贵州省福泉市磷化工全产业链绿色低碳发展路径

赵泽敏[1]，胡德庚[2]，姚　军[2]，罗世凯[2]，潘文漂[2]

（1. 黔南高新技术产业开发区管理委员会，贵州 福泉　550501；2. 福泉市工业和信息化局，贵州 福泉　550501）

［摘　要］系统分析福泉市磷化工产业全产业链绿色低碳转型的基础、挑战与路径。福泉市磷矿资源丰富，磷化工经过30余年规模化发展，已形成从磷矿采选到高端磷酸盐、新能源电池材料的完整产业链，但在绿色低碳发展过程中仍面临能耗高、产品附加值低、资源综合利用率不高等问题。提出应通过延伸产业链、提升价值链、强化创新链，优化生产工艺和能源结构，加大磷石膏资源化利用，推动重点用能设备更新与清洁能源替代，构建多层次循环经济体系。政策建议包括加强组织引导、完善要素保障、优化投资环境等，为实现磷化工产业高质量、低碳化和可持续发展提供理论依据与实践参考。

［关键词］磷化工；绿色低碳；高端化；磷石膏资源化；全产业链；能源结构优化；循环经济；福泉市
［中图分类号］F427；TQ126.3　　［文献标志码］A　　［文章编号］ 2097-4566（2025）10-0025-04

Green and low-carbon development path of the entire phosphorus chemical industry chain in Fuquan city, Guizhou province

ZHAO Zemin[1], HU Degeng[2], YAO Jun[2], LUO Shikai[2], PAN Wenpiao[2]

(1. *Qiannan High-Tech Industrial Development Zone Management Committee*, *Fuquan* 550501, *China*;
2. *Bureau of Industry and Information Technology of Fuquan City*, *Fuquan* 550501, *China*)

Abstract: The foundation, challenges, and paths for the green and low-carbon transformation of the entire phosphorus chemical industry chain in Fuquan city are analyzed. Fuquan city has abundant phosphorus resources and has formed a complete industrial chain from phosphate mining and selection to high-end phosphate and new energy battery materials with large-scale development of phosphorus chemical industry more than 30 years. However, in the process of green and low-carbon development, there are still problems such as high energy consumption, low product added value, and low comprehensive resource utilization rate. It is proposed to extend the industrial chain, enhance the value chain, strengthen the innovation chain, optimize production processes and energy structure, increase the utilization of phosphogypsum resources, and promote the upgrading of key energy consuming equipment and the replacement of clean energy, in order to build a multi-level circular economy system. Policy recommendations include strengthening organizational guidance, improving factor guarantees, optimizing investment environment, etc., providing theoretical basis and practical reference for achieving high-quality, low-carbon, and sustainable development of the phosphorus chemical industry.

Key words: phosphorus chemical industry; green and low-carbon; high-end; phosphogypsum resource utilization; entire industry chain; energy structure optimization; circular economy; Fuquan city

1　福泉市磷化工产业发展现状

1.1　磷矿资源情况

福泉市素有“亚洲磷都”之美誉，已探明磷矿资源储量14.12亿t，远景储量达30亿t，品位（$w(P_2O_5)$）28%左右，最高达39%，以杂质少、易开采、活性好驰名中外。现有磷矿探矿权4个、采矿权15个、磷矿开采企业5家，具备磷矿总采选规模1 080万t/a，2024年磷矿产量1 060万t，具有在建裕能黄家坡磷矿、打石场磷矿、胜威榜上磷矿、瓮福磨坊矿等磷矿开采项目，为磷化工产业全产业链发展提供充足磷矿资源保障。

