

# 我国硫资源储量及保障程度分析

中国国土资源经济研究院 北京 101149 刘超

**【摘要】** 基于历史数据分析国内外硫资源储量、产量、消费量等变化趋势，阐述我国利用硫资源结构化特点是以硫铁矿制酸、有色金属冶炼回收硫和石油天然气炼化回收硫磺为主的“三分天下”格局。构建了我国硫资源保障程度分析模型，通过分析三种硫资源产量的变化趋势，在考虑相关影响因素的基础上，结合矿产资源消费量“S”型规律，预测到2025年硫资源产量达到5041.16万吨、到2030年达到5085.92万吨。对硫资源的需求预测假定两种情况：乐观情况，磷肥出口政策放松，到2025年硫资源需求量达到7126万吨，2030年达到7867万吨；悲观情况，磷肥出口政策收紧，硫资源需求量到2025年达到5515万吨消费顶点并开始回落，到2030年需求量下降为4736万吨。结合保障程度模型，乐观情况下，到2030年硫资源对外依存度基本为35%，悲观情况下，硫资源对外依存度逐步下降，至2028年对外依存度为0。结合保障程度分析结果提出了提高我国硫资源保障程度的相关建议。

**【关键词】** 硫资源 硫酸 保障程度 对外依存度

## 1 引言

硫是重要的化工原料，主要以硫酸形式应用于化肥生产中，2014年化肥耗酸约占硫酸表观消费量的60.9%。世界硫资源分布较为广泛并且比较集中，我国是硫消费大国，储量丰富但是开发利用难度大，目前对外依存度较高，每年需进口大量的硫满足国内需求。

面对当前硫酸行业整体产能过剩、下游产业硫酸需求量持续低迷、市场竞争激烈以及环保压力加大等形势，低成本的冶炼酸发展迅猛，同时，企业更加注重自身内部的挖潜改造，行业整体的节能减排和清洁生产水平正在不断提高。我国硫资源对外依存度长期居于高位，面对复杂的国际环境，探讨国内硫资源保障程度，并提出合理的提高硫资源保障程度的政策建议，对国家硫资源安全尤为重要。本文主要探讨我国硫资源储量、供需形势及供应方式，结合硫资源供应来源和资源消费“S”型规律，分别探讨了到2030年我国硫资源供应能力和需求量，构建了硫资源保障程度模型，在此基础上对我国硫资源保障程度进行分析，并提出了相关政策建议。

## 2 国内外资源状况

### 2.1 世界硫矿资源状况

硫资源十分丰富，以自然硫、硫化氢、金属硫化物、硫酸盐等多种形式存在于地壳中，在岩浆岩和火山岩矿床中的硫元素、与天然气、石油、焦油砂共生的硫以及金属硫化物的资源量大约

---

免责声明：本报告仅代表个人学术观点，不代表单位及任何官方观点，仅供参考，不能作为投资决策依据。

50 亿吨。存在于石膏和硬石膏中的数量几乎是无限的，煤炭、油页岩和富含于有机物中的页岩中含硫约 6000 亿吨，目前正在研究从这些资源中低成本开发获取硫的方法。

此外，在原油、天然气和硫化物矿石中硫的储量很大。多数硫产量是在化工燃料加工过程中产生的，实际的硫产量可能不是在拥有储量的国家中产生，因此，美国地调局在《Mineral Commodity Summaries 2014》中指出，以前公布的硫的储量和储量基础数据已经过时，而且这些数据已经不适合世界硫工业的变化，所以各国的数据在报告中被省略。目前，世界硫资源主要来源于石油天然气回收硫、有色金属伴生硫，少量来源于硫铁矿、自然硫和弗朗斯回收硫。伴随着世界各国加强环境保护，2014 年全球回收硫产量占比增加至 90.6%，硫铁矿、自然硫等硫产量的比重下降至 9.4%。

## 2.2 国内资源状况

我国是世界上最早利用硫资源的国家之一，近年来，可利用硫资源是不足问题凸显。利用硫资源以石油天然气炼化回收硫、硫铁矿制酸、有色金属冶炼回收硫为主。我国硫铁矿资源的特点是分布广泛，相对集中；贫矿多富矿少；矿床类型多，以煤系沉积型为主。除单独的硫铁矿、伴生硫铁矿外，煤系中的硫资源也主要是以硫铁矿的形式存在，仅这三部分硫铁矿资源量就占中国硫资源量的 83.4%。我国石油多数为低硫油，油气中硫资源含量约占中国资源总量的 0.12%。而自然硫因采选技术尚处于试验阶段，短期内还难以开发利用。所以硫铁矿和伴生硫铁矿仍将是当前中国以至今后相当一段时期的主要硫资源之一。而国外硫资源主要来自石油天然气回收硫，其次是有色金属回收硫、自然硫，黄铁矿仅占 10%左右。

