

文章编号: 0253-9985(2001)01-0001-08

中国天然气资源及前景分析 ——兼论“西气东输”的储量保证

戴金星, 夏新宇, 卫延召

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 截止 1999 年底, 中国(未统计台湾省, 下同)共发现以烃类气为主的天然气田 171 个, 探明地质储量 $20\,635 \times 10^8 \text{ m}^3$, 可采储量 $13\,049 \times 10^8 \text{ m}^3$, 剩余可采储量为 $10\,213 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。从 1981 年至今的 4 个五年计划中, 由于勘探和研究力度加大, 指导勘探的天然气成因理论从“一元论”(油型气成气理论)走向“二元论”(油型气成气论加煤成气成气论), 探明天然气储量连续翻番。中国共发现探明地质储量大于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的大中型气田 47 个, 总储量为 $15\,171 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占全国天然气总储量的 74.0%; 储量大于 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的 6 个大气田中, 前 4 个气田均是煤成气田, 煤成大、中型气田的储量占全国天然气储量举足轻重。最新评价表明中国常规天然气的资源量为 $50.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 可采资源量可达 $13.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。1999 年底中国天然气可采储量探明率仅 9.8%, 如果达到加拿大的探明程度, 则探明率可达 41.9%, 探明可采储量可达 $5.58 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。预计中国 2005 年和 2015 年可以年产天然气 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。罗马尼亚、意大利、墨西哥和德国在达到年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右时储采比为 14~27, 至今已稳产 30 年甚至更长; 而目前塔里木盆地剩余可采储量为 $3\,397 \times 10^8 \text{ m}^3$, 按年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 计算, 储采比为 28, 完全可以启动“西气东输”工程, 塔里木盆地天然气有动态稳产 30 年的储量保证。

关键词: 中国; 天然气; 资源; 储量; 产量; 塔里木盆地

第一作者简介: 戴金星, 男, 66 岁, 中国科学院院士, 天然气地质学

中图分类号: TE155 文献标识码: A

中国是世界上最早发现和利用天然气的国家之一, 并在公元 13 世纪就开发了世界上第一个气田——自流井气田^[1,2]。但是天然气现代化的研究、勘探和开发则比较滞后, 近 20 年才整体启动。因此, 中国天然气资源潜力大, 储量发现率低, 发展天然气工业的前景良好。

1 储量现状

截止 1999 年底, 中国(未统计台湾省, 下同)探明天然气(仅指气层气, 下同)地质储量总计 $20\,635 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中煤成气为 $11\,174 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占 54.0%; 油型气为 $9\,461 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占 46.0%。可采储量为 $13\,049 \times 10^8 \text{ m}^3$, 历年累计采出 $2\,836 \times 10^8 \text{ m}^3$, 剩余可采储量为 $10\,213 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。如果把油田溶解气的可采储量 $3\,462 \times 10^8 \text{ m}^3$ 计入内, 1999 年底中国整个天然气可采储量为 $16\,511 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。由于溶解气是随石油开采产出, 从属于石油的储量, 一般天然气储量不将其包括其内。

到 1999 年底, 中国 14 个盆地共发现以烃类气

为主的有机成因的气田 171 个, 同时还发现以二氧化碳为主的无机成因的气田 21 个, 共有气田 192 个(图 1)。值得指出的是二氧化碳含量达 95% 以上的气田也具有重要的经济价值, 但过去被忽略了。松辽盆地万金塔二氧化碳气田、渤海湾盆地花沟二氧化碳气田、苏北盆地黄桥二氧化碳气田和三水盆地沙头圩二氧化碳气田现已投入开发。

近 20 年来中国发现的天然气储量具有以下主要特征。

1.1 探明储量明显增加

从 1981 年至今的 4 个五年计划中, 探明天然气储量连续翻番: “六五”期间探明天然气储量为 $1\,345 \times 10^8 \text{ m}^3$; “七五”探明天然气储量 $3\,082 \times 10^8 \text{ m}^3$; “八五”探明天然气储量 $6\,970 \times 10^8 \text{ m}^3$; “九五”前 4 年探明天然气储量 $6\,621 \times 10^8 \text{ m}^3$ (图 2), 预计 2000 年全国探明天然气储量为 $3\,500 \times 10^8 \text{ m}^3$ (克拉 2 大气田已探明 $2\,506 \times 10^8 \text{ m}^3$), 故“九五”新增天然气探明储量超过 $10\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 在“八五”天然气探明储量基数增大的情况下, 也翻了将近一番。1999 年累计探明储量是 1980 年的 7.9 倍, 迅速增长的天然气储量为中国天然气工业快速发展提供了基础。

