◆新质生产力与产业态势◆

我国磷化工产业“十五五”发展思路浅析

武少弟[1]，问立宁[2]

（1. 石油和化学工业规划院，北京 100013；2. 中国无机盐工业协会，北京 100013）

［摘 要］磷化工产业作为我国战略性基础产业，在保障国家粮食安全、推动新能源产业发展方面具有不可替代的作用。经过数十年的发展，我国已成为全球最大的磷化工产品生产国和消费国，形成了完整的产业体系。“十五五”时期将是我国磷化工产业实现绿色转型和高质量发展的关键阶段，基于对我国磷化工产业发展现状、成就与挑战的深度剖析，系统提出了“十五五”期间磷化工产业发展思路、战略目标，并规划其高质量发展的路径体系。指出到2030年要实现高端产品占比35%以上、磷石膏综合利用率70%、培育3家千亿元级企业等战略目标，构建了以资源高效利用、产业结构优化、绿色低碳循环为核心的六大发展路径，为磷化工产业高质量发展提供理论支撑和实践指南。

［关键词］磷化工产业；磷资源；氟硅资源；“十五五”规划；高质量发展；资源综合利用；绿色转型；发展路径
［中图分类号］F426.7；TQ126.3 ［文献标志码］A ［文章编号］2097-4566（2026）01-0001-07

Analysis of development strategy for China's phosphorus chemical industry in the "15th Five-Year" plan period

WU Shaodi[1], WEN Lining[2]

(1. *China National Petroleum & Chemical Planning Institute*, *Beijing* 100013, *China*;
2. *China Inorganic Salts Industry Association*, *Beijing* 100013, *China*)

Abstract: As a strategic foundational industry in China, the phosphorus chemical industry plays an irreplaceable role in ensuring national food security and promoting the development of the new energy sector. After decades of development, China has become the world's largest producer and consumer of phosphorus chemical products, establishing a complete industrial system. The "15th Five-Year" plan period will be a critical stage for the green transformation and high-quality development of China's phosphorus chemical industry. Based on an in-depth analysis of the current state, achievements, and challenges of industrial development, the development strategies and strategic goals for the industry during the "15th Five-Year" plan period are systematically proposed, along with a framework for its high-quality development path. The strategic goals including achieving over 35% high-end product output, a comprehensive utilization rate of phosphogypsum reaching 70%, and cultivating three enterprises with revenue exceeding 100 billion RMB Yuan are set down; Six development pathways are established, centering on resource-efficient utilization, industrial structure optimization, and green, low-carbon, circular practices. It provides theoretical support and practical guidance for the high-quality development of the phosphorus chemical industry.

Key words: phosphorus chemical industry; phosphorus resources; fluorine and silicon resources; "15th Five-Year" plan; high-quality development; comprehensive utilization of resource; green transformation; development path

0 引言

磷化工产业作为国民经济中不可或缺的基础原材料产业，其产品广泛应用于农业、工业、医药、食品、新能源、电子信息、国防军工等领域，在国民经济体系中占据着极为关键的地位[1]。它不仅为农业生产提供了不可或缺的磷肥，有力支撑了国家

收稿日期：2025-12-01
作者简介：武少弟（1995— ），男，河北衡水人，高级工程师，主要从事化工行业规划咨询工作。
通信作者：问立宁（1968— ），男，河北望都人，正高级工程师，主要从事无机化工技术咨询工作。

的粮食安全战略，而且在工业领域也发挥着重要作用，为众多化工产品提供基础原料。与此同时，随着新能源、电子信息等新兴产业的蓬勃发展，磷化工产品的应用范围不断扩大，市场需求呈现出持续增长的态势。历经数十年的发展，特别是在“十三五”和“十四五”时期的快速推进，我国已构建起以磷肥产业为基础、黄磷深加工和磷酸盐精细化为主导、无机磷化工与有机磷化工相互配套的现代化磷化工产业体系，并成为全球最大的磷化工产品生产国、消费国和贸易国[2]。因此，深入探讨我国磷化工产业在“十五五”期间的发展思路，对于推动产业升级、实现高质量发展具有重大的现实意义。

