则曲边三角形阴影 $O_1O'_{12}O'_2$ 的面积即为省 1、省 2 交易获得的总福利。

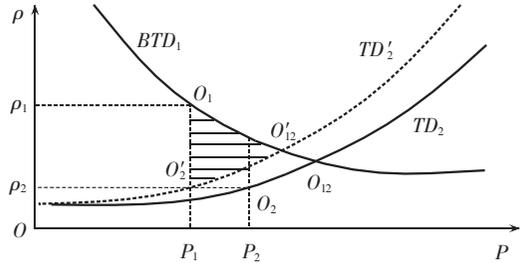


图 2 网省分层优化下省间交易的社会福利
Fig.2 Welfare of inter-provincial trade in layered optimization mode

2.2 区域统一优化模式下的社会福利

在区域统一优化模式下,如图 3 所示,全区域总被替代曲线 BTD 由省 1、省 2 被替代曲线 BTD_1 、 BTD_2 合成,全区域总替代曲线 TD 由省 1、省 2 替代曲线 TD_1 、 TD_2 合成。同时,市场均衡点从省 1 和省 2 的市场均衡点 O_1 、 O_2 变为全区域均衡点 O_R ,均衡价格变为 ρ_R ,该均衡价格低于省 1 的均衡价格 ρ_1 ,并高于省 2 的均衡价格 ρ_2 。

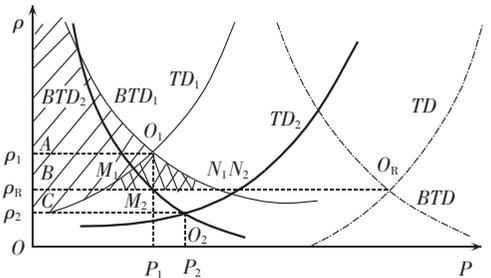


图 3 区域统一优化下省 1 的社会福利
Fig.3 Welfare of province 1 in integrated optimization mode

暂不考虑省间交易对各省福利的影响,相比省 1 单独出清,区域统一出清后,省 1 交易价格下降,省 1 的被替代机组福利增加,其增加量为曲边梯形 ABN_1O_1 的面积,而省 1 的替代机组福利减少,其减少量相当于曲边梯形 ABM_1O_1 的面积。所以,区域统一优化模式可以使省 1 总社会福利增加,其值等于增加的被替代机组福利扣除减少的替代机组福利,即曲边三角形 $O_1M_1N_1$ 的面积。

同理可知,区域统一优化模式可使省 2 总社会福利增加,如图 4 所示,其值等于增加的替代机组福利扣除减少的被替代机组福利,即曲边三角形 $O_2M_2N_2$ 的面积。通过上述分析可知,曲边三角形 $O_1M_1N_1$ 与 $O_2M_2N_2$ 的面积之和即为相比各省内单独出清,区域统一优化模式下的总社会福利增加值。

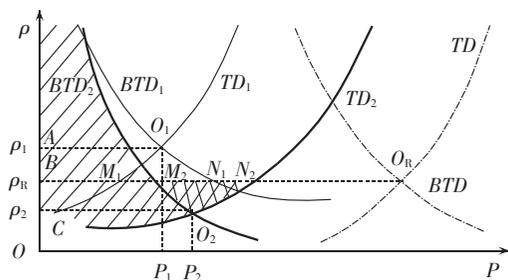


图 4 区域统一优化下省 2 的社会福利
Fig.4 Welfare of province 2 in integrated optimization mode

2.3 2 种模式下社会福利的对比分析

如图 5 所示,区域统一优化模式与网省分层优化模式的社会福利对比实际上是比较曲边三角形 $O_1M_1N_1$ 与 $O_2M_2N_2$ 的面积之和与曲边三角形 $O_1O'_2O'_2$ 的面积的大小。