1.2　磷化工产业发展现状

福泉市依托磷矿资源禀赋，磷化工经过30多年的规模化发展，辖区内聚集了瓮福（集团）有限责任公司（简称瓮福）、贵州川恒化工股份有限

［收稿日期］2025-09-26

［作者简介］赵泽敏(1982-)，男，贵州贵定人，黔南高新技术产业开发区党工委副书记、管委会副主任。

公司（简称川恒）等130余家产业链上中下游企业，构建了“磷矿采选—湿法/热法磷酸—磷酸盐—伴生资源/‘三废’综合利用—生产性服务”的磷化工全产业链条。磷化工产品种类丰富，涵盖了工业级、食品级、医药级、电子级等多个领域的磷酸盐产品，已具备年产1 000万t磷矿、385万t硫酸、132万t工业磷酸、50万t净化磷酸、120万t磷酸二铵、43万t饲料级磷酸二氢钙、10万t食品级磷酸盐等产品产能。湿法净化磷酸生产规模及市场占有率居全国第一，消防级磷酸一铵国内市场占有率达70%以上，行业第一。2023年，福泉市磷化工产业集群入选国家中小企业特色产业集群名单，是全国首家入选的磷化工特色产业集群。

福泉市磷化工产业链如图1所示。产业重点发展方向：（1）磷及磷化工，高端、专用新型肥料；湿法净化磷酸、黄磷精深加工；电子级、食品级磷酸盐；磷矿伴生氟、碘、硅、镁资源下游精深加工。（2）资源综合利用，尾矿资源、大宗固废、尾气综合利用；工业余热余压回收利用。

