

近年来中国天然气储量、产量变化特点 与发展趋势分析

周总瑛 张 抗 周庆凡

(中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院 北京 100083)

摘 要 近20年来我国天然气探明储量大幅度增长,为近期天然气工业加速发展奠定了坚实的物质基础。按可采资源量算,中国天然气资源探明程度仅为17.0%,剩余资源勘探潜力巨大,预计近中期内天然气探明储量仍将保持持续、稳定的增长势头。由于中国天然气资源集中分布在中西部地区,远离东部消费市场,两地之间输气管线建设滞后,以及气价不合理、下游消费市场限制等多种因素,使天然气开发严重滞后于勘探,天然气产量长期增长缓慢。随着“西气东输”等干线的建设和下游消费市场的发展,近中期内天然气产量将大幅度增长。

关键词 天然气 探明储量 产量 预测

1 近20年来天然气探明储量大幅增长,新增储量品质有较大改善

据统计,截止1998年底中国天然气累积探明储量 $30\,462.82 \times 10^8 \text{ m}^3$,为近期天然气工业快速发展奠定了坚实的物质基础。其中,气层气储量 $19\,430.27 \times 10^8 \text{ m}^3$,溶解气储量 $9\,955.35 \times 10^8 \text{ m}^3$,凝析油储量(凝析油1 t 折算 $1\,000 \text{ m}^3$ 天然气) $1\,077.2 \times 10^8 \text{ m}^3$,其分别占全国天然气探明储量的63.78%、32.68%、3.54%。

1.1 连续三个五年计划储量增长翻番

中国天然气年增探明储量的变化以1980年为界划分成两个不同的阶段(图1)。1980年以前,储量变化以增长基数低、小幅度振荡为主要特征。1980年以后,储量增长却以快速、较大幅度起伏为主要特征,特别是1990年以后各高峰值之间的时间间隔变小,由以往的6~8年缩短到目前的1~2年。这主要与天然气勘探资金投入的加大和天然气勘探技术的进步有关。从图2也可以看出,“六五”以前,储量增长十分缓慢,“三五”、“四五”和“五五”三个五年计划期间,累积新增储量 $1\,803 \times 10^8 \text{ m}^3$,平均年增储量仅 $120 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。但是,从1980~1985年的“六五”以来,中国天然气探明储量快速增长,“六五”、“七五”、“八五”的三个五年计划期间,天然气(气层气)储量的年平均增量和五年增长量都连续翻番。以年均增量而论,“六五”是“五五”的195.15%，“七五”是“六五”的229.15%，“八五”是“七五”的227.72%。“八五”期间的新增储量是“五五”期间的10倍多。

1.2 “九五”新增储量可能达到 $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$

“九五”以来,中国天然气勘探先后在塔里木盆地发现了克拉2、依南2、和田河等大型气田,在鄂尔多斯盆地发现了陕141、乌审旗等上古生界气田或气藏,在柴达木盆地扩大了涩北1、涩北2、台南老气田的规模,川东飞仙关鲕滩、川西的白马庙侏罗系、三叠系成为继川东

