

我国的磷矿资源和磷肥生产消费^①

I. 磷矿资源和磷肥生产

鲁如坤

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘要 本文综述了我国 P 矿资源, P 肥生产和消费情况。重点叙述我国 P 矿资源的特点和贮量以及 90 年代以来我国的 P 肥的产量和品种结构。

关键词 P 矿; P 肥

中图分类号 S143.2

1 我国的 P 矿资源

一般说, 我国的 P 矿资源比较丰富, 贮量居世界前列, 但也存在某些不足之处 (见后)。

据上世纪 90 年代初原化工部的统计, 我国 P 矿贮量为 108.48×10^8 t, 平均品位 (P_2O_5) 20.36%。其中工业贮量 56×10^8 t, 远景贮量 52.48×10^8 t^[1]。9 年后^[2], 1999 年统计的贮量为 132.54×10^8 t, 其中工业贮量 66.42×10^8 t, 比 90 年代初有了增加。下文中的贮量仍根据化工部统计。在世界上 P 矿贮量最大的国家有摩洛哥, 美国和前苏联, 加上我国合称四大磷矿国家。

我国 P 矿资源有几个显著特点^[1]。第 1 个特点是在全部 P 矿资源中沉积型 P 矿占有主要地位。表 1 列出了我国 P 矿贮量中不同类型 P 矿的比重。

从表 1 中可以看到, 在我国 P 矿总贮量中, 沉积型 P 矿所占比例高达 93.3%。按标矿计更高, 达到 95.8%。变质型和内生型 P 矿所占比例很小, 但是我国最早发现的江苏锦屏 P 矿 (1919 年发现) 却

表 1 我国不同类型 P 矿的贮量

Table 1 Reserves of different types of phosphate rock in China

	总贮量		标矿贮量 (30% P_2O_5)	
	$\times 10^8$ t	占%	$\times 10^8$ t	占%
沉积型	101.2	93.3	70.52	95.8
变质型	6.43	5.9	2.73	3.7
内生型	0.83	0.8	0.37	0.5
合计	108.5	100	73.62	100

是变质型的, 而沉积型的大型 P 矿 云南昆阳 P 矿却是 20 年后 (1938 年) 才发现的。另外内生型 P 矿贮量不到 1%, 但是我国也已发现了大型的内生型 P 矿 河北矾山 P 矿。

另一点值得注意的是成矿年代非常古老。比如我国最多的沉积岩矿中, 生成于元古代震旦纪的占全国标矿 49.81%, 比外国著名 P 矿古老的多。因此矿石一般较致密坚硬, 活型较低, 大部分难以作 P 矿粉直接施用。

第 2 个特点是分布比较集中。我国 P 矿主要集中在南方 5 省, 即云南, 贵州, 四川, 湖北和湖南, 其贮量占全国总贮量的 92.2%, 占全国标矿总贮量的 95.2% (表 2)。

表 2 南方 5 省的 P 矿资源

Table 2 Phosphate rock resources in 5 leading provinces of China

省份	工业贮量 ($\times 10^4$ t)	标矿贮量 ($\times 10^4$ t)
云南	116088 (20.7%)	213079 (28.9%)
贵州	143706 (25.7%)	187022 (25.4%)
四川	38292 (6.8%)	85135 (11.6%)
湖北	99128 (17.7%)	131192 (17.8%)
湖南	119514 (21.3%)	84426 (11.5%)

注: 括号内为占全国贮量的百分数。

第 3 个特点是中低品位 P 矿占有重大比例。全国平均品位为 20.36% (P_2O_5)。在 308 个矿点中, 品位 $>30\%$ 的贮量占 7%, 品位 25% ~ 30% 的占 15%, 品位 20% ~ 25% 占 25%, 品位 $<20\%$ 的占 53%。因此, 如何充分有效地利用大量的中低品位

P 矿是我们面临的重大任务。

2 我国的 P 肥生产

为让读者了解我国 P 肥生产和消费的背景, 这里首先提一下我国化肥生产和消费的几个基本特点: (1) 我国化肥的产量从 1998/1999 年开始居世界首位, 超过了美国。(2) 我国 NP 肥的消费均居世界首位。(3) 我国化学肥料的生产能力在 1999 年已达 $3980 \times 10^4 \text{ t}$ (养分)。其中 N 肥为 $3056 \times 10^4 \text{ t}$ (N), P 肥为 $856 \times 10^4 \text{ t}$ (P_2O_5)。 (4) 我国化肥的自给率近年来在 80 % 左右, 20 % 左右靠进口。我国每年用于进口化肥的费用在 35 亿美元左右。(5) 农民每年用于购买化肥的费用在 1400 亿元左右。(6) 我国用于化肥生产的能源大约占我国能源总消费的 5 % 左右, 下面谈谈 P 肥生产。