在取得辉煌成就的同时，我国磷化工产业长期积累的深层次矛盾和结构性问题也日益凸显。例如，产业布局不够合理，部分地区盲目扩张和重复建设现象严重，导致资源浪费和环境污染问题加剧[3]；资源综合利用水平有待提升，磷矿资源中伴生的氟、碘等有价元素回收利用率较低，有些磷矿伴生的稀土资源回收尚未提上日程，造成资源浪费[4]；高端产品供给不足，部分关键磷化工产品仍依赖进口，难以满足国内新兴产业快速发展的需求；长江流域“三磷”（磷矿、磷化工、磷石膏库）专项整治行动虽取得阶段性成效，但绿色转型任务依然艰巨。大宗基础产品产能过剩，行业整体利润率偏低；黄磷产品的碳排放强度大，全产业链节能降碳和绿色转型迫在眉睫。这些问题不仅制约了磷化工产业的可持续发展，也对生态环境和资源安全构成了潜在威胁。因此，在“十五五”期间，我国磷化工产业必须加快转型升级步伐，解决长期积累的矛盾和问题，实现高质量发展。

当前，世界正经历百年未有之大变局，全球产业链、供应链加速重构，新一轮科技革命和产业变革深入发展。我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。“十五五”时期（2026—2030年）是我国全面建设社会主义现代化国家新征程的关键五年，也是磷化工产业破解发展困境、实现由“大”到“强”战略性转型升级的攻坚时期。2023年年底，工业和信息化部等八部门联合发布《推进磷资源高效高值利用实施方案》，为磷化工产业未来发展指明了方向。在此时代背景下，科学系统地谋划我国磷化工产业“十五五”发展思路，明确其战略目标、重点任务和实施路径，对于提升产业核心竞争力、保障国家战略资源安全、推动工业绿色低碳发展具有至关重要的意义。

1 磷化工产业发展现状

“十四五”期间，我国磷化工产业在规模效益、技术创新、绿色发展和产业链构建等方面取得了长足进步，为“十五五”时期的高质量发展奠定了坚实基础。

1.1 产业规模与全球地位持续巩固

磷化工产业的全球领先地位进一步夯实。根据国家统计局数据，2024年我国磷矿石产量1.13亿t，占全球总产量的47.3%，连续多年位居全球第一。主要产品年产能、产量稳居全球首位：湿法净化磷酸产能增至380万t/a，产量240万t；磷酸铁及磷酸铁锂产量分别达到185万t和256万t。特别是在新兴的新能源材料领域，我国磷酸铁锂和六氟磷酸锂的全球市场份额分别高达95%和85%，展现出强大的规模制造优势和市场影响力。

近些年我国磷化工主要产品产量变化情况如表1所示。

表1 近些年我国磷化工主要产品产量变化情况

Table 1 Changes in the output of major phosphorus chemical products in China in recent years

产品	产量/万t				2015—2024年年均增长率/%	2020—2024年年均增长率/%
	2010年	2015年	2020年	2024年		
黄磷	101	90	78	85	–0.1	2.2
热法磷酸	150	145	120	95	–19.2	–5.7
湿法精制磷酸	20	40	70	240	22.2	36.1
饲料级磷酸钙	240	300	400	403	3.3	0.2
三氯化磷	110	130	115	140	0.1	5.0
三聚磷酸钠	71	40	42	46	1.6	2.3
六偏磷酸钠	30	30	16	19	–4.9	4.4
磷酸铁	1	1.5	10	185	70.1	107.4
磷酸铁锂	0.5	5	14	256	54.9	106.8
六氟磷酸锂	0.12	0.6	4.5	18.5	46.4	42.4

注：数据来源于中国无机盐工业协会。

1.2　技术创新与产业升级步伐加快

技术进步成为推动产业升级的核心动力。湿法磷酸净化技术取得重大突破并实现大规模产业化，以贵州磷化（集团）有限责任公司、四川大学、华中师范大学为代表的技术路线成功应用，使得精制磷酸成本大幅度降低，为替代高能耗的黄磷制磷酸路径、生产基础磷化学品提供了关键原料保障。资源综合利用技术水平显著提升，磷矿伴生氟资源回收制无水氟化氢产能达到25万t/a；磷石膏综合利用率在“十四五”末期预计将提升至65%左右，领先企业甚至有望达到80%。产品结构优化取得进展，高浓度磷肥占比已达96.3%，电子级磷酸国产化应用率不断提高，新能源磷化学品实现从无到有、从小到大的跨越式发展。