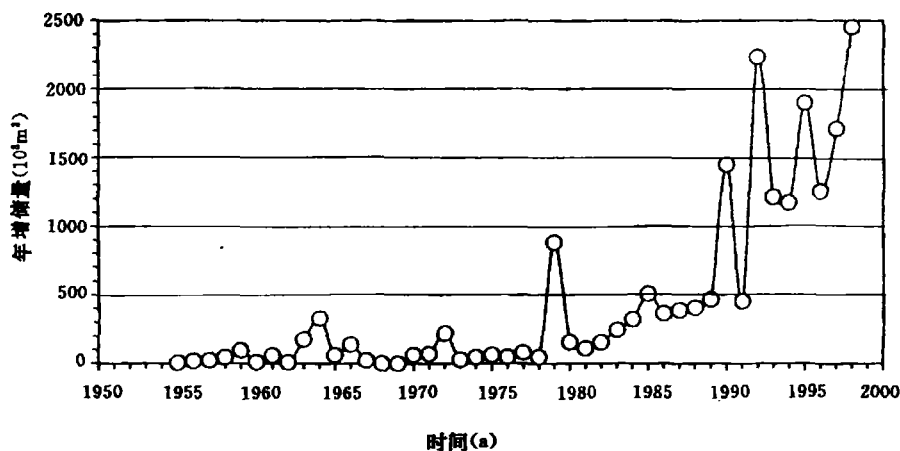


图1 中国历年新增气层气探明储量分布图

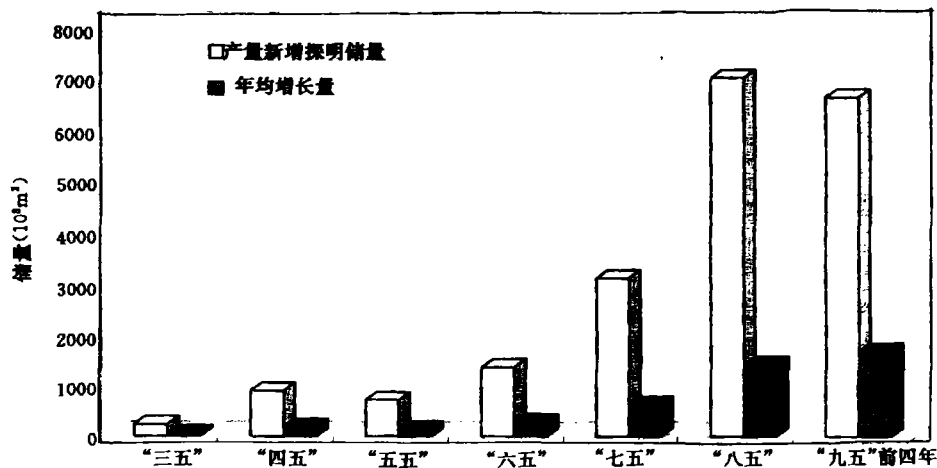


图2 中国各时期气层气新增探明储量对比图

石炭系之后新的勘探领域,天然气勘探取得了巨大的发展。1996~1999年,共增加 $6\,626.39 \times 10^8 \text{ m}^3$,平均年增 $1\,656.59 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。2000年的新增储量包括已批准的塔里木盆地克拉2大型气田 $2\,505 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的探明储量,以及新疆其它气田、鄂尔多斯和四川气田新增加的储量。这样,预计“九五”期间累积探明储量可达到 $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$,平均年增储 $2\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$,如果达到这样的目标,这就意味着中国探明气层气的第一个万亿立方米储量用了38年时间(1956~1993),而第二个万亿立方米可能仅用7年时间。

1.3 新增气田的储量规模有增大的趋势

据统计,1990年底全国气田共有195个,探明储量 $7\,044.96 \times 10^8 \text{ m}^3$,每个气田储量规模平均仅为 $36.13 \times 10^8 \text{ m}^3$;1998年底全国气田增加到321个,探明储量 $19\,430.28 \times 10^8 \text{ m}^3$,平均储量规模上升到 $60.53 \times 10^8 \text{ m}^3$;8年间新增气田126个,新增储量 $12\,385.32 \times 10^8 \text{ m}^3$,新增气田平均储量规模高达 $98.30 \times 10^8 \text{ m}^3$,为1990年底全国气田平均规模的2.7倍。

1.4 天然气储量的迅速增加主要依赖于一批大中型气田的探明

从表1可以看出,1991~1996年气层气储量的增加主要靠新气田(占全部新增储量的65.78%),特别是大、中型气田(占57.94%,小型气田只占7.84%)。与之相比,新块(占19.66%)和新层(占11.66%)只占次要地位。新气田特别是大、中型气田的储量品质一般较好,从区域差异上看,新增加的大、中型气田全部分布于中部区、西部区和海域,东部区仅有少量小型新气田发现;从盆地看大、中型气田主要在四川、鄂尔多斯、塔里木和莺—琼等盆地内。可见中国天然气储量的迅速增加主要依赖于大中型气田的储量增加,这也是今后增储的重点。

表1 1991~1996年中国气层气新增储量构成统计表 (单位:10⁸ m³)

