

云南省化工产业现状简析及发展方向探讨

蒋太光, 杜丽梅, 赵 雅

(云南省化工行业协会, 云南 昆明 650051)

[摘要] 简述云南省磷化工、合成氨及氮肥、焦化、氯碱化工及有机硅、石油化工、甲醇产业企业分布情况。介绍云南省主要化工产品产能及产量情况, 以及2021—2023年云南省化工行业运营情况。分析云南省化工产业面临的困难和问题, 并探讨发展方向: 加大磷矿浮选尾矿及黄磷渣综合利用; 重视过磷酸钙中微量元素利用; 充分回收湿法磷酸中的氟; 进一步提高湿法磷酸浓缩效率; 提高高端肥及特效肥产量占比; 多途径综合利用磷石膏; 发展新能源材料; 节能降碳。

[关键词] 云南省化工产业; 现状; 问题; 发展方向

[中图分类号] F426 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-4566 (2024) 06-0006-05

Current situation and development direction of chemical industry in Yunnan province

JIANG Taiguang, DU Limei, ZHAO Ya

(Yunnan Chemical Industry Association, Kunming 650051, China)

Abstract: The distribution of enterprises in the phosphorus chemical, synthetic ammonia and nitrogen fertilizer, coking, chlor alkali chemical and organic silicon, petrochemical and methanol industries in Yunnan province are introduced. The production capacity and output of major chemical products, as well as the operation of the chemical industry in Yunnan province in 2021 to 2023 year are introduced. The problems faced by chemical industry in Yunnan province are analyzed, and the development directions are explored, such as increasing the comprehensive utilization of phosphate rock flotation tailings and yellow phosphorus slag, paying attention to the utilization of medium and trace elements in calcium superphosphate, fully recovering fluorine from wet-process phosphoric acid, further improving the concentration efficiency of wet-process phosphoric acid, increasing the proportion of high-end fertilizer and special effect fertilizer, comprehensive utilization of phosphogypsum by multi pathways, developing new energy materials, energy conservation and carbon reduction.

Key words: chemical industry of Yunnan province; current situation; problem; development direction

1 云南省化工产业企业分布

1.1 磷化工

云南省是我国最早建设的磷化工基地之一, 经过30多年的持续发展, 已成为具有高浓度磷复肥、黄磷、磷酸氢钙、精细磷化工产品等的磷化工大省, 在全国磷化工行业居领先地位。

云南省拥有磷化工企业110家, 其中昆明市66家, 占云南省磷化工企业总数的60%; 玉溪市20家, 占18.2%; 曲靖市15家, 占13.6%; 其他市9家, 占8.2%。昆明市绝大部分磷化工企业分布在安宁市、晋宁区和西山区, 磷化工企业的分布与磷矿资源分布、市场、运输、人才等要素密切相关。

1.2 合成氨及氮肥

通过在原有产业基础上不断进行技术进步、产

业升级, 云南省氮肥行业取得较大发展; 特别是在合成氨和尿素方面, 不断淘汰能耗高、工艺落后的生产装置, 向能源利用率高、大型化和现代化发展。目前, 云南省有合成氨生产企业5家、尿素生产企业4家。合成氨和氮肥生产企业主要分布在昆明市、曲靖市和昭通市。

1.3 焦化

目前云南省拥有焦化企业15家, 产能1 610万t/a。焦化企业主要分布在曲靖市、昆明市、玉溪市。

[收稿日期] 2024-04-23

[作者简介] 蒋太光(1962-), 男, 云南临沧人, 化工工艺高级工程师, 现任云南省化工行业协会副会长, 长期从事磷化工安全生产管理工作。E-mail: jog-519526@qq.com

1.4 氯碱化工及有机硅

云南省氯碱化工和有机硅产业主要集中在云南省能源投资集团有限公司所属的云南能投绿色新材料有限责任公司，主要产品有烧碱、聚氯乙烯(PVC)、工业硅、有机硅及相关产品等。氯碱化工产品生产企业主要分布在文山市、昆明市；硅化工产品生产企业主要分布在曲靖市、保山市等地。

