

# 我国石油资源空间流动的形成机制

赵 媛, 郝丽莎

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210046)

**摘要:** 石油资源流动是实现石油资源时空配置的过程。从对比 21 世纪初和 20 世纪末我国石油资源的空间流动格局入手, 分析格局变化特征及其影响因素, 在此新格局下, 以互动模型(阿隆索模型)为基础, 构建区域石油资源流动机制模型, 并结合区域的对外交通区位度, 将我国石油资源的输流机制划分为供给主导型和交通拉动型, 汇流机制划分为交通拉动型和需求拉动型, 交流机制划分为递接性交流和集散性交流等类型, 并以石油流动形成机制为指导, 建议将陕西培养成我国石油资源的東西交流中心, 并强化广东省的南北交流职能, 以期优化我国石油资源的流动配置水平。

**关键词:** 石油资源; 流动模型; 形成机制; 空间优化

**文章编号:** 1000-0585(2008)05-1027-10

随着我国重大需求目标的转变, 对自然资源流动过程的研究成为 21 世纪资源科学研究的新视角, 它有助于把握我国资源合理开发利用的方向<sup>[1]</sup>; 同时应围绕对国家有重大影响的自然资源, 尽早开展资源流动的时空过程及其规律的定量研究, 深化开展资源流动驱动机制的研究与模拟, 进而提出我国资源流动的调控对策与措施, 实现对我国资源的合理管理、优化配置和可持续利用<sup>[1~3]</sup>。

石油是当今世界能源结构中的首位能源, 其作为战略性基础资源的地位在未来数十年都是不可替代的。在我国, 由于石油资源供需关系的空间分离, “北油南运”、“西油东运”成为石油资源空间流动的基本特征。近年来, 随着经济社会迅速发展对石油消费需求的不断增长, 带动油田开发的新老接替、石化生产力的区域性整合等, 致使我国石油资源的供需空间产生变化。作者曾分析了 20 世纪末我国石油资源流动的空间结构和流场特征<sup>[4]</sup>。进入 21 世纪, 我国石油资源空间流动格局发生了怎样的变化, 为什么会发生变化? 石油资源空间流动格局形成的影响因素和形成机制是什么? 对于这些问题的进一步探讨, 将有利于探索我国石油资源空间流动格局的演化趋势, 为制定石油资源空间流动的优化调控方案奠定基础。本文拟从对比分析 21 世纪初与 20 世纪末我国石油资源空间流动格局的变化特征入手, 分析新格局形成的影响因素, 以探讨我国石油资源空间流动的形成机制, 并提出优化我国石油资源空间流动的构想。

## 1 21 世纪初期我国石油资源空间流动格局的变化特征

首先, 从石油资源产销量来看。对比“1999 年地区能源平衡表”<sup>[5]</sup>和“2006 年地区能

收稿日期: 2007-12-20; 修订日期: 2008-04-18

基金项目: 江苏省高校自然科学研究计划项目: 江苏省能源流时空演化及能源可持续发展模式研究(05KJB170057)

作者简介: 赵媛(1963), 女, 江苏南京人, 教授, 博士, 博士生导师。主要从事能源经济与区域可持续发展研究。Email: zhaoyuan@njnu.edu.cn

源平衡表”<sup>[6]</sup>可以发现, 21 世纪初期我国石油资源消费量较 20 世纪末期有了较大幅度的增长, 2006 年较 1999 年涨幅高达 70. 21%; 而资源产量仅小幅上涨, 2006 年较 1999 年增长 15. 48%; 相应地, 石油资源进口量显著攀升, 2006 年较 1999 年扩张 2 97 倍, 进口量占消费量的比重亦由 1999 年的 19. 32% 上升至 2006 年的 45. 02%。除云南外, 我国其他涉油省 (自治区、直辖市) 的原油消费量均有不同程度增长, 这与我国整合石化生产能力、提高炼厂平均规模、推进石化产业基地化发展有关, 同时国际石油资本重心也开始向我国倾斜, 我国已成为世界举足轻重的石油消费市场。

其次, 从区域石油资源流动平衡来看。在我国 21 个原油生产省 (自治区、直辖市) 中, 辽宁、黑龙江、上海、河南、广西、四川、云南、宁夏等 8 个区域的原油产量下降, 主要减产区位于北部流场<sup>①</sup>, 天津、河北、内蒙古、吉林、江苏、山东、湖北、广东、海南、陕西、甘肃、青海、新疆等 13 个区域原油产量增加, 主要增产区集中于西北流场<sup>①</sup>; 区域原油自给率也发生变化, 除天津、内蒙古、吉林、海南、云南、陕西、甘肃等 7 个区域有不同幅度的提高外, 其他 14 个区域均呈下降趋势 (表 1)。