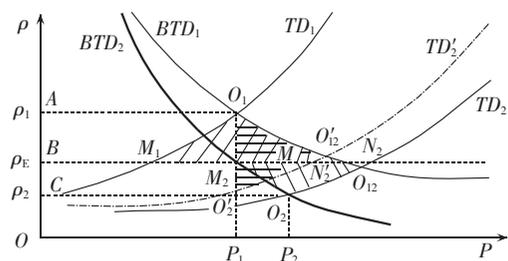


图 5 2 种模式的社会福利对比

Fig.5 Comparison of welfare between two modes

由于 $O'_2M_2=O_2M$, $M_2N'_2=MN_2$, 并且曲线段 $O'_2N'_2=O_2N_2$, 所以有曲边三角形 $O'_2M_2N'_2$ 全等于曲边三角形 O_2MN_2 , 因而二者面积相等, 即:

$$S(O'_2M_2N'_2)=S(O_2MN_2) \quad (1)$$

设 U_a 为网省分层优化下省间交易获得的福利增量, U_b 为区域统一优化相对于各省单独出清(不考虑省间交易)获得的福利增量, 根据图 5 可知:

$$\begin{aligned} U_a &= S(O_1O'_2O'_2) < S(O_1M_2N_1) + S(O'_2M_2N'_2) \\ U_b &= S(O_1M_1M_2) + S(O_1M_2N_1) + \\ & S(M_2O_2M) + S(O_2MN_2) \end{aligned} \quad (2)$$

$$U_b - U_a > S(O_1M_1M_2) + S(M_2O_2M)$$

即在不考虑输电阻塞时, 区域统一优化模式下的社会福利大于网省分层优化模式下的社会福利。

3 有输电阻塞时网省协调模式经济学分析

3.1 网省分层优化模式下的社会福利

网省分层优化模式下, 省间输电约束不会影响各省的省内交易结果, 因而不会影响各省省内交易的社会福利, 但可能会影响省间交易成交总量。如图 6 所示, 在没有输电约束情况下, 省间交易量为 P_{sj} , 联络线输电约束为 P_{cs} , 当 $P_{cs} < P_{sj}$ 时, 省间交易量减少为 P_{cs} , 省间交易产生的总福利为曲边四边形 $O_1O'_2F'F$ 的面积。综上分析, 网省分层优化模式下, 联络线输电

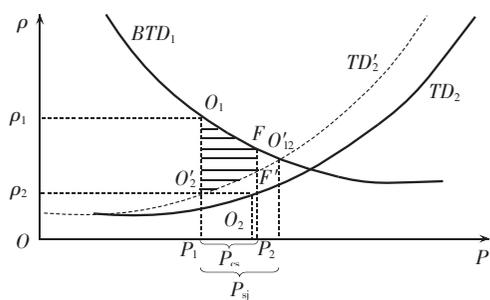


图 6 有输电阻塞时省间交易的社会福利
Fig.6 Welfare of inter-provincial trade with transmission congestion

阻塞将会限制省间交易量, 导致省间交易社会福利比无阻塞时减少。

3.2 区域统一优化模式下的社会福利

当省间联络线有输电阻塞时, 区域内各省的出清价格将不再相同, 如图 7 所示, 当输电阻塞为 P_{cs} 时, 省 1 出清价格为 ρ_{E1} , 省 2 出清价格为 ρ_{E2} , 省 1 较单独出清时的福利增加值是曲边三角形 $O_1M'_1N'_1$ 的面积; 省 2 较单独出清时的福利增加值是曲边三角形 $O_2M'_2N'_2$ 的面积; 此外, 由于输电阻塞产生阻塞盈余为 C_{cs} , 其值等于联络线可用输电容量与两省出清价格的乘积, 即:

$$C_{cs} = P_{cs}(\rho_{E2} - \rho_{E1}) \quad (3)$$

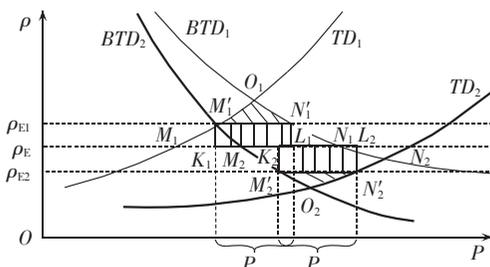


图 7 有输电阻塞时区域统一优化下的社会福利
Fig.7 Welfare in integrated optimization mode with transmission congestion