地区/盆地	新层	新块	小型气田	大、中型气田	升级	合计
东部区	49.23	187.72	174.11		-4.43	406.63
松辽	24.33	3.1	136.59			164.02
渤海湾	19.05	184.62	37.52		-4.43	236.76
中部区	388.6	1276.71	197.87	2743.26		4606.44
四川	388.39	208.55	170.89	1400.04		2167.87
鄂尔多斯		1067.47		1343.22		2410.69
西部区	333.01	164.98	263.69	966.7	245.15	1973.53
塔里木	243.65	92.49	132.96	790.59	123.42	1383.11
准噶尔		72.49	63.22			
吐哈	15.12		31.68	176.11		
青海	74.24				121.73	
海域	195.25		13.92	1092.41		1301.58
渤海			2.21			
南海西部	195.25		11.71	980.35		1187.31
(东方1-1)						
东海				112.06		
全国	966.09	1629.41	649.59	4802.37	240.72	8288.18

注:资料来源于1991~1996年度国家储量公报

2 各地区、各主要盆地气层气探明储量变化有着明显差异(表2)

2.1 四川盆地一直是增储的首要地区,但占全国比例已明显降低

1985年四川盆地天然气(气层气)探明储量占全国的比例为54.98%,尔后则呈下降趋势,到1990年该盆地探明储量占全国的46.30%,到1998年进一步降到30.44%。尽管如此,它的总储量仍居全国各盆地之首。1990~1998年新增储量占全国同期的23.65%。特别是它距经济中心和缺能源区较近,开发和管输成本较低,它的储量增长仍具有重大意义。

2.2 1985年以来,鄂尔多斯是大型盆地中储量增长最快的一个

1985年鄂尔多斯和塔里木类似,在大型盆地中气层气储量微乎其微,但其后,特别是90年代以来,储量增长相当快。1990~1998年新增储量占全国同期的25.02%,居全国各盆地之首。“八五”期间天然气勘探以下古生界为主要目的层,探明了中部(靖边)气田,奠定了陕京管线的储量基础。“九五”以来天然气勘探重点向上古生界,向偏北部转移,储量仍然快速增长。1998年占全国储量的16.10%,居各大盆地第二位。

表 2 中国主要盆地(地区)不同时期气层气探明储量统计表 储量(10^8 m^3)

地区/盆地	1985 年		1990 年		1995 年		1998 年	
	储量	%	储量	%	储量	%	储量	%
东部区	1406.65	35.50	1996.26	28.28	2338.47	16.67	2635.5	13.56
中部区	2199.64	55.50	3079.99	43.64	7037.46	50.17	9043.01	46.54
四川	2178.84	54.98	3050.49	43.22	4707.38	33.56	5915.11	30.44
鄂尔多斯	20.8	0.52	29.5	0.42	2330.08	16.61	3127.9	16.10
西部区	406.87	10.27	779.44	11.04	2318.91	16.53	4476.67	23.04
塔里木	228.03	5.75	232.76	3.30	1375.5	9.81	2420.5	12.46
准噶尔	89.17	2.25	148.28	2.10	227.15	1.62	277.15	1.43
吐哈	—	—	0	0.00	243.62	1.74	276.94	1.43
柴达木	89.67	2.26	398.4	5.64	472.64	3.37	1472.2	7.58
南方区	0.0	0.0	0.46	0.01	22.47	0.16	22.92	0.12
海域	—	—	1253.21	17.75	2359.54	16.82	3252.17	16.74
渤海	—	—	154	2.18	156.21	1.11	252.46	1.30
莺—琼	—	—	907.9	12.86	1899.96	13.55	2491.6	12.82
东海	—	—	170.51	2.42	282.57	2.01	474.1	2.44
全国	3962.61	100.00	7044.51	100.00	14026.3	100.00	19430.28	100.00

2.3 21 世纪初塔里木盆地可望成为储量增长最快的地区

塔里木盆地天然气增长迅速,1990~1998 年新增储量占全国同期的 17.66%,次于中部两盆地。特别是 1986 年以来,相继探明了和田河和克拉 2 大型气田,如果只统计到 1998 年和 1999 年,它的探明储量在全国的比例略低于鄂尔多斯和莺—琼,但考虑到 2000 年克拉 2 这个目前全国最大气田进入储量表,借“西气东输”的大好时机,塔里木天然气勘探正被列为重点,在 21 世纪将成为全国储量增加最快的盆地。

2.4 海域的储量增加很快,莺—琼盆地的气有特殊意义

海域 1990~1998 年新增储量占全国的 16.15%,1998 年累计气层气储量已占年全国储量的 16.74%,略高于鄂尔多斯盆地。它的主要储量集中在莺—琼盆地及东海西湖凹陷,这两个地区的气今后仍将保持较快增长的势头,特别是莺—琼盆地,临近既缺油又缺气的两广地区,目前的“西气东输”也鞭长莫及,其天然气增储有特别重要的意义。