表 1 我国区域石油资源自给率的变化

Tab 1 Changes of the oil sdf sufficiency ratio by region in China

区域	自给率 $S_i$ (%)			区域	自给率 $S_i$ (%)			区域	自给率 $S_i$ (%)		
	1999	2006	变化		1999	2006	变化		1999	2006	变化
天津	114	216	90%	河北	77	58	- 24%	内蒙古	91	123	36%
辽宁	43	22	- 48%	吉林	51	65	29%	黑龙江	359	244	- 32%
上海	5	1	- 75%	江苏	12	8	- 33%	山东	180	71	- 61%
河南	101	71	- 30%	湖北	14	9	- 31%	广东	82	48	- 42%
广西	6	3	- 53%	海南	0	5	100%	四川	54	10	- 81%
云南	7	114	15 67%	陕西	111	142	28%	甘肃	5	25	3 67%
青海	318	210	- 34%	宁夏	139	3	- 98%	新疆	173	136	- 21%

资料来源: 根据《中国能源统计年鉴 1997- 1999》和《中国能源统计年鉴 2007》计算

第三, 从石油资源空间流动格局来看。对比 1999 年和 2006 年各区域石油资源流动平衡类型和流动职能类型<sup>②</sup>可以发现, 天津由基本自给型区域转变为净支出型区域, 山东则由净支出型区域转变为基本自给型区域, 从而山东代替天津成为北部流场与华东流场之间的交流中心; 宁夏由净支出型区域转变为净补给型区域, 然其 2006 年的石油资源输入量仅为 174. 42 万 t<sup>[6]</sup>, 远小于主要汇流中心的石油输入量, 因而尚未对我国石油资源汇流格局的主体结构产生影响; 内蒙古由 1999 年的内部平衡型区域转变为净支出型区域, 然其 2006 年的石油资源区际输出量仅为 93. 06 万 t<sup>[6]</sup>, 而进口量则达 61 万 t<sup>[6]</sup>, 可见现阶段主要承担海外市场与北部流场之间的交流职能, 但随着区内石油生产量的稳定增长, 以及受到中俄进口原油管道的引流效应影响, 未来内蒙古的石油进口量增长将逐步趋缓, 而转变为黑龙江的输流副中心, 因而对我国石油资源流动的整体格局影响较小; 广东则由基本自给型区域转变为半自给型区域, 流动职能也相应转变为汇流中心, 从而使得我国的石油资源汇地系统向南延伸, 打破了 20 世纪末源汇复合系统南、北、中三足鼎立的平衡格局<sup>③</sup>,

①北部流场和西北流场的内涵界定参见参考文献 [4] 的 3 2 节。  
②我国石油资源流动平衡类型分为基本自给型、半自给型、净补给型和净支出型, 流动职能分为汇流中心、输流中心和交流中心等三种类型, 相关概念的内涵解释及判别方法详见参考文献 [4] 的 1~ 2 节。  
③我国石油资源流动格局由源地系统、汇地系统及源汇复合系统构成, 参见参考文献 [4] 第 3 节。

华南流场丧失了独立性，由海路与北部流场及华东流场弱相连。

综上所述，21 世纪初期我国石油资源流动的源地系统由天津、黑龙江、新疆、青海、陕西 5 大输流中心构成，汇地系统由北京、河北、辽宁、吉林、上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、重庆、四川、广东、广西、海南、宁夏、甘肃等 19 个汇流中心构成，源汇复合系统由山东、河南两大交流中心以及内蒙古弱交流中心构成<sup>①</sup>。石油资源空间流动格局较 20 世纪末期产生变化的主要原因是区域石油资源产需差额与域外石油资源产需差额之间对比关系的变化，以及区域石油资源流入、流出量之间对比关系的变化；其中，石油资源流入、流出量的对比关系又主要取决于石油资源流动条件，即区域是否具有资源大进大出的交通区位优势 and 运输成本优势。由此可以初步断定，我国石油资源空间流动的动力机制是由区域间的资源位势差产生区际资源推引力，促使资源流动以消除资源空间势能、平衡区域资源供需关系；同时，由于石油资源流动空间并非一个均质空间，而是由各种流输通径构成的网状空间，而石油资源总是沿着阻力最小的路径运动，因而区域石油资源流输条件也是石油资源流动的重要和直接影响因素。

2 我国石油资源空间流动模型

根据上述对我国石油资源空间流动的影响因素与动力的分析可以发现，如果将某个区域的外界空间看作一个作用实体，那么该区域与外界之间的资源作用机制具有类重力特征 ( $G = mg$ )，即“石油资源空间流动 (力矢)”同“区域石油资源相对质量 (资源产消差额)”及“区域与外界之间的空间作用力 (对外交通难易度)”成正比。重力模型经过改良，被广泛应用于研究空间相互作用，尤其是交通运输的预测和模拟；鉴于我国石油资源空间流动包括输流和汇流两种运动方式，因而可以运用阿隆索 (W. Alonso) 模型<sup>[7~10]</sup>，推导出区域石油资源流动的动力机制模型。