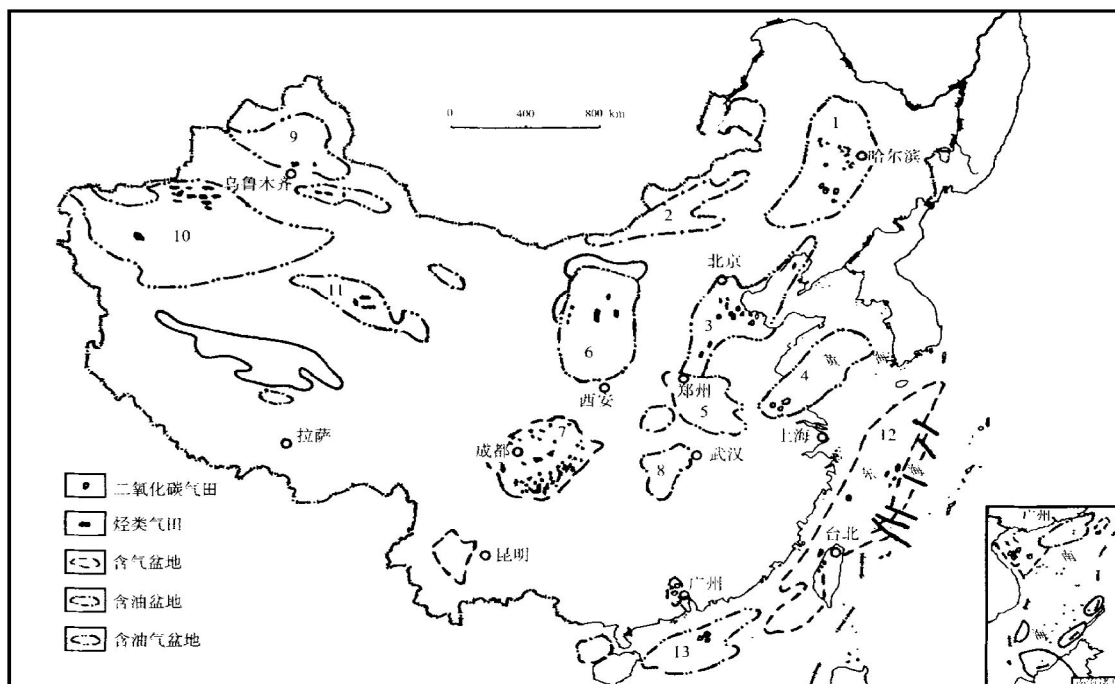


图1 中国天然气田的分布

Fig. 1 Distribution of natural gas fields in China

1—松辽盆地; 2—二连盆地; 3—渤海湾盆地; 4—南黄海盆地; 5—河淮盆地; 6—鄂尔多斯盆地;
7—四川盆地; 8—江汉盆地; 9—准噶尔盆地; 10—塔里木盆地; 11—柴达木盆地; 12—东海陆架盆地; 13—珠江口盆地

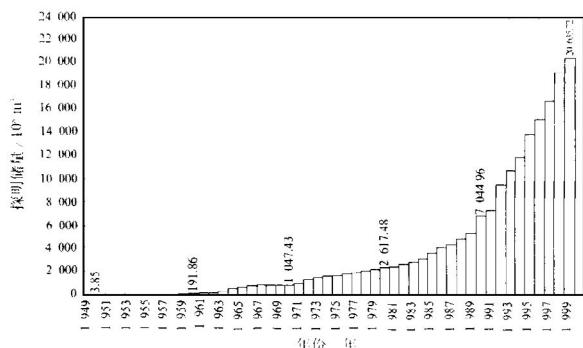


图2 中国天然气历年储量累计图

Fig. 2 Histogram of cumulative gas reserves over the years in China

1.2 煤成气比例增长

从1949至1978年中国仅用“一元论”进行天然气勘探,避开在煤系有利区中勘探,此30年间仅探明天然气储量 $2\,284 \times 10^8 \text{ m}^3$ (图3),平均每年探明储量为 $76 \times 10^8 \text{ m}^3$;从1980到1999年的20年间,以“二元论”指导中国天然气勘探,共探明天然气 $18\,193 \times 10^8 \text{ m}^3$,平均每年探明储量 $910 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。“二元论”指导天然气勘探期间,年均探明储量是“一元论”指导期间的11倍。探明储量增长的同时,天然气累计探明储量中煤成气的比例也不断增长,二者呈正相关(图3)。例如,在“一元论”指导

勘探的1978年,煤成气只占当年天然气探明储量的9%^[3],而在“二元论”指导天然气勘探的1991年、1995年和1999年,煤成气占当年天然气储量的比例分别为36%^[3]、40%^[4]和54%,这些数据表明煤成气储量在天然气中比例不断增长。前苏联和俄罗斯正是以煤成气为主要支柱,使其强大的天然气工业称雄于世:在70年代末,前苏联大约有65%的探明天然气资源与煤系有关^[5],俄罗斯目前全国天然气总储量约75%是煤成气。中国目前煤成气仅占54%,意味着还可探明更多的天然气储量。