**自然硫：**截至 2013 年底，我国自然硫基础储量 71.45 万吨，同比下降 44.76%，查明资源储量 34695.59 万吨，同比增长 0.43%。

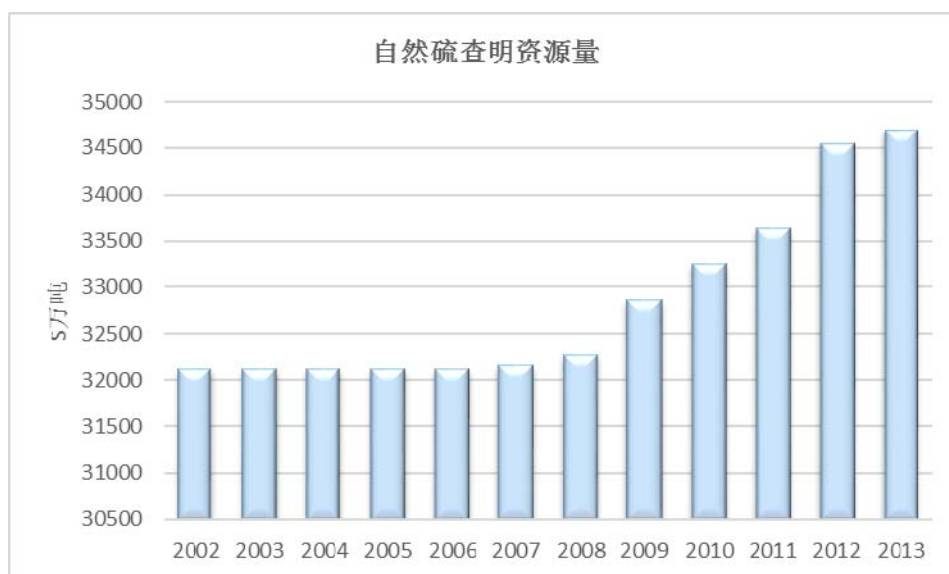


图 1 2002-2013 年我国自然硫查明资源量变化情况

**硫铁矿：**截止 2013 年底，硫铁矿储量 57503.64 万吨（矿石量），同比下降 5.16%，查明资源

储量 569324.01 万吨，同比增长基本持平。

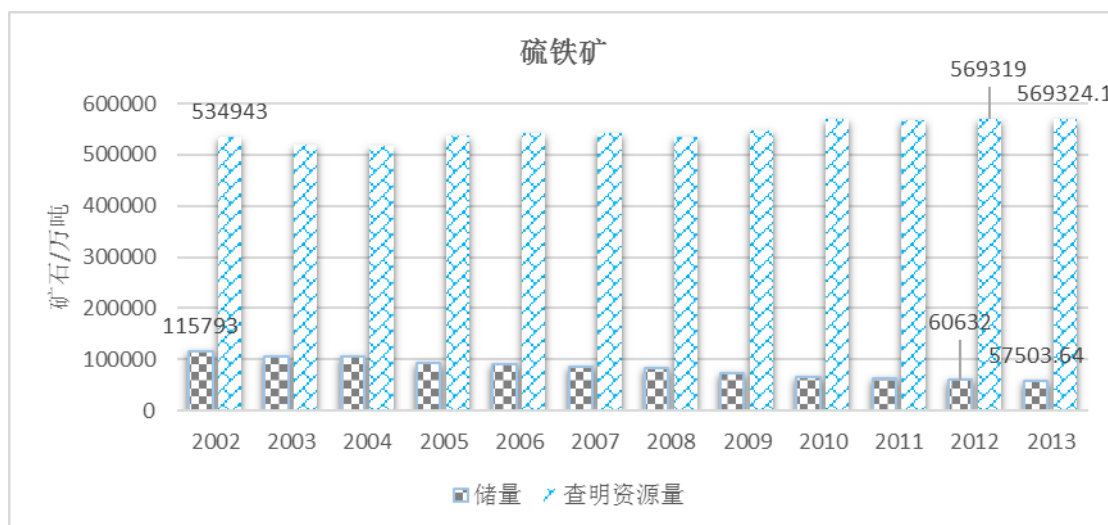


图 2 2002-2013 年我国硫铁矿资源量变化情况

由于近年来高品位硫铁矿的快速消耗，S>35%的富硫铁矿储量呈下降趋势。

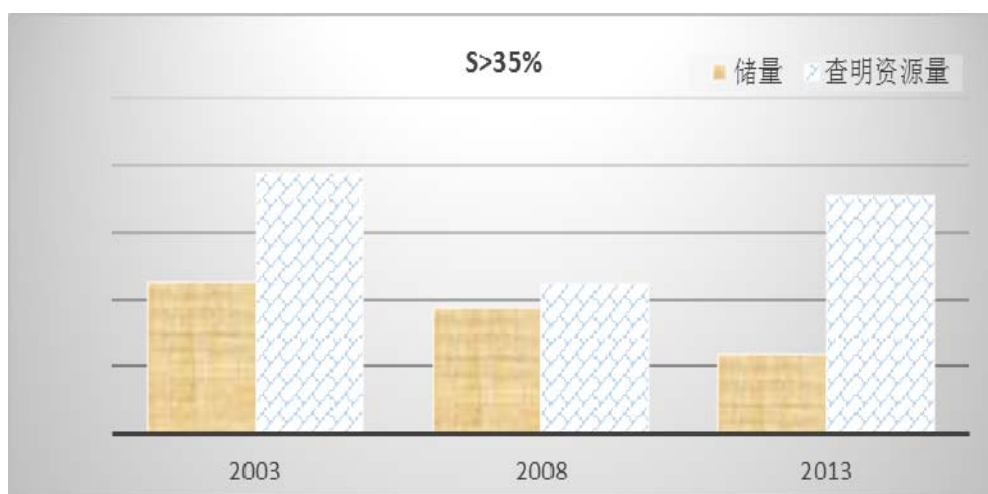


图 3 2002-2013 年我国富硫铁矿资源量变化情况

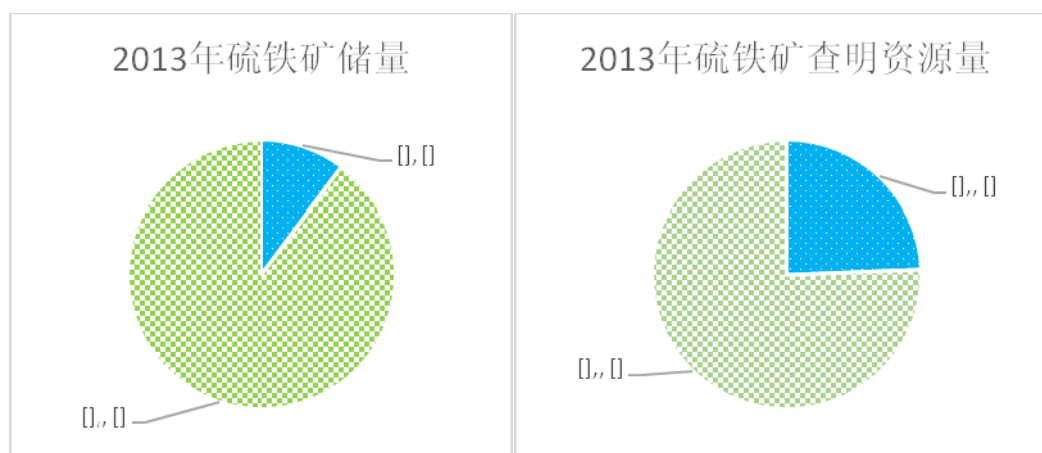


图 4 2013 年我国富硫铁矿储量、查明资源量结构

**伴生硫:**截止 2013 年底储量 3832 万吨, 同比下降 13.41%, 查明资源储量 45210.85 万吨, 同比下降 11.69%。

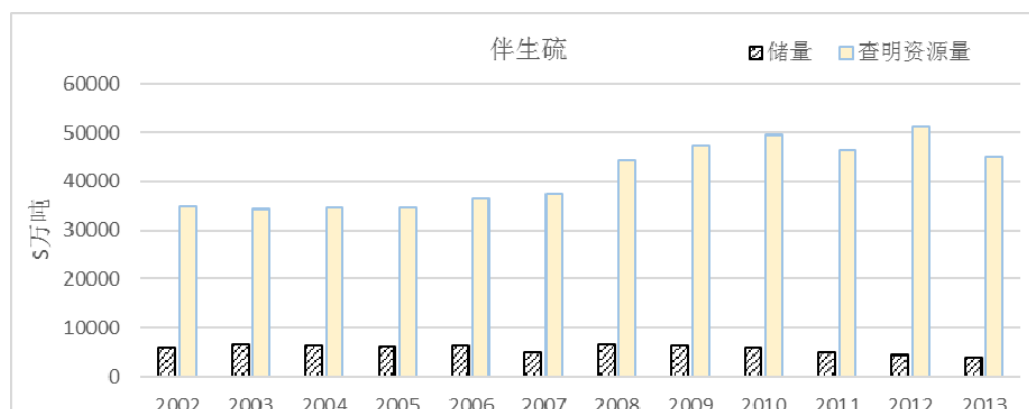


图 5 2013 年我国伴生硫储量、查明资源量变化情况

总体来看, 我国硫资源地区分布广泛, 但不同类型矿藏相对集中。硫铁矿以四川最为集中, 伴生硫铁矿以江西最为集中, 自然硫以山东较为集中 (图 6)。具体数据见表 1。

表 1 我国主要省区硫资源分布情况 单位: 硫万吨

	年份	2012	2013
	地区	查明资源储量	查明资源储量
自然硫	山东	33585.47	33650.11
	云南	479.11	479.14
	新疆	204.65	271.29
	甘肃	123.54	123.54
	福建	58.12	58.12
	全国总计	34545.67	34695.59
硫铁矿	四川	102089.88	95861.1
	安徽	81300.67	81897.16
	贵州	78379.49	83712.33
	云南	46220.31	46142.51
	内蒙古	41029.07	40216.16
	广东	39482.9	39469.14
	山东	29578.62	29578.62
全国总计	569319.92	569324.1	
伴生硫	江西	8544.98	5390.93
	安徽	4717.1	5862.12
	吉林	4151.79	4138.14
	云南	4129.42	2501.58
	内蒙古	3727.57	2881.54
全国总计	51193.28	45210.85	

资料来源:《全国矿产资源储量通报》2012, 2013

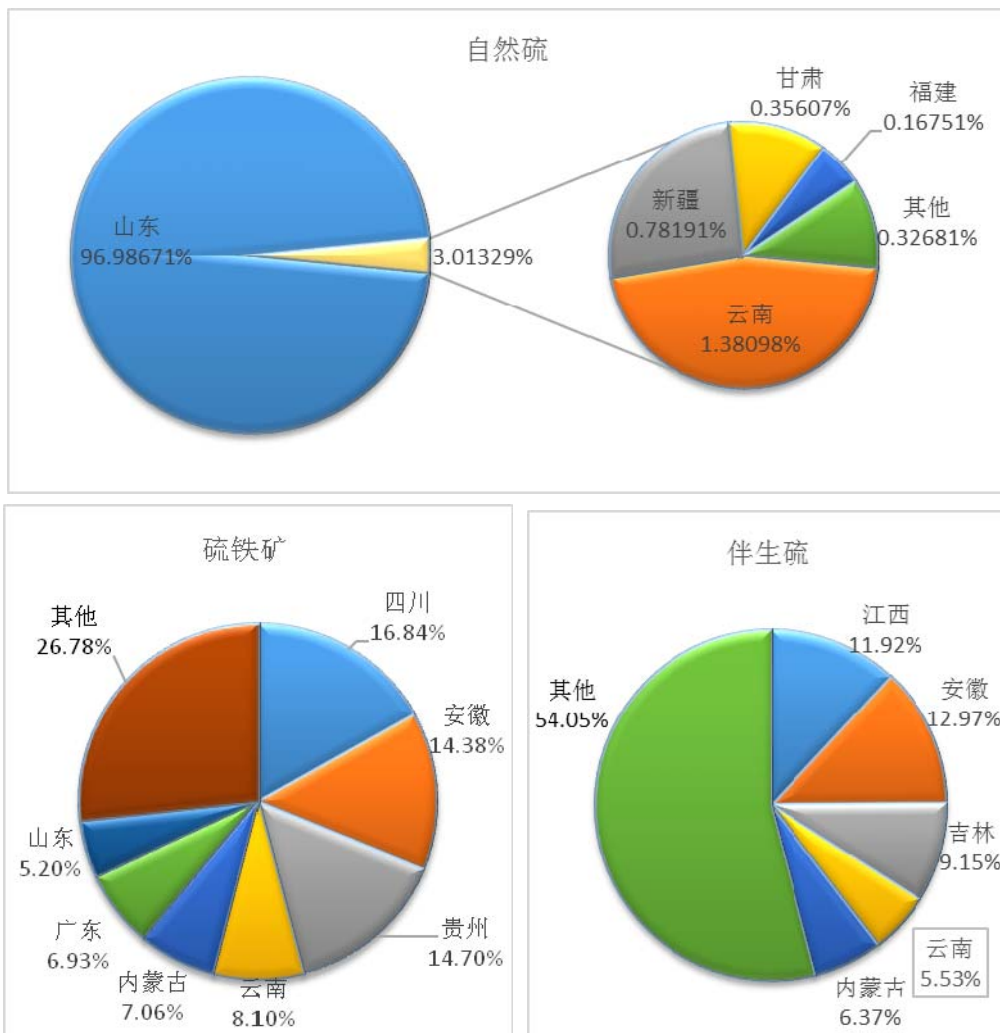


图6 2013年我国主要省区自然硫、硫铁矿及伴生硫查明资源储量分布图

### 3 国内外生产状况

#### 3.1 世界硫矿生产状况

近年，世界硫产量相对稳定，所有形态硫的产量保持在6500万吨~7500万吨。美国、中国、俄罗斯、加拿大沙特阿拉伯五国是硫的主要生产国家，2014年五国产量占世界总量的55.95%。目前仅有波兰使用弗拉斯法生产硫磺，中国、芬兰等国利用硫铁矿生产硫，而其他国家则主要从油气田、有色金属等回收硫。从硫磺的产量来讲，北美、前苏联和中东地区为主要生产国，约占世界硫磺产量的70%以上，2014年硫产量居前十位的国家分别为中国、美国、俄罗斯、加拿大、沙特阿拉伯、德国、日本、哈撒科斯塔、阿联酋和伊朗（表2）。