2.1 我国的 P 肥生产

我国 P 肥生产开始于上世纪 40 年代, 当时在云南和台湾各建成一座小型过磷酸钙工厂, 但真正大规模现代化的 P 肥工业则是在上世纪 50 年代末开始的, 1958 年在南京建成 $40 \times 10^4 \text{ t}$ 的过磷酸钙厂, 在太原建成 $20 \times 10^4 \text{ t}$ 的过磷酸钙厂, 随后又在广东湛江, 湖南株州, 安徽铜陵等地建成一批 $20 \times 10^4 \text{ t}$ 级的过磷酸钙厂和一大批小型 P 肥厂, 其中包括钙镁磷肥厂, 我国是生产钙镁磷肥最多、技术最先进, 使用最多也最成功的国家。它在我国 P 肥工业发展中功不可没。

我国 P 肥工业虽然起步比 N 肥晚, 但发展较快, 到 2002 年我国 P 肥产量已达 $805.7 \times 10^4 \text{ t}$ (P_2O_5) (表 3), 在世界上居第 2 位^[3]。

我国从 1993 ~ 2002 年间 P 肥以 6.8 % 的速度递增, 自给率也逐步提高到 80 %, P 肥生产取得了重要进展。为了便于比较, 表 4 列出了世界和主要国家的 P 肥产量 (1998/1999 年), 这一年我国化肥产量第 1 次跃居世界首位; 当年 P 肥产量居世界第 2 (表 4)。

我国 P 肥生产主要在 10 个省, 它们的产量占全国 80 % (表 5)。

2.2 我国 P 肥的品种结构

(1) 低品位 P 肥: 由于各种原因, 在相当长的一段时间内, 我国 P 肥生产中低品位 P 肥一直占有主要地位, 表 6 列出了历年来我国不同品种 P 肥的产量。

从表 6 可以清楚看到过磷酸钙和钙镁磷肥的产

表 3 中国 P 肥产量和在化肥中的比重

Table 3 Production of P fertilizer in China and N:P₂O₅:K₂O ratio

年份	产量	比例 (N=1)	
	($10^4 \text{ t}, \text{P}_2\text{O}_5$)	P_2O_5	K_2O
1991	455.5	0.30	0.006
1992	455.3	0.29	0.01
1993	416.8	0.27	0.007
1994	497.1	0.30	0.01
1995	618.6	0.33	0.01
1996	575.1	0.27	0.01
1997	640.5	0.31	0.01
1998	662.9	0.30	0.016
1999	636.3	0.27	0.018
2000	663.0	0.28	0.052
2001	739.4	0.29	0.051
2002	805.7	-	-

表 4 世界主要国家的 P 肥产量

Table 4 Countries producing P fertilizer in the world

国家	产量 ($\times 10^4 \text{ t}, \text{P}_2\text{O}_5$)
全世界	3304.03
欧洲	579.66
北中美	986.8
亚洲	1293.05
非洲	238.05
中国	636.3
美国	903.1
俄罗斯	160.2
法国	52.83
英国	20.0
印度	318.62
日本	24.9

表 5 2001 年我国 P 肥生产主要的 10 个省

Table 5 Ten leading provinces producing P fertilizer in China (2001)

名次	省份	产量 ($\times 10^4 \text{ t}$)	占总产 ($739.4 \times 10^4 \text{ t}$) 百分数 (%)
1	湖北	118.0	16
2	云南	101.1	14
3	山东	76.6	10
4	四川	70.4	9
5	贵州	50.7	7
6	江苏	47.3	6
7	安徽	43.2	6
8	广西	30.4	4
9	河南	26.8	4
10	河北	26.1	4
总计	-	590.6	80

量远远高于其他 P 肥, 特别是 90 年代前期。这一点在表 7 中表现的更为明显, 比如, 1991 年过磷酸钙在整个 P 肥中占 70.2%, 钙镁磷肥占 22.1%, 两者合计达到 92.3%。为了改变这种低品位 P 肥比重过大的现状, 我国大力进行了高品位 P 肥的建设和生产。从表 7 可以看到过磷酸钙在 2001 年已从 70% 下降到 50%, 而高品位 P 肥有了明显的增长。

(2) 高品位 P 肥: 我国高品位 P 肥的建设, 主要是 NP 复合肥如磷铵类和硝酸 P 肥。也发展一定量的高品位单质 P 肥, 如重钙。结合复混肥的发展, 我国 NPK 复混肥也有一定的发展。到 2002 年我国高品位 P 肥的比重已经从 2000 年的 35% (表 7) 增加到 45% (表 8)。

实际上我国高品位 P 肥的生产能力比已达到的实际产量要高的多, 表 9 列出了 1999 年我国不同品种高品位 P 肥的生产能力和实际产量^[4]。

表 6 我国不同品种 P 肥的产量 ($\times 10^4 t$, P_2O_5)

