

# 20 世纪末期中国石油资源空间 流动格局与流场特征

赵 媛, 郝丽莎

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210097)

**摘要:** 本研究以“1999 年分省能源平衡表”及石油资源贸易与转运资料为基础, 首先将全国 26 个石油流动省份划分为基本自给型、半自给型、净支出型和净补给型四种石油资源流动平衡类型及输流中心、汇流中心和交流中心三大流动职能类型, 分析得出中国石油资源流动在地理空间上表现为集中输流和分散汇流的特征, 其中源地系统的空间形态为直角三角形, 汇地系统为直角梯形, 源—汇复合系统则为钝角三角形。其次依据资源位势梯度力将中国石油流动划分为北部、西北、华东和华南四大流场。北部流场的石油流动轨迹在东北区呈现树状网络结构、在华北区为单枝二叉树结构, 西北流场的流动轨迹形态为“X”形结构, 华东流场为多中心“Ⅲ”字形结构, 华南流场则为“Y”形结构。

**关键词:** 石油资源流动; 空间格局; 流场特征; 流动轨迹形态

文章编号: 1000-0585(2006)05-0753-12

在我国, 区域间的石油流动是一种广域性、大规模且具有广泛社会效益的空间现象, 2004 年我国的原油进出口贸易总量高达 1.28 亿 t<sup>[1]</sup>。目前, 国内外学者已多角度地关注类“流”系统的研究。从自然资源运动的角度, 成升魁等以生产链的动态过程为主线, 分析了资源流动的研究内容与方法<sup>[2]</sup>, 李群等探讨了资源流动的表现、动力机制及其与区域经济发展的关系<sup>[3]</sup>; 从物流产业的角度, 刘承良对中国大陆物流经济联系的空间结构进行了实证分析<sup>[4]</sup>, 王成金探讨了我国物流经济的空间组织模式<sup>[5]</sup>, 谢五届等研究了区域物流交通网络及空间竞争格局<sup>[6]</sup>; 从社会经济要素运动的角度, 张敏等探讨了近期我国省际经济社会要素流动的空间特征<sup>[7]</sup>, 章锦河等分析了中国国内旅游流的空间场效应<sup>[8]</sup>, 丁金宏等分析了中国人口迁移的区域差异与流场特征<sup>[9]</sup>, 金凤君研究了我国航空客流网络的发展及其地域系统<sup>[10]</sup>。大规模的石油资源流动亦是一种类“流”系统, 涉及石油生产、运输、加工和消费全过程, 但目前学者对石油流的研究大多集中于探讨区域石油资源的配置方案及对石油运输线路体系的局部单元进行优化分析等, 如郑嘉惠探讨了南阳原油的合理流向<sup>[11]</sup>, 杨上明探讨了我国原油资源配置的优化方案<sup>[12]</sup>, 薛飘等探讨了中国石化原油管道的运营发展战略<sup>[13]</sup>, 钱建华探讨了中石化油气管道的发展前景<sup>[14]</sup>, 姜阳建议加快大型原油泊位建设、打造长江中下游原油运输的新格局<sup>[15]</sup>。显然, 资源配置与路径规划应建立在总体把握石油流动空间格局的基础上, 并且在我国石油资源流动全域化、全球化的背景下, 资源流动的规模、空间尺度及效应范围空前扩大, 因而要深入研究我国石油资

收稿日期: 2005-11-02; 修订日期: 2006-03-16

基金项目: 国家“211”二期工程重大项目“不同时空尺度环境演变和生态建设”和江苏省高校自然科学基金研究计划项目(05KJB170057)

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

源的空间配置及空间流动优化方案,保障资源供应,必然要从石油资源的宏观流动格局和流场特征入手,这是研究石油流动空间现状、演化趋势及其优化方案的基础。本文以1999年全国分省石油平衡表为基础,对20世纪末期我国石油资源空间流动格局、流场特征及流动轨迹进行基础性分析,为进一步探索其演化趋势、制定石油资源流动的优化方案奠定基础<sup>[16]</sup>。

石油资源流动包括原油流动和成品油流动,而原油的配置与流动和成品油的差异十分显著,本文仅对原油流动进行分析。

## 1 我国石油资源的流动平衡

石油资源流动是区域石油资源产—需关系的动态平衡过程,表现为资源流入与流出两大基本运动类型。石油资源的产—需平衡格局是资源流动的基础。

本文运用石油资源平衡方程分析我国涉油省(市、自治区)的石油生产、消费与流动特征。鉴于以研究石油流动关系为目的以及我国石油资源以加工为主的利用结构特征,在建立平衡方程时,不考虑运输与利用过程中的资源损耗及具体的利用构成。平衡方程为:

$$C_i = P_i + B_i + Ip_i - Op_i \quad (1)$$

$$Ip_i = Id_i + Im_i \quad (2)$$

$$Op_i = Od_i + Ot_i \quad (3)$$

公式(1)中: $C_i$ 为*i*区域一定时期内(以下同)石油消费量; $P_i$ 为石油生产量; $B_i$ 为石油资源库存变化情况(正值表示消耗存量,负值表示增加存量);

公式(2)中: $Ip_i$ 为石油资源输入量, $Id_i$ 为区际资源输入量, $Im_i$ 为资源进口量;