#### 3.2 我国硫矿生产状况

我国硫资源包括硫铁矿、伴生硫铁矿、自然硫以及冶炼烟气中回收的硫和从石油、天然气中回收的硫磺。此外，以煤为原料的合成氨厂、炼焦厂在生产合成氨和煤气的同时也回收少量的硫磺。

表2 2006~2014年世界硫产量 单位：万吨

国 家	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	同比增幅 (%)
世界总计	6844	6960	6790	6800	7050	7000	6900	7240	4.93%
其 他	1562	1555	1441	1410	1547	1587	1420	1344	-5.35%
<b>中 国</b>	<b>850</b>	<b>861</b>	<b>937</b>	<b>940</b>	<b>970</b>	<b>970</b>	<b>1000</b>	<b>1200</b>	20.00%
<b>美 国</b>	<b>909</b>	<b>945</b>	<b>978</b>	<b>990</b>	<b>893</b>	<b>900</b>	<b>910</b>	<b>977</b>	7.36%
<b>俄罗斯</b>	<b>705</b>	<b>717</b>	<b>707</b>	<b>710</b>	<b>728</b>	<b>727</b>	<b>730</b>	<b>730</b>	0.00%
<b>加拿大</b>	<b>897</b>	<b>928</b>	<b>694</b>	<b>700</b>	<b>652</b>	<b>591</b>	<b>600</b>	<b>600</b>	0.00%
<b>沙 特</b>	<b>310</b>	<b>316</b>	<b>320</b>	<b>320</b>	<b>460</b>	<b>409</b>	<b>410</b>	<b>400</b>	-2.44%
德 国	230	231	376	380	391	382	380	390	2.63%
日 本	320	327	335	340	330	325	330	330	0.00%
哈萨克斯坦	260	280	200	200	270	270	270	285	5.56%
阿 联 酋	195	195	200	200	180	190	200	200	0.00%
伊 朗	157	157	157	160	178	188	190	190	0.00%
智 利	157	157	160	160	172	168	170	170	0.00%
墨 西 哥	177	174	170	170	160	174	170	181	6.47%
印 度	115	117	115	120	119	119	120	243	102.50%

资料来源：Mineral Commodity Summaries, 2007~2015

### 1. 硫

进自2005年以来，我国硫产量呈持续上升趋势，2006~2014年，产量从916万吨升至2160万吨，年均增长11.39%（表3，图7）。

表3 2005~2013年我国硫产量 单位：万吨

各种成分硫产量	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	同比增 幅(%)
产量	1190	1201	1244	1248	1513	1560	1547	1830	1739	-5.0
硫铁矿 折合硫 产量	417	421	436	437	530	546	542	641	609	-5.0
冶炼烟 气酸 产量	1100	1321	1543	1778	1929	2130	2386	2470	2943	19
磷石膏 制酸 产量	60	52	69	96	-	-	-	-	-	-
硫磺 产量	120	115	160	300	320	445	520	526	591	12.4
合计硫产量	916	985	1123	1348	1479	1686	1840	1972	2160	9.5

资料来源：1. 我国磷肥、硫酸行业形势和展望，武雪梅，2013.4.22，硫酸工业协会；2. 李崇. 2013年我国硫酸磷肥行业运行态势分析. 硫酸工业. 2014年4月第2期；3. 2014年度硫酸行业生产运行报告。根据以上资料计算整理得到。

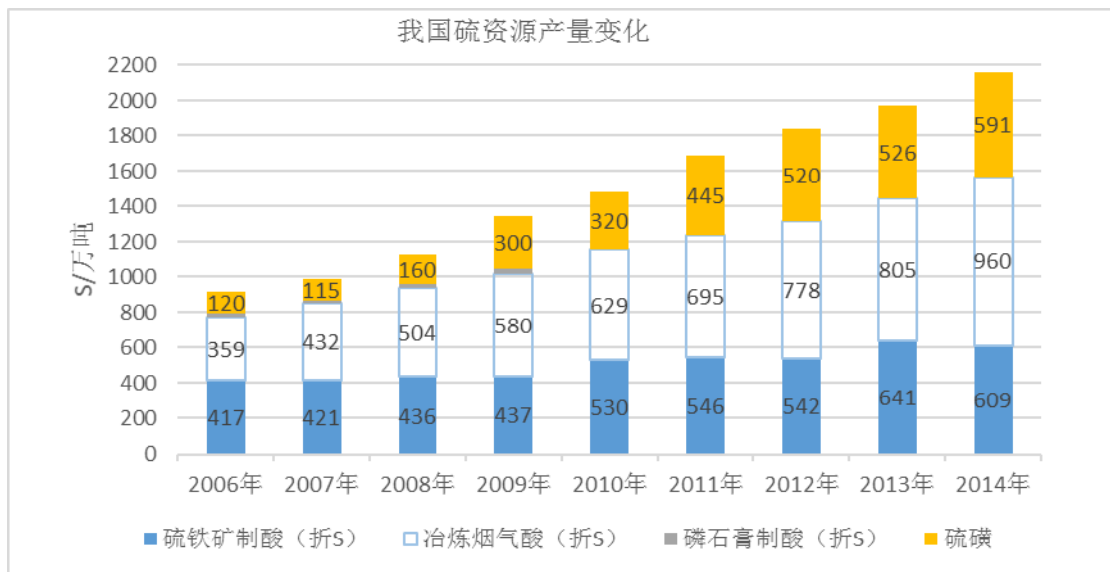


图7 我国硫资源产量及结构变化情况

(注: 产量为各种形式硫换算成硫的量, 消费量为各种形式硫磺换算量加硫磺净进口量)

根据有关资料汇总, 2014 年我国硫磺产量为 591 万吨, 同比增长 12.4%, 2006 年至 2014 年硫磺产量年均增长率为 24.8%。其中天然气净化回收硫磺量为 226 万吨, 石油精炼回收硫磺量为 332 万吨, 其他为化工化肥回收硫磺 (图 8)。

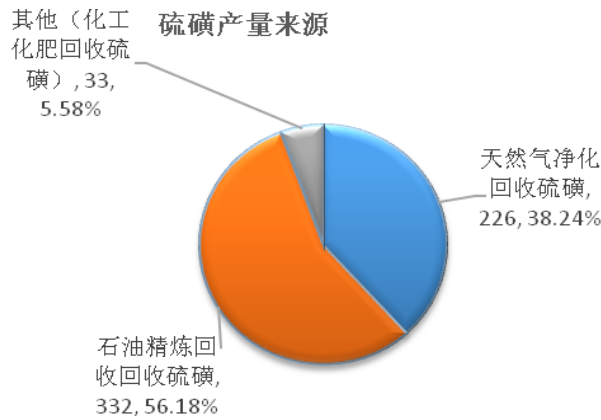


图8 硫磺产量来源

## 2. 硫铁矿和硫酸

建国以来, 我国根据农业发展的需要, 逐步建设和完备了与硫酸、化肥工业配套的、具有相当技术和管理水平的硫铁矿生产基地, 相继建成了广东、安徽香山、内蒙古炭窑口、山西阳泉、湖南七宝山、南京云台山、浙江龙游、辽宁张家沟等硫铁矿生产和加工基地。近年, 我国硫酸产业结构和原料结构进行了调整, 硫铁矿制酸产量不断下降, 硫铁矿产量不断萎缩, 从 1995 年的 1765 万吨, 下降至 2003 年的 871.45 万吨。但 2004 年以来, 由于进口硫磺一直在高价位运行, 不仅烧硫磺的制酸装置又改回烧硫铁矿装置, 硫铁矿制酸产量开始缓慢回升, 2014 年硫铁矿制

酸产量达到 1739 万吨，同比下降 5.0%。2006 年至 2014 年硫铁矿制酸产量年均增长率为 5.2%  
2014 年化肥消费硫酸占到硫酸总消费量的 60.9%，化肥耗酸比例有所下降。

当前硫酸市场面临硫资源短缺的问题,2014 年国产硫磺约 591 万吨，进口 1024 万吨，硫磺自给率 36.6%，比上年上升 3.3 个百分点；硫磺价格的大幅波动给磺酸和下游行业带来很大的经营风险；进口硫酸 140.5 万吨;2014 年我国硫资源对外依存度依然高达 47.7%，对外依存度同比有所下降。

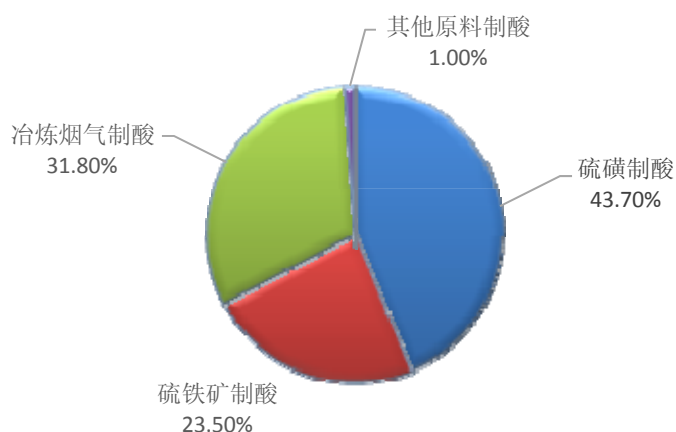


图 9 2014 年我国硫酸来源构成图

随着磷肥产量的迅速增长和其他工业硫酸用量的增加，我国硫酸产量快速增长。2001 年，我国硫酸产量为 2650.95 万吨，仅次于美国，居世界第二位；2003 年超过美国居世界首位，产量达到 3319.09 万吨；2009 年由于受全球金融危机影响产量有所下滑；据硫酸工业协会统计数据，2014 年我国硫酸产量 9251 万吨，同比增长 6.9%，产量增速放缓。其中，硫磺制酸占硫酸总量 43.70%，冶炼烟气制酸占 31.80%，硫铁矿制酸占 23.50%。其他原料制酸产量占 1%（图 9）2006 年至 2014 年硫酸制酸产量、冶炼酸产量及硫铁矿制酸产量的年均增长率分别为 24.8%、13.2%及 5.2%。。2006 年—2014 年，我国硫酸总产量稳步增加。我国硫利用结构正在向环境保护目标发生