1.5 石油化工

伴随着中缅石油输送管道建成，云南云天化股份有限公司在安宁草铺，与中国石油天然气集团有限公司安宁1300万t/a炼油项目同步建成了15万t/a聚丙烯、24万t/a工业异辛烷项目，填补了云南省石油化工产品的空白。

1.6 甲醇

云南省甲醇生产工艺主要采用煤制甲醇路线和焦化联产甲醇路线；主要生产企业是云南云天化股份有限公司、云南解化清洁能源开发有限公司、曲煤焦化实业有限公司等；生产企业分布在昭通市、曲靖市、红河哈尼族彝族自治州等地。

2 云南省化工行业主要产品产能及产量情况

云南省化工行业协会（以下简称协会）对全省规模以上化工企业的产品产量进行了相关统计，统计范围涵盖全省90%以上的化工企业。

据协会统计，2021—2023年云南省主要化工产品产量见表1。

表1 2021—2023年云南省主要化工产品产量

产品	各年份产量/万t			产量增长率/%	
	2021	2022	2023	2022年较2021年	2023年较2022年
合成氨	236.43	246.61	256.02	4.31	3.82
氮肥(折N)	219.73	213.43	233.05	-2.87	9.19
尿素 ^①	132.91	143.55	146.93	8.01	2.35
甲醇	89.85	122.53	102.90	36.37	-16.02
焦炭	1300.00	1268.00	1173.00	-2.46	-7.49
硫酸 ^②	1589.00	1483.00	1459.00	-6.67	-1.62
湿法磷酸 ^③	527.00	476.00	500.00	-9.68	5.04
磷肥 ^③	447.60	428.15	420.60	-4.35	-1.76
高浓度磷复肥 ^③	426.70	406.95	393.00	-4.70	-3.43
低浓度磷复肥 ^③	20.90	21.20	27.60	1.44	30.19
磷酸一铵 ^③	129.00	113.72	109.73	-11.84	-3.51
磷酸二铵 ^③	232.40	234.61	237.91	0.95	1.41
重过磷酸钙 ^③	35.46	27.77	17.53	-21.69	-36.87
过磷酸钙 ^③	11.60	13.20	19.60	13.79	48.48
钙镁磷肥 ^③	9.30	8.00	8.00	-13.98	0
饲料级磷酸氢钙 ^①	198.00	145.00	170.00	-26.77	17.24
黄磷	39.00	46.00	37.50	17.95	-18.48

注：①实物量；②折w(H₂SO₄)100%；③折P₂O₅。

2.1 磷化工行业

2.1.1 磷复肥原料及产品

1) 硫酸

硫酸装置大部分与磷化工配套，多采用硫黄制硫酸工艺，单套装置规模为20万~80万t/a，目前云南省硫酸产能为1500万t/a。根据协会统计，2021—2023年云南省硫酸产量分别为1589万、1483万、1459万t，硫酸装置基本处于稳定运行状态。30万t/a以上规模的硫黄制硫酸装置基本上进行了低位热能回收改造，较好地回收了能源。

2) 湿法磷酸

云南省磷酸产业发展比较快，目前共有湿法磷酸生产企业14家，产能为P₂O₅555万t/a。湿法磷酸装置大部分采用二水法生产工艺，单系列装置规模为6万~30万t/a。根据协会统计，2021—2023年云南省湿法磷酸产量分别为P₂O₅527万、476万、500万t，3年来湿法磷酸产量有所波动，特别是2022年产量下降较多，较2021年减少了近10%，减少原因主要是高浓度磷复肥产量减少。