2.5 东部区天然气探明储量增长艰难

东部区 1985~1998 年新增储量仅占全国同期总量的 5.16%。探明储量占全国的比例近年来减少得很快,在全国的比例由 1985 年 35.5%,降到 1998 年的 13.56%。

3 近中期天然气探明储量增长趋势分析

张抗在《油气资源量与国际接轨的再探讨——对第三次资评的建议》^①一文中,根据第

① 张抗. 油气资源量与国际接轨的再探讨——对第三次资评的建议. 研究专报(内刊),中国石化新星石油公司规划研究院. 2000 年 6 月.

二次全国油气资源评价结果和近年来油气勘探新进展,系统地对中国油气可采资源量进行测算,据测算结果天然气可采资源量约 $9.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。若按 1998 年底天然气累计探明可采储量 $15\,851 \times 10^8 \text{ m}^3$ 计算,目前中国天然气资源探明程度仅为 17.0%。与石油资源探明程度 50.0% 相比,天然气比石油有更大的发展潜力。与一些国家相比,中国天然气勘探开发在处于蓬勃发展的青年期。近中期内储量仍可保持持续、快速的增长势头,80 年代以来的勘探历程也证明了这一点。

油气勘探是在一定找油气思路指导下,利用各种技术力量去探索和认识地下资源的过程,由于地下地质条件和油气藏成藏控制因素及勘探技术的复杂性,油气勘探具有相当大的风险性和随机性,其勘探成果——探明储量的预测便具有相当的不确定性。不同机构(学者)、不同预测方法所得出的预测结果必然存在一定的差异性,有的甚至相差悬殊(表 3)。下面对这些不同的预测值作简单的分析。①从“六五”以来天然气探明储量的增长趋势和目前天然气勘探的早期阶段看,今后一段时间内中国天然气年均新增探明储量至少不会低于 $2\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。显然,贾文瑞等人对今后天然气新增储量的预测结果明显偏低。②在国家把“西气东输”项目作为实施西部大开发战略的重要内容之一,要求 3 年内(1999~2002 年)在塔里木盆地累积探明天然气 $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的背景下,各家公司对“十五”期间天然气勘探形势估计过于乐观,预计“十五”期间新增储量 $(19\,050 \sim 19\,750) \times 10^8 \text{ m}^3$,年均增长近 $4\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。但是,单单从目前几家公司勘探投入资金的承受能力看,要达到这个指标是非常困难的,这也就说“十五”储量增长的规划目标明显偏高。2006~2015 年新增储量 $(18\,900 \sim 30\,900) \times 10^8 \text{ m}^3$,年均探明储量 $2\,490 \times 10^8 \text{ m}^3$ (取中值),这个指标是比较切实可行的,而且与笔者的预测结果很接近。③笔者所采用的翁氏生命轮回与逻辑斯谛两种模

表 3 国内不同研究机构对中国近中期天然气储量增长预测对比表(单位: 10^8 m^3)

预测机构 或学者	预测时间 (年)	预测方法	2001~ 2005 年	2006~ 2010 年	2011~ 2015 年	2016~ 2020 年
甄鹏、钱凯等	1997	低方案	14050			12530
		中方案	16700			15030
		高方案	19700			18030
万吉业等	1997		13000			12000
贾文瑞等	1999	费尔哈斯模型	10985~16944			
国家石化局等	1999		19050~ 19750	18900~30900		
		中值	19400	24900		
		翁氏模型 转化率 35%	10633.26	11941.53	12176.16	11452.06
周总瑛等	2000	逻辑斯谛模型 转化率 35%	10887.38	13670.98	14844.59	13778.94
		平均值	10700	12800	13500	12600
		推荐值	10700	12800	13500	12600

注:本表是据各种资料汇编的。

型^①,对中国今后气层气探明储量增长趋势的预测总体上相当吻合。为了便于分析问题,在资源转化率为35%情况下,以这两种模型预测结果的平均值作为推荐值,即作为近中期天然气储量增长的参照值,2001~2005年期间新增探明储量达 $10\,700\times 10^8\text{ m}^3$,2006~2010年期间新增探明储量 $12\,800\times 10^8\text{ m}^3$,2011~2015年期间新增探明储量 $13\,500\times 10^8\text{ m}^3$,2016~2020年期间新增探明储量 $12\,600\times 10^8\text{ m}^3$ 。