1.3　产业链一体化与集群化格局基本形成

产业组织结构持续优化，龙头企业通过垂直整合与横向拓展，构建了更为完善的产业链生态。绝大多数优势企业已形成“磷矿—黄磷/磷酸—磷肥/精细磷化工产品—新能源材料”的一体化布局。这种“湿热并举、肥化结合、矿化一体”的发展模式，不仅实现了资源的梯级利用和价值的深度挖掘，还有效增强了企业的抗风险能力和市场竞争力。在空间布局上，云南、贵州、四川、湖北等磷资源富集区依托化工园区，形成了特色鲜明、协同发展的磷化工产业集群，产业集中度进一步提高。

2　磷化工产业面临的主要挑战

2.1　磷矿石品位下降，资源供给趋紧

磷资源方面，我国“以全球5%的储量支撑全球46%的产量”的资源消耗模式不可持续。磷矿平均品位（$w(P_2O_5)$）仅为16%～18%，近90%为中低品位矿，贫矿化趋势加速。2023年我国首次成为磷矿石净进口国，虽然目前进口量占比不大，但这一转变标志着国内磷矿资源供需平衡的脆弱性增加。同时，高强度开采导致优质磷矿资源加速消耗，剩余资源中难选、低品位的矿石比例上升，进一步推高了开采成本和环境压力。在环保政策趋严下，矿山生态修复与绿色开采标准提高，部分不合规小矿山关停，短期内加剧了磷资源供应紧张局面。长期来看，资源禀赋的劣化与开采条件的复杂化，迫使企业投入更多资金与技术用于选矿提纯和资源综合利用，导致磷矿石成本上升。

2.2　结构性供需错位，产业盈利能力低下

结构性产能过剩是困扰行业健康发展的顽疾。在传统领域，大宗磷化工产品的产能利用率长期维持在60%～65%。在新能源领域，随着各路资本“跨界”涌入，磷酸铁产能过剩近300万t/a（2024年产能利用率低于45%），磷酸铁锂产能过剩近300万t/a（2024年产能利用率不足50%），已出现“高端产能不足，低端产能过剩”的势头。大宗基础产品严重的产能过剩导致市场恶性竞争，行业整体利润率长期在低位徘徊，远低于石油化工行业平均水平，部分企业持续亏损，可持续发展能力受到严重制约。

2.3　环境约束持续强化，绿色转型压力巨大

环境保护已成为产业发展的硬性约束。磷石膏问题最为突出，尽管综合利用率不断提升，但每年仍有数千万吨的新增堆存，占用大量土地资源，存在酸性废水渗漏、总磷超标等环境风险。长江流域“三磷”专项整治行动后，环境污染大幅度改善，但根据各省的化工企业绩效分级要求，暂无任何一家磷化工企业能够达到“A”级，仅个别企业勉强达到“B”级，环保治理水平仍须全面提升。此外，黄磷生产的高能耗、高污染特性，以及湿法磷酸生产过程中的废水、废气治理，磷石膏的综合利用水平，都对企业构成了持续的环保压力。

2.4　产品结构不尽合理，自主创新有待加强

我国磷化工产品仍以基础的大宗产品为主，如黄磷、热法磷酸、普通磷铵等传统产品占比过高。相比之下，高技术含量、高附加值的精细磷化工产品，如电子级磷酸、磷系阻燃剂、磷系医药中间体、高端催化剂等，都与国际先进水平存在差距。这背后反映的是产业自主创新能力不足，产学研结合不够紧密，基础理论研究薄弱，部分关键核心技术（如超高纯磷化学品制备）仍受制于人。

2.5　“双碳”目标下，节能减排任务艰巨

黄磷产业属于高能耗、高碳排放行业，生产黄磷1 t耗电13 000～14 000 kW·h，并副产大量炉渣和尾气。在全球绿色低碳发展的大趋势下，面临日益严格的能耗“双控”和碳排放政策约束。如何通过工艺革新、能源替代、能效提升和CCUS（碳捕集、利用与封存）等技术路径实现深度减排，是磷化工产业“十五五”期间必须直面和解决的重大课题。

3　磷化工产业发展思路与战略目标

3.1　总体发展思路

立足新发展阶段，贯彻新发展理念，构建新发展格局，“十五五”期间，我国磷化工产业发展的总体思路是：以保障国家磷资源战略安全为基石，

以科技创新为核心驱动力，以绿色低碳为根本要求，以高端化、精细化、集群化为主要方向，深入推进供给侧结构性改革，着力构建“资源高效、产品高端、产业循环、环境友好、智慧安全”的现代磷化工产业体系，实现从“磷化工大国”向“磷化工强国”的历史性跨越。