图 7 中, 矩形 $M'_1N'_1L_1K_1$ 与矩形 $M'_2N'_2L_2K_2$ 面积之和即为阻塞盈余。设 U'_{ly} 、 U_{ly} 分别为有、无输电阻塞时区域统一优化下的社会福利, 由图 7 可知:

$$\begin{aligned} U_{ly} &= S(O_1M_1N_1) + S(O_2M_2N_2) \\ U'_{ly} &= S(O_1M'_1N'_1) + S(O_2M'_2N'_2) + \\ & S(M'_1N'_1K_1L_1) + S(M'_2N'_2K_2L_2) \\ U_{ly} - U'_{ly} &= S(M_1M'_1K_1) + S(N_1N'_1L_1) + \\ & S(M_2M'_2K_2) + S(N_2N'_2L_2) > 0 \end{aligned} \quad (4)$$

即区域统一优化模式下, 无输电阻塞时区域社会福利大于有输电阻塞时区域社会福利。

3.3 2 种模式下社会福利的对比分析

如图 8 所示, 当省间有输电阻塞时, 区域统一优化模式下, 相比各省单独出清, 省 1 总福利增加值为曲边三角形 $O_1M'_1N'_1$ 的面积, 省 2 总福利增加值为 $O_2M'_2N'_2$ 的面积, 阻塞盈余为矩形 $L_1L'_1L'_2L_2$ 的面积, 区

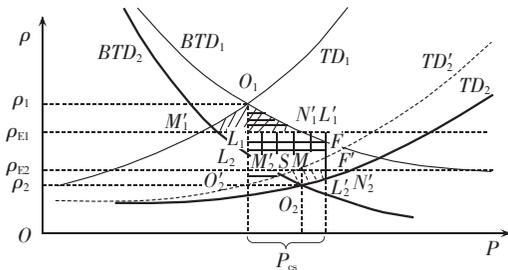


图 8 有输电阻塞时不同模式的社会福利对比
Fig.8 Comparison of welfare between modes with transmission congestion

域总社会福利等于三者之和。网省协调优化模式下,各省单独出清后,当省间传输容量小于无约束下省间交易电量时,产生的福利为曲边四边形 $O_1O_2'F'F$ 的面积。

因 $O_2'L_2=O_2M, L_2S=MN_2'$, 并且曲线段 $O_2'S=O_2N_2'$, 故曲边三角形 $O_2'L_2S$ 全等于曲边三角形 O_2MN_2' , 因而可得二者面积相等, 即:

$$S(O_2'L_2S) = S(O_2MN_2') \quad (5)$$

设 U_a^c 为有输电阻塞时省间交易获得福利增量, U_b^c 为有输电阻塞时区域统一优化相对于各省单独出清(不考虑省间交易)获得福利增量, 由图 8 可知:

$$U_a^c = S(O_1O_2'F'F) = S(O_1L_1N_1') + S(L_1L_2SF'FN_1') + S(O_2'L_2S) \\ U_b^c = S(O_1M_1N_1') + S(O_2M_2N_2') + S(L_1L_1'L_2L_2) \quad (6)$$

$U_b^c - U_a^c = S(O_2M_2M) + S(M_2O_2M) + S(MSKO_2) > 0$
即当省间有输电阻塞时, 区域统一优化模式的总社会福利仍大于网省协调模式的总社会福利。

在前面的分析中, 本文均将发电权交易综合报价曲线视为连续光滑曲线, 然而, 在实际操作中, 发电权交易主体一般被规定按照常数或分段常数的形式进行投标, 综合报价曲线通常为阶梯型, 由图 9 可知:

$$U_a^c = S(O_2H_2N_2HH_1O_1O_2) \\ U_b^c = S(O_1M_1N_1H_1) + S(O_2M_2N_2H_2) + S(M_2HN_1M_1) \\ U_b^c - U_a^c = 0 \quad (7)$$

即当发电权交易双方报价为阶梯曲线时, 在省间有输

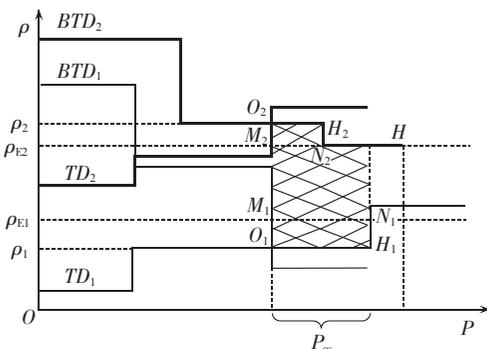


图 9 阶梯型综合报价曲线下的社会福利对比
Fig.9 Comparison of welfare under stepped bidding curve

电阻塞情况下, 区域统一优化模式下的总社会福利可能等于网省协调模式下的总社会福利。

4 算例分析

A、B 两省共 11 台机组参与的发电权交易, 各机组申报价格及申报电量如表 1 所示。其中省 A 中替代机组相对较多, 且申报价格较低; 省 B 中多为小容量机组, 申报价格较高。

