

◆新质生产力与产业态势◆

我国硫酸行业现状及“十五五”发展思路

李 崇, 廖康程, 白海丹

(中国硫酸工业协会, 北京 100013)

[摘要] 归纳当前我国硫酸行业的发展现状, 总结“十四五”期间取得的成绩。在下游传统产业需求稳定支撑、新能源领域需求快速增长的背景下, 硫资源供需格局发生根本性转变, 硫酸行业将维持中高速增长态势。在国内、国际两个市场发生重大变化的情况下, 分析我国硫酸行业的发展趋势, 解决我国硫酸行业面临的关键问题。基于当前的社会和技术发展现状和趋势, 对行业未来的发展作出基本的判断。以面临的形势和问题为导向, 从硫资源保障、绿色低碳发展、科技创新和人才培养4个方面, 提出我国硫酸行业“十五五”期间的发展思路。

[关键词] 硫酸行业; 硫资源; “十五五”; 绿色低碳; 发展思路

[中图分类号] F426; TQ111.16 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-4566 (2026) 02-0001-05

Current situation of sulfuric acid industry in China and its development thoughts during the “15th Five-Year Plan” period

LI Chong, LIAO Kangcheng, BAI Haidan

(China Sulfuric Acid Industry Association, Beijing 100013, China)

Abstract: The current development status of the sulfuric acid industry in China is summarized and the achievements made during the “14th Five-Year Plan” period are reviewed. Against the backdrop of stable demand from downstream traditional industries and rapid growth in demand from the new energy sector, the supply and demand pattern of sulfur resources has undergone a fundamental transformation, and the sulfuric acid industry will maintain a medium-high growth rate. Under the circumstances of significant changes in both domestic and international markets, the development trends of the sulfuric acid industry in China are analyzed and the key issues faced by the industry are addressed. Based on the current social and technological development status and trends, basic judgments are made on the future development of the industry. Guided by the current situation and problems, the development strategies for the sulfuric acid industry in China during the “15th Five-Year Plan” period are this paper proposed from four aspects: Sulfur resource guarantee, green and low-carbon development, scientific and technological innovation, and talent cultivation.

Key words: sulfuric acid industry; sulfur resources; “15th Five-Year Plan”; green and low-carbon; development strategy

0 引言

随着我国制造业优势逐步加强, 尤其是新能源的快速发展, 硫酸作为“工业之母”, 需求持续增长。“十四五”期间, 我国硫酸行业继续保持中高速增长, 产量年平均增速超过4%, 且在安全、环保、节能、低碳、智能化等方面均取得可喜的成绩。“十五五”是我国基本实现社会主义现代化的关键时期, 是实现高质量发展的重要阶段, 谋划好“十五五”期间我国硫酸行业的发展思路, 对于加

强我国产业现代化体系的基底, 支撑我国制造业强国建设, 推动新能源、半导体等战略性新兴产业高质量发展, 具有重要意义。

1 硫酸行业发展现状

1.1 产能、产量稳定增长, 原料结构持续优化

“十四五”期间, 我国硫酸行业产能和产量总体保持持续增长态势^[1]。据中国硫酸工业协会(以下简称协会)统计, 截至2024年年底, 我国硫酸产能达到1.406亿t, 较“十三五”末期增长

13.4%^[2]。2024年我国硫酸产量达到1.201亿t,较“十三五”末期增长23.4%,占世界硫酸总产量的37.7%,稳居世界第一。

原料结构持续优化,冶炼烟气制硫酸产量保持连续增长态势,据协会统计,2024年我国冶炼烟

气制硫酸产量占硫酸总产量比例达到39.3%,硫铁矿制硫酸占17.0%,占比均有所提高;硫黄制硫酸占42.5%,占比有所下降;其他制酸占1.5%,基本持平。2020—2024年我国硫酸产量结构如表1所示。

表1 2020—2024年我国硫酸产量结构

Table 1 Output structure of sulfuric acid in China from 2020 to 2024

| 项目 | 产量/万t | | | | | 2020—2024年产量 年均增速/% | 2024年 占比/% |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|------------------------|---------------|
| | 2020年 | 2021年 | 2022年 | 2023年 | 2024年 | | |
| 硫黄制硫酸 | 4 347 | 4 807 | 4 422 | 4 419 | 5 107 | 3.3 | 42.5 |
| 冶炼烟气制硫酸 | 3 859 | 4 100 | 4 256 | 4 590 | 4 719 | 4.1 | 39.3 |
| 硫铁矿制硫酸 | 1 504 | 1 875 | 1 765 | 1 903 | 2 038 | 6.3 | 17.0 |
| 其他制酸 | 149 | 86 | 255 | 235 | 144 | -0.7 | 1.2 |
| 小计 | 9 859 | 10 937 | 10 698 | 11 147 | 12 008 | 4.0 | 100.0 |