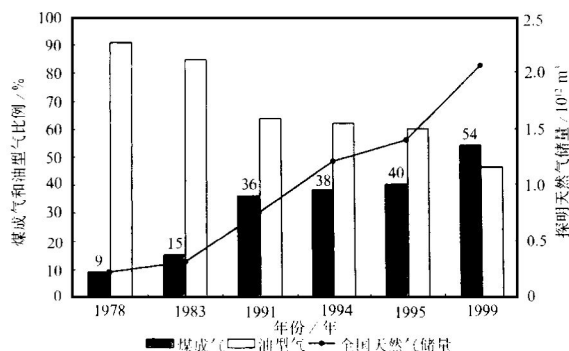


图3 中国各时期煤成气和油型气比例及储量关系图

Fig. 3 Relationship between reserves and ratio of coal-formed gases and oil-derived gases over the years in China

1.3 储量分布集中

截止1999年底,中国共发现探明地质储量大于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的大中型气田47个,这些大、中型气田的储量为 $15\,171 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全国天然气总储量的74.9%。因此,勘探与开发大、中型气田是发展天然气工业的关键。值得特别提出的是,在储量大于 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的6个大气田中,前4个气田均是煤成气田^[6],总储量为 $5\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全国天然气储量的近1/4(图4)。今年新探明的克拉2气田也是煤成气田。由此可见,煤成大、中型气田的储量在全国天然气储量中起着举足轻重的作用。

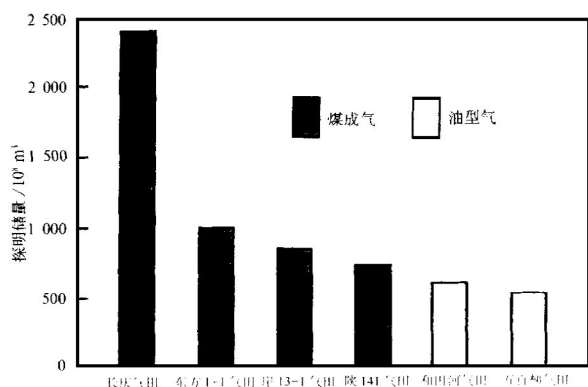


图4 中国储量在 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上的大气田类型图
(1999年底)

Fig.4 Types of gas fields with reserves more than $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ in China

2 资源前景

2.1 更加深入的认识

天然气资源量取决于以下3类参数:(1)气源岩的分布面积、厚度和有机质含量;(2)单位质量有机质能够转化成天然气的数量;(3)天然气从离开气源岩到形成现今的天然气藏,其聚集程度,即聚集系数。天然气资源量的多寡意味着发展天然气工业的“家底”是否雄厚,是制定天然气工业规划决策的重要依据。资源量是一个客观的数量,评价结果的准确与否,取决于人们对上述3类参数认识的准确程度。第(1)类参数的认识主要受勘探程度的影响,勘探程度越深,认识越接近实际;而第(2)类和第(3)类参数虽然也受勘探实践的影响,但更主要取决于理论上的认识。

中国天然气的资源评价工作始于“六五”国家重点科技攻关项目《煤成气的开发研究》。当时开始以“二元论”指导勘探,重点研究了煤成气的资源量,例如关士聪等、戴金星等以及原煤炭部等单位

分别于1981~1986年先后9次对煤成气资源量进行预测^[7~9]。另外胡朝元等预测全国天然气资源量为 $15 \times 10^{12} \sim 17 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ^[10]。这期间中国天然气资源评价和预测工作处于起步阶段,评价预测多属于个人性质,由于掌握资料有限,所得到的结果一般只是粗略的推断。

80年代以来,特别是进入90年代,中国天然气勘探逐渐进入高潮,不但在勘探实践上积累了大量基础资料,而且在理论上对天然气的形成、运移和聚集的认识也逐渐深入,因此对天然气资源量的认识越来越接近实际。80年代后期开始,国内进行了4次有组织的、大规模的资源评价,准备工作充分、研究时间长,所取得的成果可信程度大大提高。其中1987年原石油工业部和中国海洋石油总公司组织进行了国内第一次大规模的油气资源评价(“一次资评”),当时计算的中国天然气资源量为 $33.54 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。1994年原中国石油天然气总公司和中国海洋石油总公司进行的资源评价(“二次资评”),天然气资源量为 $38.04 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

第二次资源评价至今已逾6年,现在的认识同那时相比又有很大发展。重新进行资源评价的含油气盆地的资源量几乎都比二次资源评价结果有了不同幅度的增加,最显著的是鄂尔多斯盆地,资源量最新评价结果增加了 $4 \times 10^{12} \text{ m}^3$;柴达木盆地、琼东南盆地和莺歌海盆地增加了 $2 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 左右;松辽盆地、渤海湾盆地(陆上)、准噶尔盆地和渤海海域也各增加了 $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 左右(图5,表1)。重新评价结果减少了的只有塔里木盆地,其中减少的区域是“台盆区”碳酸盐岩分布区,而北部库车坳陷则有大幅度的增加,应当指出,无论是增加还是减少,最新评价的资源量更接近于实际。以下几方面的认识导致了资源量评价结果的变化。