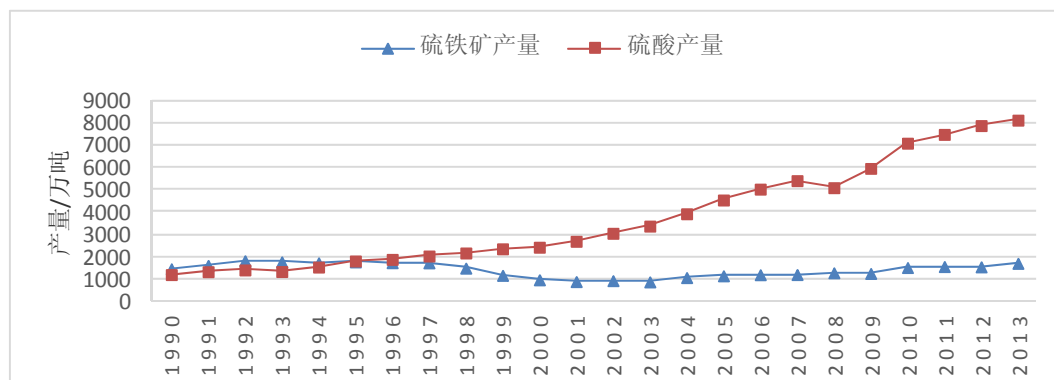


图 10 我国硫铁矿（折硫 35%）和硫酸产量图



重大转变，已逐渐形成以硫磺制酸、硫铁矿制酸、冶炼烟气制酸三分天下的布局。

#### 4 国内外消费状况

##### 4.1 世界硫消费状况

从消费角度看，硫不同于其他大多数矿产品，不是作为一个完整的独立产品被利用。世界平均 80% 以上的硫磺都是以硫酸形式消费的，其中磷肥业是硫酸最主要的应用领域，约占硫酸总消费量的 64%。2003 年以前，世界硫磺市场需求相当疲软，但近几年形势却发生了巨大的变化。2008 年，全球硫磺消费量达到 4830.67 万吨，创历史最高记录；2009 年受金融危机冲击，磷肥工业和非肥料工业对硫磺需求均有所下降，全球消费下降 2.28%；2010 年受全年经济向好影响，硫磺消费也随之回升至 4998.66 万吨，比上年增长 5.89%；2012 年消费量达到 5422.91 万吨，同比增长 4.12%。

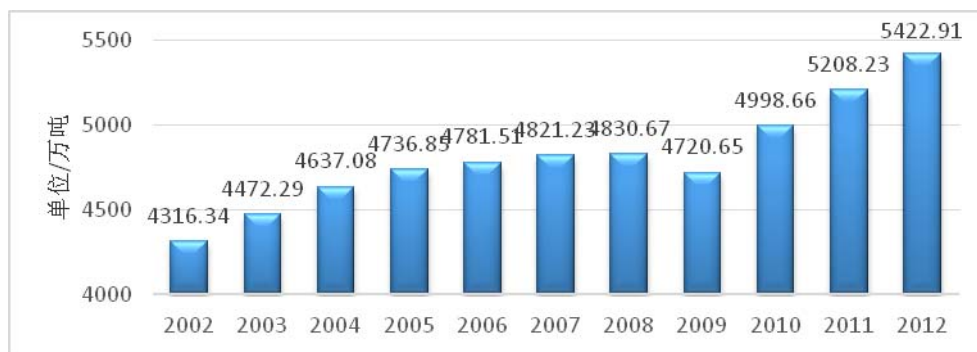


图 11 2002 年至 2012 年世界硫素消费情况

(资料来源: IFA Production and International Trade)

##### 4.2 我国硫消费状况

目前，我国大部分的硫用于生产硫酸，其余的直接应用或生产深加工产品。2014 年硫酸表观消费量 9387 万吨，同比增长 7.1%。在 2014 年硫酸消费结构中，化肥用酸量占 60.9%，同比下降 1.1 个百分点；工业用酸占 39.1%。2014 年我国硫表观消费量为 3329 万吨，同比增长 10% (图 12)。2001 年-2014 年我国硫消费量年均增长率为 9.45%。

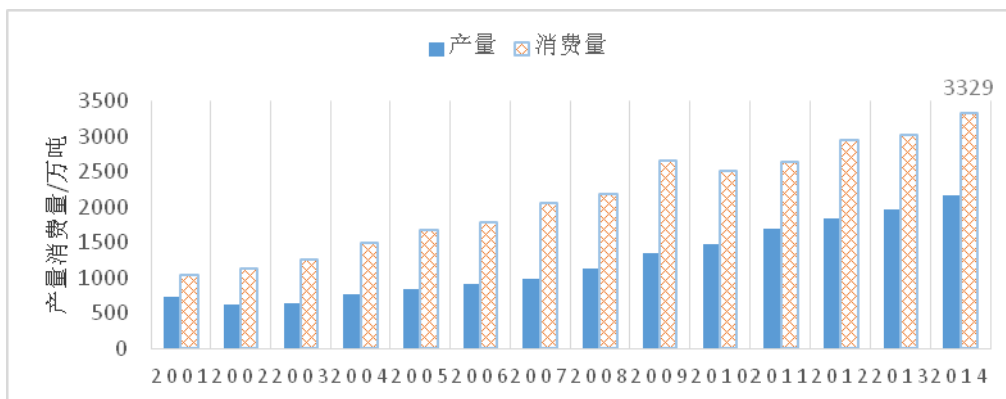


图 12 2001~2014 年我国硫素产销量变化

## 5 我国硫资源保障程度分析

### 5.1 保障程度概念内涵

矿产资源保证程度的内涵是指矿产资源满足社会经济发展需求的程度，是建立在需求和供应基础上的概念，供应和需求都是动态变化的。

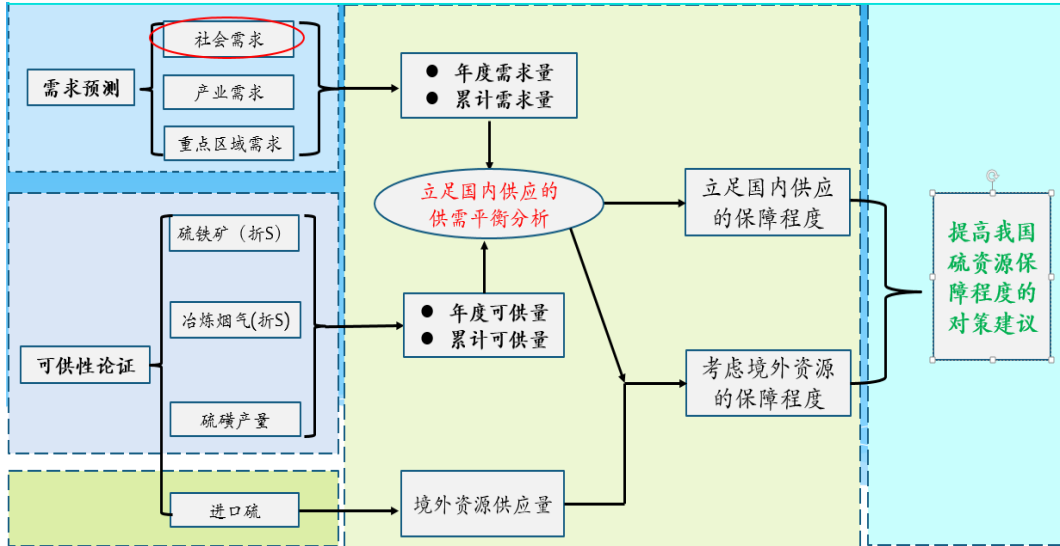


图 13 保障程度论证思路框架

那么保障程度可以表示成：

$$\text{保障程度系数}(S) = \frac{\text{累计供应量}(A)}{\text{累计需求量}(B)} = \frac{[A_0 + A_1 + A_2 + A_3]}{B}$$

其中：A0 为截止 2014 年底硫铁矿制酸产量（折 S），A1 为预测累计冶炼烟气回收硫产量，A2 为预测硫磺累计产量，A3 为预测境外资源累计可供应量。矿产品需求 B 为从 2014 年至 2020 年、2025 年、2030 年锡矿产品需求累计总量。

保障程度系数，即“S”大于 1.5 指累计硫资源可供量至 2020 年、2025 年、2030 年除能够满足国民经济建设需求外，尚有大量富余；“S”在 1—1.5 之间指至 2020 年、2025 年、2030 年基本能够满足国民经济建设需求，且有少量资源富余；“S”在 0.5—1 之间指累计可供硫资源量至 2020 年、2025 年、2030 年不能满足国民经济建设需求，有一定资源缺口；“S”小于 0.5