阿隆索模型即通用位移模型，是各类空间相互作用模型的一般形式，基本表达式为：

$$M_i = V_i A_i^\alpha, \quad M_j = W_j B_j^\beta, \quad M_{ij} = K V_i A_i^{\alpha-1} B_j^{\beta-1} t_{ij} \tag{1}$$

其中： $M_i$ 、 $M_j$  和  $M_{ij}$  分别为各区域的发送量、到达量和交流量， $V_i$  为区域发送量的解释变量，称为区域推力， $W_j$  为区域到达量的解释变量，称为区域拉力， $A_i$  为外界对区域的总引力， $B_i$  为外界资源流向  $j$  区域的总压力， $\alpha$ 、 $\beta$  为参数， $t_{ij}$  描述区域间的空间关系，包括一般关系（距离、时间、费用等）和特殊关系， $K$  为常数。

阿隆索模型既反映了各区域从外界输入资源的机制  $M_i$  和向外界输出资源的机制  $M_j$ ，又反映了区域间多种资源的互动交流机制  $M_{ij}$ ，而本文仅研究区域间石油资源的流动机制，故不考虑区域间多种资源的互动交流机制  $M_{ij}$ 。

因此，当  $\alpha = \beta = 1$  时，可由阿隆索模型得出石油资源空间流动机制模型：

$$\begin{cases} M_i = \rho_i A_i & (2) \\ M_j = \rho_j B_j & (3) \end{cases}$$

其中： $M_i$  为  $i$  区域的资源流出量， $A_i$  为  $i$  区域对外界的资源总压力，即区域石油资源盈余； $M_j$  为  $j$  区域的资源流入量， $B_j$  为  $j$  区域对外界资源的总引力，即区域石油资源缺口； $\rho_i$ 、 $\rho_j$  分别为区域资源推力和区域资源拉力，是区域资源压力或引力转化为资源流动量的解释变量，描述区域与外界之间的空间关联强度（对于我国石油资源流动而言，即

<sup>①</sup>我国石油资源流动格局由源地系统、汇地系统及源汇复合系统构成，参见参考文献 [4] 第 3 节。

为交通条件影响因子), 反映了区域资源势能向资源流动规模转化的比例, 因而  $\rho_1$ 、 $\rho_2$  可分别称为输流指数和汇流指数。

石油资源输流是在区域资源推力作用下产生的石油溢出流。一般情况下, 输流运动发生在资源充裕而石化发展水平相对滞后的地区, 即区域对外界空间形成较大的正向资源位势差, 为能有效转化自身的资源优势, 区域需将正向资源位势差转化为一定的资源输流量; 同时, 区域的交通条件将相应增强或削弱区域对资源势能的释放能力, 相应扩大或限制石油资源的流通规模。因此, 可用输流指数  $\rho$  来分析我国石油资源输流的成因机制:

$$\rho_i = \frac{M_i}{A_i} = \frac{M_i}{P_i - C_i + D_i} \quad (4)$$

其中,  $P_i$  为区域石油资源生产量,  $C_i$  为石油资源消费量,  $D_i$  为石油资源库存变化量, 扣除库存变化量是为了消除其对资源流通量的影响, 还原区域的实际资源供需盈余。

当  $\rho = 1$  时, 即区域的资源盈余全部输出, 交通条件仅对资源输出起承载作用, 而未影响其流通规模, 区域石油资源输流机制为供给主导型; 当  $\rho > 1$  时, 即区域的资源流出量大于资源盈余, 表明区域交通条件促进了区域资源流通规模的扩大, 则区域石油资源输流具有交通拉动型特征; 当  $\rho < 1$  时, 即区域的资源流出量小于资源盈余, 区域交通条件阻碍了资源流通理论规模的形成, 而本文研究的是区域资源现实可供消费量, 因而不存在资源流入量小于区域资源供需缺口的情况。

石油资源汇流是由区域资源引力作用下产生的石油补偿流。一般情况下, 汇流运动发生于石化经济发达而石油资源相对短缺的地区, 即区域与外界之间存在较大的负向资源位势差, 为充分发挥自身的石化生产能力, 区域需利用负向资源位差形成一定的资源汇流量; 同时, 区域交通条件又将增强或降低区域对石油资源的吸附、引导能力, 相应扩大或限制石油资源的流通规模。因此, 可用汇流指数  $\rho_2$  来分析石油资源汇流的成因机制:

$$\rho_i = \frac{M_j}{B_j} = \frac{M_j}{C_i - P_i - D_i} \quad (5)$$

当  $\rho = 1$  时, 区域资源流入完全弥补资源的供需缺口, 交通条件仅对汇流起承载作用, 而未影响其规模, 区域石油资源汇流具有需求主导型特征; 当  $\rho > 1$  时, 资源流入量大于资源供需缺口, 表明交通条件促进了区域资源流通规模的扩大, 区域石油资源汇流具有交通拉动型特征; 同理, 亦不存在  $\rho < 1$  的情况。