Table 6 Forms of P fertilizer produced in China

年份	总产	过磷酸钙	钙镁磷肥	磷铵	重钙	其它
1991	456	320	101	20	6	9
1992	455	325	94	23	6	7
1993	417	308	70	24	6	9
1994	497	342	88	44	8	15
1995	619	391	121	55	10	42
1996	575	385	81	75	12	22
1997	641	418	91	99	14	19
1998	663	426	81	127	19	10
1999	636	360	68	157	26	25
2000	663	364	67	148	19	65
2001	739	373	70	198	18	80

表 7 我国 P 肥不同品种的比重 (%)

Table 7 Shares of different forms in total P fertilizer production of China

年份	过磷酸钙	钙镁磷肥	磷铵	重钙	其它
1991	70.2	22.1	4.4	1.3	2.0
1992	71.0	20.7	5.0	1.4	1.5
1993	73.9	16.8	5.8	1.4	2.1
1994	68.8	17.7	8.9	1.6	3.0
1995	63.2	19.5	8.9	1.6	6.7
1996	67.0	14.1	13.0	2.1	3.8
1997	65.2	14.2	15.4	2.2	3.0
1998	64.3	12.2	19.2	2.9	1.5
1999	56.6	10.7	24.7	4.1	3.9
2000	54.9	10.1	22.3	2.9	9.8
2001	50.5	9.4	26.8	2.4	10.8

表 8 2002 年我国 P 肥产量和品种构成

Table 8 Production and forms of P fertilizer produced in 2002

品种	产量 ($\times 10^4 t$, P_2O_5)	占总产%
总产	805.68	100
低浓度	437.73	54.33
高浓度	367.95	45.67
二铵	122.57	15.21
一铵	125.46	15.57
NPK 复肥	84.76	10.48
重钙	25.23	3.13
NP 复肥	10.22	1.27

表 9 我国高品位 P 肥的生产能力和 1999 年产量 ($\times 10^4 t$)

Table 9 Production capacity and actual output in 1999

品种	生产能力 (A)	产量 (B)	(B/A) x 100%
磷酸一铵	308	191	62.0
磷酸二铵	189	102	54.0
重钙	138	60	43.5
硝酸 P 肥	100	91	91.0
NPK 复肥	503	239	47.5
合计	1238	683	55.2

从表 9 中可以看到, 高品位 P 肥的实际产量平均

只占生产能力的 55%，其中硝酸 P 肥较高占 91%，其它品种一般在 50% 上下。表 10 列出了我国主要

生产高品位 P 肥的省份，它们是云南，贵州，四川，湖北等。

表 10 高品位 P 肥的主要生产省份
Table 10 Leading provinces producing high analysis P fertilizer

P 肥品种	省份名次及产量 ($\times 10^4$ t, P_2O_5)				
	1	2	3	4	5
磷酸一铵	四川 (26.8)	湖北 (16.2)	云南 (13.1)	重庆 (12.3)	江苏 (10.2)
磷酸二铵	云南 (19.2)	山东 (16.2)	贵州 (14.7)	安徽 (11.4)	湖北 (8.7)
重钙	云南 (16.5)	贵州 (1.3)	-	-	-
硝酸 P 肥	山西 (8.8)	河南 (1.2)	-	-	-

注：括号内数字为 2001 年产量。

我国产量最大的过磷酸钙主要在 5 个省生产；它们是(按 2001 年产量) 湖北 (65.1×10^4 t, P_2O_5) 占全国过磷酸钙产量 17.5%，四川 (40.5×10^4 t, P_2O_5) 占 11%，云南 (39.9×10^4 t, P_2O_5) 占 11%，江苏 (31.8×10^4 t, P_2O_5) 占 9%，安徽 (26.0×10^4 t, P_2O_5) 占 7%。5 个省产量占全国一半以上(55.5%)。

(3) 混合肥料：本来它并不是单一 P 肥但却是 P 肥最主要的销售形态，所以这里也简单介绍一下。这类肥料是按一定 N: P_2O_5 : K_2O 比例物理混合的肥料，有人称为 BB 肥。实际上是市场上出售的各种品牌的混合肥料或专用肥料。这类肥料由于工艺简单绝大部分都是中小 P 肥厂家生产。也因为如此，产量统计比较困难，表 11 是一个粗略的统计。

表 11 我国混合肥料的产量
Table 11 Blended fertilizer production of China

年份	混合肥料 ($\times 10^4$ t)
1991	327.6
1992	426.7
1993	435.3
1994	584.5
1995	467.5
1996	492.2
1997	502.8
1998	489.5
1999	414.6