云南省湿法磷酸生产企业对磷酸萃取采取多点加酸，磷酸浓缩采取分段加热，氟回收采取多级回收等进行技术改造及优化操作管理，大型磷酸装置的磷收率超过95%，每吨P₂O₅氟回收量大于50kg，磷酸综合能耗和磷收率处于国际国内先进水平，多个湿法磷酸装置被列入全国“能效者”领跑标杆。

3) 高浓度磷复肥

高浓度磷复肥的主要品种是磷铵和重过磷酸钙，磷铵装置单套产能为10万~60万t/a，生产工艺主要为传统的氨酸中和法；重过磷酸钙单套装置产能5万~35万t/a，生产工艺为化成本法。

云南省高浓度磷复肥生产企业共19家，形成的高浓度磷复肥产能达872万t/a。按照协会统计，2021—2023年云南省高浓度磷复肥产量（折P₂O₅）分别为427万、407万、393万t，2023年高浓度磷复肥产量较2021年减少34万t，主要是重过磷酸钙出口量减少，进而产量减少。

云南省高浓度磷复肥企业具有较为先进的装备技术，拥有“836”大型磷复肥集成技术等，近几年高浓度磷复肥装置在尾气处理中增加了洗涤级数，增加电除雾等环保措施，大幅度减少污染因子的排放量，达到连续稳定排放或超净排放。大多高浓度磷复肥生产企业被国家工业和信息化部或中国石油和化学工业联合会授予了“绿色工厂”称号。

4) 低浓度磷复肥

低浓度磷复肥主要是过磷酸钙和钙镁磷肥。云南省有过磷酸钙生产企业32家,形成的产能超过500万t/a(实物量)。根据协会统计,2021—2023年云南省过磷酸钙产量(折 P_2O_5)分别为11.6万、13.2万、19.6万t,2021年的产量相对较低,与2023年相比低了8万t(折实物约为50万t)。

云南省有钙镁磷肥生产企业7家,形成的产能为108万t/a(实物量)。根据协会统计,2021—2023年云南省钙镁磷肥的产量(折 P_2O_5)分别为9.3万、8.0万、8.0万t,产量基本保持稳定。

2.1.2 黄磷

受到生产成本影响,以及长江“三磷”整治等方面的制约,云南省部分黄磷生产企业已停产或转型,目前云南省的黄磷企业已不足40家,共有产能93万t/a。根据协会统计,2021—2023年云南省黄磷产量分别为39.0万、46.0万、37.5万t,基本保持在相对稳定的水平。

黄磷企业对装置尾气综合利用、废气无组织排放等进行了全面技术改造,取得了较好的经济效益和社会效益。

2.1.3 饲料级磷酸氢钙

近几年来,云南省饲料级磷酸氢钙产业发展迅速,目前云南省内有饲料级磷酸氢钙生产企业16家,产能为395万t/a(实物量)。根据协会统计,2021—2023年云南省饲料级磷酸氢钙产量(实物量)分别为198万、145万、170万t。2022—2023年装置产能发挥不足,特别是2022年比较突出,产量较2021年减少53万t,减少了26.8%。装置产能发挥较低的主要原因是受到磷石膏综合利用压力的影响,以及因养殖业产量减少导致饲料需求量下降等因素的制约。

在饲料级磷酸氢钙生产技术方面:云南省拥有净化湿法磷酸生产50万t/a饲料级磷酸氢钙的工艺及装备专有技术,在节能降碳及产品品质上具有优势。

2.2 合成氨及氮肥行业

云南省合成氨、氮肥生产主要集中于大型企业,包括云南云天化股份有限公司、云南解化清洁能源开发有限公司解化化工公司、云南祥丰石化有限公司。云南省的尿素生产主要满足省内供应,以云南省内市场为主,同时部分需求从省外调配。

云南省合成氨生产企业有5家,即云南水富云

天化有限公司、云南大为制氮有限公司、云南天安化工有限公司、云南祥丰石化有限公司、云南解化清洁能源开发有限公司解化化工分公司,单套装置规模为30万~50万t/a,全省产能合计为240万t/a。根据协会统计,2021—2023年云南省合成氨产量分别为236万、247万、256万t。