石油资源交流运动是由区域资源推力和资源引力耦合作用产生的交互流。一般情况下, 交流运动发生于基本自给型区域, 虽然这些区域与外界的资源位势差相对较小, 但外部作用因子, 如优越的区位、便捷的资源流输途径或特殊的资源流输格局等, 使得区域亦存在隐性的推力或引力, 从而使区域内的石油资源呈现大进大出的交流格局, 体现了交通指向对资源供给和需求指向的替代作用。因此, 可以根据基本自给型区域石油资源的余缺状况, 选择  $\rho$  或  $\rho_2$  来描述区域石油资源的流动机制, 并结合具体的区位和交通条件分析石油资源交流的成因机制。

值得指出的是,  $\rho$  和  $\rho_2$  反映的是交通条件对区域石油资源流动量的影响作用, 而非是对区域交通条件的直接反映, 因而本文进一步提出对外交通区位度的概念, 用以量化区域的对外交通中心性和区域资源流动的便捷性<sup>[11]</sup>, 与  $\rho$  和  $\rho_2$  相互印证, 用于分析各区域石油资源流动的形成机制。对外交通区位度计算公式为:

$$T_i = \lambda K_i \quad (6)$$

其中： $T_i$ 为*i*区域的对外交通区位度， $K_i$ 为区域石油资源流输通径的种类数， $\lambda$ 为区域交通中心性，若区域石油资源有进有出，则 $\lambda=2$ ，反之 $\lambda=1$ 。我国各石油流动区域的对外交通区位度见表2。

表2 我国各石油流动区域的对外交通区位度

Tab 2 The Traffic Location Index of oil the flow regions in China

区域	通径类型					区域中心性		区域	通径类型					区域中心性	
	管道	铁路	海航	河航	公路	心性 $\lambda$	$T_i$		管道	铁路	海航	河航	公路	心性 $\lambda$	$T_i$
北京	✓	✓				1	2	山东	✓		✓			2	4
天津	✓	✓	✓			2	6	河南	✓	✓				2	4
河北	✓	✓	✓			2	6	湖北	✓			✓		1	2
内蒙古		✓			✓	2	4	湖南	✓			✓		1	2
辽宁	✓	✓	✓			2	6	广东	✓	✓	✓			2	6
吉林	✓					1	1	广西			✓			1	1
黑龙江	✓	✓				2	4	海南			✓			1	1
上海	✓		✓			2	4	重庆		✓				1	1
江苏	✓			✓		2	4	四川		✓				1	1
浙江	✓		✓			1	2	陕西	✓	✓				1	2
安徽	✓			✓		1	2	甘肃		✓			✓	1	2
福建			✓			1	2	青海		✓			✓	1	2
江西	✓			✓		1	2	新疆	✓	✓				2	4

注：表中海航指海洋航线；河航指内河航线。

3 我国石油资源空间流动的形成机制

3.1 石油资源输流的形成机制

根据公式(4)和《中国能源统计年鉴2007》地区能源平衡表相关数据，计算出我国5个石油资源输流中心的输流指数(表3)。

其中，陕西和青海的输流指数为1，其余三省(市、自治区)的输流指数均大于1，由此，根据输流指数 $\rho$ 的判别条件，可将我国石油资源输流运动分为供给主导型和交通拉动型两种。

①供给主导型。供给主导型输流的发生区域为青海省和陕西省。青海油田是我国西部石油基地的老油田之一，产量稳中有升，但其石化工业规模较小，对石油资源吸纳量相对较低，形成一定规模的资源盈余；同时，青海的石油对外联系途径仅有兰青铁路一线，并辅以215国道，运力有限<sup>[12,13]</sup>，且处于区域石油资源流输网的边缘，对外交通区位度 $T_i$ 值为2，仅能够满足本地资源的外输要求，而不足以支撑有进有出的石油资源交互流动平衡。陕西长庆油田是我国近年来迅速崛起的特大型油气田，陕西石化工业规模也相应扩大，区域石油自给率保持在144%左右，对外供给倾向明显，并且陕西的石油外输条件较为优越，现有马惠宁和中宁—银川管线与宁夏相连，有神延铁路—京包铁路与华北地区对接，形成良好的输流支撑作用；然而，陕西可能的汇流通道仅有兰新一陇海铁路一条，由于该线运力有限，加之西部来油在兰州以东经包兰铁路分流，至陕西已近强弩之末，又受