4 近年来天然气产量的变化特征

总体上说,中国历年天然气产量相当低,1998年产量为 $218.7\times 10^8\text{ m}^3$,仅为世界天然气产量($23\,388.0\times 10^8\text{ m}^3$,据美国《油气杂志》1998年年终号资料)的1.0%左右。其中,气层气产量为 $154.8\times 10^8\text{ m}^3$,有近90.0%的气层气产量集中分布于四川($83.13\times 10^8\text{ m}^3$)、渤海湾($20.1\times 10^8\text{ m}^3$)及莺—琼($34.76\times 10^8\text{ m}^3$)三大盆地;溶解气产量为 $66.77\times 10^8\text{ m}^3$,有近65.0%的溶解气产量来自东部老油区。

4.1 气层气产量的变化(表4)

(1) 90年代以来全国气层气产量的增长明显高于石油,高于溶解气

90年代以来,气层气产量的平均年增长速度为5.17%,这个增长速度虽不及国民生产总值的增长,但却明显高于石油(1.5%),也高于全国同期天然气产量的增长速度(4.81%),因而它也高于溶解气的增长速度。

表4 近年来中国气层气产量变化统计表

地区/盆地	1990年 (10^8 m^3)	占全国比例 (%)	1998年 (10^8 m^3)	占全国比例 (%)	年均增 长率(%)
东部区	43.86	42.44	23.69	15.30	-7.55
松辽	1.19	1.15	2.66	1.72	10.58
渤海湾	42.53	41.13	20.1	12.98	-8.94
中部区	58.41	56.49	87.55	56.58	5.31
鄂尔多斯	0.00	0.00	4.35	2.81	—
四川	58.41	56.49	83.13	53.70	4.63
西部区	1.11	1.07	1.92	1.24	7.09
塔里木	1.11	1.07	0.00	0.00	—
准噶尔	0.00	0.00	1.8	1.16	—
吐哈	0.00	0.00	0.12	0.08	—
柴达木	0.00	0.00	0.00	0.00	—
海城	0.00	0.00	38.76	25.04	—
渤海	0.00	0.00	3.53	2.28	—
莺—琼	0.00	0.00	34.76	22.45	—
东海	0.00	0.00	0.00	0.00	—
全国	103.4	100.00	154.8	100.00	5.17

(2) 东部区气层气有较大幅度减少

90年代以来,东部区气层气的年均递减率为-7.55%。因而它占全国的比重由1990年的42.44%降到1998年的15.30%。这个降低的量仅为 $20\,17\times 10^8\text{ m}^3$,仅相当同期东部区石油减少量($813\times 10^4\text{ t}$)的24.81%。东部区气层气的减产主要来自渤海湾盆地,它的年均

① 国家“九五”重点科技攻关项目——中国天然气勘探开发战略研究,中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院,2000年12月。

递减率为-8.94%。渤海湾盆地胜利油田由1990年的产气层气 $17.65 \times 10^8 \text{ m}^3$ 降到 $1.37 \times 10^8 \text{ m}^3$,其主要原因是主力气田平方王已经停止生产。它在1990年曾产气 $15.69 \times 10^8 \text{ m}^3$,占胜利油气田气层产量的88.90%。渤海湾的降低还因为辽河油田气层气产量由1990年的 $16.83 \times 10^8 \text{ m}^3$ 降到1998年的 $11.02 \times 10^8 \text{ m}^3$,这主要原因是其主力气田双台子气田由1990年的 $6.61 \times 10^8 \text{ m}^3$ 降到1998年的 $0.67 \times 10^8 \text{ m}^3$,它的减少占辽河油气田气层气减产的78.06%。这些例子告诉我们东部区不少曾为主力气田的较大气田,已经进入生产的低产衰竭期。

(3) 中部区仍是中国主要气层气的产区

中部区产量持续增长,占中国气层气产量的比例由56.49%略上升到56.56%,比例值上升不大,但却是全国气层气增产的主力。中部的增产主要来自四川,其8年内的增产量为 $24.72 \times 10^8 \text{ m}^3$,占同期全国气层气增产的48.05%。显然,川东若干较大规模气田的投产和川西北浅层气的增产起了相当大的作用。