具体而言，应坚持以下基本原则。

（1）坚持生态优先，将绿色发展理念贯穿于产业全链条，强化污染防治和生态保护，促进产业发展与自然环境和谐共生。

（2）坚持创新驱动，将科技创新摆在产业发展的核心位置，突破关键核心技术瓶颈，培育产业发展新动能。

（3）坚持资源节约，把提高资源利用效率作为产业发展的基本前提，推动磷矿及伴生资源的高效、高值、循环利用。

（4）坚持市场主导，充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，更好发挥政府引导作用，营造公平竞争的市场环境。

（5）坚持开放合作，在保障国内资源安全的前提下，积极参与全球磷资源开发利用，提升国际竞争力。

3.2 核心战略目标

到2030年，力争实现以下战略目标。

1） 资源保障与高效利用目标 磷资源可持续保障能力明显增强，建立稳定、安全、经济的磷资源供应体系。中低品位磷矿高效利用技术取得重大突破并规模化应用，磷矿开采回采率与选矿回收率显著提高。磷矿伴生氟、硅、碘、稀土等资源综合回收率大幅度提升，力争氟资源回收率达到60%以上。

2） 产业结构与价值提升目标 产业高端化水平显著提升，高端精细磷化工产品（如电子级化学品、新能源材料、高端阻燃剂、医药中间体等）占行业总产值的比重提升至35%以上。结构性产能过剩矛盾得到有效缓解，落后产能基本淘汰，行业产能利用率提升至合理水平（75%以上）。产业集中度进一步提高，培育3家具有全球竞争力的千亿元级磷化工企业集团。

3） 绿色发展与低碳循环目标 到2026年，磷石膏综合利用率达到65%，无害化处理率达到100%；到2030年，磷石膏综合利用率力争达到70%以上，实现产消动态平衡。单位产品能耗和污染物排放强度持续下降。碳排放强度显著降低，绿色低碳循环技术体系基本建立，为实现国家“双碳”目标做出积极贡献。

4） 科技创新与智能制造目标 在湿法磷酸深度净化、磷石膏综合利用、高端磷化学品制备等关键领域取得一批重大技术突破。数字化转型成效显著，智能制造、工业互联网在骨干企业得到广泛应用，建成一批“智慧矿山”和“智能工厂”。

4 “十五五”期间磷化工产业重点发展路径

为确保上述战略目标实现，构建现代化磷化工产业体系，在“十五五”期间需系统推进以下六大重点发展路径。

4.1 实施资源高效战略，筑牢产业发展根基

资源是产业发展的命脉，必须将资源的高效、可持续利用提升到国家战略安全的高度。

4.1.1 强化磷矿资源勘探与战略储备

加大磷矿资源地质勘探投入，重点在云、贵、川、鄂等成矿带开展深部找矿和远景评价，力争新增一批优质资源储量。对四川雷波、云南镇雄等新探明的大型磷矿基地进行科学规划与有序开发。通过“一带一路”开展国际合作，利用国际“大循环”，充分发挥资源全球化配置的便利性，减缓我国磷矿资源的消耗速度。

4.1.2 推动磷矿集约化、绿色化开采

进一步提高矿山开采规模准入门槛，坚决淘汰落后、小散矿山。全面推广充填采矿、无废开采等绿色矿山技术，最大限度减少对地表生态的破坏。通过人工智能+赋能采矿技术与装备，建设“安全、高效、绿色、智能”的现代化矿山。争取到2030年，大型磷矿企业产量占比超过80%。