表3 我国石油流动源地的输流指数

Tab 3 The Output Indexes of the oil output regions in China

输流区域	天津	新疆	黑龙江	青海	陕西
输流指数 $\rho_i$	1.52	1.34	1.06	1	1

到豫北资源低位势区的引流作用，使得陕西对西部来油几乎无吸纳力， $T_i$  值仅为 2，即区域的石油流动是供给因素主导的资源输流运动。

②交通拉动型。交通拉动型输流的发生区域既是我国的主力石油产地又是区域性交通枢纽，资源流输条件优越、对外交通区位度较高，其中以天津和黑龙江最为典型。天津境内有著名的大港油田及新兴的渤西油田等，具有较高的资源输出倾向，同时天津又是航线管道 铁路三位一体的石油资源流动枢纽，其中天津港是北方三大石油中转港之一，是华北区石油下海、东北原油入关以及进口原油快速中转的海上枢纽，天津境内的津沧、津燕原油管线及京沈铁路干线等陆上石油输流系统亦承担着华北区内部的石油调配及输入东北的任务<sup>[12, 13]</sup>，形成对天津港航线的有效补充和配合，拉动区域通过有进有出的石油流动来实现供需动态平衡，区域  $T_i$  值高达 6。黑龙江拥有我国最大的石油资源基地——大庆油田，又是我国北部流场的输流根节点，有原油管线和铁路干线两类运输途径，形成巨大的资源输出流；同时，随着俄罗斯对我国石油贸易的逐步扩大，黑龙江依托滨州—滨绥线与俄罗斯西伯利亚大铁路接轨<sup>[12, 13]</sup>，成为我国重要的石油进口及加工地，区域  $T_i$  值达 4，区域石油资源流输通量相应扩大。

3 2 石油资源汇流的形成机制

根据公式 (5) 计算出我国 19 个石油资源汇流中心的汇流指数 (表 4)。

表 4 我国石油流动汇地的汇流指数

Tab 4 The Input Indexes of the oil input regions in China

汇流区域	汇流指数 $\rho_2$	汇流区域	汇流指数 $\rho_2$	汇流区域	汇流指数 $\rho_2$
河北	1.22	安徽	1	海南	1
辽宁	1.02	福建	1	重庆	1
上海	1.01	江西	1	四川	1
江苏	1.01	湖北	1	甘肃	1
北京	1	湖南	1	宁夏	1
吉林	1	广东	1		
浙江	1	广西	1		

由表 4 可知河北、辽宁、上海、江苏等 4 个区域的汇流指数大于 1，根据汇流指数  $\rho_2$  的判别条件可知，属于交通拉动型；其他省市的汇流指数均为 1，属于需求主导型。

①交通拉动型。该类型区域均为有产型的石油消费地，同时又是区域性交通枢纽，如河北、辽宁、上海和江苏，其优越的交通条件对区域资源流通规模的扩大起着促进作用，其中最具代表性的为辽宁省。辽宁是我国第四大产油省又是最大的石油消费省，在存在较大资源供需缺口的同时，又承担一定的资源统配任务；同时，辽宁是我国东北流场和华北流场之间最重要的流动枢纽，庆铁、铁秦、铁抚、铁大四大输油管线和京沈铁路干线穿境而过，大连港有 30 万吨级原油码头和 300 万  $m^3$  的储油库，年原油通过能力最高可达 5000 万 t，是东北同京津冀、沿海诸省及海外市场之间进行资源联系的要塞<sup>[12~14]</sup>，对外交通区位度  $T_i$  值高达 6，是典型的交通拉动型汇流区域。

②需求主导型。该类型发生区域石油资源自给率很低，区域内较大规模的石化生产能力导致资源供需缺口较大，拉动区外资源流入补给，如北京、浙江、安徽等 15 个省份。根据资源产量，该类区域又可分为无产型和有产型两类。无产型以浙江为代表：浙江无石油资源产出，却是我国石油年消费量逾 2000 万 t 的石化经济大省，供需缺口巨大；同时，