1.2 产业集中度不断提高

据协会统计,2024年硫酸产量前10名企业合计产量为4 901万t,较“十三五”末期增长了33.5%;前10名企业市场份额占比40.8%,较“十三五”末期提升了3.1个百分点。

2024年我国硫酸产量超过100万t以上的企业累计36家,较“十二五”末期增加了11家;产量30万t以上的企业累计88家,与“十三五”末期持平。2024年我国硫酸产业集中度见表2。

表2 2024年我国硫酸产业集中度

Table 2 Concentration degree of sulfuric acid industry in China in 2024

| 产量规模/ 万t | 企业 数 | 企业数 同比 | 总产量/ 万t | 产量 占比/% | 产量 同比/% |
|-------------|---------|-----------|------------|------------|------------|
| >100 | 36 | +6 | 5 764.6 | 48.0 | 24.8 |
| >30~100 | 88 | +5 | 4 488.6 | 37.4 | 0.7 |
| >10~30 | 87 | -11 | 1 468.1 | 12.2 | -13.7 |
| ≤10 | 92 | +7 | 285.8 | 2.4 | -22.7 |

1.3 硫资源对外综合依存度仍然较高

我国硫资源对外依存度高。2024年国产硫资源2 379万t,占总供应量的54.9%,比“十三五”末期提高了6个百分点。但穿透国产硫资源的源头,有相当比例是进口的。综合来看,我国硫资源对外综合依存度仍然居高不下。

我国硫资源第一大来源——硫黄,对外依存度在50%左右,每年需进口硫黄1 000万t,国产硫黄产量1 000万t。但所谓国产硫黄,也多来源于进口原油炼制过程中副产的硫黄,如果将这部分硫黄也计入外来资源,那么硫黄的对外依存度将大幅度提高。我国硫资源第二大来源——有色金属冶炼副产

硫酸,其原料铜、铅、锌精矿对外依存度更高。尤其是,第一大副产硫酸的金属品种——铜冶炼,其精矿的对外依存度在85%左右。硫资源第三大来源——硫铁矿,其自给率是3种原料中最高的,但在所有硫资源中占比有限,2024年占比仅为17%左右。

1.4 原材料结构多元化

除了硫黄、硫铁矿和冶炼烟气三大原料以外,为解决含硫废物环保压力,缓解硫资源对外依存度高的问题,硫酸行业还开拓了更多的原料来源,如硫化氢、含硫废液、废硫酸、废硫黄、工业副产石膏等。尤其是瓮福(集团)有限责任公司“1468”项目(140万t/a磷石膏分解制备60万t/a硫酸联产80万t/a水泥),该项目采用富氧燃烧耦合低温催化分解技术,对于破解传统技术能耗高、硫回收率低的瓶颈,具有重要借鉴意义,为大规模推广磷石膏制硫酸技术打下坚实基础。

1.5 绿色低碳发展持续推进

硫酸行业不断强化“能源工厂”的理念,将绿色低碳发展作为企业的核心竞争力。在环境保护方面,随着排放标准逐步收严和配套污染物检测方法完善,硫酸企业普遍采用更先进的尾气处理技术,不仅确保二氧化硫达标排放,还大幅度降低尾气中硫酸雾的含量,同时实现硫资源的回收利用;在节能降碳方面,我国硫酸行业已经走在全球前列,硫黄制酸的低温余热回收装置配套率超过90%,吨酸产汽量可达到1.7t。随着协会牵头制定的《温室气体排放核算与报告要求 第54部分:工业硫酸企业》(GB/T 32151.54—2025)发布实施,硫酸装置作为“降碳”的重要抓手也将得到充分体现。标准

规定，硫酸装置副产的蒸汽和电力，外供给下游产品使用的，其副产蒸汽和电力按照零碳排放量来计算，对下游产品碳足迹的进一步降低具有重大现实意义。

1.6 智能化转型成效显著

硫酸行业装备向智能化、自动化方向快速发展，企业DCS（集散控制）系统、数字工厂运营服务平台不断完善。先进过程控制系统（APC）在大型硫黄制硫酸装置中得到广泛应用，实现生产过程的自动化调整和精准优化，向“黑灯工厂”大步迈进。