3 我国的 P 矿生产

P 矿是 P 肥生产的主要原料之一，因此 P 矿生产直接影响 P 肥生产及其质量。

我国 P 矿生产主要集中在 3 个省，即云南、贵

州和湖北，这 3 个省的产量一般达到全国产量的 65% 以上。表 12 是 1991~2001 年我国 P 矿的产量。

世界上 P 矿产量最多的国家是美国，2000 年产

表 12 历年我国 P 矿产量 (1991~2001)

Table 12 Phosphate rock production in China

年份	产量 ($\times 10^4$ t)
1991	2136
1992	2320
1993	2117
1994	2476
1995	2654
1996	2291
1997	2509
1998	2709
1999	2076
2000	1937
2001	2101

量达 391.6×10^4 t，其次是摩洛哥，为 215.6×10^4 t，俄罗斯为 110.8×10^4 t。所以我国 P 矿产量居世界第 3 位。

参考文献

- 1 江善襄主编. 磷酸、磷肥和复混肥料. 北京: 化学工业出版社, 1999, 36~44
- 2 范可正主编. 中国肥料手册. 北京: 中国化工信息中心, 2001, 907
- 3 吴初国. 我国磷矿资源与磷肥工业的可持续发展. 化肥工业, 2002, 29(4): 19~21
- 4 张永志. 浅谈我国复混肥料(复合肥)工业. 磷肥与复肥, 2002, 17(3): 3

(下转第 11 页)

- 3 Everet KR. A survey of soils in the region of the Southern Shetland Islands and adjacent parts of the Antarctic Peninsula. Ohio State Univ. Inst. Pol. Stud. Rep., 1976, 58: 44
- 4 陈杰, 龚子同, 南极海洋性气候区土壤水分动态变化研究. 极地研究, 1999, 11(4): 241 ~ 254
- 5 Blume HP, Beyer L, Kalk E and Kuhn D. Weathering and soil formation. In: Beyer L and Boelter M. eds. Geocology of Antarctic Ice-free Coastal Landscapes. Berlin, Springer-Verlag, Ecological Studies, 2002, 154: 115 ~ 138
- 6 Chen J, Gong ZT and Blume HP. Soils of Fildes Peninsula, King George Island, the maritime Antarctic: Part I: Formation processes and pedogenetic particularities. Chinese Journal of Polar Science, 2000, 11(1): 25 ~ 38
- 7 Bockheim J and Hall KJ. Permafrost, active-layer dynamics and periglacial environments of continental Antarctica. South African Journal of Science, 2002, 98: 82 ~ 90
- 8 Blume HP, Beyer L, Kalk E and Kuhn D. Soils and soilscapes. In: Beyer L and Boelter M. eds. Geocology of Antarctic Ice-free Coastal Landscapes. Berlin, Springer-Verlag, Ecological Studies, 2002, 154: 91 ~ 113
- 9 Campbell IB, Claridge GGC and Balks MR. The effects of human activities on moisture content of soils and underlying permafrost from the McMurdo Sound region, Antarctica. Antarctic Science, 1994, 6: 307 ~ 314
- 10 陈杰, 龚子同, Blume HP. 南极菲尔德斯半岛地区土壤中主要元素的迁移与富集. 极地研究, 2000, 12(2): 81 ~ 88

SOILS IN THE MARITIME ANTARCTIC

III. FREEZE-THAW PROCESS AND MOISTURE DYNAMICS

CHEN Jie¹ GONG Zi-tong¹ RUAN Xin-ling¹ Blume HP²

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008;*

2 Institute of Plant Nutrition and Soil Science, University of Kiel, Kiel, D-24098 Germany)

Abstract Availability of free water plays a most important role in soil-forming and developing processes in the maritime Antarctic. Source and generation of free water, freeze-thaw process, permafrost and active-layer dynamics, and material translocation induced by leaching are expatiated in the article. Meanwhile, various factors driving and limiting the above-mentioned processes are analyzed. And pedogenetic significance of these water-based processes within soils is discussed. It is pointed out that within soils activities induced by moisture availability could vary greatly due to site difference in a small distance, thus, to some extent, determining genesis and development of individual soils and distribution pattern of soils in this region.

Key words Maritime Antarctic, Soil moisture, Freeze-thaw, Permafrost, Leaching process

(上接第 4 页)

PHOSPHORUS RESOURCE OF CHINA AND PHOSPHATE FERTILIZER PRODUCTION AND CONSUMPTION

I. P RESOURCES AND P FERTILIZERS PRODUCTION OF CHINA

LU Ru-kun

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008*)

Abstract Phosphorus resources of China, and production and consumption of phosphate fertilizer in recent years were reviewed.

The P fertilizers produced in China before 1990s used to be low-graded. In recent years the situation has been changing rapidly. In 2002 the high-graded P fertilizers amounted to 45% of the total output of P fertilizers in China.

Key words Phosphate rock, Phosphate fertilizer