虽然浙江的石油航运及管道运输条件优越, 在区域进口石油流输网络中居于龙头地位, 但作为石油无产省, 却无资源输出需求, 因而浙江的石油资源流动以需求因素为主导, 仅在输入自身所需资源的同时, 承担油流过境及国家直属石油储备基地的作用, 区域  $T_i$  值仅为 2。有产型以甘肃、广东为代表: 甘肃兰州是我国西部的第二大石化经济中心, 近年来发展势头迅猛, 虽然本地玉门油田的产量保持一定幅度的增长, 但总量规模仍相对较小, 以致甘肃资源自给率一直处于 25% 左右的低位, 供需缺口较大, 对新疆、青海的外输石油形成较大的吸引力; 同时, 玉门油田唯一的外输干道为兰新铁路, 而与西部其他石化中心, 如银川、咸阳、成都等地之间并无其他便捷通道, 因而兰州作为兰新铁路上的咽喉要塞, 对玉门石油截流明显, 使得玉门油田在面对本地需求的强势吸纳以及区域交通条件限制下, 未能形成省际输出流, 表现为甘肃省的对外石油联系仅以满足资源需求为目标, 区域  $T_i$  值为 2。另一个需求主导型的有产区域——广东, 是全国第三大石化工业中心, 现有大亚湾、茂湛、广州等多个特大型石化工业基地, 全省石化产业发展势头强劲, 对石油资源的需求巨大, 虽有成长中的南海油田为其提供一定的资源支持, 但全省石油资源自给率仍在逐年下降, 从而依托数个 10~30 万 t 级的专业原油码头<sup>[17]</sup>, 吸引了大量的进口石油, 同时还吸引了北部流场和华东流场的石油资源取道海路南下; 广东的周边省份, 如福建、广西、海南等与广东之间的石油运输通道以铁路和近海航线为主, 其便利程度并不优于与北部流场和华东流场之间的海路直接联系, 而北部和华东流场基于对长途运输的规模经济性考虑, 亦倾向于沿途顺带满足广东周边省份的小量石油需求, 因而广东省向周边省份之间的石油输出逐渐停止, 其本身逐步发展为一个纯需求导向的石油资源汇地。

### 3.3 石油资源交流的形成机制

在我国石油资源流动的交流中心中, 内蒙古有一定的资源盈余, 输流指数为 2.90; 山东、河南均有一定的资源缺口, 汇流指数分别为 2.42、1.57。三区域的输流/汇流指数均大于 1, 因而输流指数  $\rho_1$  和根据汇流指数  $\rho_2$  的判别条件可知, 均属于交通拉动型区域, 即区际交通联系条件优越, 可以通过便捷且成本相对低廉的资源交流运动来平衡区域石油资源的供需。

根据区位和交通条件可将石油资源交流运动分为递接性交流和集散性交流两种类型<sup>[15]</sup>。

(1) 递接性交流。是指在石油资源的上游源地和下游汇地之间, 经由交流中心进行资源传递、中转的资源流动方式, 主要是由于上游源地与下游汇地间的流输介质不同, 而交流中心是多种流输方式的枢纽节点, 石油资源需在交流中心进行倒运, 或在交流中心输入区外资源、输出本地及区外混合资源, 从而以资源交流平衡的方式在上游源地和下游汇地间实现石油资源的优化配置<sup>[16]</sup>。

山东是我国东部沿海海港—管道复合型石油资源流动枢纽, 有著名的黄岛远洋原油码头, 可停泊 30 万 t 以上级远洋油轮, 年均石油吞吐能力 3000 万 t, 原油存储能力 180 万  $m^3$ , 是目前我国规模最大的原油进口基地和中转枢纽之一<sup>[18]</sup>; 同时, 与黄岛码头对接的东黄输油管线(复线)又与山东陆上发达的“十字形”输油管网相连, 不仅是胜利油田的大口径外输通道, 也是进口石油经由陆路管网转进华东、中原和华北地区的重要节点<sup>[12, 13, 19]</sup>, 对外交通区位度  $T_i$  值为 4, 呈现出单源地、多汇地的递接性交流特征。

内蒙古是我国北部流场新兴的石油进口枢纽, 对外交通区位度  $T_i$  值为 4, 现阶段主要通过满洲里口岸和额布都格口岸从俄罗斯和蒙古进口原油, 原油进口方式主要为铁路和公路(桥), 转运方式主要为铁路, 由于中俄铁路轨距相异以及中蒙石油运输仅有路桥方

式, 因而内蒙古的石油交流运动亦具有递接交流特征。

(2) 集散性交流。是指交流中心从源地集聚资源并向汇地疏散的资源流动方式, 其发生区域本身为资源基本自给型区域, 同时区域中心性强、交通连通度高, 流输设施完善, 资源集散的成本较低, 形成较大规模的区域性石油资源集散流, 便于源地资源的疏散和汇地资源的接入。

河南省地处中原, 境内有中原和南阳两大石油生产基地, 但其生产与消费相对分离, 石油消费相对集中于北部中原油田地区, 南部南阳油田地区的石油产量相对盈余, 但南北两大基地之间缺乏直通的高等级联系通道, 阻碍了彼此间的余缺互济; 同时, 北部消费区的洛阳、郑州恰为陇海铁路干线的重要节点, 又由中洛线——濮临线与胜利油田及黄岛原油码头相连, 是一个集多种运输通道于一体的资源路口, 因而发展成为西北及胜利油田混合油的汇流中心; 南部生产区则由魏荆管线连通河南魏岗与湖北荆门<sup>[12, 13]</sup>, 成为向长江中下游地区输送本地石油的输流中心。可见, 河南省的双中心分别具有需求拉动型汇流和供给主导型输流的特征, 因而呈现出多源地、多汇地的集散性交流特征。

