

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 刘超

今年是“十三五”第一个年头，世界经济仍呈增长乏力态势。发达经济体总需求不足和长期增长率不高现象并存，新兴经济体增长率下滑趋势难以得到有效遏制。我国经济在经历了长期高速发展以后进入新常态，未来一段时间内将保持一个相对平稳趋缓的发展速度，“十二五”末期以来，“供给侧改革”、“去产能”等词成为经济领域热词。

硫作为重要的化工原料，在我国表现出即“过剩”又“短缺”的现象，即从资源角度讲，我国硫资源是“短缺”，每年需大量进口硫磺补充国内不足，硫磺对外依存度长期居于高位，但是从产品角度讲，“硫酸”产能又是过剩的，据硫酸工业协会统计当前产发挥率不足 75%。当前，面对硫酸行业产能过剩、需求量持续低迷、市场竞争激烈以及环保压力加大等形势，倒逼企业进行技术改造、提升内部管理、淘汰落后产能，节能减排和清洁生产水平不断提高。

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，对国家长期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，分别探讨了到 2030 年我国硫资源供应能力和需求量，对我国硫资源保障程度进行分析，并提出了相关政策建议。

1 我国硫资源状况

近年来，我国可利用硫资源不足问题凸显。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。而世界其他国家主要以油气精炼回收硫磺及有色金属冶炼回收利用硫资源为主。

除硫铁矿可单独作为硫资源使用外，油气精炼回收硫磺及有色金属冶炼回收利用硫资源受油气和有色金属生产约束。因此，从资源的角度，这里主要分析硫铁矿、伴生硫及自然硫的资源情况。我国石油多数为低硫油，油气中硫资源含量有限。所以硫铁矿和伴生硫铁矿仍将是中国当前以至今后相当一段时期的主要硫资源之一。

硫铁矿勘查：2006 年至 2014 年累计勘查投入 3.32 亿元，累计新查明硫铁矿资源量 6.55 亿吨。由图 1 可以看出 2007 年后勘查投入有较大幅度增长，原因是 2006 年国务院出台了《国务院关于加强地质工作的决定》（国发〔2006〕4 号），目的是为了全面增强地质勘查的资源保障能力和服务功能，促进地质工作更好地满足经济社会发展的需要。近几年来随着经济增速放缓，勘查投入有所减缓。



图 1 我国硫铁矿勘查投入及新增资源量变化情况

自然硫：截至 2014 年底，我国自然硫基础储量 114.45 万吨（S），同比增长 60.18%，查明资源储量 35486.71 万吨（S），同比增长 2.28%。其中 96% 以上的自然硫查明资源量集中在山东，资源集中度非常高（图 2）。但目前因采选技术尚不成熟，短期内还难以开发利用。



图 2 2002-2014 年我国自然硫查明资源量变化情况及分布



图 3 2002-2013 年我国硫铁矿资源量变化情况及分布

硫铁矿：截止 2014 年底，硫铁矿储量 53860.09 万吨（矿石量），同比下降 6.34%，查明资源储量 583019.69 万吨（矿石量），同比增长 2.41%。从分布来看主要分布在四川、安徽、贵州、

云南、内蒙、广东、山东等省（区），七省（区）查明资源量占到全国的 81.5%，硫铁矿资源分布表现出集中度较高的特点。

由于近年来富硫铁矿的快速消耗，品位 $S>35\%$ 的硫铁矿储量呈下降趋势。从 2003 年的 1.12 万吨，下降到 2014 年的 0.59 万吨，下降幅度近一半。