硫酸智能装车装置也得到广泛应用，槽车网上预约入场、自动识别车牌号进入罐区、指定位置停车、司机取票、定量装酸，全过程自动操作，无人值守，不仅极大地提高了装酸效率，且全程远程操作，提高了本质安全。

1.7 产品多元化、高端化发展，满足新兴产业需求

随着新能源、半导体、光伏等新兴产业的快速发展，硫酸相关的衍生品、高纯产品不断提升品质，以满足相关产业的高端需求。二氧化硫、三氧化硫、发烟硫酸、氨基磺酸、氯磺酸、电子级硫酸、高纯硫化氢等小众硫酸衍生品的产能、产量快速增长，产品品质取得长足进步，逐步替代进口产品。多元化、高端化发展，不仅提升了硫酸企业的利润空间，为硫酸的转型升级提供了新赛道，还满足了下游新兴产业的新需求，成为硫酸行业新的增长点。

2 硫酸行业面临的形势

2.1 国内形势

2.1.1 硫资源供需

从硫资源供给端来看，我国成品油需求已经达峰，未来新建炼化装置寥寥无几，炼化副产的硫黄几乎无增量。我国天然气的需求仍然旺盛，天然气探气的动力仍存，但是否有大的发现，以及开采的进度难测，天然气净化副产硫黄近期增量有限。煤化工产能仍有增长潜力，但其副产硫黄占比较小。

从需求端看，随着大国竞争形势日趋严峻，粮食安全愈发重要，化肥行业对硫酸的需求将保持相对稳定，小幅度增长。动力电池、储能、半导体等新兴产业在“十五五”时期仍将高速发展，对硫酸的需求增量明显。未来几年，我国硫资源保障压力持续增大，挖掘现有硫资源潜力，开拓新的硫资源来源，是硫酸行业工作的关键。

2.1.2 高质量发展

“十五五”期间我国将进一步高质量发展，建设现代化产业体系。硫酸作为现代化产业的基底，其支撑传统制造业和战略性新兴产业的作用和价值将进一步凸显，对于硫酸行业的绿色化、智能化、本质安全、产品质量的要求将逐步提高。需要重点在以下几个方面发力：硫酸装置的自动化控制、“黑灯工厂”的建设，硫酸生产界区的“零碳”园区打造，硫酸安全设计规范更新实现硫酸装置设计的本质安全，高纯硫酸及硫酸衍生品的质量提升，满足下游产业的高质量发展需求。

2.1.3 绿色化发展

随着硫酸行业污染物排放标准、取水标准、能耗标准、产品标准的修订和严格实施，将倒逼硫酸企业进一步减少污染物排放、节约用水、提高资源利用率以及余热回收率，促进落后产能淘汰，硫资源供应趋紧和价格高位运行，将进一步加速产能的新陈代谢，提升硫酸行业整体的清洁生产及绿色化水平。

2.1.4 人才队伍建设

随着人口老龄化日益严峻，工业领域的人才队伍建设难度逐年增大。尤其是硫酸作为基础化工原料，行业效益不佳，工作环境较差，且具有一定危险性，福利待遇水平一般，培养人才、留住人才一直是阻碍行业发展的老大难问题。硫酸行业企业虽然已经在能力范围内提升了员工待遇，增加了劳动保护，但人才流失的问题仍然严重，尤其是近年来硫酸新建装置产能快速扩张，对老企业的技术骨干和熟练操作工的需求强烈。如何留住人才、培养新人是行业面临的普遍问题。

2.2 国际形势

2.2.1 硫资源供需

在硫资源方面，全球经贸形势变幻莫测，大国竞争明显加剧，产业链供应链安全日益凸显，硫资源保障的重要性明显提升。全球原油需求预计将于2030—2035年达峰，炼化副产硫黄随之达峰。预计，全球天然气需求也将于2040—2045年达峰。硫黄两大来源的需求陆续达峰，将显著影响硫黄的供应。另外，随着国际磷肥、湿法冶炼的产能持续增长，对硫资源的需求快速增长，加剧了国际硫资源供需紧张的局面，我国硫资源保障难度进一步加大。