云南省有尿素生产企业4家,即云南水富云天化有限公司、云南大为制氮有限公司、云南祥丰石化有限公司、云南解化清洁能源开发有限公司解化化工分公司,单套装置规模为45万~76万t/a,全省产能合计为200万t/a。根据协会统计,2021—2023年云南省尿素产量分别为132.91万、143.55万、146.93万t,装置运行基本正常。

2.3 焦化行业

按照国家产业政策,云南省已关闭了炭化室高度在4.3m以下的焦炉,目前建成投运的炭化室高度在4.3m以上的焦炉涉及企业15家,总产能为1610万t/a。根据协会统计,2021—2023年云南省焦炭产量分别为1300万、1268万、1173万t。

2.4 氯碱化工、硅及有机硅化工行业

云南能投绿色新材有限责任公司拥有20万t/a氯碱、20万t/a聚氯乙烯(PVC)、20万t/a电石生产能力;在硅产业上游,形成了30万t/a工业硅的规模;结合氯碱产业优势、硅资源优势等要素,云南省能源投资集团有限公司在曲靖花山工业园区投资建设40万t/a有机硅项目,一期20万t/a装置已建成投运并产生效益。

按照云南省能源投资集团有限公司的发展规划,发展目标是有机硅产业集群化、工业硅产业规模化和氯碱产业精细化。

2.5 甲醇

云南省甲醇产能为130万t/a,根据协会统计,2021—2023年云南省的甲醇产量分别为89.85万、122.53万、102.90万t。

3 云南省化工产业运营情况

因为统计数据收集难度大,协会仅统计了规模以上企业的数据,工业销售产值及工业增加值统计方面仅包含了几家大型企业集团的数据,涵盖全省化工行业的60%左右。

按照协会统计口径,云南省化工产业近几年的运营情况为:2021—2023年完成工业销售产值(现价)分别为711.3亿、802.6亿、879.0亿元;工业增加值分别为50.0亿、191.6亿、179.7亿元。总体而言,近三年云南省化工产业生产经营数据呈逐

年增长的态势，运营状况稳中趋好。

4 云南省化工产业面临的问题

4.1 磷化工行业面临的问题

4.1.1 磷资源品质下降和成本上升

云南省磷矿资源丰富，但是经过多年的开采，可直接利用的较高品位磷矿已经很少，目前可开采的磷矿基本上为中低品位胶磷矿，滇池周边的磷矿储量在减少，且开采难度不断增加。中低品位胶磷矿需要经过浮选后才能使用，磷资源使用成本增加。

因此，没有掌握磷矿资源的中小企业更要重视资源的供给问题。

4.1.2 磷石膏综合利用压力突出

目前，磷石膏综合利用依然以传统途径为主，主要作为水泥缓凝剂、筑路填充材料、建筑材料等。近两年，云南省在磷石膏综合利用与矿山生态修复结合方面，取得了较大进展，2022年无害化磷石膏作为生态修复材料得到较大规模利用，磷石膏综合利用率有了大幅度提高。但是，按照云南省工业和信息化厅《云南省全面推进磷石膏综合利用方案》要求，2025年磷石膏综合利用率要大于75%，综合消纳量（包括综合利用量和无害化处理量）与产生量实现动态平衡。据协会统计，2023年云南省磷石膏综合利用率已达到87.3%，大部分作为生态修复材料使用（利用量占比达到63%）。但各企业磷石膏利用量参差不齐，利用率最低的小于40%。因此，云南省磷化工行业在磷石膏综合利用方面的压力仍然很大。

4.1.3 新型肥料占肥料总量的比例偏低

目前我国磷复肥产能已经严重过剩，云南省高浓度磷复肥产量在全国仍占绝对优势。近几年，各企业积极进行转型升级，开发新产品，调整产品结构，以作物营养研究为基础，发展增值（增效）肥料、作物专用配方肥、有机-无机复混肥料、水溶性肥料、微生物肥料、绿色生态肥料等新型肥料，但是，新型肥料所占比例仍然不高，不到10%；生产装置还是大量生产基础肥料，磷复肥行业在转型升级方面的任务艰巨。