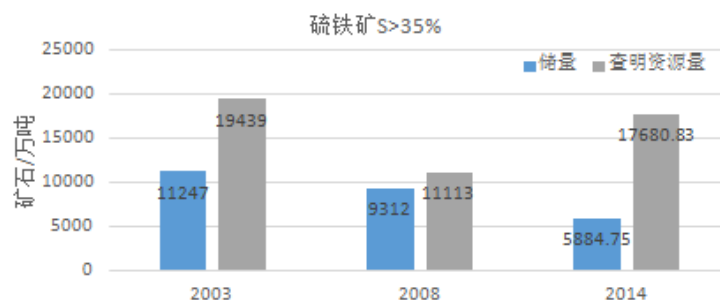


图 4 2002-2014 年我国富硫铁矿资源量变化情况

富硫铁矿占比较低，截止 2014 年底，富硫铁矿储量占全部硫铁矿储量的 10.93%，资源量仅占到全部硫铁矿资源量的 3.03%，表现出贫矿多、富矿少的特点，同时勘查程度普遍不高。

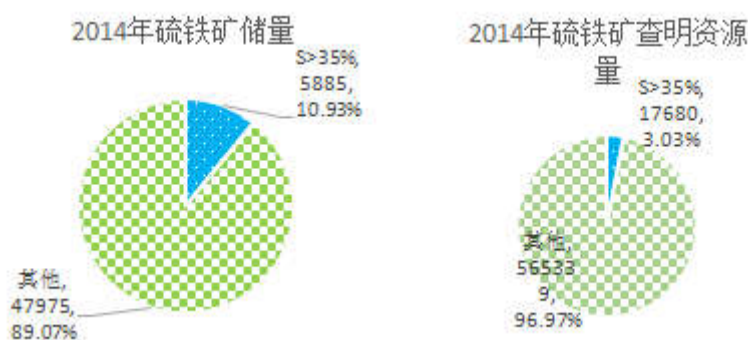


图 5 2014 年我国富硫铁矿储量、查明资源量结构

伴生硫:截止 2014 年底储量 3629.73 万吨，同比下降 5.28%，查明资源储量 45734.36 万吨，同比增长 1.16%。从分布来看，主要集中在江西、安徽、吉林、陕西、内蒙、云南等六省（区），合计占到全国查明资源量的 56.55%。（图 6）



图 6 2014 年我国伴生查明资源量变化情况及分布

总体来看，我国不同类型的硫资源分布相对集中。硫铁矿以四川最为集中（16.34%），伴生硫铁矿以安徽最为集中（14.59%），自然硫以山东较为集中（96.18%）。

2 我国硫资源供需及贸易

2.1 我国硫资源生产情况

我国硫产量呈增长趋势，已经形成三大来源“三足鼎立”的硫资源利用形势，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。

近年来，我国硫产量呈持续快速增长趋势，2006~2015年，产量从916万吨升至2178万吨，年均增长10.12%，从来源构成看，虽然三种主要硫来源产量总体呈上升趋势，但是占比构成变化却不同。硫磺、冶炼酸占比上升，而硫铁矿占比下降。对比2005至2015年数据可以发现，硫铁矿占比从47.91%下降到26.54%，硫磺和冶炼酸占比分别从11.68%和38.14%上升到26.35%和47.11%（图7，图8）。