公式(3)中: $Op_i$ 为石油资源输出量, $Od_i$ 为区际资源输出量, $Ot_i$ 为资源出口量。

根据石油资源平衡方程,运用我国《1999年分省能源平衡表》的相关数据,得到表1。由表1可知,我国涉油的27个省(市、自治区)中,除内蒙古自治区外,其余26个省(市、自治区)都存在区内或区际间的石油资源流动。

为进一步分析区域石油资源的产—需关系及流动平衡类型,在资源平衡表的基础上,采用区域资源自给率(见表2),即生产量与消费需求量的比值,来测度各区域石油资源的流动倾向,其概念模型<sup>[17,18]</sup>为:

$$S_i = \frac{P_i}{C_i} \times 100\% \quad (4)$$

其中: $S_i$ 为*i*区域某一时段的自给率, $P_i$ 为该时段石油生产量, $C_i$ 为石油资源消费量。

依据区域石油资源自给率,可以划分出不同的流动平衡类型。从理论上讲,当

$S_i \approx 100\%$ 时,即  $P_i \approx C_i$ ,*i*区域为基本自给型;

$S_i \approx 50\%$ 时,即  $P_i \approx 2C_i$ ,*i*区域为半自给型;

$S_i < 50\%$ 时,即  $P_i < C_i$ ,*i*区域为净补给型;

$S_i > 100\%$ 时,即  $P_i > C_i$ ,*i*区域为净支出型。

根据我国26个石油资源流动省(市、区)资源产—需的实际情况,我们将  $60\% < S_i \leq 120\%$  的区域定义为基本自给型,  $40\% \leq S_i \leq 60\%$  的为半自给型,  $S_i < 40\%$  的为净补给型,  $S_i > 120\%$  的则为净支出型,由此得出我国各区域石油资源流动平衡类型(图1)。

表 1 我国各区域石油资源平衡表 (10<sup>4</sup>t)Tab. 1 The balance equation of crude oil by region in China (10<sup>4</sup>t)

区域( <i>i</i> )	消费量( <i>C<sub>i</sub></i> )	生产量( <i>P<sub>i</sub></i> )	库存变化( <i>B<sub>i</sub></i> )	输入量( <i>I<sub>p<sub>i</sub></sub></i> )		输出量( <i>O<sub>p<sub>i</sub></sub></i> )	
				区际输入量( <i>I<sub>d<sub>i</sub></sub></i> )	进口量( <i>I<sub>m<sub>i</sub></sub></i> )	区际输出量( <i>O<sub>d<sub>i</sub></sub></i> )	出口量( <i>O<sub>t<sub>i</sub></sub></i> )
全国	18947.2	16000	2.6	—	3661.4	—	716.7
北京	724.36	0	2.32	722.04	0	0	0
天津	603.02	686.72	-4.44	44.98	115.64	232.15	7.73
河北	694.5	531.31	0.67	126.59	35.93	0	0
内蒙古	126.31	114.87	11.44	0	0	0	0
辽宁	3364.49	1430.35	-14.78	1573.06	383.19	11.33	0
吉林	708.37	358.02	2.81	348.54	0	0	0
黑龙江	1517.62	5450.19	0.08	75	0	2879.37	1128.28
上海	1150.9	54.71	-13.78	715.92	450.23	56.18	0
江苏	1183.92	145.27	2.99	724.35	324.09	12.78	0
浙江	785.8	0	1.09	224.73	559.98	0	0
安徽	293.57	0	3.87	228.1	61.6	0	0
福建	293.26	0	-10.04	303.3	0	0	0
江西	283.56	0	7.02	228.55	47.99	0	0
山东	1478.44	2665.23	-10.64	10.32	256.83	1283.12	160.18
河南	559.67	565.4	12.78	184.81	0	203.32	0
湖北	578.65	78.51	8.1	492.04	0	0	0
湖南	481.58	0	11.03	416.71	53.84	0	0
广东	1573.96	1284.22	11.41	0	693.04	414.71	0
广西	57.45	3.5	0.75	53.2	0	0	0
海南	6.39	0	-0.33	6.72	0	0	0
四川	38.89	20.88	-0.44	18.45	0	0	0
云南	50.19	3.44	0.68	46.07	0	0	0
陕西	446.03	496.75	-5.16	13.72	0	59.28	0
甘肃	794.09	42.75	-2.11	753.45	0	0	0
青海	59.62	189.59	1.03	0	0	131	0
宁夏	92.62	128.29	0	0	0	35.67	0
新疆	1007.13	1739.65	-12.75	0	48.9	768.67	0

资料来源: 根据《中国能源统计年鉴: 1997~1999》整理

表 2 我国各区域石油资源自给率 (%)

Tab. 2 Self-support ratio of crude oil by region in China (%)

区域	北京	浙江	安徽	福建	江西	湖南	海南	上海	甘肃
自给率	0	0	0	0	0	0	0	5	5
区域	广西	云南	江苏	湖北	辽宁	吉林	四川	河北	广东
自给率	6	7	12	14	43	51	54	77	82
区域	河南	陕西	天津	宁夏	新疆	山东	青海	黑龙江	
自给率	101	111	114	139	173	180	318	359	

资料来源: 根据《中国能源统计年鉴: 1997~1999》计算

从区域石油资源的产—需关系来看, 我国有 13 个省(市)为净补给型, 这些区域石油资源稀缺, 北京、浙江、安徽、福建等几乎没有石油生产, 上海、江苏等产量极其有