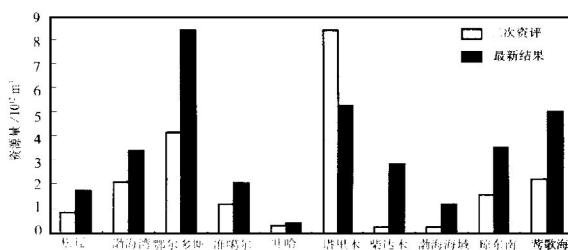


图5 中国主要含气盆地最新资源评价与
二次资源评价结果对比

Fig.5 Comparison between newly estimated and secondly estimated results of resources in China's major gas basins

(1) 对含煤地层生烃特征的认识逐渐加深。第二次资源评价时一度认为煤系在成熟度较低时以形成石油为主, 导致天然气资源量评价结果偏低。后来的研究表明, 中国主要盆地的含煤地层不论在何种演化程度, 均以生成天然气为主, 只在个别情

况下才能够形成油藏^[12]。例如库车坳陷, 第二次资源评价时认为天然气资源量只有 $0.436 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 还不及现在的探明和预测储量; 而最新评价结果天然气资源量为 $2.36 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 比二次资源评价结果增加了 4 倍有余。

表 1 中国主要含油气盆地最新天然气资源量评价结果与第二次资源评价结果对比

Table 1 Comparison between newly estimated and secondly estimated results of resources in China's major hydrocarbon basins

盆 地	评价面积/ 10^4 km^2	资源量/ 10^{12} m^3		增减量/ 10^8 m^3	资料来源
		二次资评	最新研究		
松 辽	25.54	0.875 6	1.771 1	0.895 5	①
渤海湾(陆上)	14.45	2.118 1	3.421 9	1.303 8	②
鄂尔多斯	37	4.179 7	8.389 4	4.209 7	③
四 川	19	7.357 5	7.357 5	0	二次资料
准噶尔	13	1.228 9	2.092 7	0.863 8	新疆局内部资料
吐 哈	5.35	0.365 0	0.470 2	0.105 2	④
塔里木台盆区			1.870 0		⑤
塔里木塔西南	56	7.953 5	1.077 9	- 5.005 6	⑥
塔里木库车		0.436 1	2.359 0	1.922 9	⑦
柴达木	12.1	0.293 7	2.872 2	2.578 5	⑧
渤海海域	5.55	0.288 1	1.220 0	0.931 9	[11]
南黄海	6.394 5	0.079 8	0.079 8	0	二次资评
东海	25	2.480 3	2.480 3	0	二次资评
北部湾	1.98	0.147 6	0.147 6	0	二次资评
琼东南	3.4	1.625 3	3.570 0	1.944 6	[11]
珠江口	17.782	1.298 7	1.298 7	0	二次资评
莺歌海	7.365 4	2.239 0	5.050 0	2.811 0	[11]
其他	180.534 1	5.072 8	5.072 8	0	二次资评

注: ①关德师, 迟元林, 王家春, 等. 东北地区深层石油地质综合研究. 石油勘探开发科学研究院, 2000

②牛嘉玉, 王玉满, 崔文青, 等. 渤海湾盆地深层油气资源评价. 石油勘探开发科学研究院, 2000

③刘新社, 付金华, 席胜利, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界盆地模拟及资源潜力研究. 长庆油田公司, 1999

④袁明生, 张士焕, 张代生, 等. 吐哈盆地侏罗系综合评价及勘探目标选择. 吐哈石油勘探开发研究院, 2000

⑤庞雄奇, 罗东坤. 塔里木盆地满加尔凹陷及周缘油气资源. 经济评价. 石油大学, 2000

⑥王国林, 肖中尧. 塔里木盆地西南坳陷区盆地分析及油气资源评价. 塔里木油田公司, 2000

⑦柳少波, 董大忠, 丁文龙, 等. 库车坳陷油气资源经济评价及方法研究. 石油勘探开发科学研究院, 2000

⑧庞雄奇, 周瑞年, 金之钧, 等. 柴达木盆地天然气资源评价与有利勘探区评价. 石油大学, 2000

(2) 对一些盆地气源岩分布面积的认识更加准确。例如随着勘探程度的深入, 柴达木盆地新发现了分布面积为 $2\,000 \text{ km}^2$, 厚度为 600 m 的优质气源岩; 第三系和第四系烃源岩的面积也有所扩大, 因此资源量评价结果大幅度增加。

(3) 对一些地区烃源岩厚度的认识更加准确。例如松辽盆地, 最新研究发现下白垩统登娄库组也具有生烃能力, 并且认识到原来评价的一些烃源岩层在坳陷中部厚度很大, 因此资源量的最新评价结果比二次资源评价明显增加。

(4) 聚集系数更加合理。一个盆地天然气的聚集系数一般通过与地质背景相似、勘探程度较高的盆地对比而来, 其结果难免不够精确。鄂尔多斯盆地是中国构造最稳定的盆地, 但在二次资源评价时

聚集系数不到 1% 。而近几年的研究结果表明, 该盆地的上古生界含气层位具有大面积普遍含气的特点, 盆地中部聚集系数可以取到 $2.0\% \sim 2.7\%$ 。