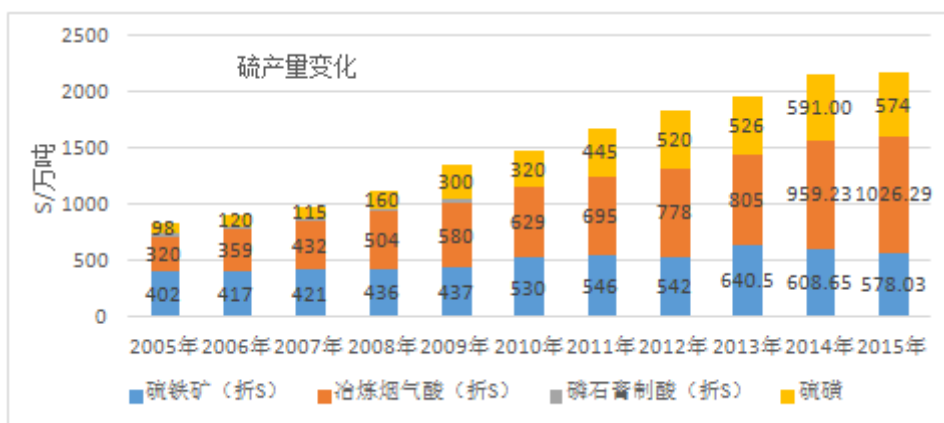


图7 我国硫资源产量变化情况

（注：产量为各种形式硫换算成硫的量）

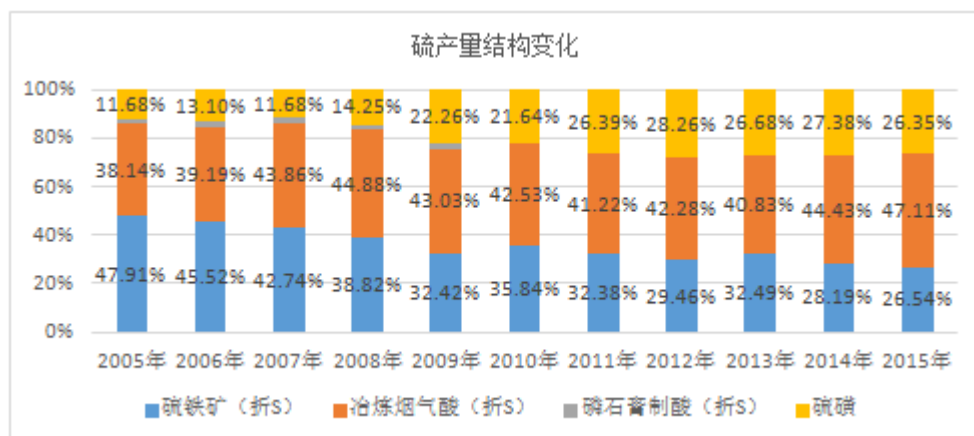


图8 我国硫资源产量结构变化情况

2.2 我国硫资源消费状况

2015 年我国硫表观消费量为 3408.7 万吨，同比增长 2.4%（图 9），由于经济增速放缓，需求增速出现明显下滑。2001 年-2015 年我国硫消费量年均增长率为 8.9%。

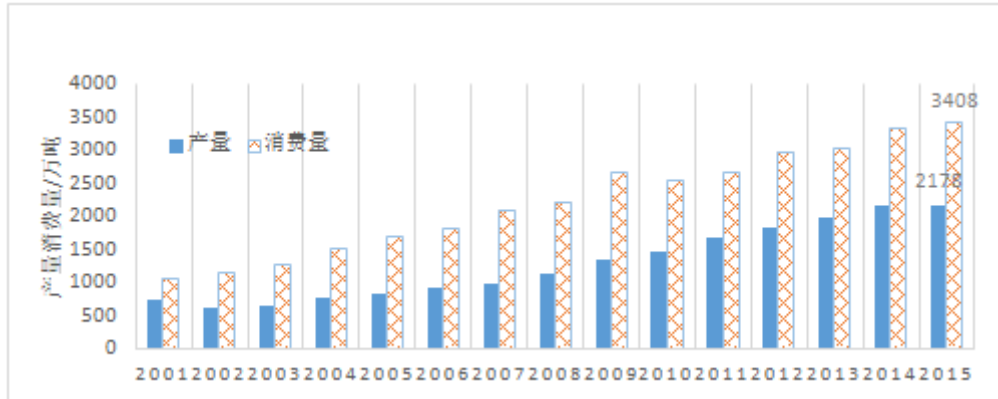


图 9 2001~2014 年我国硫素产销量变化

当前面临硫资源短缺的问题，2015 年国产硫磺约 574 万吨，进口 1193 万吨，硫磺自给率 32.5%，比上年下降 4.1 个百分点；进口硫酸 117.1 万吨，同比下降 16.7%。