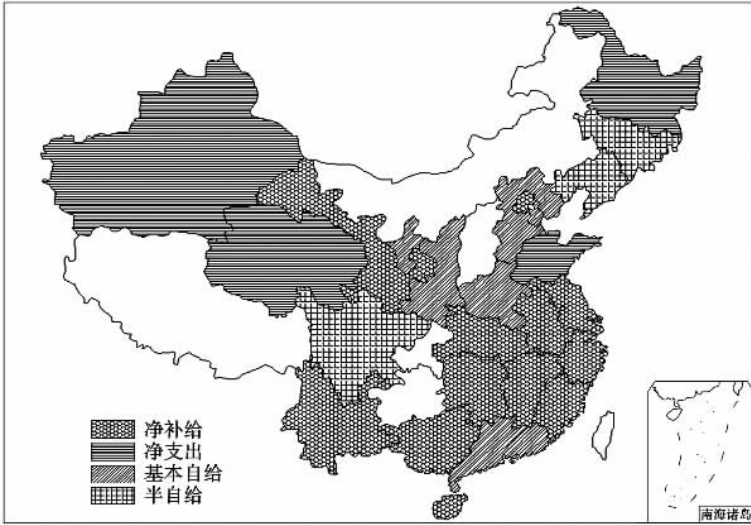


图 1 我国各区域石油资源平衡类型

Fig. 1 The balancing types of crude oil by region in China

限, 然其社会经济发达, 石油消费量大, 因而都具有最高的资源流入倾向。净支出型在我国数量不多, 只有黑龙江、青海、山东、新疆和宁夏等 5 个省(区), 这些区域资源盈余较大, 特别是黑龙江与青海, 具有最高的资源流出倾向。半自给型存在约 50% 的资源缺口, 因而也具有较高的资源流入倾向。其中四川省仅有  $20.88 \times 10^4 \text{ t/年}$  的微量生产, 辽宁、吉林两省虽分别具有  $1430.35 \times 10^4 \text{ t/年}$  和  $358.02 \times 10^4 \text{ t/年}$  的较大规模石油产出, 但二省石油冶炼及石化工业发达, 消费量大, 省域石油产量仅为其消费量的 51% 和 54%, 亦属资源流入型区域。对于基本自给型省份, 河北和广东石油资源稍有缺口, 具有一定的资源流入倾向, 但两省分别有  $531.31 \times 10^4 \text{ t/年}$  和  $1284.22 \times 10^4 \text{ t/年}$  的较大规模的石油产出, 也具有较大的资源流出潜力, 两省均可能由资源补给型的流入区转化为流入—流出复合区。天津、河南和陕西等省(市), 其石油资源稍有盈余, 具有一定的资源流出倾向, 但三省(市)的石油消费量亦较大, 也均可能由资源流出区转化为流入—流出复合区域。可见, 产、需规模均较大的基本自给型省份, 在石油资源流动过程中的具体职能类型需视区域实际的资源流入、流出规模关系而定。

## 2 我国各石油资源流动区域的流动职能

根据我国各石油资源流动区域资源流出倾向和流入倾向的关系, 可划分为三种基本流动职能类型: 汇流中心, 资源的流入倾向大于流出倾向, 资源汇入性强; 输流中心, 资源的流出倾向大于流入倾向, 资源输出性强; 交流中心, 即资源流入与流出规模相当。

从石油资源平衡类型来看, 汇流中心主要为资源净补给型和半自给型区域, 包括 16 个省份; 输流中心主要为净支出型区域, 包括 5 个省份。可见, 我国在整体上表现为全国性的石油资源供不应求, 汇流中心数量大、分布广, 在地理空间上呈现出集中输流和分散汇流的特征。

基本自给型区域的情况比较复杂, 仅通过资源流动平衡分析尚不能确定其流动职能类型, 为此, 本文引入流动比率 ( $R_i$ ) 概念, 即区域石油资源流出量与流入量的比值。其概

念模型<sup>[17,18]</sup>为:

$$R_i = \frac{Op_i}{Ip_i} \quad (5)$$

其中:  $Op_i$  为  $i$  区域某一时段的资源输出量,  $Ip_i$  为该时段的资源输入量。

$R_i$  值越大, 表明区域石油资源的流出倾向越大于流入倾向, 即资源输出性越强;  $R_i$  值越小, 表明流出倾向越小于流入倾向, 即资源汇入性越强;  $R_i$  值近似为 100%, 表明流出倾向与流入倾向相当, 即资源交流性强。

根据石油资源流动比率, 我国 5 个基本自给型省份的流动职能类型分为三种情况。

河北省  $R_i$  值为 0, 即省域内石油资源零支出, 必须通过资源净流入以弥补域内产需缺口 (自给率为 77%), 因而河北省属于资源补给型的汇流中心。

陕西省  $R_i$  值为 432%, 即省域内石油资源的输出量远大于区外资源输入量, 因而属于资源支出型输流中心。

天津、河南和广东  $R_i$  值分别为 149%、110% 和 60%, 即省域内既有较大规模的石油资源输入, 又有较大规模的石油资源流出, 因而三省份均为流入—流出复合型的交流中心。

表 3 我国部分区域石油资源流动比率及其流动职能类型

Tab. 3 The liquidity ratio and the function type of crude oil flow in several regions of China

区域	河北	广东	河南	天津	陕西
流动比率%	0	60	110	149	432
流动职能类型	汇流中心	交流中心	交流中心	交流中心	输流中心

基本自给型省域由汇流中心或输流中心转化为交流中心, 究其原因, 主要是交通指向对资源指向的替代作用<sup>[16,19~21]</sup>。通常情况下, 在交通条件优越的省域, 通过资源有进有出的交流运动来实现区域石油动态平衡的成本相对低廉。具体来说可分为两种类型:

一是区域石油流输条件便捷。这类地区易成为石油集散中心, 通过集中调配、流输资源来提高自身的贸易流通收益, 如天津和广东。天津地处环渤海区域中心, 天津港是我国北方重要的石油中转港, 现有 15 万 t 和 10 万 t 级两个大型原油专业化泊位及一个总罐容为 140 万  $m^3$  的南疆石化小区, 区内设有大型储油库和原油分配站; 天津在长期的石油流输过程中形成了贯通东北、华北, 以港口为节点的航线—管道—铁路三位一体的立体通道系统, 是大港、冀东原油北上、西行、下海, 东北原油西进入关以及环渤海进口原油快速中转的枢纽; 1999 年原油出口量居全国第 3 位, 进口量居全国原油基本自给性省份第 2 位<sup>[22~24]</sup>。广东是华南的原油产、运、销轴心地带, 境内有湛江—茂名和广州—惠州两大石油枢纽港组团, 其中湛江是我国西行和南行远洋航线上航程最短的口岸, 湛江港现有石油专业化泊位 5 个, 其中 30 万 t 级油码头 1 座, 并有库容 94.5 万  $m^3$  的油库, 是目前中东进口原油在我国的主要接卸港, 也是华南重要的原油集散、中转基地; 2001 年石油吞吐量 624 万 t, 占全国主要港口石油吞吐量的 2.6%; 茂名北山岭港区也新建了 25 万 t 级原油单点系泊系统和 85 万  $m^3$  原油库。广州港作为华南最大的贸易口岸, 2001 年全港完成石油吞吐量 3506 万 t, 占全国主要港口石油吞吐量的 14.4%, 其辅运码头——惠州大亚湾港 2001 年也吞吐石油 646 万 t<sup>[22,23,25,26]</sup>, 广东已成为我国南疆的石油调济中心。

二是区域石油生产中心与消费中心相对分离。这类地区石油生产中心与消费中心之间

连通不畅，但两地恰分别临近便捷的流输通道，使其石油产量的直接流出与需求量的直接流入均具有运费成本优势，促使域内形成资源有进有出的交流中心。例如，河南省地处中原，境内有中原和南阳南、北两大石油基地，但其产、消相对分离，石油消费中心相对集中于北部的黄河沿岸工业带，如濮阳、洛阳和郑州，而相对盈余的石油产量则集中于南部的南阳地区。因此，北部消费中心主要通过陇海铁路输入西北石油，并有少量原油经临濮管线汇入鲁宁管线，是西北、中原及华东的资源集散调济中心；而南部生产中心则有魏荆管线连通魏岗与荆门、有陇海—京广铁路连通洛阳与武汉<sup>[22,23]</sup>，使得南部地区成为石油南下长江中下游地区的输流中心。

### 3 我国石油资源流动的空间格局与流场特征

#### 3.1 我国石油资源流动的空间格局

源地系统。六大石油输流中心构成我国石油资源流动的源地系统。从资源流出规模看，青海、陕西、宁夏三省区远小于黑龙江、山东和新疆三省区，因而源地系统的基本空间格局呈现为以黑龙江、山东和新疆三大中心构成的直角三角形（图 2），这一格局与我国石油资源的禀赋格局相吻合。源地三角扼守我国东、北、西三大地带，且整体上位于我国国土的北部，形成对我国西北、东北及东、中部石油集中利用区的辐射包围。

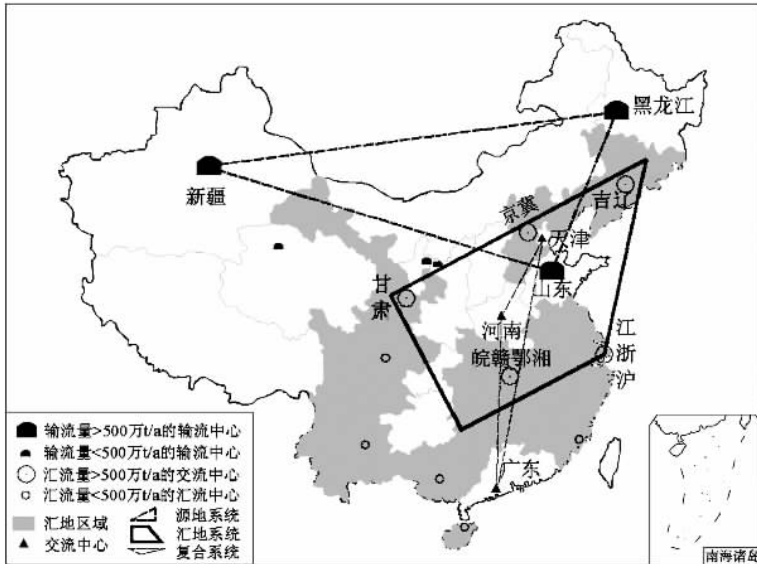


图 2 我国石油资源流动的空间格局

Fig. 2 The spatial structure of the crude oil flow in China

汇地系统。十七个石油汇流中心构成我国石油资源流动的汇地系统。从资源流入规模看，吉辽、京冀、甘肃、江浙沪三角洲和皖赣鄂湘沿江地区是汇地系统的主体，由此形成以这五大中心为主体的直角梯形格局（图 2），其与我国石化工业的空间分布相吻合。汇地梯形区域整体环峙于我国国土的中南部，且重心偏东，形成对源地系统资源辐射的杯状聚敛。