2.2.2 技术交流

在技术交流方面，我国仍然需要与国际先进硫酸企业进行交流学习。尤其是在高纯硫酸的生产，

富氧、纯氧燃烧在制硫酸中的应用,高浓度二氧化硫转化,提高副产蒸汽压力等级等方面。这些方面的技术突破,将有利于我国碳达峰、碳中和目标尽快实现。

3 “十五五”硫酸行业发展趋势判断

3.1 “双碳”政策逐步落地,将重塑硫资源价值

从供给端来看,首先随着“双碳”政策逐步落实,非化石能源占一次能源消费的比例从2020年的15.8%提升至2025年的20%以上^[3]。作为传统的化石能源——石油和天然气的消费量将陆续达峰,这必然导致副产硫黄的产量下降;其次,随着金属回收系统的完善,以及回收技术的进步,回收金属的比例将越来越大,原矿冶炼的有色金属比例将降低,从而影响冶炼副产的硫酸产量。

从需求端来看,“新能源”领域快速发展极大地拉动了新能源金属——镍钴锂及电极材料磷酸铁锂的需求。我国作为新能源产业的全球领军者,其需求必将快速增长,从而带动硫酸需求的增长。

总之,随着“双碳”政策逐步深入,对硫酸的供需都带来了极大的变化,硫资源的供需平衡已经开始重塑,硫资源的价值将被重新定义。

3.2 碳资产价值提升,硫酸系统节能、节水水平将继续提升

随着“双碳”相关配套政策逐步落地,碳资产的价值将得到充分体现。硫酸装置不仅作为“能源工厂”,在硫酸碳排放核算方法和碳足迹核算要求国家标准实施后,硫酸装置更可以作为“零碳能源”的供应者,帮助下游产品实现降碳目标。未来,不仅硫酸作为硫资源的价值得到充分体现,硫酸装置副产的“零碳能源”的碳资产价值也将越来越凸显。随着“零碳能源”价值提高,硫酸系统的节能、节水以及余热利用率都将进一步提升,围绕节能主题,富氧焙烧、高浓度二氧化硫转化、提高副产蒸汽的压力等级等技术和工艺都将实施和发展。

3.3 含硫废物资源化利用将得到大力发展,尤其是磷石膏制硫酸联产水泥

随着硫资源供需平衡的趋势性变化,如何有效拓展硫资源的来源成为行业面临的重要课题。为了保障我国硫资源供应安全,抑制硫资源价格过快上涨,同时解决含硫废物的污染和综合利用难题,含硫废物综合利用制备硫酸将成为主要的发展方向。目前废硫酸、废硫黄、含硫废液、酸性气体和硫酸亚铁等含硫废物制硫酸均有应用,且技术成熟,但

其进一步扩展硫资源的潜力有限。

目前最具潜力的就是磷石膏制硫酸联产水泥的技术推广,原因如下:首先,磷石膏的存量,目前累计堆存量超过2亿t;增量可观,2024年磷石膏产生量约8600万t^[4],且未来产生量将稳定增长;其次磷石膏综合治理压力大,促进磷石膏制硫酸联产水泥技术落地实施。2025年年底国务院印发的《固体废物综合治理行动计划》中,第十六条明确指出,“深入推进磷石膏综合治理。加强磷石膏贮存、运输、利用等环节环境管理,严格执行磷石膏利用和无害化贮存污染控制技术规范。到2027年,云南、湖北、贵州、四川、安徽、重庆等地区完成存量磷石膏库整治”。协会已向政府相关部门报告,要求对磷石膏制硫酸联产水泥放宽水泥指标限制,同时予以相应的资金支持,加快技术推广进度。

3.4 高端化、差异化的硫酸衍生品需求即将爆发

随着芯片、光伏、动力电池、储能等新兴行业的高速发展,对高纯硫酸及硫酸衍生品的需求将迎来爆发。为满足国产芯片、光伏对高纯硫酸的需求,我国电子级硫酸产业在过去几年得到了突飞猛进的发展,不论是产量还是质量都取得了长足的进步。当前,我们不仅能满足国内的需求,还走出国门,开始向国外供应高纯硫酸。动力电池和储能是需求的另外一个主要增长点。无论是新能源金属镍钴锂,还是电极材料磷酸铁锂,亦或是未来迭代的热点固态电池,其追溯原料的源头,不管是现在的以硫酸为起点,还是未来以硫化氢为起点,都是对硫的需求的极大拉动。

3.5 人工智能的发展,带动硫酸智能化控制快速迭代

当前,全球已经基本取得共识,新一代的科技革命就指向人工智能的发展。随着人工智能应用的逐步下沉,各行各业都将受益。硫酸作为最传统的化工产品,其智能化控制、自动开停车、“零手动”操作、“黑灯工厂”等发展愿景都将迅速落地并快速迭代。智能系统的开发将极大地降低对操作工人的理论水平和操作经验的依赖,提升装置的操作水平,助力硫酸装置长周期稳定运行。同时,随着人工智能的快速发展和技术迭代,硫酸的智能化控制系统也将动态更新,迭代速度呈现指数型增长。