3 我国硫资源保障程度分析

3.1 硫资源需求预测

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。硫资源是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，2016 年 1 月 1 日起实施的《2016 年关税实施方案》关于化肥出口的关税与 2015 年保持一致，因此出口带动的化肥增量仍将保持，但增幅有限。可带动硫资源消费量增长，但随着国内磷矿资源消耗，保障程度降低。同时，政策方面也已经多次提及化肥使用增长要求：2015 年年 2 月 17 日，农业部就发布了《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》；2016 年中央一号文件又再次明确，到 2020 年全国化肥农药用量实现零增长；2016 年 3 月 5 日，第十二届全国人民代表大会第四次会议开幕，国务院总理李克强向大会作了《2016 年国务院政府工作报告》。《报告》指出，“加强农业科技创新与推广，深入开展粮食绿色高产高效创建，实施化肥农药零增长行动”，因此未来硫资源消费量增幅有限。

预计在 2025 年之前磷肥产量保持较低增长率，到 2025 年产量将不再增长，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 年硫消费同比增长率只有 2.4%，未来增速不会有较大增长，因此 2016-2020 硫资源消费量年均增长率为 3%，2021 年-2025 年年均增长率为 1%，2026-2030 年年均增长率为 0%，以 2015 年硫资源消费量 3408 万吨为基础。则计算得到 2020 年消费量为 3951 万吨，到 2025 年消费量达到 4152 万吨，此后消费量趋于稳定。

二是保守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。2016-2020、2021-2025、2026-2030年硫资源消费量增长率分别按照2%、0%、0%来计算，则硫资源消费量到2020年达到3763万吨，此后消费量维持稳定。（图10）

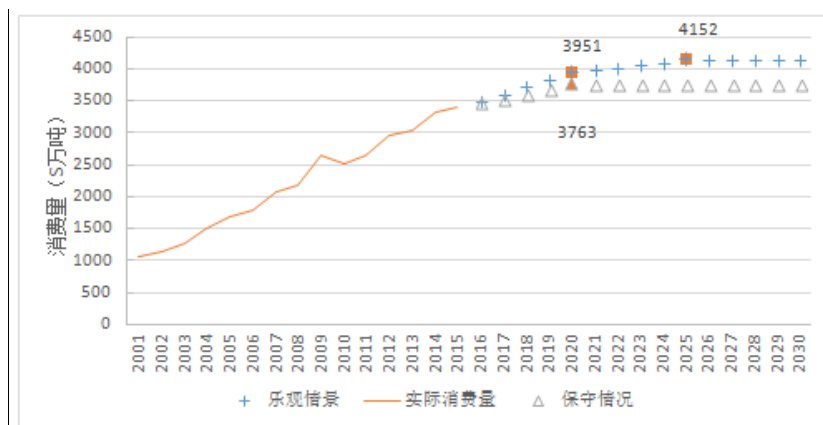


图 10 硫消费量预测趋势图

3.2 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。因此精炼铜产量在 2025 年达到峰值，随后趋于稳定。

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《全国新一轮矿产资源保障程度论证》报告预测，到 2020 年前后中国铅消费量达到峰值，届时铅需求量约 690 万吨，2025 年需求量约为 687 万吨，2030 年需求量约 685 万吨。预计精炼铅产量和消费量同期达到峰值，则到 2020 年精炼铅产量也达到峰值，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。因此，预计 2020 年前后中国锌消费量达到峰值，届时锌需求量约 752 万吨，人均锌需求量 5.2 千克，2025 年需求量约 738 万吨,2030 年需求量约 722 万吨，即 2020 年后锌需求量呈现缓慢下

降趋势。预计 2020 年精炼锌年产量（达到峰值，随后趋于稳定至缓慢下降。

由于冶炼回收硫主要来自铜系统和铅锌系统，铜消费需求将在 2025 年左右达到峰值，铅、锌消费需求将在 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。2015 年冶炼回收硫（折 S）同比增长率为 6.9%，2015 年产量为 1026 万吨 S，预计 2016-2020 年年均增长率为 6.5%，2021-2025 年年均增长率为 3%，2026-2030 年年均增长率为 0%。则 2025 年有色冶炼回收硫产量达到 1629.6 万吨的峰值，此后产量维持稳定。（图 11）