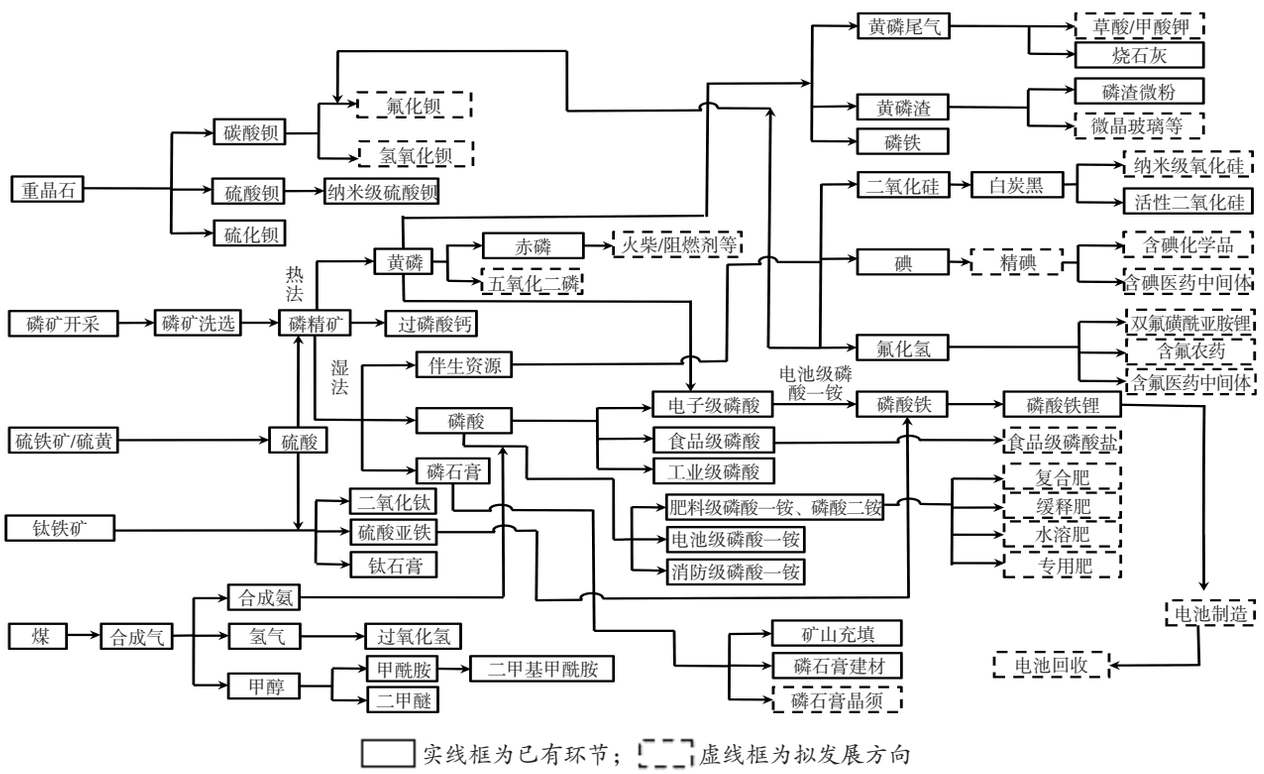

图1　福泉市磷化工产业链

Fig. 1　Phosphorus chemical industry chain in Fuquan city

1.3　磷化工绿色低碳转型情况

福泉市抢抓《国务院关于支持贵州在新时代西部大开发上闯新路的意见》（国发〔2022〕2号）文件政策机遇和新能源电池产业发展风口，依托贵州省新能源电池及材料“一核两区”规划布局，以产业结构优化推动磷化工绿色化、低碳化、高质化转型，成功实现产业赛道切换，跨界耦合升级，构建了“磷矿–磷酸/磷酸一铵–磷酸铁–磷酸铁锂”“硫酸镍、硫酸钴–三元前驱体”的磷系和三元正极材料双产业链条，成为贵州省唯一同时发展双链条的县（市）。已形成年产64万t磷酸铁、30万t磷酸铁锂、15万t硫酸镍等新能源电池材料产能。2024年动力型磷酸铁锂产量约占全国总产量的10%，产业发展获批国家工业和信息化部园区推动新型工业化典型案例产业发展与安全类。

1.4　绿色低碳循环体系构建情况

福泉市抓住产业间资源循环利用关键点，构建了产业低碳循环体系，实施10万t/a锌焙砂、2万t/a钼焙烧生产线、“钛—磷—硫”全资源循环等项目，形成企业内部资源循环利用（小循环）、企业间原料与废弃物协同交换（中循环）、产业间能量与资源梯次利用（大循环）的“三重循环”发展模式，有效缩短供应链半径，降低物流环节碳排放，实现资源高效利用与污染物减量化，为磷化工绿色

低碳转型提供了可复制的循环经济样本。截至2024年，累计培育国家级绿色工厂4个、省级绿色工厂4个、国家级工业产品绿色设计示范企业2家、国家级绿色设计产品1种、贵州省绿色设计产品3种，成功创建国家级绿色园区、国家级工业资源综合利用基地，入选国家第二批碳达峰试点园区。

福泉市绿色低碳循环体系构建情况见表1。

表1　福泉市绿色低碳循环体系构建情况

Table 1　Construction status of the green, low-carbon and circular system in Fuquan city

级别	企业(单位)名称	获批名称	获批年份
国家级	瓮福(集团)有限责任公司	国家级绿色工厂	2019
	瓮福(集团)有限责任公司	国家级工业产品绿色设计示范企业	2019
	福泉市	工业资源综合利用基地	2019
	贵州川恒化工股份有限公司	国家级绿色工厂	2020
	贵州泰福石膏有限公司	国家级绿色工厂	2020
	贵州福泉西南水泥有限公司	国家级绿色工厂	2021
	贵州川恒化工股份有限公司	国家级工业产品绿色设计示范企业	2021
	贵州胜威福全化工有限公司	国家级绿色设计产品(二氧化钛)	2022
	黔南高新技术产业开发区	国家级绿色园区	2022
	黔南高新技术产业开发区	国家碳达峰试点园区	2025
省级	贵州福泉西南水泥有限公司	贵州省绿色工厂	2018
	贵州胜威福全化工有限公司	贵州省绿色工厂	2019
	贵州川恒化工股份有限公司	贵州省绿色工厂	2019
	贵州川恒化工股份有限公司	贵州省绿色设计产品(喷滴灌肥料)	2020
	黔南高新技术产业开发区	贵州省绿色园区	2022
	贵州胜威福全化工有限公司	贵州省绿色设计产品(二氧化钛)	2022
	贵州泰福石膏有限公司	贵州省绿色设计产品(纸面石膏板)	2023
	贵州天福化工有限责任公司	贵州省绿色工厂	2024