表 4 资源保障程度划分一览表

等级分类	保障程度	保障程度系数变动范围	满足国民经济建设需求
1	充分保障	$S > 1.5$	能够满足中长期需求
2	基本保障	$1 < S \leq 1.5$	能够满足中期需求
3	不能保障	$0.5 \leq S \leq 1.0$	仅能满足近期需求
4	严重短缺	$S < 0.5$	不能满足国民经济建设需求

指累计可供资源量不能满足近期国民经济建设需求，存在严重缺口。

## 5.2 硫资源需求预测

矿产资源的人均消费需求与人均 GDP 之间存在“S”型消费规律，当人均 GDP 达到某一位置时，各种矿产资源消费需求先后达到峰值（零增长点），然后趋于平稳至下滑。

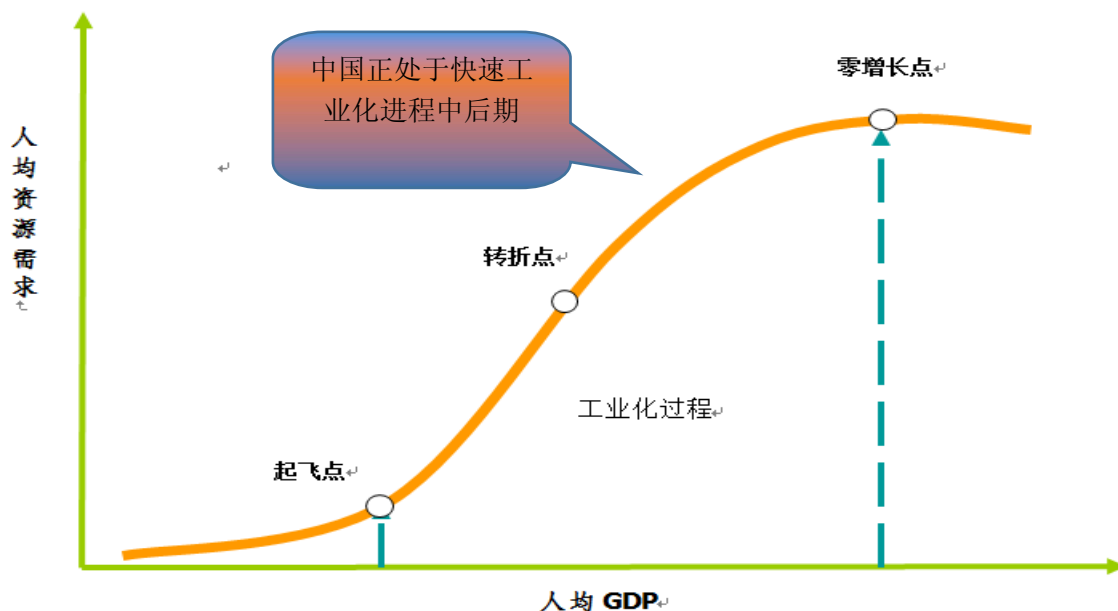


图 14 人均 GDP 与人均资源消费“S”型规律

因为硫资源需求量与化肥需求量关系较为密切，化肥用酸中约 90%主要用于生产磷肥。硫资源似乎国家粮食安全的重要保障，作为化肥的生产原料，目前尚无其他原料可以代替。因此硫酸消费量受磷肥产量影响，近年来我国磷肥消费量已接近饱和点，未来产量分两种情况：

一是乐观情况，国家逐步放松磷肥出口政策（《2015 年关税实施方案》：对部分种类化肥出口进行调整，取消淡旺季差别税率），磷肥大量出口，从而带动硫资源消费量提高，但随着国内磷矿资源消耗，保障程度降低，预计在 2020 年之前磷肥产量以高增长率增长，随后增长率逐渐放缓，按照硫资源消费增长率与磷肥产量增长率相协调的关系。2015-2020 硫资源消费量年均增长率为 9.0%（实际为 9.4%，为方便计算取 9.0%），2020 年-2025 年年均增长率为 5%，2025-2030 年年均增长率为 2%，以 2014 年硫资源消费量 3329 万吨为基础。则计算得到 2015 至 2020 年硫资源消费需求如下表。

二是悲观情况认为目前国内磷肥产销量已经达到峰值，且没有出口宽松政策支持，则磷肥产量趋于稳定，随后出现下降。则硫资源消费量在短期内保持高增长率后趋缓直至消费需求下降（考虑到目前全球硫酸市场供应过剩，假设没有出口的前提下）。2015-2020、2020-2025、2025-2030 年硫资源消费量增长率分别按照 7%、2%、-3%来计算，则硫资源消费量预测结果如表 5。

表 5 我国硫资源消费量预测结果

单位：万吨

年份	乐观情景	悲观情景
2014	3329	
2015	3629	3562.03
2016	3955	3811.37
2017	4311	4078.16
2018	4699	4363.64
2019	5122	4669.09
2020	5583	4995.93
2021	5862	5095.85
2022	6155	5197.76
2023	6463	5301.72
2024	6786	5407.75
2025	7126	5515.91
2026	7268	5350.43
2027	7413	5189.92
2028	7562	5034.22
2029	7713	4883.19
2030	7867	4736.70
2014-2020 累计	30628	28809
2014-2025 累计	63021	55328
2014-2030 累计	100844	82102

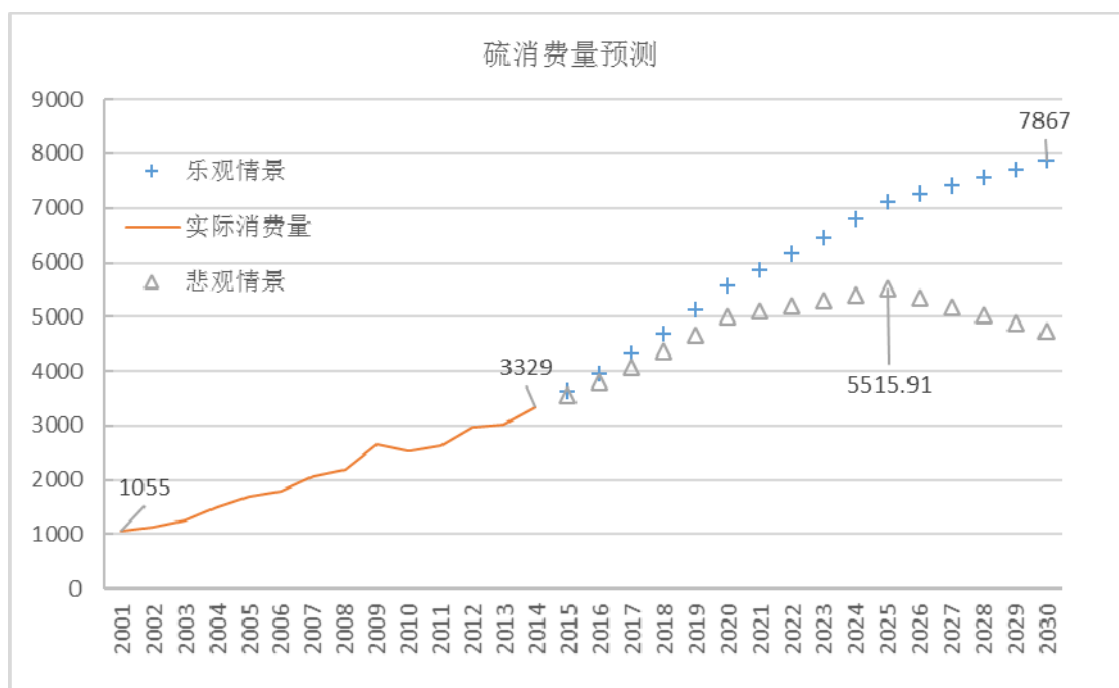


图 15 硫消费量预测趋势图

### 5.3 硫资源供应分析

本文着重从国内硫资源供给方面分析我国硫资源保障程度，进口硫资源暂不考虑。未来硫资源供应仍将以有色金属（主要为铜、铅锌）冶炼烟气回收硫、硫铁矿、石油天然气炼化回收硫磺为主。

#### 1) 有色金属冶炼回收硫产量预测

这部分硫资源是国内有色金属冶炼的副产品，产量主要跟随铜、铅、锌等有色金属的冶炼产量，而根据有关机构按照人均矿产资源消费量与人均 GDP 的“S”型消费规律预测：

**铜：**预计未来随着电力、交通、电子通信等行业的快速发展，中国铜需求将持续上升，2025 年国内铜需求量将达到 1500 万吨左右的消费顶点，之后需求将区域稳定，并在一段时期内高位运行。假设精炼铜产量（产量：消费量按照 0.8 计算）在 2025 年达到 1200 万吨峰值，随后趋于稳定。