(4) 西部区产量增长率最高,但产量的增长却很少

西部区8年的平均年增长率明显高于全国,但增加的产量仅 $2.49 \times 10^8 \text{ m}^3$,其产量占全国的比例也仅由1.07%升至2.32%。显然,西部区的气田尚未能进入规模开发阶段。目前投入开发的仍然是柯克亚,1995年它的产量达 $2.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

(5) 海域气层气产量有很大增长

1990年海域尚未有气层气产出,1998年达 $38.76 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全国比例25.04%。海域的气主要来自莺—琼盆地崖13-1气田,它1998年产气 $34.76 \times 10^8 \text{ m}^3$,占海域的89.68%。2000年东海平湖油气田投产,东海气层气将开始规模产出,加上渤海的增产,预计近年内海上气层气生产的地区构成将有较大的变化。

4.2 溶解气产量的变化

1990年全国溶解气产量 $85.38 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全国天然气产量的56.11%,从1980年天然气产量从第二峰值上下滑以后,溶解气的比例一直高于气层气,1988年曾占天然气产量的57.23%。这一情况到1995年才得以改变,溶解气产量降到 $71.66 \times 10^8 \text{ m}^3$,而气层气产量大幅度增产,1998年溶解气产量占全国天然气产量的30.13%。预计今后随着一批天然气管线的建成,鄂尔多斯、四川、柴达木和塔里木等盆地气层气的相继开发,东部区石油和溶解气的减产,溶解气占全国天然气总产量的比例越来越小的趋势将更加明显。

4.3 中国天然气生产总体变化特征

中国历年天然气产量变化特征大概可以划分为四个阶段(图3):1970年以前,天然气产量不但很低,而且增长极其缓慢;70年代期间,随着东部老油田溶解气和四川气田的开发利用,天然气产量快速增长;80年代初,由于四川盆地天然气储采比严重失衡,引起天然气产量下滑;1985年以后天然气产量又缓慢上升,特别是1995年以来呈现出较快的增长趋势。从图4也可以看出,天然气产量在70年代期间快速增长,“四五”、“五五”年均增长率分别为25.26%和10.3%,但进入80年代以来,产量增长速度极其缓慢,“六五”、“七五”、“八五”年均增长率分别为-1.96%、-3.42%和-2.84%，“九五”以来增长速度有所回升,增长率上升到4.76%。而且,从“四五”以来,天然气产量的增长速度明显落后于储量增长速度,但进入“九五”产量的增长速度略高于储量增长速度。