上述最新的评价结果均为这几年的勘探进展所证实。例如, 鄂尔多斯盆地 1988~1995 年的天然气勘探集中于下古生界碳酸盐岩, 但实际上, 下古生界的天然气也主要是上古生界煤系形成的^[13], 因此, 上古生界砂岩中天然气的资源量更为可观。2000 年苏 6 井上古生界一个气层的无阻流量达到 $120 \times 10^4 \text{ m}^3$, 可以和下古生界碳酸盐岩产层的高产井相媲美。又如, 库车坳陷今年克拉 2 号大气田储量达到 $2\,506 \times 10^8 \text{ m}^3$, 完全证实了库车坳陷是一个富含天然气的地区。

相比之下, 塔里木盆地和鄂尔多斯盆地地下古生

界碳酸盐岩层系的天然气资源量评价结果有明显的减少。

总之, 根据目前的认识, 中国常规天然气的资源量在 $50 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 以上。

国外进行资源评价时一般采用“可采”资源量这一名词。为了和世界油气资源量及储量研究接轨, 中国石油天然气集团公司、中国海洋石油总公司、地质矿产部和中国能源研究会的有关专家于 1996 年提出中国常规天然气最终可采资源量为 $10 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。其基数是二次资源评价的 $38 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 二者比例为 26.3%。考虑到本文研究得到的 $50.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 资源量, 按照上述比例, 中国常规天然气可采资源量可以达到 $13.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

2.2 低的探明率

表 2 世界主要产油气国家和地区天然气可采资源量和探明程度

Table 2 Recoverable resources and proved reserves of natural gas in world's major oil and gas producing countries and regions

国家或地区	可采资源量 / 10^{12} m^3	累计探明可采 储量/ 10^{12} m^3	1999 年产量 / 10^8 m^3	沉积岩面积 / 10^4 km^2	单位沉积岩面 积可采资源量 / $(10^{12} \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	单位沉积岩面 积探明可采储 量/ $(10^{12} \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	探明可采储量 与可采资源量 的质量分数/%
独联体	107.24	76.56	0.699 6	1 400	766.0	546.8	71.4
美国	40.43	32.43	0.560 2	803	503.5	403.9	80.2
伊朗	35.37	23.70	0.031 2	100	3 537.0	2 369.7	67.0
加拿大	13.75	5.58	0.191 2	538	255.6	103.8	40.6
沙特阿拉伯	13.73	6.34	0.031 7	150	875.3	422.4	48.3
中国	13.32	1.30	0.024 3	660	211.6	19.8	9.8

资源量预测过高, 而是由于天然气的大规模勘探和研究起步较晚, 以及地质条件相对复杂。

2.3 大的生产潜力

1999 年中国天然气产量为 $243 \times 10^8 \text{ m}^3$, 与俄罗斯、美国、加拿大等天然气生产大国相比, 产量还很低。之所以如此, 一方面是前些年天然气的可采储量还比较低, 另一方面是下游利用有限。但是近几年中国天然气可采储量已经有了可观的增长, 目前的产量完全可以大幅度提高。不仅如此, 上文分析的中国天然气资源前景说明中国完全可以发展为天然气生产大国。

目前世界上有 7 个国家和地区的天然气年产量超过 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中 4 个超过 $1 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。除了大量打井的美国和集中开发大气田的英国, 其他国家和地区的情况说明, 一个国家天然气的可采储量超过 $1.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 就可以保证年产天然气 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$, 而可采储量超过 $2.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 就可以保证年产天然气 $1 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ (表 3, 4)。1999 年中国天然气剩余可采储量为 $1.021 3 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 已

1999 年底中国共探明天然气可采储量 $1.30 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 仅占可采资源量 $13.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的 9.8%, 资源探明率极低 (表 2)。相比之下, 可采资源量的探明率如果能够达到独联体、美国和加拿大的程度, 则可采储量将分别达到 $9.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$, $11.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 和 $5.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。若根据沉积岩分布面积来计算, 表 3 所列国家和地区除中国外, 沉积岩单位面积探明可采储量最低的是加拿大, 仍达到 $103.8 \times 10^4 \text{ m}^3 / \text{km}^2$, 其沉积岩面积是 $538 \times 10^4 \text{ km}^2$; 如果达到加拿大的探明程度, 则中国天然气探明可采储量可以达到 $5.58 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 探明率达到 41.9%。同上述国家和地区的发展程度相比, 中国还有超过目前探明储量 3.3~7.6 倍的可采储量未被探明。须强调的是, 中国天然气资源目前探明率低, 并非由于

经与年产 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的储量保证相接近; 而如果探明率达到上文分析的加拿大的程度 (探明可采储量达到 $2.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 以上), 则年产量 $1 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 可以确保无虞。这一方面说明中国年产 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 天然气在近期完全有储量保证, 另一方面也说明成为年产 $1 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的天然气生产大国也完全有资源保证, 当然前提是须进行艰苦细致的研究和勘探工作。戴金星曾预测 2005 年中国天然气产量可达 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$, 2015 年可达 $1 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ [4], 从而成为天然气大国。