## 4 结论与建议

从总体看, 我国石油资源空间流动格局中交通拉动型输流区域多集中于北部流场, 尤其是东北和华北区, 这与北方盛产石油及石油运输网络较发达有关; 华东流场和华南流场石油资源流动多属于需求拉动型汇流, 这与其石油资源匮乏却经济发达有关, 区域优越的交通条件则对区域的补给流起到支撑作用; 在北部流场与华东流场之间的区域, 石油资源流动以交流为主, 这主要是由于北方与华东地区之间石油流输方式异质, 资源直接联系较弱, 需要依托山东、河南两个交流中心来承担沟通南北石油资源流动的职能; 此外, 北部流场和华东流场与华南流场之间仅由长距离的近海航线维系着较弱的需求拉动型汇流。

值得注意的是, 我国石油资源的東西运距过长, 且为直流式运输, 缺乏一个平衡东西的交流中心。从当前来看, 我国东西部之间石油流输方式异质, 西部以铁路为主, 东部则以管道和航线输油为主, 并且西北区以兰新一包兰/陇海铁路为主干的石油资源外输网络仍显单薄, 因而西北石油的东进之路路途遥远, 路径狭窄, 流输成本高、损耗大, 限制了西北石油的外输规模, 使石油东进之路基本止于豫-鄂一线, 未能与长江中下游地区进行广泛接触<sup>[12, 13]</sup>。此外, 华南流场与华东流场间的联系过弱, 缺乏南北交流的长输石油管道, 中远期随着南海石油产量的增长, 广东应当突破北向屏蔽, 重树其交流中心的地位, 在华南流场与华东流场之间发挥石油资源流的优化平衡作用。

因此, 本文建议培育两大交流中心, 以优化我国石油资源流动格局, 协调区域间的石油资源流动关系。

首先, 可以考虑在东西部之间培养一个递接性交流中心, 起到通径衔接和增压输送的作用, 以延长输油距离、提高输送规模。从未来来看, 随着塔里木盆地油气田的不断开发及哈萨克进口原油规模的增长, 随着我国西部原油管道与中哈管道的对接, 并经兰州进川达豫, 我国将形成一条前所未有的东西向巨型油龙, 若洛阳以下仍以铁路线连通长江中下游则势必难以确保油龙的畅流和资源的优化配置, 这就要求在东西部之间培养起一个交流中心, 以此为节点, 修建通往长江中下游的引流线。交流中心应当是资源基本自给或略盈余型区域, 目前我国东西部之间符合条件的区域为河南和陕西, 而河南省的主要流输职能为沟通南北, 且随着其石油资源产量递减, 平衡功能也在日趋减弱; 相反, 陕北地区是我



国石油资源的重要战略接续区, 区内长庆、延长两大油田正处于增长期, 并且陕西已形成较为完善的石油外输网络又恰当西北石油东进的重要路口, 符合交流中心的培养条件<sup>[21~26]</sup>。陕西可以依托马惠宁和中宁—银川管线向宁夏输送长庆石油, 依托神延铁路—京包铁路向呼和浩特和北京输送延长石油; 同时, 可依托兰新一陇海铁路和在建的库/乌—洛阳输油管道向咸阳、西安补充西北石油, 并修建咸阳至湖北荆门的引流管线, 使之逐步与荆门—潜江和仪长管线/沿江航线相连接, 在华东流场形成石油运输环, 提高对西北石油的吸纳、疏导能力, 提高长江中下游地区的石油供给保障能力。

其次, 提高广东在华南流场与华东流场之间的交流平衡能力, 如修建广州—岳阳的长输石油管道, 与仪长管线/沿江航线相连, 一方面可以向长江中下游地区输送具有巨大增产潜力的南海石油, 同时也可以借助南北间的流输环路输入长江中下游沿线的进口石油和区际来油, 提高石油资源互济能力, 降低过分依赖于单一进口通道的风险。