表 1 算例数据

Tab.1 Data for case study

省A 机组号	申报电量/(GW·h)	申报价格/(元·(MW·h) ⁻¹)	省B 机组号	申报电量/(GW·h)	申报价格/(元·(MW·h) ⁻¹)
A ₁	-2	310	B ₁	-3	330
A ₂	-3	270	B ₂	-3	290
A ₃	2	210	B ₃	-2	280
A ₄	3	230	B ₄	2	260
A ₅	2	240	B ₅	3	275
A ₆	2	250			

注: 机组申报电量为负指被替代机组, 为正指替代机组。

4.1 无输电阻塞情况

在无输电阻塞情况下, 按照网省分层优化和区域统一优化模式得到的发电权交易结果如表 2 所示。

表 2 不同网省协调模式下各机组成交结果

Tab.2 Results of trade for different coordinated optimization modes

编号	机组数据		网省分层优化		区域统一优化	
	申报价格/(元·(MW·h) ⁻¹)	成交电量/(GW·h)	成交价格/(元·(MW·h) ⁻¹)	成交电量/(GW·h)	成交价格/(元·(MW·h) ⁻¹)	成交电量/(GW·h)
A ₁	310	-2	230	-2	270	
A ₂	270	-3	230	-1	270	
A ₃	210	2	230	2	270	
A ₄	230	3	230	3	270	
A ₅	240	2	265	2	270	
A ₆	250	1	265	2	270	
B ₁	330	-3	290	-3	270	
B ₂	290	-3	290	-3	270	
B ₃	280	-2	262.5	-2	270	
B ₄	260	2	290	2	270	
B ₅	275	3	290	0	270	

如图 10 所示, 在区域统一优化模式下省 A 中被

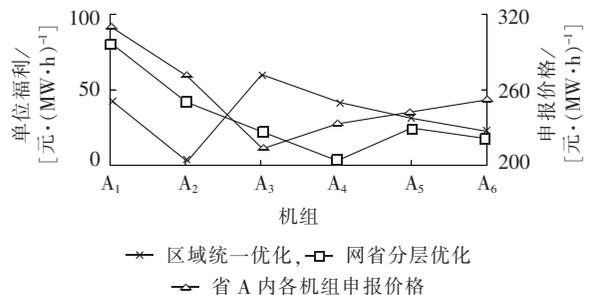


图 10 不同模式下省 A 各机组单位福利与报价关系
Fig.10 Relation between unit power welfare and quoted price for province A in different modes

替代机组 A_1, A_2 单位福利(单位福利是指机组成交单位电量时所获得的收益,在数值上等于机组报价与成交价格之差)与申报报价成正比,替代机组 $A_3 \sim A_6$ 单位福利与申报价格成反比。然而在网省分层优化模式下,省 A 内替代机组 A_4 报价低于替代机组 A_5, A_6 , 所获单位福利却小于 A_5, A_6 , 这是因为 A_5, A_6 参加省间交易,成交价格要大于省内交易价格,这种情况将会激励省 A 内替代机组提高报价以参与省间市场,这将进一步降低省 A 的社会福利,有碍发电权交易的顺利开展。

4.2 有输电阻塞情况

为分析输电阻塞对不同发电权交易模式的影响,本文将省间传输容量限制从 0 变化到 5 单位电量。如图 11 所示,随着省间传输容量的降低,区域统一优化模式下社会福利一直下降,且阻塞约束越紧,总福利下降幅度越大,一直到省间输电容量降为 0 时,总福利不再下降,等于各省单独交易下的总福利。