3 “西气东输”的储量保证

“西气东输”是西部大开发过程中一项宏伟的工程, 要把地域辽阔、人烟稀少的以塔里木盆地为主的各个盆地丰富的天然气开发出来, 投资 1 000 余亿元, 通过 4 000 多公里长输气管线输送到工农业发达、人口稠密、能源缺乏的长江三角洲地区。这对于发展中国西部经济和加速长江三角洲地区的社会经济发展、改善生态环境具有重要意义。

表 3 一些国家和地区达到年产天然气 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 时的可采储量

Table 3 Recoverable reserves of some countries and regions when their annual gas production reached $500 \times 10^8 \text{ m}^3$

国家和地区	年份	年产量 / 10^8 m^3	可采储量/ 10^{12} m^3
美国	1929	541	0.650 0
独联体	1960	452.8*	1.854 8
加拿大	1970	567	1.511 4
荷兰	1972	580	2.208 7
英国	1990	481*	0.559 6
印度尼西亚	1992	483*	1.822 2
阿尔及利亚	1989	656	3.226 2

* 翌年产气量超过 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$

表 4 一些国家和地区年产天然气由 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 升至年产 $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 所花时间及可采储量

Table 4 Recoverable reserves and times needed of some countries and regions when their annual gas production increased from $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ to $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$

国家和地区	年份	年产量 / 10^8 m^3	可采储量 / 10^{12} m^3	升至年产 $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 所时间/a
美国	1942	1 940	3.120 0	13
独联体	1964	1 086	2.786 0	4
加拿大	1987	983*	2.773 4	17
英国	1999	1 045	0.754 6	9

* 翌年产气量超过 $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

表 5 西北四大盆地各级储量

Table 5 Different grade reserves of four big basins in Northwest China

盆 地	探明地质储量/ 10^8 m^3		可采储量/ 10^8 m^3		剩余可采储量/ 10^8 m^3	
	煤成气	油型气	煤成气	油型气	煤成气	油型气
塔里木	3 701.58	940.27	2 636.39	645.30	2 577.70	630.77
吐哈	276.94	0	184.01	0	182.66	0
准噶尔	131.00	444.92	111.10	307.00	105.57	290.20
柴达木	1 467.79	4.41	797.78	2.37	791.29	2.37

表 6 西北四大盆地天然气资源的沉积岩单位面积的探明率

Table 6 Proved rate per unit area of sedimentary rocks in four big basins in Northwest China

盆地	可采资源量/ 10^{12} m^3	沉积岩面积/ 10^4 km^2	可采储量/ 10^8 m^3	资源探明率/%	单位沉积岩面积可采 储量/ $10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$
塔里木	1.395 1	56	3 469.62	24.87	61.96
准噶尔	0.550 1	13	418.10	7.60	32.16
吐哈	0.123 6	5.35	184.01	14.89	34.39
柴达木	0.755 0	12.1	800.15	10.60	66.13

“西气东输”工程是一项耗资巨大的工程,大家对年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的储量保证和稳产年限非常关心,讨论热烈,这是很自然的。一种意见是,必须有稳产 30 年的储量保证方能启动;另一种意见是,有 20 年稳产储量保证、在开发过程中同时有探明储量补充可保证动态稳产 30 年就可以启动,所以现在可以启动“西气东输”工程。我们主张后一意见,

天然气储量是“西气东输”工程的基础。从这个意义上讲,库车坳陷大气田的发现恰逢其时。今年五月份,塔里木盆地库车坳陷探明了地质储量达 $2\,506.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ (可采储量 1 879.60) 的克拉 2 大气田(表 5),这是中国储量最大、丰度最高的气藏。如果没有这个气藏,“西气东输”工程就难于现在启动。

尽管“西气东输”长输气管线也经过鄂尔多斯盆地,但是作为该工程稳产年限设计的储量保证,只考虑西北四大盆地(塔里木、准噶尔、柴达木和吐哈)的天然气的储量,并且主要以塔里木盆地的储量为基础。这四大盆地油气的大规模勘探虽然已有 40~50 年历史,但长期以来均以找油为主,有的放矢地勘探天然气只不过是近 10 年来的事。因此,西北四大盆地天然气的勘探还处在初期阶段,所以单位面积沉积岩中天然气的探明储量以及资源探明率均很低(表 6),天然气的勘探潜力还很大。由于勘探起步较晚,目前探明天然气量还不小,四大盆地总计探明天然气地质储量 $7\,266 \times 10^8 \text{ m}^3$ (可采储量 $4\,872 \times 10^8 \text{ m}^3$),剩余可采储量 $4\,769 \times 10^8 \text{ m}^3$ (表 5)。