## 参考文献:

- [1] 成升魁, 沈镭, 闵庆文, 等. 资源科学研究的新视角——自然资源流动过程的研究. 资源科学, 2006, 28(2): 199~200
- [2] 成升魁, 闵庆文, 闫丽珍. 从静态的断面分析到动态的过程评价——兼论资源流动的研究内容与方法. 自然资源学报, 2005, 20(3): 407~414
- [3] 沈镭, 刘晓洁. 资源流研究的理论与方法探析. 资源科学, 2006, 28(3): 9~16
- [4] 赵媛, 郝丽莎. 20 世纪末期中国石油资源空间流动格局与流场特征. 地理研究, 2006, 25(5): 753~764
- [5] 国家统计局工业交通统计司, 国家发展和改革委员会能源局. 中国能源统计年鉴 1997—1999. 中国统计出版社, 2001
- [6] 国家统计局工业交通统计司, 国家发展和改革委员会能源局. 中国能源统计年鉴 2007. 北京: 中国统计出版社, 2008
- [7] 张文尝, 金凤君等. 空间运输联系——理论研究·实证分析·预测方法. 中国铁道出版社, 1992. 63~64
- [8] 张文尝, 金凤君, 唐秀芳. 空间运输联系的生成与增长规律研究. 地理学报, 1994, 49(5): 440~448
- [9] Rodrigo A Garrido. Spatial interaction between the truck flows through the Mexico-Texas border. Transportation Research Part A, 2000, 34(1): 23~33
- [10] Fath Brian D, Patten Bernard C. Quantifying resource homogenization using network flow analysis. Ecological Modelling, 1999, 123(2-3): 193~205
- [11] 吴威, 曹有挥, 曹卫东, 等. 开放条件下长江三角洲区域的综合交通可达性空间格局. 地理研究, 2007, 26(2): 391~402
- [12] 陈航 主编. 中国交通地理. 北京: 科学出版社, 2000
- [13] 王仁祥 主编. 交通运输地理. 北京: 人民交通出版社, 2002. 15~142
- [14] 大连市统计局. 大连市老工业基地振兴规划纲要. [http://www.statsdl.gov.cn/new/news\\_view.asp?newsid=82](http://www.statsdl.gov.cn/new/news_view.asp?newsid=82), 2005/3/4
- [15] 张文尝, 金凤君, 唐秀芳. 空间运输联系的分布与交流规律研究. 地理学报, 1994, 49(6): 490~499
- [16] Berman Oded, Krass Dmitry. Flow intercepting spatial interaction model: A new approach to optimal location of competitive facilities. Location Science, 1998, 6(1-4): 41~65
- [17] 中国港口年鉴编委会. 中国港口年鉴 2004. 上海: 中国港口杂志社, 2004
- [18] 青岛市对外经济贸易合作局, 青岛市对外经济贸易企业协会. 青岛国际贸易港. <http://www.qdtrade.com/cn/gangkou/port.htm>
- [19] 吕家欢. 国内石油资源和进口原油的优化配置. 中国石化, 1994, (2): 24~26
- [20] 杨上明. 关于优化我国原油资源配置的探讨. 国际石油经济, 2003, 11(3): 42~46
- [21] 马士勋, 李晓东. 我国近中期原油资源配置研究. 石油化工技术经济, 1999, 15(1): 1~5

- [ 22] 薛飘, 胡智锋. 中国石化原油管道运营发展战略探讨. 国际石油经济, 2002, 10( 11): 44~ 46
- [ 23] 钱建华. 关于中国石化油气管道发展的思考. 油气储运, 2003, 22( 9): 18~ 21
- [ 24] 郑嘉惠. 浅谈南阳原油的合理流向. 石油化工技术经济, 1999, 15( 6): 7~ 13
- [ 25] 高河东. 加快管道储运建议增强国家石油安全. 当代石油石化, 2003, 11( 8): 5~ 8

## The forming mechanism of crude oil flow in China

ZHAO Yuan, HAO Lirsha

(College of Geographic Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** According to the comparison of the spatial structures of crude oil flow in China at the beginning of the 21st century and the end of the 20th century, this paper analyzes the changing characteristics of the spatial structure of crude oil flow and its main influencing factors. Based on the analysis, this paper educes a flow model from the Interaction Model (W. Alonso Model) to simulate the regional crude oil flow. This model, together with the conception of Traffic Location Index, aims at analyzing the leading factors in forming regional crude oil flow through calculating the output indexes ( $\rho$ ) or input indexes ( $\rho_2$ ). The Output Index or Input Index reflects the regional oil transportation condition in support of regional oil output or input, if  $\rho$  or  $\rho_2 > 1$ , then the advantageous regional transportation condition enlarges the output or input, and the forming mechanism of crude oil flow in these regions is called transportation-driven type; if  $\rho$  or  $\rho_2 = 1$ , then the regional transportation condition only supports the output or input of the regions' oil surplus or oil gap, and the forming mechanism of crude oil flow in these regions is called supply-driven type or demand-driven type. Calculated with the data from *Regional Energy Balance Table of China in 2006*, this paper derives the  $\rho$  of every study region, according to which the mechanism of output flow is divided into, the transportation-driven and supply-driven two types, the mechanism of input flow is divided into three types of the transportation-driven, demand-driven and supply-and-demand-driven, and the mechanism of exchanging flow is divided into two types of the handing-on and distributing, and then, this paper analyzes thoroughly the development characteristics of the representative regions of each type. Furthermore, this paper generalizes the spatial diversity of the forming mechanism of oil flow in China, analyses the problem in it, and from a perspective of optimizing the spatial allocation of all kinds of flow mechanism, suggests to foster Shanxi into a new exchanging center between the East and the West China, and to strengthen the exchanging function of Guangdong between the South and the North.

**Key words:** crude oil; flow model; forming mechanism; spatial optimization