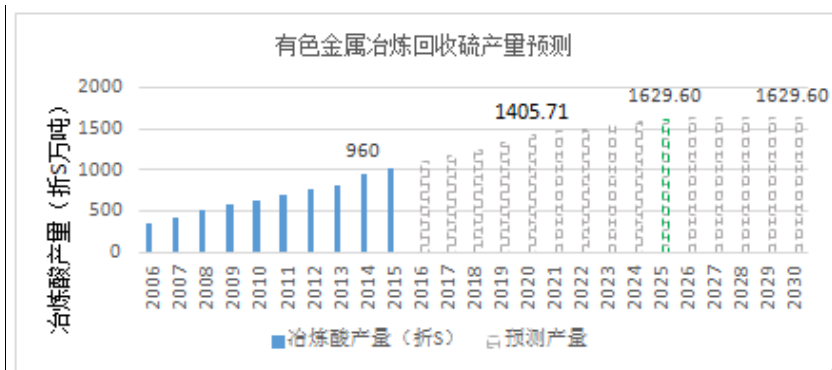


图 11 有色金属冶炼回收硫产量预测趋势图

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，2015 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 2015 年我国硫铁矿制酸产量（折 S）从 417 万吨增加 578 万吨，年均增长率为 4%，其中 2015 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，2016-2020 年年均增长率为 3%，2021-2025 年均增长率为 1%，2026-2030 年年均增长率为 0%。则硫铁矿制酸产量（折 S）预测结果到 2020 年为 670 万吨、到 2025 年为 704 万吨，此后产量维持稳定。

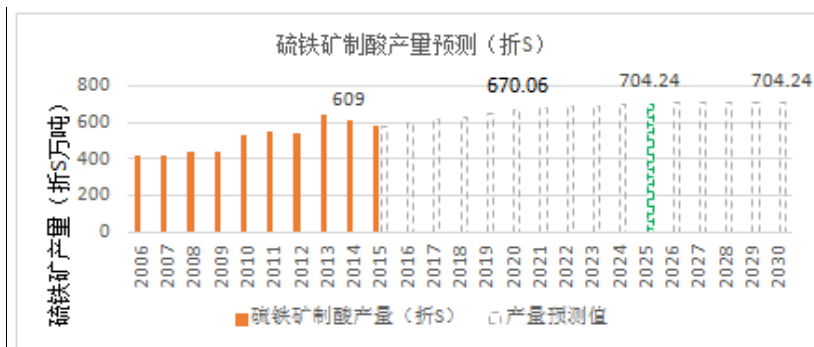


图 12 硫铁矿制酸产量预测趋势图

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，中国石油需求将继续增长，但是增速放缓，2015 年消费量 5.43 亿吨，同比增涨 4.8%。受国内供应能力限制，到 2020 年、2030 年，国内原油产量在 2.1 亿吨左右，即维持当前生产能力。据新一轮保障程度成果预计，消费顶点在 2030 年到来，预计到 2020 年、2025 年、2030 年消费量将分别达到 6.2 亿吨、6.8 亿吨、7.0 亿吨。因此未来原油进口量会维持在高位，硫磺回收多为进口原油冶炼过程中回收，因此这部分硫磺产量也会随之增长。

天然气：2015 年我国天然气消费量 1932 亿立方米，未来 30 年，中国天然气消费规模将持续扩大，预计 2020 年、2025 年、2030 年消费量将分别达到 4000 亿立方米、5400 亿立方米、6000 亿立方米。