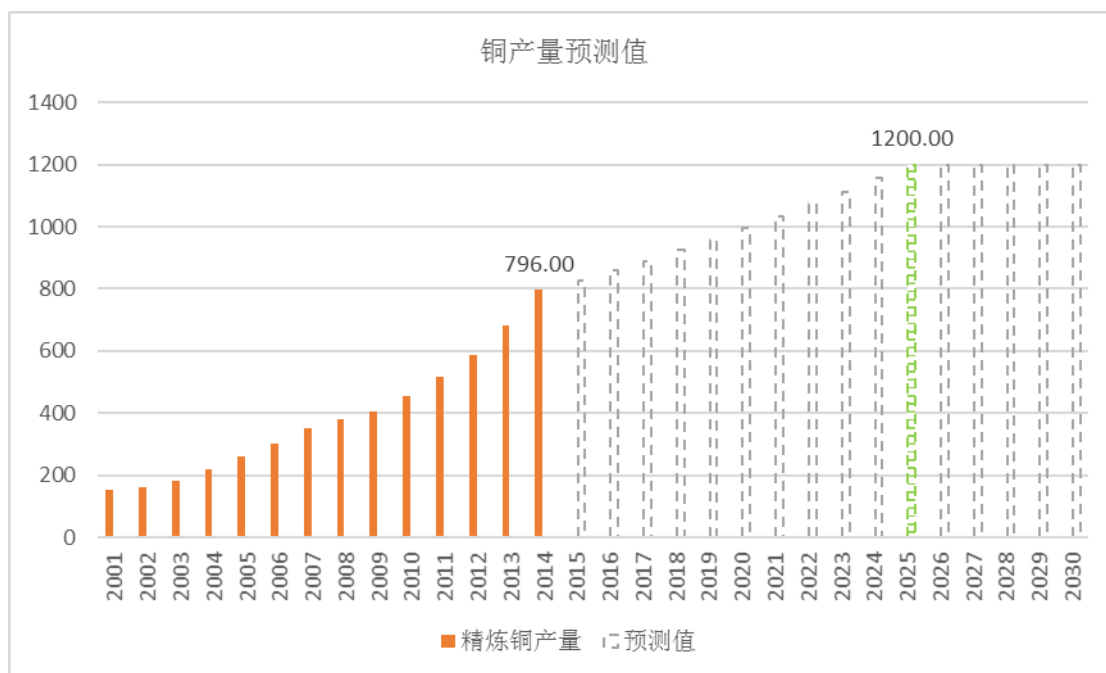


图 16 精炼铜产量预测趋势图

**铅：**主要用于生产机动车蓄电池，其消费量与汽车、摩托车等行业发展密切相关，据有关机构预测，到 2025 年汽车保有量达到 3.1 亿辆峰值，同年汽车产量达到 3900 万辆的峰值。由此预计 2025 年前后中国铅消费量达到峰值，届时铅需求量约 740 万吨，2030 年需求量约 710 万吨。假设精炼铅产量和消费量同期达到峰值，则到 2025 年精炼铅产量（未来产量与消费量按照 1:1 计算）也达到峰值，随后缓慢下降。

**锌：**主要应用于建筑、汽车、船舶等行业，当前房地产发展趋缓，建筑镀锌用量下降；机械制造等领域用锌也开始出现下滑，汽车领域用锌仍处于增长态势。发达国家经验表明，当人均 GDP 达到 12000 美元左右时，锌主要用于建筑、交通运输等行业的国家，锌消费量达到峰值。因

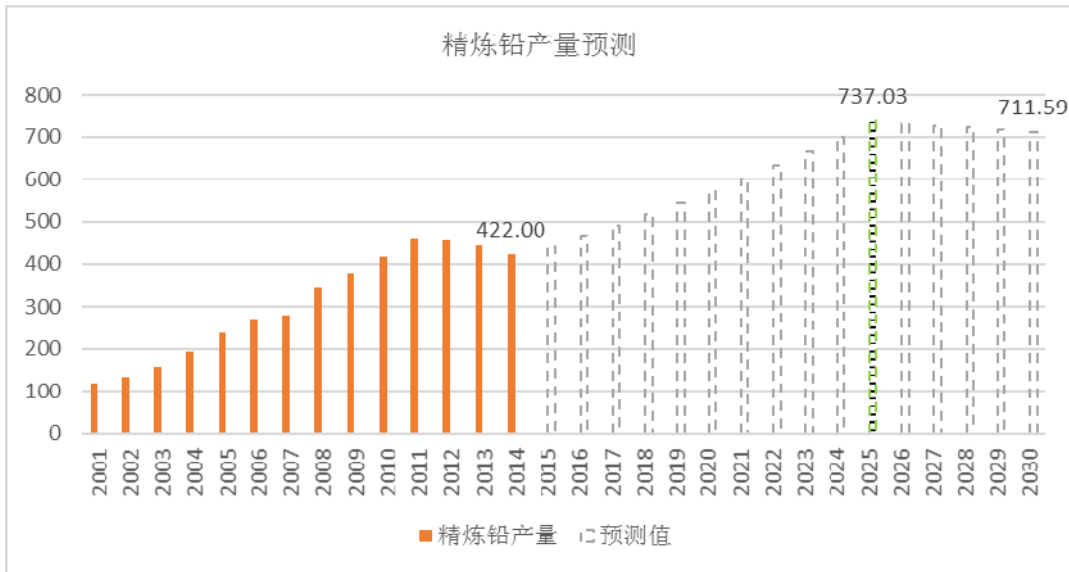


图 17 精炼铅产量预测趋势图

此，预计 2020 年前后中国锌消费量达到峰值，届时锌需求量约 754 万吨，2030 年需求量约 724 万吨。假设 2020 年精炼锌年产量（未来产量与消费量按照 0.9: 1 计算）达到 678 万吨峰值，随后趋于稳定至缓慢下降到 2030 年的 639 万吨。

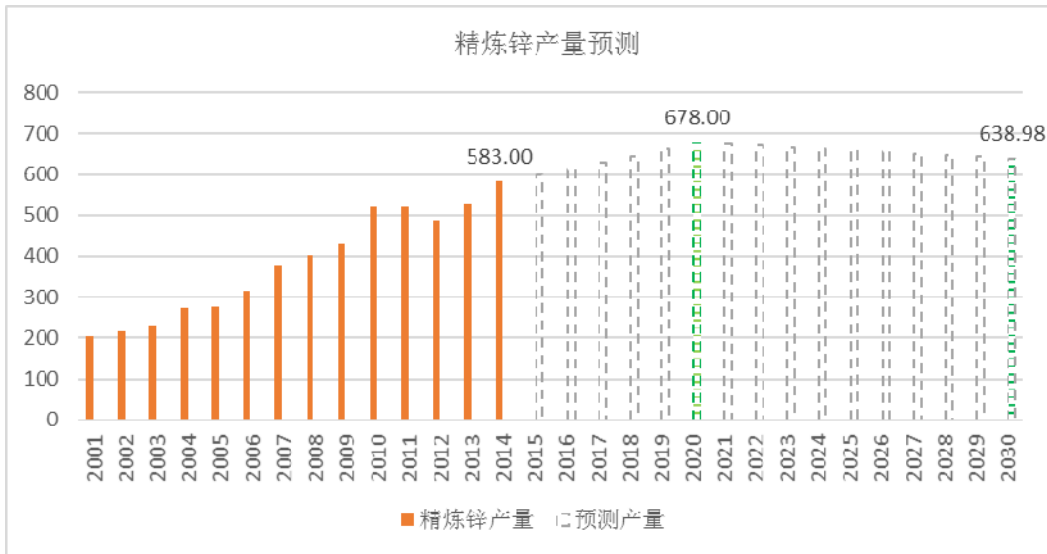


图 18 精炼锌产量预测趋势图

由于冶炼回收硫主要来自铜系统和铅锌系统，铜、铅消费需求量将在 2025 年左右达到峰值，锌消费需求量将在 2020 年前后达到峰值，那么作为冶炼过程中副产的硫也将在 2025 年前后达到峰值。2006 年-2014 年冶炼回收硫（折 S）年均增长率为 13.2%，2014 年产量为 960 万吨 S，假设 2015-2020 年年均增长率为 13%，2020-2025 年年均增长率为 7%，2025-2030 年年均增长率为 -1%。则 2025 年有色冶炼回收硫产量达到 2803 万吨的峰值，2030 产量为 2665 万吨，如表 6 所示。

表 6 有色冶炼回收硫产量预测结果 单位：万吨 S

年份	有色冶炼回收硫产量预测值
2014	960.00
2015	1056.00
2016	1161.60
2017	1277.76
2018	1405.54
2019	1546.09
2020	1700.70
2021	1870.77
2022	2057.85
2023	2263.63
2024	2489.99
2025	2738.99
2026	2711.60
2027	2684.49
2028	2657.64
2029	2631.06
2030	2604.75
2014-2020 年累计	9107.68
2014-2025 年累计	20528.91
2014-2030 年累计	33818.46

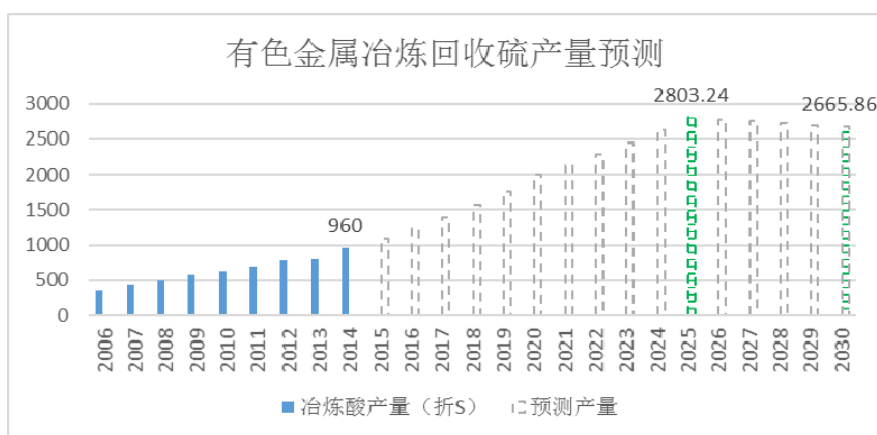


图 19 有色金属冶炼回收硫产量预测趋势图

## 2) 硫铁矿制酸利用硫产量预测

目前由于环保等问题，我国成为世界上极少数用硫铁矿制酸的国家，2014 年硫铁矿制酸占全球矿酸产量的 90%以上。近年来随着《中华人民共和国循环经济法》、《硫酸工业污染物排放标准》等一系列法律法规及规范性文件的出台，硫铁矿制酸发展面临巨大的环保压力。但是从硫资源矿情考虑，我国油气资源多为低硫油，铜、铅资源长期短缺，对外依存度长期保持高位（尤其是铜），而硫铁矿资源丰富，因此短期内硫铁矿制酸仍将占有一席之地，但是其发展空间会随着