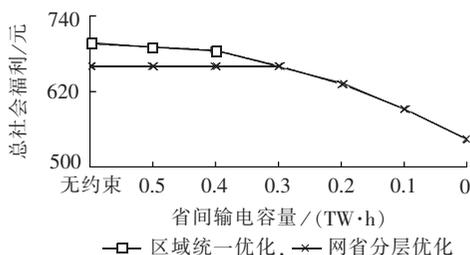


图 11 不同省间输电容量下 2 种模式的总福利

Fig.11 General welfare of two modes for different inter-provincial transmission capacities

在网省分层优化模式下,当省间传输容量大于等于无约束情况下的省间交易电量时,总社会福利不受阻塞约束影响,其值与无输电阻塞时相同;当省间传输容量小于无约束时的省间交易电量时,总社会福利变化趋势与区域统一优化模式下的完全一致。

5 结论

本文提出了区域发电权交易的 2 种网省协调模式,即区域统一优化模式和网省协调模式,对 2 种模式的组织形式、特点及适用条件进行了阐述,从经济学角度分别对有、无输电阻塞时 2 种优化模式下的社会福利进行了对比分析,主要得出以下结论:

a. 无输电约束时,区域统一优化模式下的总社会福利大于网省分层优化模式下的总社会福利;

b. 有输电约束时,区域统一优化模式下的总社会福利大于等于网省分层优化模式下的总社会福利;

c. 网省分层优化模式与我国以省为实体的电力管理体制和现有跨省跨区交易机制相切合,因此,在区域发电权交易市场建设初期,宜采用该模式实现发电权交易从省级市场向区域市场过渡;

d. 区域统一优化模式规避了网省协调过程中所

造成的效率损失,对提高市场整体的资源配置效率具有重要意义。因此,宜采用区域统一优化模式不断完善区域发电权交易市场。

参考文献:

- [1] 王雁凌,张粒子,杨以涵. 基于水火电置换的发电权调节市场[J]. 中国电机工程学报,2006,26(5):131-136.
WANG Yanling,ZHANG Lizi,YANG Yihan. Adjusting market of generation rights based on hydro-thermal exchange[J]. Proceedings of the CSEE,2006,26(5):131-136.
- [2] 黎灿兵,康重庆,夏清,等. 发电权交易及其机理分析[J]. 电力系统自动化,2003,27(6):13-18.
LI Canbin,KANG Chongqing,XIA Qing,et al. Generation rights trade and its mechanism[J]. Automation of Electric Power Systems,2003,27(6):13-18.
- [3] 姚建刚,周启亮,张佳启,等. 基于期权理论的发电权交易模型[J]. 中国电机工程学报,2005,25(21):76-81.
YAO Jiangang,ZHOU Qiliang,ZHANG Jiaqi,et al. Generation rights trade model based on option theory[J]. Proceedings of the CSEE,2005,25(21):76-81.
- [4] 莫莉,周建中,李清清,等. 基于委托代理模型的发电权交易模式[J]. 电力系统自动化,2008,32(2):30-34.
MO Li,ZHOU Jianzhong,LI Qingqing,et al. Mechanism of generation rights trades based on principal agent model[J]. Automation of Electric Power Systems,2008,32(2):30-34.
- [5] 肖健,文福控. 发电权交易的阻塞调度[J]. 电力系统自动化,2008,32(18):24-29.
XIAO Jian,WEN Fushuan. Congestion dispatch for generation rights trades[J]. Automation of Electric Power Systems,2008,32(18):24-29.
- [6] 王楠,张粒子,赵新,等. 发电权交易增量网损计算及分摊方法[J]. 电力系统自动化,2010,34(19):25-30.
WANG Nan,ZHANG Lizi,ZHAO Xin,et al. Incremental loss calculation and allocation method on generation right trades[J]. Automation of Electric Power Systems,2010,34(19):25-30.
- [7] 张粒子,王楠,赵新,等. 发电权交易网损补偿问题剖析[J]. 电网技术,2011,35(3):200-204.
ZHANG Lizi,WANG Nan,ZHAO Xin,et al. Analysis on network loss compensation caused by trading of generation right[J]. Power System Technology,2011,35(3):200-204.
- [8] 艾东平,鲍海,杨以涵. 用于发电权交易安全校核的发电机有功功率线性分布因子算法[J]. 电力自动化设备,2010,30(12):42-46.
AI Dongping,BAO Hai,YANG Yihan. Algorithm of generation linear distribution factors for security analysis of generation rights trade[J]. Electric Power Automation Equipment,2010,30(12):42-46.
- [9] 尚金成. 基于节能减排的发电权交易理论及应用:(二)发电权交易分析及应用[J]. 电力系统自动化,2009,33(13):37-42.
SHANG Jincheng. Generation right exchange theory and its applications based on energy-saving and emission reducing:part two generation right exchange analysis and applications[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(13):37-42.
- [10] 杨建华,吴冰莹,高一丹,等. 华中区域平台跨省发电权交易研究[J]. 水电能源科学,2011,29(1):158-161.
YANG Jianhua,WU Bingying,GAO Yidan,et al. Research on interprovincial generation rights trade of Central China power