源汇复合系统。三大交流中心构成我国石油资源流动的源汇复合系统，即为资源流动

过程中的中转连接系统，其在空间格局上呈现为纵贯南北的钝角三角形（图 2）。其中天津犹如源地三角区的重心，成为沟通三大源地的媒介中心；河南省犹如汇地梯形区的中心，既强化了东部石油消费重地的资源供给力度，又形成了对五大汇流中心的沟通与调济；广东省在源、汇系统未曾覆及的华南形成资源调济中心，辐射两翼的广西、云南、海南和福建，保证了其石油来源，避免资源长途运输。可见，源汇复合系统的存在优化平衡了全国的石油资源流输格局。

### 3.2 我国石油资源流动的流场特征

石油资源的流动从本质上讲是由于经济空间上存在着不同的石油资源位势值。所谓资源位势值是指区域石油可供量的多少，正值为资源可支出量，在经济空间上形成高资源位势序列，负值为资源需求量，在经济空间上形成低资源位势序列，高低位势间的梯度力正是区际石油流动的推引力<sup>[15,16]</sup>。

本文根据“我国各区域石油资源平衡表”（表 1）中石油资源的输入量和输出量，用等值线将相同资源产区内、相同流出规模的正向位势区域圈闭起来，形成输流等高线和资源高位势中心；将相同资源经济区内、相同流入规模的负向位势区域圈闭起来，形成汇流等高线和资源低位势中心，得出石油资源的空间位势格局（图 3）。由图可知，我国石油资源位势呈周高中低、东密西疏、高低位势间隔分布的格局。东部高低位势间蕴含着巨大的南北向流动趋势，并且域内资源供不抵需，形成对西部石油的强势吸引。而我国西部石油资源的高位势中心值远大于低位势中心值，因而推动西部石油向东流动，形成强大的东西流趋势。

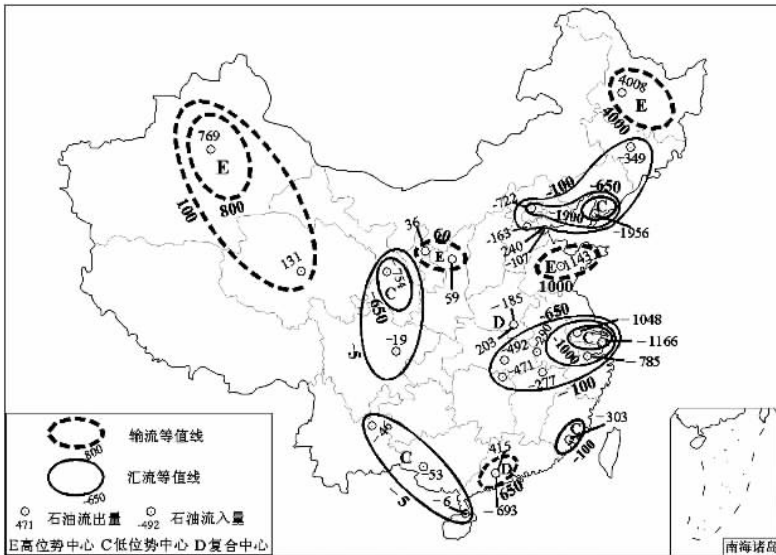


图 3 我国石油资源位势格局

Fig. 3 The potential value pattern of crude oil in China

石油资源在高低位势区域间的流动是资源流场形成的前提<sup>[27]</sup>。因此，以主要源地为标准，可将我国的石油流动划分为北部、西北、华东和华南四大资源流场（图 4）。

北部流场以黑龙江为首位源地，以吉、辽、京冀、津、江浙沪及皖赣鄂湘沿江地区为汇地，以天津为第二源地，以北京为其主要汇地，而辽宁作为第三源地，以北京为其汇

地。同时,北部流场又分别以大连港、秦皇岛港和天津港为其资源出口地<sup>[22,23]</sup>。北部流场的覆盖范围远及华北及东部部分地区,纵贯大半个中国,属于全国性流场,这是由大庆油田的首位规模所决定的。

西北流场以新疆、青海、陕西和宁夏为源地,以甘肃、四川、河北、北京及河南为汇地<sup>[22,23]</sup>,其覆盖范围远及西南、华北和东部,横跨整个中国,这与将我国西部作为全国性油气替代基地的发展定位相符合,并与其经济、社会与环境可持续发展的目标相统一。

华东流场以山东为首位源地,以京冀、天津、河南、江浙沪以及皖赣鄂湘沿江地区为其汇地,以河南为第二源地,以湖北、江苏为其主要汇地。同时,华东流场又以黄岛港为其资源出口源地<sup>[22,23]</sup>,从其覆盖范围看属于区域性流场。

华南流场以广东为国内源地,以福建、广西、云南和海南为汇地;而以广州港和湛江港为其进口油输流源地,以广东为进口油汇地<sup>[22,23]</sup>。从其覆盖范围看亦属于区域性流场,充分发挥着地缘优势,就近、密集地转化石油资源,避免了石油资源的过远流输与迂回流输。