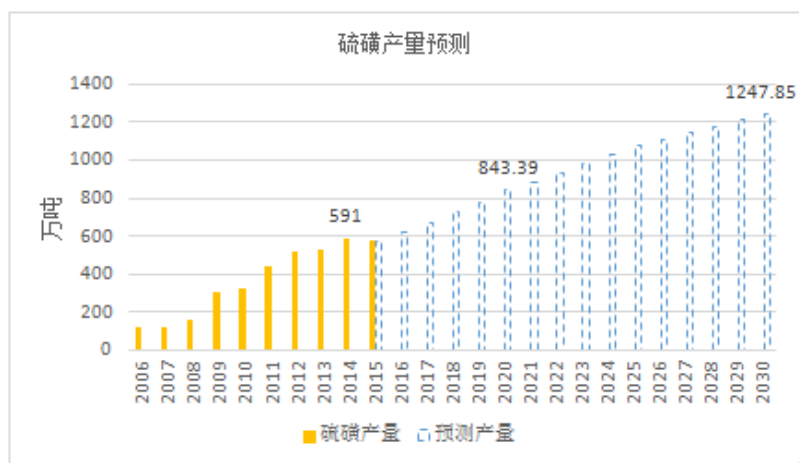


图 13 硫磺产量预测趋势图

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 2015 年硫磺产量从 120 万吨增加到 574 万吨，年均增长率为 14.51%（2009 年同比增幅约为 87%，作为异常值剔除）。保守预计，预计 2016-2020 年、2021-2025 年、2026-2030 年硫磺产量年均增长率分别为 8%、5%、3% 计算，则到 2030 年硫磺产量为 1247.85 万吨。

3.3 硫资源保障程度研判

这里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 年的自产硫属于不能保障情况，（表一）。

在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，但保障正度系数呈增大趋势，且到2030年，国内资产硫资源已基本可以满足国内需求，对外依存度下降为5%（表二）。

表一 未来磷肥宽松出口政策的情况下硫资源保障程度（单位：万吨）

年份	2015	2020	2025	2030
有色冶炼回收硫产量预测值	1026.00	1405.71	1629.60	1629.60
硫磺产量预测值	574.00	843.39	1076.41	1247.85
硫铁矿（折S）产量预测值	578.00	670.06	704.24	704.24
可供合计	2178.00	2919.16	3410.25	3581.69
乐观情景需求量	3408.00	3950.81	4152.34	4152.34
缺口	1230.00	1031.64	742.09	570.64
对外依存度	0.36	0.26	0.18	0.14

表二 限制磷肥出口的情况下硫资源保障程度（单位：万吨）

年份	2015	2020	2025	2030
有色冶炼回收硫产量预测值	1026.00	1405.71	1629.60	1629.60
硫磺产量预测值	574.00	843.39	1076.41	1247.85
硫铁矿（折S）产量预测值	578.00	670.06	704.24	704.24
可供合计	2178.00	2919.16	3410.25	3581.69
保守情景需求量	3408.00	3762.71	3762.71	3762.71
缺口	1230.00	843.54	352.46	181.01
对外依存度	0.36	0.22	0.09	0.05

4 结论及建议

4.1 结论

① 随着经济增速放缓，消费需求增速将明显放缓，从硫供应角度讲，保障程度提高了，但是仍然面临资源不足的问题。

② 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在硫资源利用中占比将进一步扩大，硫铁矿制酸所占比重会越来越少，我国硫资源的自给率将不断提高。

③ 未来我国作为硫磺净进口国的角色没有改变，但是对外依存度会有所下降。

4.2 建议

中国硫酸工业已经取得较好发展成绩。未来应认真落实“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念，正确处理硫资源当前与未来、局部与整体、资源与环境、国内与国外的关系，以资源保障为目标，加强供给侧结构性改革，优化产业结构。

① 立足国内硫资源保障，确保国内硫资源供应安全。着力打造以市场为导向的多元投资平台，鼓励和引进社会资本投入硫铁矿地质找矿，增加资源储量，扩大资源基础，尤其是增加储量。

优先利用冶炼酸、含硫废弃物回收酸，提高硫资源自给率。

② 优化硫资源布局，促进行业协调发展。集中在产磷四省布局大型硫酸装置，降低化肥生产企业原料成本。加强伴生硫和油气资源中硫资源的综合回收，“十三五”，期末保持资源供给在1800万吨/年(S)以上。

③ 加大科技创新，推进绿色发展。提高硫资源回收利用技术，提高回收利用率。坚决淘汰高污染、高排放、高耗能落后产能，严格新产能建设审批。

④ 多元保障硫资源供应安全。统筹两种资源两个市场，有效利用国外硫资源，构建硫资源全球配置体系。灵活调整硫磺进口关税及化肥出口关税，开源节流的利用硫资源。