有色冶炼回收硫和石油、天然气炼化回收硫磺的快速增长而被挤压。2006年至2014年我国硫铁矿制酸产量（折S）从417万吨增加609万吨，年均增长率为5%，其中2014年同比增长率为-5%，增速已经开始出现下滑。假设在现有政策没有太大变化情况下，2015-2020年年均增长率为5%，2020-2025年年均增长率为2%，2025-2030年年均增长率为-1%。则硫铁矿制酸产量（折S）预测结果如表7。

表7 硫铁矿制酸产量预测结果 单位：万吨 S

年份	硫铁矿（折S）产量预测值
2014	609.00
2015	639.45
2016	671.42
2017	704.99
2018	740.24
2019	777.26
2020	816.12
2021	832.44
2022	849.09
2023	866.07
2024	883.39
2025	901.06
2026	892.05
2027	883.13
2028	874.30
2029	865.56
2030	856.90
2014-2020年累计	4958.48
2014-2025年累计	9290.54
2014-2030年累计	13662.47

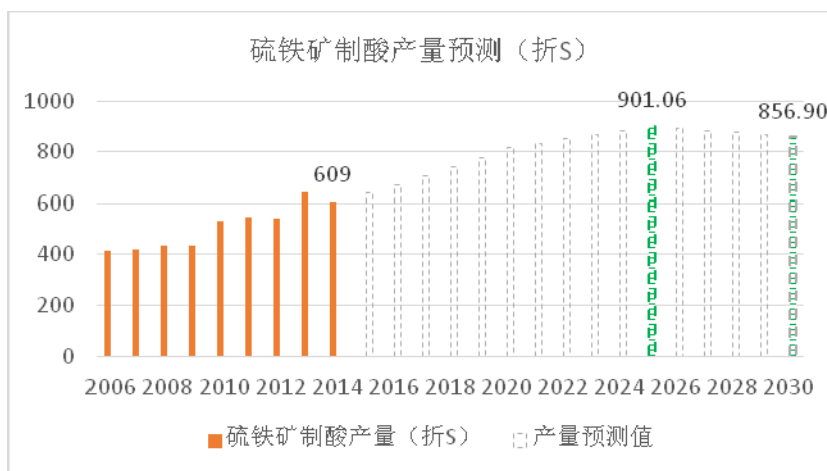


图20 硫铁矿制酸产量预测趋势图



本文第一部分提到,截止 2013 年底我国硫铁矿保有储量 57503 万吨,按 35%折合成 S 为 20126 万吨,在不考虑储量增加的基础上,2014-2030 年累计消耗硫铁矿(折 S) 13662.47 万吨,储量能够充分保障生产需求。

### 3) 石油天然气炼化回收硫磺产量预测

**石油:** 未来 20 年,随着我国交通运输等行业的快速发展,中国石油需求将快速增长,受国内供应能力限制,消费顶点在 2030 年到来,预计到 2020 年、2030 年消费量将分别达到 6.7 亿吨、8.1 亿吨。同时供需缺口将进一步扩大,到 2030 年对外依存度为 65%。

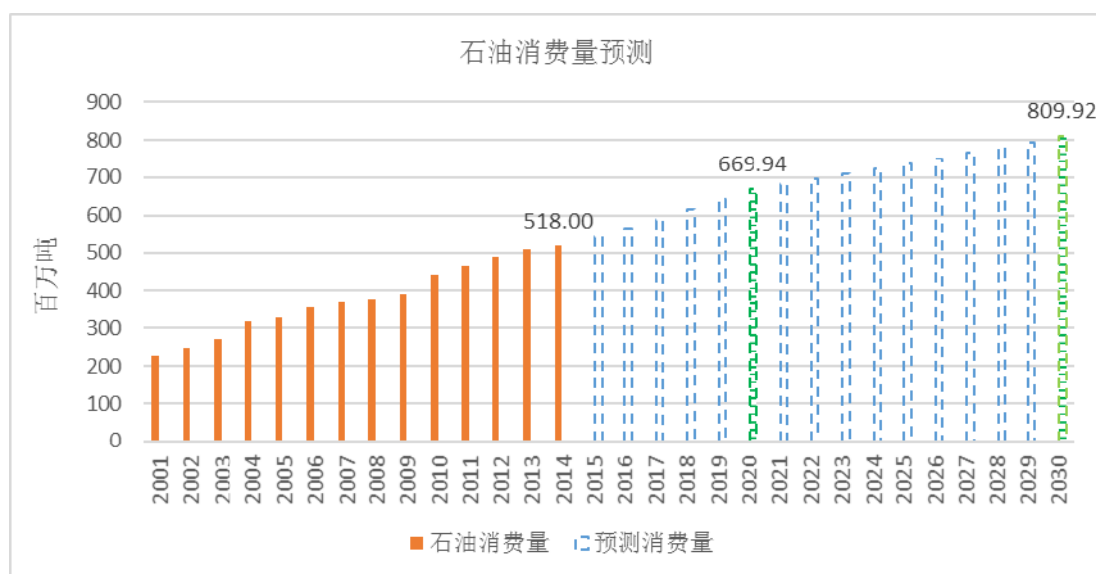


图 21 石油消费量预测趋势图

**天然气:** 未来 30 年,中国天然气消费规模将持续扩大,预计 2020 年和 2030 年消费量将分别达到 4950 亿立方米、6950 亿立方米。

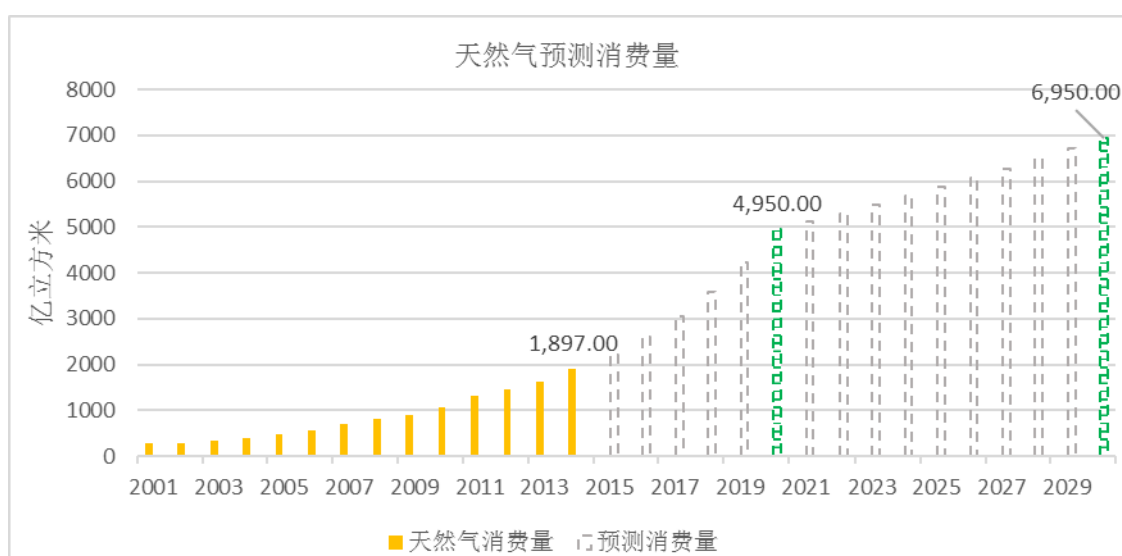


图 22 天然气消费量预测趋势图

我国 90%以上的硫磺来自石油天然气炼化回收硫磺，是一种高效、节能、环保的硫资源利用方式，未来随着石油天然气消费量扩张，硫磺产量也将继续保持高增长率，由于石油消费顶点在 2030 年，因此硫磺产量增速在 2030 年后出现下滑。2006 年至 2014 年硫磺产量从 120 万吨增加到 591 万吨，年均增长率为 24.8%，考虑到 2009 年同比上年增幅约为 87%，计算中作为异常值剔除，剔除后年均增长率约为 15%。保守预计，假设 2015-2020 年、2020-2025 年、2025-2030 年硫磺产量年均增长率分别为 10%、6%、3%计算，则到 2030 年硫磺产量为 1624 万吨。

表 8 硫磺产量预测结果		单位：万吨 S
年份	硫磺产量预测值	
2014	591.00	
2015	650.10	
2016	715.11	
2017	786.62	
2018	865.28	
2019	951.81	
2020	1046.99	
2021	1109.81	
2022	1176.40	
2023	1246.98	
2024	1321.80	
2025	1401.11	
2026	1443.15	
2027	1486.44	
2028	1531.03	
2029	1576.96	
2030	1624.27	
2014-2020 累计		5606.92
2014-2025 累计		11863.03
2014-2030 累计		19524.89