从图4可见,北部、西北和华东三大流场相交于京冀两大汇地,北部和华东两大流场相交于江浙沪及皖赣鄂湘沿江七大汇地,使这些汇地同时拥有2~3个资源供给地,诸路互为补充,使石油流输具有较强的机动调济性。同时,在我国石油资源三大交流中心中,天津是北部流场的起点之一,又是北部、西北和华东流场的终点;河南是华东流场的起点之一,又是西北和华东流场的终点;而广东则既是华南流场的起点又是其终点。它们不仅增强了某一流场内部的整体有机性,还形成对两个甚至多个流场的连接,扩展了流场内部及流场间的石油流动联系,有利于增强石油流动的余缺互济性与资源安全性<sup>[28]</sup>。

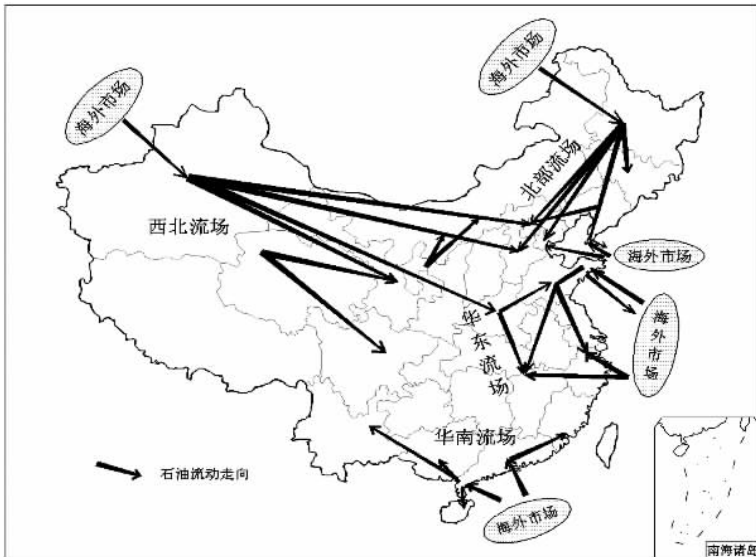


图4 我国石油资源流场分布

Fig. 4 The distribution of crude oil flow field in China

#### 4 我国石油资源的流动轨迹

石油资源流动轨迹是在石油产—加—贸空间与石油流输空间的耦合作用下形成的一种



多目标决策路径。本文在我国石油流场格局下,通过对国内、国际石油贸易与转运资料的分析<sup>[22~23]</sup>,勾勒出 20 世纪末我国石油资源省际流动的轨迹骨架(图 5)。其显著特征为:(1)石油资源流动的区域较广、规模较大,可分为东北、华北、华东、西北和华南五大密集区;(2)石油资源的流输途径类型多样,包括输油管道、铁路、内河航线、远洋航线和公路等,其中东北、华北区以管道流输为主,华东、华南区以管道与航运相结合方式为主,西北区则以管道与铁路相结合方式为主。

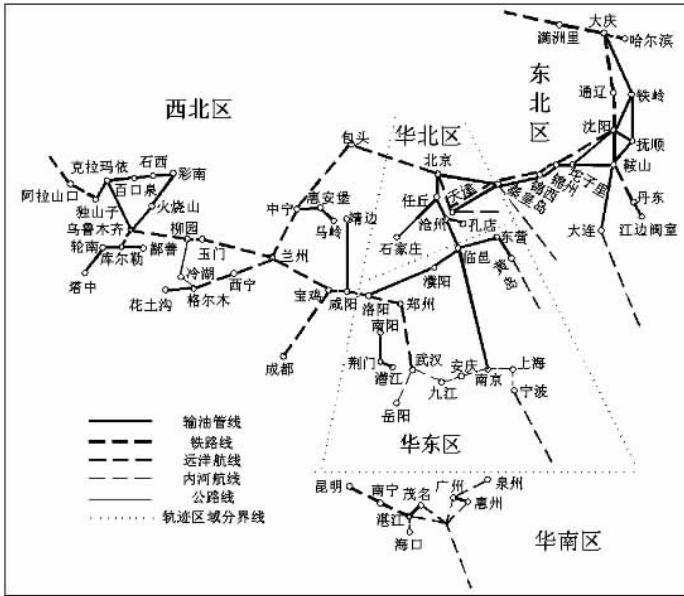


图 5 我国石油资源流动轨迹

Fig. 5 The track of crude oil flow in China

东北区石油流动北起满洲里、东至抚顺、西临秦皇岛、南缘大连鲇鱼湾,线路密度较高。以大庆为首位输流源头,汇同俄罗斯进口石油,分别向哈尔滨、铁岭和通辽三路并发。其中庆铁管线为干流,占大庆原油外输量的 90% 以上,其在铁岭又分流为铁大、铁抚和铁秦三大年输油能力约为  $2000 \times 10^4 \text{ t}$  的支流,使铁岭成为东北区最大的输流节点;沈阳为第二大节点,鞍山为三级节点,使东北区石油流动轨迹呈现显著的树状网络结构<sup>[22]</sup>。

华北区石油流动北起北京石楼、西抵石家庄、东南至临邑,由京秦输油管和京沈铁路在秦皇岛与东北区相接。在北京连接任京管线和京沈铁路天津—北京段两条汇流支线,其中任京线又在任丘分为任沧和石任两线,并分别交于沧州和石家庄,起着汇同华北、大港和冀东油田原油共同进京或西进石家庄的流输职能;同时,任沧线在沧州连接孔沧线和临沧线,起着引导大港石油东进任丘、南下临邑的流输职能<sup>[22,23]</sup>,从而使华北区石油流动轨迹呈现出以北京为根结的单枝二叉树状结构。