毕竟这样可以争取时间,加速西部大开发。为此,我们详细地研究了世界上年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的 24 个国家剩余可采储量的储采比(表 7)。这些国家在达到、接近或超过年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 时,储采比从 14(意大利)至 515(卡塔尔)。当然储采比越大保证稳定年产时间越长。到底多少储采比能最低限度保证稳产 30 年呢?在此,我们着重研究了储采

表 7 一些国家天然气产量达到 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右的年份和资源情况

Table 7 Dates and resources of some countries when their gas production reached $120 \times 10^8 \text{ m}^3$

序号	国家	年份	当年产量/ 10^8 m^3	当年剩余储量/ 10^8 m^3	当年储采比
1	美国	1918	201	4 240	21
2	前苏联	1956	120.7	5 880	49
3	加拿大	1959	118	6 840	58
4	罗马尼亚	1962	129	1 360(1961) 2 350(1963)	12 17
5	荷兰	1968	140.9	23 719	169
6	英国	1970	109	9 345	86
7	伊朗	1970	115	31 149	271
8	意大利	1969	120	1 640	14
9	墨西哥	1970	126	3 227	26
10	德国(西德)	1970	131	3 588	27
11	委内瑞拉	1978	120	11 932	99
12	挪威	1978	155	3 836	25
13	印尼	1979	110	8 495	77
14	巴基斯坦	1980	168	6 081	36
15	阿尔及利亚	1980	144.8	27 983	193
16	沙特阿拉伯	1991	123	33 082	269
17	阿根廷	1982	109.4	7 056	64
18	澳大利亚	1983	120	5 004	42
19	阿联酋	1986	102.4	29 602	289
20	马来西亚	1987	130	14 773	114
21	印度	1990	123.9	7 093	57
22	埃及	1996	132.4	5 760.8	44
23	卡塔尔	1996	137.5	70 793	515
24	泰国	1996	119	2 016	17

比小于 30 的 6 个国家(美国除外, 因为该国最早有年产记录在 1918 年产量就达到 $201 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右时的储采比不详), 即罗马尼亚、墨西哥、意大利、德国、挪威和泰国。从储采比来看, 这些国家达到年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 时都没有稳产年产 30 年的储量保证。但是这些国家年产达 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右之后, 年产不但一直未下降, 反而都有不同程度的上升, 其中罗马尼亚、墨西哥、德国和意大利至今分别稳产了 38 年、30 年、30 年和 31 年(图 6)。世界天然气开发史证明, 年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右时储采比在 14 至 27 的国家都能保证稳定年产 30 年甚至更长, 当然这要求边开发、边勘探、增加天然气储量。值得注意的是, 意大利和罗马尼亚当时的储采比只有 14 至 17, 但持续开发了 31~38 年, 其间任何一年产量也没有下降到 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以下, 其中罗马尼亚 1962 年之后几乎每年产量均在 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上, 最高时达到为 $386 \times 10^8 \text{ m}^3$ (1976 年), 当时储采比仅为 8; 而意大利 1969 年达到 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其后的 31 年中, 年产几乎都在 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上, 1990 年年产还达 $209 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。目前, 塔里木盆地剩余可采储量为 $3\,397.17 \times 10^8 \text{ m}^3$ (表 5), 以年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 计算, 储采比为 28, 比罗马尼亚 1962 年产 $129 \times 10^8 \text{ m}^3$, 意大利 1969 年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$, 墨西哥 1970 年产 $126 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和德国 1970 年产 $131 \times 10^8 \text{ m}^3$ 时的剩余可采储量和

储采比都大(表 7)。

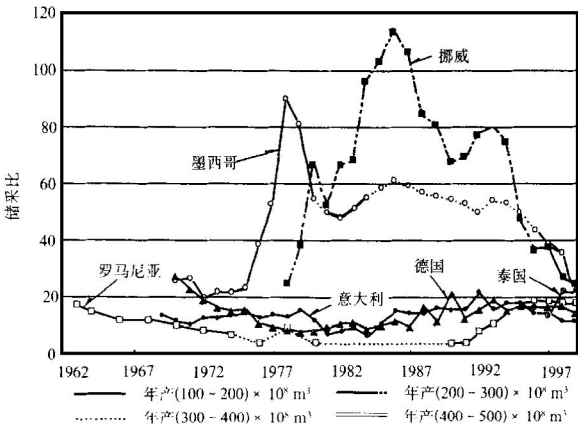


图 6 一些国家天然气储采比的变化

Fig. 6 Variation of reserve production ratio in some countries
所列的国家初始年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 时储采比小于 30, 而至今仍稳产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 或者 $120 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 以上的时间达 30 年

因此, 以塔里木盆地天然气储量为基础的“西气东输”工程, 现在完全有启动建设的储量保证, 否则会拖延西部开发的速度。

沉积岩的面积是决定天然气远景和储量的最重要因素之一。意大利沉积岩面积 $14 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、罗马尼亚为 $18 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、德国为 $29 \times 10^4 \text{ km}^2$, 均小于塔里木盆地 ($56 \times 10^4 \text{ km}^2$), 这些国家能保证 $120 \times 10^4 \text{ km}^2$ 或更高的产量年产 30 年以上, 塔里木盆地与之相比具有更好的条件。因此, 无论根据现