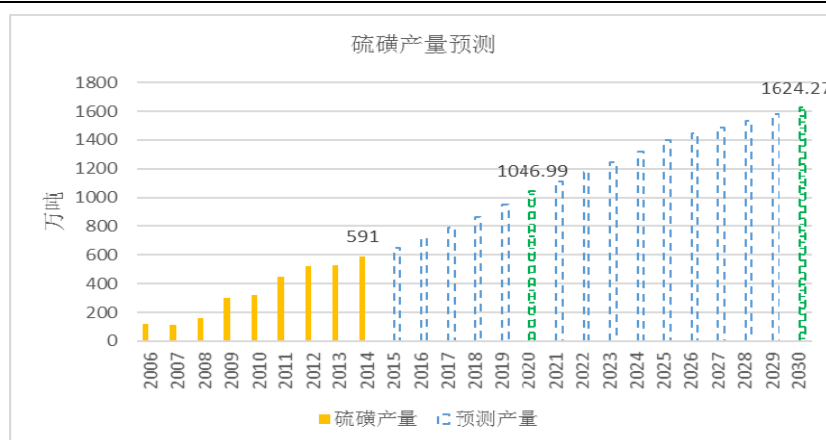


图 23 硫磺产量预测趋势图

#### 5.4 硫资源保障程度研判

本文不考虑直接进口硫磺及硫酸情况，将国内各种形式的硫资源产量预测量与消费量预测量进行对比，计算得出资产硫保障程度。

在磷肥出口政策宽松情况下，2014年至2020、2025、2030年的保障程度系数  $0.5 \leq S \leq 1$ ，自产硫属于不能保障情况，且保障程度系数在0.66左右（表9）。

磷肥出口政策偏紧的情况下，2014年至2020、2025、2030年的保障程度系数  $0.5 \leq S \leq 1$ ，自产硫属于不能保障情况，但保障程度系数呈增大趋势，且到2028年，国内资产硫资源已经可以满足国内需求，对外依存度下降为0（表10）。

表9 未来磷肥大量出口的情况下硫资源保障程度 单位：万吨

年份	有色冶炼回收硫产量预测值 A1	硫磺产量预测值 A2	硫铁矿（折S）产量预测值 A3	可供合计 A	乐观情景需求量 B	缺口	对外依存度	保障程度系数 S
2014	960	591.00	609	2160.00	3329.00	1169.00	35.12%	
2015	1056	650.10	639.45	2345.55	3628.61	1283.06	35.36%	
2016	1161.6	715.11	671.42	2548.13	3955.18	1407.05	35.57%	
2017	1277.76	786.62	704.99	2769.37	4311.15	1541.78	35.76%	
2018	1405.54	865.28	740.24	3011.06	4699.16	1688.09	35.92%	
2019	1546.09	951.81	777.26	3275.16	5122.08	1846.92	36.06%	
2020	1700.7	1046.99	816.12	3563.81	5583.07	2019.25	36.17%	
2021	1870.77	1109.81	832.44	3813.02	5862.22	2049.20	34.96%	
2022	2057.85	1176.40	849.09	4083.34	6155.33	2071.99	33.66%	
2023	2263.63	1246.98	866.07	4376.68	6463.10	2086.41	32.28%	
2024	2489.99	1321.80	883.39	4695.18	6786.25	2091.07	30.81%	
2025	2738.99	1401.11	901.06	5041.16	7125.56	2084.40	29.25%	
2026	2711.6	1443.15	892.05	5046.80	7268.08	2221.28	30.56%	
2027	2684.49	1486.44	883.13	5054.06	7413.44	2359.38	31.83%	
2028	2657.64	1531.03	874.3	5062.97	7561.71	2498.73	33.04%	
2029	2631.06	1576.96	865.56	5073.58	7712.94	2639.36	34.22%	
2030	2604.75	1624.27	856.9	5085.92	7867.20	2781.28	35.35%	
2014-2020 累计	9107.68	5606.92	4958.48	19673.08	30628.25	10955.17	35.77%	0.64
2014-2025 累计	20528.91	11863.03	9290.54	41682.48	63020.71	21338.23	33.86%	0.66
2014-2030 累计	33818.46	19524.89	13662.47	67005.82	100844.07	33838.25	33.56%	0.66

表 10 限制磷肥出口的情况下硫资源保障程度 单位：万吨

年份	有色冶炼回收硫产量预测值 A1	硫磺产量预测值 A2	硫铁矿(折 S)产量预测值 A3	可供合计 A	悲观情景需求量 B	缺口	对外依存度	保障程度系数 S
2014	960	591.00	609	2160.00	3329.00	1169.00	35.12%	
2015	1056	650.10	639.45	2345.55	3562.03	1216.48	34.15%	
2016	1161.6	715.11	671.42	2548.13	3811.37	1263.24	33.14%	
2017	1277.76	786.62	704.99	2769.37	4078.17	1308.80	32.09%	
2018	1405.54	865.28	740.24	3011.06	4363.64	1352.58	31.00%	
2019	1546.09	951.81	777.26	3275.16	4669.09	1393.93	29.85%	
2020	1700.7	1046.99	816.12	3563.81	4995.93	1432.12	28.67%	
2021	1870.77	1109.81	832.44	3813.02	5095.85	1282.83	25.17%	
2022	2057.85	1176.40	849.09	4083.34	5197.77	1114.43	21.44%	
2023	2263.63	1246.98	866.07	4376.68	5301.72	925.04	17.45%	
2024	2489.99	1321.80	883.39	4695.18	5407.76	712.57	13.18%	
2025	2738.99	1401.11	901.06	5041.16	5515.91	474.75	8.61%	
2026	2711.6	1443.15	892.05	5046.80	5350.43	303.64	5.68%	
2027	2684.49	1486.44	883.13	5054.06	5189.92	135.86	2.62%	
<b>2028</b>	<b>2657.64</b>	<b>1531.03</b>	<b>874.3</b>	<b>5062.97</b>	<b>5034.22</b>	<b>-28.75</b>	<b>0.00%</b>	
<b>2029</b>	<b>2631.06</b>	<b>1576.96</b>	<b>865.56</b>	<b>5073.58</b>	<b>4883.20</b>	<b>-190.39</b>	<b>0.00%</b>	
<b>2030</b>	<b>2604.75</b>	<b>1624.27</b>	<b>856.9</b>	<b>5085.92</b>	<b>4736.70</b>	<b>-349.22</b>	<b>0.00%</b>	
2014-2020 累计	9107.68	5606.92	4958.48	19673.08	28809.24	9136.16	31.71%	0.68
2014-2025 累计	20528.91	11863.03	9290.54	41682.48	55328.24	13645.76	24.66%	0.75
2014-2030 累计	33818.46	19524.89	13662.47	67005.82	82101.84	15096.02	18.39%	0.81

## 6 结论及建议

### 6.1 结论

目前世界硫资源储量、产量足以满足各国需求。短期内我国硫铁矿制酸、冶炼酸和硫磺制酸“三分天下”的格局仍难以改变，未来冶炼酸、和石油天然气炼化回收硫磺将扮演更重要的角色，硫铁矿制酸所占比重会越来越小，我国硫资源的自给率将不断提高。结合保障程度模型，乐观情况下，到 2030 年硫资源对外依存度基本为 35%，保障程度系数维持在 0.65 左右，属于不能保障情况。悲观情况下，硫资源对外依存度逐步下降，至 2028 年开始我国硫资源可以实现自给自足。

### 6.2 建议

中国硫酸工业多年取得的发展和进步离不开企业、科研院所、协会、政府等的共同努力，未来仍需要各方继续努力，做好本职共同维护行业健康持续发展。提出以下几点建议供探讨：

一、加强行业自律，依法办企，提高企业社会责任，严格执行《硫酸工业污染物排放标准》等标准和政策法规，坚决淘汰高污染、高排放、高耗能落后产能。

二、以《中华人民共和国循环经济法》为契机，引导产业结构调整 and 升级，优先利用冶炼酸、含硫废弃物回收酸，提高硫资源自给率。

三、多方协作，积极寻求将有色冶炼回收酸纳入资源综合利用鼓励范畴的可能性，争取享受相关优惠政策。

四、加大科技创新，提高硫资源回收利用技术，协会等中介发挥服务作用，做好先进技术和产品推广工作，提高回收利用率，拓展利用渠道。

五、鉴于我国缺乏优质硫资源，硫磺对外依存度长期高达 60%以上，建议国务院税则委员会取消硫磺进口关税。硫磺的采购实行联合采购策略，积极参与国际硫磺市场竞争，掌握国际市场话语权和定价权。

六、政府做好相关配套服务政策，建立赏罚机制，引导和监督企业在资源利用、环境保护、企地和谐方面健康发展。

#### **【参考文献】**

- [1] 武雪梅.我国冶炼酸对硫酸市场的影响[J].中国农资 2014 年 3 月 14 日
- [2] 廖康程.我国硫酸行业形势和展望[J].中国农资.2014 年 3 月 14 日
- [3] M.Prud' homme, IFA, June 2014
- [4] 李崇.2013 年我国硫酸磷肥行业运行态势分析[J].硫酸工业.2014 年 4 月第 2 期:1-4
- [5] 徐娜.2013 年中国硫磺市场统计与分析[J].硫酸工业.2014 年 2 月第 1 期: 1-3
- [6] 张宏.2013 年硫酸行业市场分析报告[J].中国金属通报.2014 年第 4 期:44-45
- [7] 陈甲斌, 马茁卉, 王婧, 等. 主要矿产品供需形势分析报告(2013) [M]. 北京: 地质出版社, 2014: 190.
- [8] 王安建, 王高尚, 等. 矿产资源与国家经济发展[M]. 北京: 地震出版社, 2002.
- [9] 纪罗军.我国硫酸工业现状与技术进步[J].硫酸工业.2015 第 1 期: 1-7.
- [10] 本报记者 张晶星. 硫酸工业: 踏平坎坷成才大道[N]. 中国化工报, 2015-02-27005.