华东区石油流动西北至洛阳、西南抵岳阳、东北临东营、东南接宁波大榭岛,在临邑与华北区相连,在海上由天津—上海航线与华北区相接,由黄岛—大连、上海—大连等航线与东北区对接<sup>[23]</sup>,是一组以临邑、洛阳和南京为枢纽的多中心、“Ⅲ”字形结构,其中陇海线咸阳—洛阳段、中洛管线(濮阳—洛阳)、濮临管线、东临管线、东黄管线以及黄

岛港航线构成了“Ⅲ”字形的上横线,大榭岛远洋航线、海进江航线和长江中下游航线构成了下横线,而鲁宁管线、京广铁路洛阳—武汉段及魏荆—潜荆管线则分别为三纵线。

西北区的石油流动西北起阿拉山口,西南至塔中,东北由京包铁路与华北区相连,南抵成都,东南于咸阳接陇海铁路,与华东区相连<sup>[22,23]</sup>,呈现出以兰州为中心的“X”形结构特征,其中以克乌管线—兰新铁路—陇海铁路为X形的“\”轴,青藏—兰青—包兰铁路为X形的“/”轴,而克拉玛依和乌鲁木齐则是“\”轴上的两个次中心。

华南区的石油流动以广州—惠州、湛江—茂名为双中心,西至昆明、东临泉州港、南及海口<sup>[22~23]</sup>,呈现出“Y”形的结构特征,其中湛江—茂名近海航线及南昆—黎湛铁路为其“\”轴,广州—惠州近海航线及广州至涠洲湾航线为其“/”轴,广州—惠州与湛江—茂名的远洋航线合为Y形的“|”结构。然而,华南区缺乏通往其他四区的长输管道,加之20世纪末东北、华北及华东区石油下海量的减少,从而割裂了华南区与其他四大区的原油交流,使之成为孤立的石油流动轨迹区。

在我国的石油资源流动轨迹中,还广泛存在着各类流输通径间的串联与并联现象。例如,沈丹铁路与中朝管线在丹东对接,中东—大榭岛远洋航线与海进江航线在宁波大榭岛相交,湛江港远洋航线与茂名—湛江管线在湛江相连,京广铁路与长江航线交于武汉,魏荆管线—陇海铁路与靖咸管线交于咸阳、与中洛线交于洛阳,兰新铁路与克乌管线交于乌鲁木齐、与轮库—库鄯管线交于库尔勒,而让胡路—通辽—京沈铁路则与庆铁—铁秦—京秦管线并联输流等<sup>[22,23]</sup>。由此可见,我国石油资源流动轨迹的网络化较发育、连接度较好,充分发挥了多种通径的综合流输效益,不仅能够满足我国主力油田的资源外输与主要石化基地的资源供给要求,而且强化了石油资源的多路运输,进一步扩大了石油资源的流动覆盖范围,提高了资源的互济能力和流输的灵活机动性,降低了石油供给风险<sup>[28]</sup>。

## 5 结论与讨论

(1) 石油资源的产—需平衡格局是资源流动的基础。我国26个石油流动省(市、自治区)分属于基本自给型、半自给型、净支出型和净补给型四种石油资源流动平衡类型,并可划归为输流中心、汇流中心和交流中心三大流动职能类型。

(2) 我国在整体上表现为全国性的石油资源供不应求,汇流中心数量大、分布广,在地理空间上表现为集中输流和分散汇流的特征。

(3) 我国石油资源流动源地系统的空间格局为以黑龙江、山东和新疆三大中心构成的直角三角形,汇地系统的空间格局为以吉辽、京冀、甘肃、苏浙沪和皖赣鄂湘沿江地区五大中心构成的直角梯形面域,源汇复合系统的空间格局为纵贯南北的钝角三角形。

(4) 依据石油资源位势格局可将我国石油流动空间划分为北部、西北、华东和华南四大资源流场。其中北部和西北流场属于全国性流场,华东和华南流场属于区域性流场。

(5) 北部流场的石油流动轨迹在东北区呈现以铁岭、沈阳和鞍山为节点的树状网络结构;在华北区为以北京为根结的单枝二叉树结构;西北流场的流动轨迹形态为以兰州为中心的“X”形结构,华东流场为以临邑、洛阳、南京为枢纽的多中心“Ⅲ”字形结构;华南流场则为以广州—惠州、湛江—茂名为双中心的“Y”形结构。

(6) 我国石油资源的流输通径类型多样,包括输油管道、铁路、内河航线、远洋航线和公路等。不同类型的流输通径之间广泛存在着并联与串联流输现象,充分发挥了多种通径的综合流输效益。

(7) 本文尝试用资源流动理论来研究我国石油资源的空间配置, 但本文仅对原油流动进行了分析, 未考虑成品油, 今后的研究中应分析采油区(油田)和炼油厂的分布, 共同作为石油资源流动的“源地”。此外, 由于 20 世纪末期国际因素对我国原油流动的扰动作用还相对较小, 1999 年我国原油供给的对外依存度为 16%, 并且石油进出口地的数量较少, 在空间上亦仅为零星的点状或小集团状分布, 因而本文对国际市场、特别是进口石油对国内石油资源流动场的影响分析不多, 但随着我国石油资源国际拓展进程, 目前我国原油的对外依存度已达 35~40%, 在今后的研究中, 应进一步加强国际市场对我国石油资源流动场的影响。