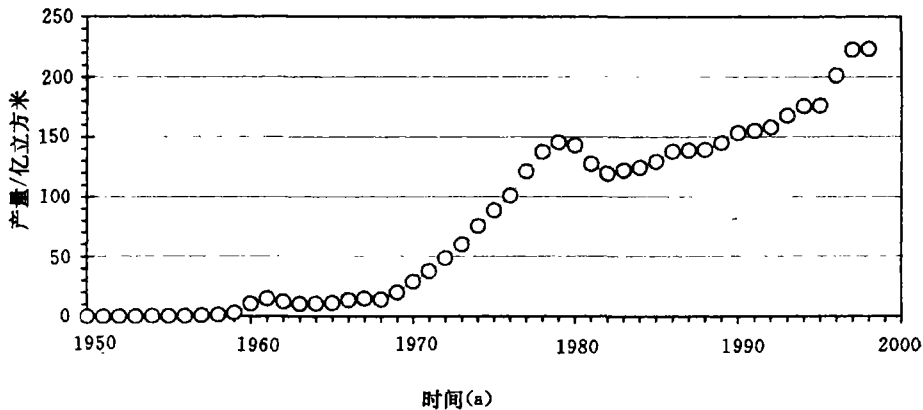


图3 中国历年天然气产量分布图

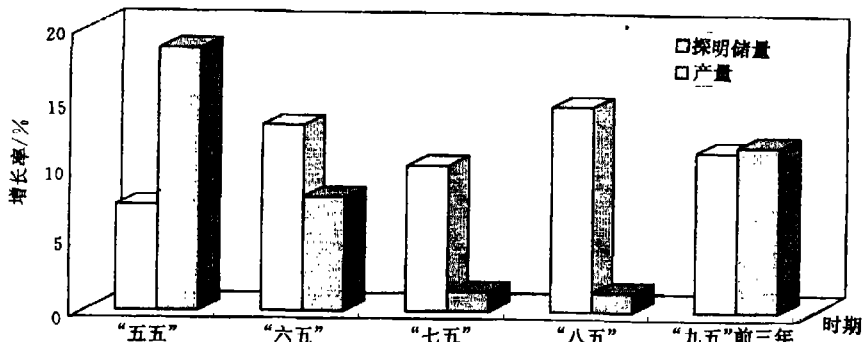


图4 中国各时期气层气探明储量、产量年均增长率对比图

5 近中期天然气产量预测分析

众所周知,由于天然气工业自身的特殊性,气田一旦生产就必须修建输气管线,把天然气从产地输送到消费地供用户使用。如果产地和消费地之间缺少管线,即使有再多的探明储量,气田也不能投入生产。一个国家或地区天然气产量的多寡除了受自身资源条件的影响外,还常常受输气管线的制约,特别是当天然气资源地远离消费市场,长(超长)距离输气干线的影响会显得更加突出。但是,一旦长(超长)距离输气干线修建后,天然气产量就会在较短时间内跳跃式上升。这种天然气产量跳跃式上升的特性,在一个国家或地区天然气发展历程由勘探开发早期向成熟期(中晚期)转变期间,有时会表现得相当突出。

中国天然气产量增长缓慢,如果仅仅根据过去产量的变化趋势,对未来天然气产量进行预测,这显然是不合理的,也是不可行的。近年来,国内许多研究机构和学者在假设今后输气管线建设和下游用户落实比较顺利的前提下,主要根据今后天然气储量的增长趋势,对未来天然气产量进行预测分析。从表5可以看出,各家机构和学者的预测结果具有良好的可比性。为了便于分析问题,在参照各家预测结果的平均值下,给出一组推荐值,作为近中期中国天然气产量的预测结果,即2005年天然气产量可达 $(490\sim 510)\times 10^8\text{ m}^3$,2010年 $(700\sim 740)\times 10^8\text{ m}^3$,2015年 $960\times 10^8\text{ m}^3$,2020年 $1\,100\times 10^8\text{ m}^3$ 。

近期天然气产量从资源落实角度上看是有把握的,主要不确定因素是输气管线的建设和下游用户的落实。如果这两方面进展顺利的话,2005年中国天然气产量有望达到 $(490 \sim 510) \times 10^8 \text{ m}^3$,反之,如果“西气东输”干线建设和下游用户落实不能预期完成的话,2005年天然气产量很可能会降至 $(400 \sim 450) \times 10^8 \text{ m}^3$ 。从中长期看,随着国家对发展天然气工业扶持力度的加强,环保对天然气需求的日益迫切,全国范围内输气管网的逐步完善,天然气开发运输、加工配套技术的日趋成熟等,管线和用户对国内天然气产量的影响会有相当程度的削弱,对产量的影响主要是资源保证程度。如果今后天然气新增探明储量能够预期实现的话,2015年、2020年产量分别达到 $960 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $1100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 是有较大把握的。

表5 国内不同研究机构对中国近中期天然气储量增长预测对比表(单位: 10^8 m^3)

预测机构或学者	预测时间	预测方法	2005年	2010年	2015年	2020年
万吉业等	1997年	“储量—产量”双向平衡模型		800		1000
		低方案		717.5		946.4
甄鹏、钱凯等	1997年	中方案		752.5		1050.4
		高方案		832.5		1210.4
中国国际工程咨询公司等	1997年					1030
周凤起	1999年	低方案		700		1000
		高方案		750		1500
贾文瑞等	1999年		500	710		
		灰色系统模型	480.5			
周总瑛等	2000年	解析法	497.2	684.9	913.8	1156.7
		调查法	500~555	732~742	1015	
平均值			494~508	743	964	1112
推荐值			490~510	700~740	960	1100

注:本表是据各种资料汇编的。

主要参考文献

- 1 全国储委石油天然气专业委员会办公室. 1990~1998年度全国石油天然气探明储量公报.
- 2 张抗. 论加速我国天然气的勘探开发. 国际石油经济, 1995, 3(4): 16~20.
- 3 戴金星, 王庭斌著. 中国大中型天然气田形成条件与分析规律. 北京: 地质出版社, 1997.
- 4 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院. 中国天然气勘探开发战略研究(报告). 2000.