4.1.4 磷化工副产品的价值与价格不对等

随着新能源产业的发展，精制湿法磷酸产能不断增加，精制磷酸的副产品（萃余酸）高值利用问题日显突出。目前，云南省已有近70万t/a的精制磷酸产能，产生萃余酸近50万t/a；现在，萃余酸基本用于生产农用磷酸一铵、富过磷酸钙、过磷酸

钙等产品，需要解决萃余酸的提质增值问题。

此外，采用湿法稀磷酸生产饲料级磷酸氢钙的工艺路线，其副产品——“白肥”是一种枸溶磷含量较高的磷肥产品。由于该副产品没有形成针对相关作物的特定肥料产品，其附加值没有得到充分体现，在化肥市场疲软时，“白肥”甚至会增加主产品的成本，降低生产企业的效益。

4.2 合成氨及氮肥行业面临的问题

总体而言，全国氮肥处于供大于求的局面，市场竞争激烈、区域市场动态稳定。云南省尿素生产主要供应省内市场，部分需求还需从省外调入。目前，云南省合成氨及尿素的产能和产量基本保持稳定。尿素生产原料主要为天然气、煤炭，省内尿素生产经营受到原料因素、产品价格的影响制约很大。

位于红河哈尼族彝族自治州开远市的云南解化清洁能源开发有限公司解化化工分公司，作为云南省氮肥、化工生产的老企业，目前正在推动搬迁升级项目，未来建设目标是54万t/a硝酸装置（搬迁现有27万t/a硝酸装置、新建1套27万t/a硝酸装置）、45万t/a硝酸铵装置（搬迁现有20万t/a硝酸铵装置，新建1套25万t/a硝酸铵装置）、50万t/a尿素装置、30万t/a硝酸铵水溶肥装置、30万t/a尿基水溶肥装置、10万t/a碳酸二甲酯装置（用于材料及电池领域）。目前，云南解化清洁能源开发有限公司解化化工分公司搬迁改造项目正在积极推进中。

合成氨和氮肥行业作为高能耗产业，碳排放量较大，节能降碳的压力较大。市场合成氨的总体消费量相对稳定，企业生产呈现优胜劣汰的趋势，机遇与挑战并存。

4.3 焦化行业面临的问题

按照云南省工业和信息化厅2022年发布的《云南省焦化行业产能置换工作方案》（云化工信石化〔2022〕351号），云南省将严控焦化行业新增产能，焦化项目建设须实行等量或减量置换；顶装焦炉炭化室高度小于6.0m、捣固焦炉炭化室高度小于5.5m的限制类焦化装置，须在2025年12月31日前通过产能置换实现升级改造，涉及现有焦化产能近800万t/a，约占目前运营产能的50%。因此，云南省焦化行业在节能降碳、产业升级方面面临着较大的压力。

5 发展方向探讨

5.1 加大磷矿浮选尾矿及黄磷渣综合利用

由云南磷化集团有限公司、郑州大学、四川大

学等单位起草，云南省化工行业协会归口管理的团体标准《非水溶含镁硅钙肥料》(T/YPACI 002—2024)，已于2024年3月发布、实施。

非水溶含镁硅钙肥料是以高温活化后的磷矿浮选尾矿和(或)黄磷生产中产生的黄磷炉渣为主要原料，经过破碎、混合造粒等一系列加工工序制得的一种非水溶性颗粒肥料，该产品富含硅、钙、镁及微量元素。