### 参考文献:

- [1] 李亚芬. 我国石油供求现状、问题及改善对策. 国际金融研究, 2005, (3): 65~70.
- [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] 李群, 赵嵩正. 资源流动机制与区域经济发展探析. 财贸经济, 2005, (6): 61~65.
- [4] 刘承良. 中国大陆物流经济联系空间结构实证分析. 经济地理, 2004, 24(6): 826~829.
- [5] 王成金. 试论我国物流经济的空间组织模式. 经济地理, 2005, 25, (3): 366~268.
- [6] 谢五届, 曹有挥, 等. 区域物流交通网络及空间竞争格局研究——以安徽省为例. 物流技术, 2005, (3): 92~95.
- [7] 张敏, 顾朝林. 近期中国省际经济社会要素流动的空间特征. 地理研究, 2002, 21(3): 313~323.
- [8] 章锦河, 张捷, 李娜, 等. 中国国内旅游流空间场效应分析. 地理研究, 2005, 24(2): 293~303.
- [9] 丁金宏, 刘振宇, 程丹明, 等. 中国人口迁移的区域差异与流场特征. 地理学报, 2005, 60(1): 106~114.
- [10] 金凤君. 我国航空客流网络发展及其地域系统研究. 地理研究, 2001, 20(1): 31~39.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 姜阳. 加快大型原油泊位建设打造长江中下游原油运输新格局. 中国港口, 2004, (3): 21~22.
- [16] 董锁成. 经济地域运动论. 北京: 科学出版社, 1994. 1~141.
- [17] Hirath H. Method of flow-based modeling for large-scale systems: the basic idea. IN TJ SYSTEM SCI, 1988, 19(2): 351~363.
- [18] Maric Ivan. Flow measurement system model with distributed resources. Flow Measurement and Instrumentation, 2001, 12(4): 283~289.
- [19] 陆大道. 关于“点—轴”空间结构系统的形成机理分析. 地理科学, 2002, 22(1): 1~6.
- [20] Rita Hannu, Ranta Esa. Continuous flow and interference models in resource use: a clarification. Animal Behavior, 1999, 57(5): 17~18.
- [21] Hsieh Chung-Chi, Chen Yi-Ting. Resource allocation decisions under various demands and cost requirements in an unreliable flow network. Computers and Operations Research, 2005, 32(11): 2771~2784.
- [22] 陈航 主编. 中国交通地理. 北京: 科学出版社, 2000.
- [23] 王仁祥 主编. 交通运输地理. 北京: 人民交通出版社, 2002. 15~142.
- [24] 天津市统计局. 天津统计年鉴 2000. 北京: 中国统计出版社, 2000.
- [25] 广东省统计局. 广东统计年鉴 2002. 北京: 中国统计出版社, 2002.
- [26] 王萍. 应加大原油码头和油库建设力度. 中国海洋报第二版, 2002-12-27.
- [27] 董瑜, 谢高地. 资源场理论及其在资源流动中的应用. 地理科学, 2001, 21(10): 407~411.
- [28] Fath Brian D, Patten Bernard C. Quantifying resource homogenization using network flow analysis. Ecological Modelling, 1999, 123(2~3): 193~205.

# The spatial structure of crude oil flow and the characteristic of its flow field in China

ZHAO Yuan, HAO Li-sha

(College of Geographic Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

**Abstract:** With '99 list of crude oil balancing in provinces and current trade and transport information of crude oil, this paper analyses the spatial structure of crude oil flow, the characteristic of its flow field and the form of its flow track in China.

(1) Based upon a set of balance equations of crude oil, this paper analyses the characteristics of oil production, consumption and flow in 26 provinces in which the oil flow exists. And then with the concept of self-sufficiency, these 26 provinces are divided into 4 oil balancing types: basic self-sufficiency, half self-sufficiency, net payout and net supply.

(2) After calculating the liquidity ratios, the 26 provinces are divided into tree flow function types: output center, input center and exchanging center. Based upon this, this paper concludes that crude oil demand exceeds supply on the whole.

(3) The spatial structure of source-region system of crude oil flow appears like a right-angle triangle which is composed of Heilongjiang, Shandong and Xinjiang. The spatial structure of collection-region system of crude oil flow appears like an isosceles-trapezium which is composed of five centers of Jilin-Liaoning, Beijing-Hebei, Gansu, Jiangsu-Zhejiang-Shanghai delta and four provinces along the middle Yangtse River.

(4) According to the potential value pattern of crude oil, this paper divides the oil-flowed space into four oil flow fields of the North, the Northwest, the East and the South. Among them, the North and the Northwest flow fields are national ones, and the East and the South are regional ones.

(5) The huge flow of crude oil and large flow area, from five cluster regions of the Northeast, the North, the East, the Northwest and the South. In Northeast China, the density of the oil flow circuitry is quite high, and its track appears like a dendriform network with Tieling city as its major node. In North China, the track of oil flow appears like a monaxial-bintree with Beijing as its major node. In East China, the track of oil flow appears like a "III-shaped" pattern with cities of Linyi, Puyang and Nanjing as its hinges. In South China, the track of oil flow appears like a "Y-shaped" pattern with Guangzhou and Zhanjiang cities as its dual centers.

(6) The types of oil flow routes in China are diversiform, including petroleum pipelines, railways, internal navigation route, ocean shipping route and highways. The different types of flow routes are either parallelly connected or serally connected each other, bringing into full play the multi-flow-route benefits.

**Key words:** crude oil flow; spatial structure; characteristic of the flow field; flow track form