4 “十五五”硫酸行业发展思路

4.1 提升硫资源保障

从全球硫资源供需发展趋势来看,提升我国硫

资源保障度是“十五五”期间工作的重点。一是扩大国外资源的来源。鼓励硫酸行业龙头企业“走出去”，布局硫相关的资源，不论是石油炼化装置运行、天然气田的开发还是有色金属矿山，将副产的硫资源运回国内，最大程度保障国内的硫资源供应。二是挖掘国内硫资源潜力，加大天然气和有色金属矿的勘探和开发，鼓励含硫废物资源化利用项目的建设，尤其是磷石膏制硫酸项目。

4.2 绿色低碳发展

通过老旧装置改造提升的持续推进，从安全、环保、绿色、智能化等方向，加快相关标准规范的完善及执行力度，依法依规淘汰落后产能。对存量硫酸装置，要着力提升装置绿色化水平，从提高原料利用率、节能节水、污染物减排、工艺优化、碳排放减少等维度，综合评价硫酸绿色化发展水平，鼓励先进技术应与绿色化改造。

修订硫酸行业排放标准，倒逼企业降低“三废”排放；鼓励有条件的硫铁矿制硫酸和冶炼烟气制硫酸企业应用低温位热能回收技术，提高硫酸余热利用率，增加副产蒸汽的量。

完成硫酸碳足迹国家标准，落实硫酸副产蒸汽和电力零碳排放规定，将硫酸装置利于下游产品“降碳”的属性充分发挥；推动硫酸企业与上下游企业建立循环经济产业链，实现资源循环利用。利用含硫废物制硫酸，既解决产废单位的环保难题，又拓展硫资源的来源。

4.3 开展科技创新，转型升级

针对新能源、半导体、光伏等新兴产业的高端需求，在硫酸相关的衍生品、高纯硫酸方面不断提升品质，实现进口替代。在硫酸节能低碳新工艺、新技术的研发和推广方面发力，如：磷石膏制硫酸、高浓度二氧化硫转化、副产高压蒸汽发电、低温余热回收、高效催化剂研发等，提升硫酸行业绿色发展水平。鼓励企业加大研发资金投入，建立以企业为主体、产学研用相结合的创新体系。支持硫

酸企业与科研机构、高校合作，开展关键技术工艺和新产品开发。

4.4 提升智能化水平，加强人才队伍建设

随着下游需求快速发展，对硫酸的需求快速增长，未来硫酸新建产能增速仍然较快。新建硫酸装置的快速扩张与缺乏硫酸专业技术人员的矛盾日益突出。一方面时代大潮不可阻挡，人工智能的发展日新月异，硫酸行业要紧跟潮流，加快提升硫酸装置智能化水平，减少人工操作，降低对技术人员的需求；另一方面，要加强硫酸行业专业人才的培养，建立培训平台和机制，培养适应行业发展新需求的技术和管理人才。

[参考文献]

- [1] 纪罗军,李涵容.我国硫磷氟钛产业链发展现状及展望[J].硫酸工业,2025(5):1-10,37.
JI L J, LI H R. The current situation and prospects of the development of sulphur phosphorus fluoride and titanium industry chain in China[J]. Sulphuric Acid Industry,2025(5):1-10,37.
- [2] 李崇.我国硫酸行业“十四五”发展思路[J].磷肥与复肥,2021,36(4):1-3.
LI C. Development ideas of sulfuric acid industry in China in 14th Five-year Plan[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2021, 36(4):1-3.
- [3] 李崇.积极应对“双碳”国家战略的历史机遇,重塑硫酸在产业链中的价值定位[J].磷肥与复肥,2022,37(2):刊首页.
LI C. Actively responding the historical opportunity of “double carbon” national strategy, reshaping the value positioning of sulfuric acid in the industrial chain[J]. Phosphate & Compound Fertilizer,2022,37(2):Issue of home page.
- [4] 崔荣政,修学峰,王臣.我国磷石膏综合利用现状及“十五五”发展思路和建议[J].生态产业科学与磷氟工程 2025,40(11):1-6.
CUI R Z, XIU X F, WANG C. Current situation of comprehensive Utilization of Phosphogypsum in China and thoughts and suggestions for its development during the “15th Five-Year Plan” Period[J]. Eco-industry Science & Phosphorus Fluorine Engineering,2025,40(11):1-6.