- system[J]. Water Resources and Power,2011,29(1):158-161.
- [11] 夏清,彭涛,江健健. 兼顾经济协调发展和电网安全的区域共同市场[J]. 电力系统自动化,2004,28(19):1-5.
- XIA Qing,PENG Tao,JIANG Jianjian. Regional layered electricity market considering economical coordinated power grid security [J]. Automation of Electric Power Systems,2004,28(19):1-5.
- [12] 彭涛,夏清,江健健,等. 区域电力市场交易模式的经济机理剖析[J]. 电力系统自动化,2004,28(7):20-23.
- PENG Tao,XIA Qing,JIANG Jianjian,et al. Analysis of economic mechanism of two regional electricity market models [J]. Automation of Electric Power Systems,2004,28(7):20-23.
- [13] 傅书暹,白晓民,张扬,等. 区域电力市场模式及运营方式[J]. 电力系统自动化,2003,27(9):1-5.
- FU Shuti,BAI Xiaomin,ZHANG Yang,et al. Regional power market mode and operation[J]. Automation of Electric Power Systems,2003,27(9):1-5.
- [14] 李韩房,谭忠富,栾凤奎. 区域电力市场影响要素分析及市场绩效评估模型[J]. 电力自动化设备,2008,28(3):31-35.
- LI Hanfang,TAN Zhongfu,LUAN Fengkui. Regional electricity market factors and market performance evaluation model[J]. Electric Power Automation Equipment,2008,28(3):31-35.
- [15] 张森林,张尧,陈皓勇,等. 双边交易在南方电力市场的成功实践[J]. 电力自动化设备,2009,29(9):94-100.
- ZHANG Senlin,ZHANG Yao,CHEN Haoyong,et al. Successful bilateral transactions in South China electricity market[J]. Electric Power Automation Equipment,2009,29(9):94-100.
- [16] 尚金成. 兼顾安全与经济的电力系统优化调度协调理论[J]. 电力系统自动化,2007,31(6):28-33.
- SHANG Jincheng. Coordination theory of electric power system optimal dispatch considering security & economics [J]. Automation of Electric Power Systems,2007,31(6):28-33.

作者简介:

于琪(1987-),女,内蒙古赤峰人,硕士研究生,从事发电权交易及电力系统优化运行方面的研究(E-mail:yuqi0915@gmail.com);

张粒子(1963-),女,辽宁鞍山人,教授,博士研究生导师,博士,主要从事电力市场、电力系统经济运行、电价领域的研究工作。

Coordinated optimization between regional and provincial grids for regional generation right trade

YU Qi¹,ZHANG Jing²,WANG Xuanyuan²,ZHANG Lizi¹

(1. School of Electrical and Electronic Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

2. North China Grid Company Limited, Beijing 100053, China)

Abstract: Two different modes of coordinated optimization between regional and provincial grids are proposed for the regional generation right trade: layered optimization and integrated optimization. Their organizations are introduced, their features and applicability are qualitatively analyzed, their economic mechanisms are discussed in conditions of both with and without transmission congestion, and their market efficiencies are compared. Following conclusions are achieved: the total welfare of the integrated optimization mode is bigger than or equal to that of the layered optimization mode when there is transmission congestion, while it is bigger when there is no transmission congestion; the layered optimization mode should be adopted in the initial stage of market construction for regional generation right trade for the successful transition from provincial market to regional market; the integrated optimization mode should be used to continuously improve the regional market of generation right trade because it avoids the efficiency loss of the layered optimization mode. Case study verifies the correctness of conclusions.

Key words: generation right trading mode; layered optimization; integrated optimization; transmission congestion; optimization