目前，中微量元素的缺乏对作物产量和品质的影响逐步显现，越来越成为农业生产向高产、高效转型的限制因素之一，提高中微量元素投入量是农业发展的必然趋势。《非水溶含镁硅钙肥料》团体标准的发布，将促进低品位磷矿或浮选尾矿以及黄磷渣中的磷、钙、镁、硅等中微量元素的利用，既可为作物提供丰富的中微量元素，又有利于资源的综合利用。

5.2 重视过磷酸钙中中微量元素的利用

过磷酸钙产品是传统的基础磷肥产品，主要成分是磷酸二氢钙和硫酸钙。该产品除含磷、钙、硫外，还含有从磷矿中带来的中微量元素，如镁、锰、硅等，有利于改善土壤，并增强作物的光合作用，可满足作物营养需求，促进植物发芽、长根、分枝、结实及成熟，是一种较好的含有丰富中微量元素的磷肥。目前，过磷酸钙的出口已不受政策限制。因此，应高度重视过磷酸钙产品的宣传及市场营销。

5.3 充分回收湿法磷酸中的氟

氟硅酸是湿法磷酸、过磷酸钙及重过磷酸钙等产品生产过程中的重要副产品，具有较高的利用价值。目前，湿法磷酸生产中氟回收率不高，需要加大管理力度，针对湿法磷酸生产过程，对萃取、过滤、浓缩、尾气吸收等操作单元全过程氟逸出进行全面管理和回收。重点对湿法磷酸提浓过程进行研究，降低磷酸黏度，提高磷酸浓度，同时对氟回收装置进行技术改造，并提高生产技术管理水平，最大限度回收氟资源。

5.4 进一步提高湿法磷酸浓缩效率

由于磷矿品质下降，湿法磷酸MER值相对较高，增加了湿法磷酸黏度，导致湿法磷酸提浓难度大，浓缩效率降低，并增加了产品能耗。目前工艺多采取分段浓缩来提高浓缩效率和降低能耗，但不

能根本解决由于MER值高带来的问题，需要降低磷矿或(和)稀磷酸中MER值，以降低磷酸黏度，提高浓缩效率。

5.5 提高高端肥及特效肥产量占比

随着水肥一体化技术的发展，以及农业生产减少化肥施用量、提高化肥利用率的要求，减少基础磷复肥的产量已成必然，调整产品结构和提升产品品质是化肥行业发展趋势。开发含聚磷酸铵(APP)水溶肥料、复合肥料、液体肥料等，发展含有水溶聚磷酸铵的化肥，减少化肥流失和磷退化，提高化肥利用率。发展高端水溶肥和特种功能性肥料、专用肥料等，提高肥料产品对作物需求的针对性，满足作物生长需求，提高化肥利用率，减少化肥施用量。

5.6 多途径综合利用磷石膏

磷石膏只有通过多途径综合利用，才能被大量应用。目前磷石膏主要应用于建筑材料、生态修复等领域，而应用于土壤改良的不多。磷石膏以二水硫酸钙为主，含有少量磷和氟，应研究磷石膏应用于土地全域综合整治及农业领域，应用于土地整理、土壤肥力改善、减少水土流失、打造高标准农田等的途径。同时，研究磷石膏无害化堆存的技术路线。

5.7 发展新能源材料

磷酸铁、磷酸铁锂是电池的基本原料，在新能源材料中具有广阔的发展前景。作为拥有磷资源(包括磷矿和磷酸)的磷化工企业，有丰富的生产管理经验和市场营销能力，有较强的技术管理、技术创新能力，因此，在补充、延长磷的产业链方面，可以充分发挥自身的资源、技术和管理优势。

5.8 节能降碳

(1) 通过优化资源供给、完善管理措施和促进技术进步等手段，保障化工装置“安、稳、长、满、优”运行，是做好节能降碳、绿色高质量发展文章的最好素材，对于合成氨、尿素以及高浓度磷复肥装置尤为重要。

(2) 对于焦炭产业，要有序做好产能置换、升级改造工作，采用新技术、新装备，达到节能降碳的目标，焦、化结合，资源综合利用，最大限度地发挥资源效益。