2　福泉市磷化工产业绿色低碳发展存在问题

2.1　磷石膏污染治理压力持续

湿法磷酸生产过程中副产磷石膏，磷石膏处置及资源化利用是制约磷化工行业发展的重大难题。近年来，由于建材市场低迷，磷石膏建材销路不畅等，企业处置、利用磷石膏困难，生产信心不足，磷石膏新增产量与消纳能力间的矛盾依然突出（见图2），环保投入对企业利润形成挤压。

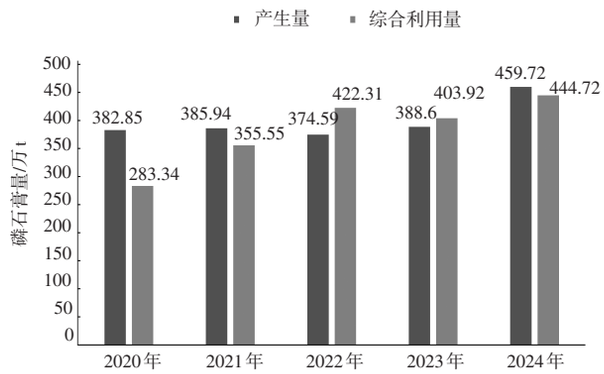

图2　2020—2024年福泉市磷石膏产生量与综合利用量（含存量利用）对比

Fig. 2　Comparison of phosphogypsum production and comprehensive utilization (including stock utilization) in Fuquan city from 2020 to 2024

2.2　传统产业能耗不断提升

福泉市磷及磷化工等传统产业对化石能源依赖程度高，占比70%以上（见图3）。随着工业加快发展，其能耗呈现刚性增长，预计到2030年，能源消费总量将达标准煤400万t。

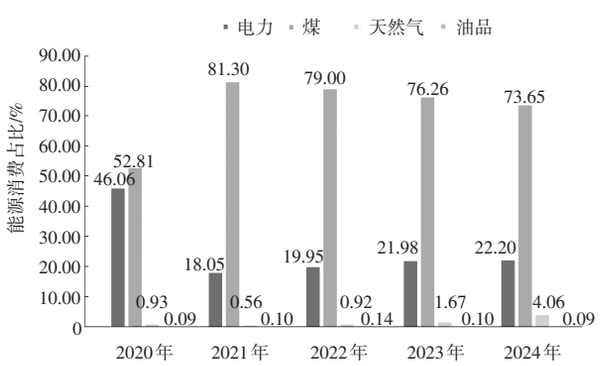

图3　2020—2024年福泉市能源消费结构

Fig. 3　Energy consumption structure of Fuquan city from 2020 to 2024

2.3　工业发展与低碳发展的矛盾

福泉是以工业为主的城市，工业发展在全市经济增长中发挥了重要作用，当前经济正处于高速增长阶段，需要依赖重要项目支撑，工业发展体量逐年壮大，碳排放量持续增加。

3　磷化工产业链绿色低碳发展趋势与建议

3.1　产业发展趋势

3.1.1　政策基础

磷化工作为国民经济的重要基础产业，近年来在政策引导、市场需求和技术创新的多重驱动下，正经历着深刻的转型升级。从传统化肥生产到新能

源材料领域的拓展，从粗放式发展到绿色循环经济模式的构建，磷化工产业正迈向高质量发展的新阶段。近年来，国家层面出台了一系列政策，引导磷化工产业向高端化、绿色化方向发展。2023年年底，工业和信息化部等八部门印发的《推进磷资源高效高值利用实施方案》明确提出，要贯彻新发展理念，以技术创新驱动磷资源有序开发，加快传统磷化工产业转型升级，大力发展高端磷化学等新兴产业，构建高端化、智能化、绿色化、融合化、聚集化的磷化工产业体系。这一政策为行业发展指明了方向：在资源约束日益趋紧的背景下，提高资源利用率、推动产业结构调整，绿色低碳转型成为重中之重。