有的储采比,还是资源前景,都应该毫不犹豫地启动“西气东输”工程。

4 结论

(1) 目前中国探明天然气储量 $20\,635 \times 10^8 \text{ m}^3$, 可采储量 $13\,049 \times 10^8 \text{ m}^3$, 剩余可采储量 $10\,213 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

(2) 中国天然气资源量为 $50.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 可采资源量为 $13.32 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

(3) 预计中国 2005 年和 2015 年可以年产天然气 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

(4) 罗马尼亚、意大利、墨西哥和德国在年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右储采比为 14~27, 之后稳产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上 30~38 年。目前塔里木盆地剩余可采储量为 $3\,397 \times 10^8 \text{ m}^3$, 按年产 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 计算, 储采比为 28, 故完全可以启动“西气东输”工程, 有动态的稳产 30 年的储量保证。

参 考 文 献

- 戴金星. 我国古代发现石油和天然气的地理分布[J]. 石油与天然气地质, 1981, 2(3): 292~299
- Meyerhoff A A. Developments in Mainland China[J]. AAPG Bull, 1970, 54(8): 1 949~1 969
- 戴金星. 我国煤成气资源勘探开发和研究的重大意义[J]. 天然气工业, 1993, 13(2): 7~12
- 傅诚德. 天然气科学研究促进了中国天然气工业的起飞[A]. 见: 戴金星, 傅诚德, 关德范. 天然气地质研究新进展[C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 1~11
- Жафаров И. Л., Ермаков В. И., Орел В. Е. и др. Генезис газовой оленности[J]. Геология Нефти и Газа, 1974, (9): 1~8
- 戴金星, 钟宁宁, 刘德汉, 等. 中国煤成大中型气田地质基础和主控因素[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000, 206~210
- 关士聪, 阎秀刚, 芮振雄, 等. 对我国石油天然气远景资源的分析[J]. 石油与天然气地质, 1981, 2(1): 47~56
- 戴金星, 戚厚发. 关于煤系地层生成天然气量的计算[J]. 天然气工业, 1981, (3): 49~54
- 王开宇. 烟花季节下扬州, 专家聚议“煤成气”[J]. 地质论评, 1981, 27(6): 549
- 胡朝元. 对我国天然气类型及资源潜力的初步分析[J]. 石油勘探与开发, 1983, 10(2): 8~12
- 杨甲明. 中国近海天然气资源[J]. 中国海上油气(地质), 2000, 14(5): 300~305
- 戴金星. 中国煤成气研究二十年的重大进展[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(3): 1~10
- 夏新宇. 碳酸盐岩生烃与长庆气田气源[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000. 110~122
- 戴金星. 我国天然气资源及其前景[J]. 天然气工业, 1999, 19(1): 3~6

ESTIMATION OF NATURAL GAS RESOURCES AND RESERVES IN CHINA: WITH CONCERNING TO RESERVES FOR WEST-EAST GAS PIPELINE PROJECT

Dai Jinxing Xia Xinyu Wei Yanzhao

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing)

Abstract: By the end of 1999, there are 171 discovered hydrocarbon gas fields in China(not including Taiwan Province; the same below). Their total geological reserves amount to $20\,635 \times 10^8 \text{ m}^3$, recoverable reserves $13\,049 \times 10^8 \text{ m}^3$, the remaining recoverable reserves $10\,213 \times 10^8 \text{ m}^3$. Ever since 1981 natural gas reserves have increased by 7.9 times. due to the enhancement of exploration and researches, as well as the application of the theory of coal measure gas. Large or medium size gas fields with proven geological reserves over $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ are 47. Their total proven geological reserves are up to $15\,171 \times 10^8 \text{ m}^3$, and covers 74% of total proven geological reserves in China. Within 6 largest gas fields with proved geological reserves over $500 \times 10^8 \text{ m}^3$, the first fields 4 are coal-formed gasfields, indicating the importance of coal-formed gas field in China's gas reserves. Newly estimated conventional gas resources in China are $50.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$, with $13.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ recoverable reserves. By the end of 1999, only 9.8% of the recoverable resources are proved. If the proved rate can be as high as that of Canada, the proved rate could be 41.9%, proved recoverable reserves would be $5.58 \times 10^{12} \text{ m}^3$. It is estimated that annual gas production will reach $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ in the year 2005 and $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ in the year 2015 in China. The ratio of reserve to production of Romania, Italy, Mexico, and German were only 14~27 when its production reached $120 \times 10^8 \text{ m}^3$, and this production kept for 30 year or even more. Compared with them, Tarim Basin can insure 30 years of stable gas production of $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ per year with its $3\,397 \times 10^8 \text{ m}^3$ remaining recoverable gas reserves. (the reserve-production ratio is 28). So the gas reserves in Tarim Basin is ready for the “West-East Gas Pipeline Project”.

Key Words: China; natural gas; resources; reserves; production; Tarim Basin