3.1.2 未来趋势

一是绿色循环发展成为行业共识。企业将更加注重资源的高效利用和废弃物的资源化利用，构建闭环产业链。磷化工与煤化工、氯碱工业的结合将进一步深化，实现产业间的协同发展和废弃物的资源化利用。二是精细化、高端化产品占比将持续提升。随着电子信息、新能源、高端制造等产业的发展，对高性能磷化工产品的需求将不断增长，推动行业向价值链高端迈进。电子级磷酸、高端磷系阻燃剂等产品的进口替代空间巨大，将成为企业竞争的新焦点。三是与新能源产业的融合将不断深化。磷酸铁锂在动力电池领域的应用前景广阔，将持续拉动对磷酸等上游产品的需求。磷化工企业在新能源材料领域的布局将更加深入，形成传统产业与新兴产业相互支撑的发展格局。

3.2 发展路径建议

3.2.1 做好“链”文章，发展新质生产力

充分发挥福泉市磷矿资源富集和产业集群发展优势，坚持“富矿精开”，聚焦“精深用矿”，做足“链”文章，推动产业高端化、智能化、绿色化发展。一是延长产业链，构建集群优势。依托现有磷化工全产业链条，持续推动磷化工与金属冶炼、新材料等产业共生耦合，巩固壮大“磷化工+金属冶炼+新材料”产业集群，助推产业最大化降本增效，扩大市场竞争优势。二是提升价值链，推动产品高端化。支持传统磷化工产业转型升级，大力发展水溶肥、缓控释肥等高端肥料；持续提升湿法磷酸梯级利用能力，推动磷化工向食品级、医药级、电子级等高端化方向发展，实现价值链向高端跃升。支持企业加强氟硅碘等伴生资源的回收利用，释放磷石膏分解制硫酸、磷石膏制缓凝剂等装置产能，对资源“吃干榨尽”，实现最大利用价值。三是拓宽创新链，强化技术支撑。依托辖区内科技创新平台，全力推动“政产学研用”合作，围绕磷矿资源高效开发、共（伴）生资源综合利用、磷石膏无害化处理和高值化利用等关键环节加快技术攻关，搭建平台推动科研成果转化，实现创新链与产业链深度融合，同步用好现有人工智能和数字化先进技术，持续提升产业智能化水平，形成新质生产力，推动磷化工产业链绿色低碳发展。

3.2.2 加大磷石膏综合利用，破解磷石膏治理难题

一是优化生产工艺，减少磷石膏产生量。鼓励企业规范有序进行磷矿资源开发，使用新型选矿工艺，提高磷资源利用效率。推动企业开展湿法磷酸工艺流程改进和创新，提升磷酸生产技术水平，减少磷石膏产生。二是督促磷石膏产生企业配套建设磷石膏无害化处理设施，减少磷石膏中的有害杂质，提高磷石膏品质，降低磷石膏排放量及综合利用难度，实现新增磷石膏无害化处置率100%。三是持续推进磷石膏综合利用，提高磷石膏综合利用率。鼓励企业通过磷石膏制建材、磷石膏制水泥缓凝剂、磷石膏分解制硫酸、磷石膏矿井充填、磷石膏生态修复等综合利用途径利用磷石膏，到2026年，磷石膏综合消纳量与产生量实现动态平衡。

3.2.3 优化能源结构，推广清洁能源

有序扩大天然气消费量，加快推进天然气管网延伸，提高天然气覆盖率和供气能力，促进能源高效利用。推动磷及磷化工、新能源电池材料等重点行业节能减排，积极推动企业使用天然气、纯电、蒸汽等能源替代传统燃煤，提高清洁能源使用率，将传统燃煤在能源消费结构中的占比由2024年的73.65%降至70.00%以下。重点抓好蒸汽梯级利用、园区天然气管道建设、电网线路迁改等项目建设，培育一批能效标杆水平企业。

3.2.4 开发可再生能源，构建清洁低碳能源系统

结合福泉市资源现状，加快黔南抽水蓄能、道坪镇农业光伏电站、35 MW屋顶分布式光伏电站开发等项目建设，有序推动水力、光伏、生物质能、垃圾焚烧等非化石能源代替化石能源发电。以4.5 MW一期光伏建设项目为示范，鼓励满足条件的存量厂房推进光伏设施建设。支持可再生能源项目企业参与绿色电力交易和碳减排量交易，打造清洁、高效、安全、互补、可持续的现代能源系统，进一步提升全市清洁能源利用水平。

（下转第87页）