4.1.3 攻克中低品位磷矿与尾矿利用技术

将中低品位磷矿及磷尾矿的高效利用作为技术攻关的“一号工程”，重点研发和推广以下技术。

高效低成本选矿技术：如新型浮选药剂、重浮联合工艺、生物选矿等，提高P_2O_5回收率和精矿质量[5]。

粉矿富集烧结成球技术：解决粉矿无法直接入炉的问题，扩大资源利用范围。

化学活化利用技术：开发不经过选矿直接利用中低品位磷矿生产肥料或化工产品的短流程工艺，如中低品位磷矿直接法制肥技术。

4.1.4 构建磷矿伴生资源全元素回收体系

树立“磷矿是多种有价元素共生体”的资源观，实现从“用磷”到“用矿”的转变。

氟资源：完善“磷矿–湿法磷酸–氟硅酸–无水

氟化氢–含氟化学品”产业链，提升氟硅酸制备无水氟化氢的技术成熟度和经济性[6]。

硅资源：利用氟硅酸提取无水氟化氢后的硅渣或黄磷渣，开发轮胎用高分散纳米白炭黑、涂料级硅溶胶等高附加值硅产品的生产技术。

其他元素：开展碘、稀土、镁、钙等伴生元素的回收技术研发与产业化，实现资源的“吃干榨尽”。

4.2 推动产业结构高端化战略，优化提升价值链

摆脱低水平同质化竞争，向价值链高端攀升，实现从“量的扩张”到“质的提升”的转变。

4.2.1 巩固提升传统优势产业

严格控制黄磷及热法磷酸总量，推进企业兼并重组和装置集约化改造，加大产业集中度。重点发展高纯黄磷、电子级黄磷及其下游高端衍生物，如电子级磷酸、特种磷酸盐等，满足半导体、显示面板等新兴产业需求[7]。

4.2.2 做大做强新能源材料板块

紧抓能源革命历史机遇，将新能源材料打造为磷化工产业新的增长极。

磷酸铁锂正极材料：在消化过剩产能的同时，着力提升产品性能和质量一致性。重点攻关磷酸锰铁锂（LMFP）等新一代正极材料，解决其导电性、倍率性能等关键技术难题，实现能量密度提升15%～20%的目标。

电解质材料：优化六氟磷酸锂生产工艺，降低成本和能耗。积极布局双氟磺酰亚胺锂（LiFSI）等新型电解质，以及六氟磷酸钠等钠电池关键材料，抢占下一代电池技术制高点。

前驱体与原料：推广使用工业级磷酸一铵、精制磷酸等低成本、高品质的磷源，优化磷酸铁等前驱体的生产工艺，降低废水产生量和处理成本。

4.2.3 大力发展精细与专用化学品

这是磷化工产业迈向高附加值的核心领域，应鼓励企业重点发展。

电子化学品：突破超高纯电子级磷酸、电子级红磷等产品的纯化、分析与包装技术，打破国外垄断，满足集成电路和显示面板国产化配套需求。

磷系功能材料：大力发展无卤磷系阻燃剂、磷系增塑剂、磷系水处理剂、磷系催化剂等，服务于塑料、纺织、环保、化工等行业的绿色化升级。

医药及农药中间体：开发高活性的含磷医药中间体和绿色农药品种，提升产品技术壁垒和市场竞争力。

高端磷化物：发展磷化铟（InP）、磷化镓（GaP）等半导体化合物材料，应用于光通信、人工智能、无人驾驶等前沿领域。

4.3 构建绿色低碳循环体系，实现可持续发展

将绿色低碳作为产业生存和发展的“生命线”，构建覆盖全生命周期的循环经济模式。

4.3.1 全面推进磷石膏规模化、高值化利用

磷石膏问题是磷化工行业绿色发展的“必答题”。

大宗利用途径：继续巩固和扩大磷石膏在水泥缓凝剂、石膏建材（石膏板、砌块、砂浆）、路基材料、生态修复和矿井充填等领域的应用，这是消纳磷石膏的主力渠道。

高值化利用途径：重点突破磷石膏制硫酸联产水泥/氧化钙低成本技术，实现“磷–硫–钙”循环；开发高强石膏、石膏晶须等高附加值产品应用场景[8]。

政策与标准驱动：推动将磷石膏资源化产品纳入绿色建材目录和政府采购清单；完善磷石膏及其制品的产品标准、应用规范和环保安全评价体系，消除市场壁垒。

4.3.2 推行全过程节能降碳与清洁生产

黄磷行业：推广电炉节能改造（如气凝胶隔热材料）、尾气净化与高值化利用（生产甲醇、甲酸、乙二醇等）、泥磷回收等技术，大幅度降低能耗和污染物排放。鼓励黄磷装置向绿色能源及磷资源丰富的地区集中，强化黄磷装置园区集中度（至少10万t/a黄磷装置，有利于尾气综合利用），利用清洁能源。

磷酸行业：大力推广半水–二水法、二水–半水法湿法磷酸工艺，提高磷酸浓度和磷收率，改善磷石膏品质。坚定不移地发展湿法磷酸净化技术，以低成本的精制磷酸替代高能耗的热法磷酸。

工艺革新：因地制宜发展硝酸法分解磷矿工艺，将磷矿伴生的稀有金属进行回收，同时也减少磷石膏产生。

4.3.3 探索固碳技术与CCUS应用

积极应对碳中和挑战。研究利用微藻固碳技术处理黄磷尾气，实现CO_2、SO_2、NO_x的协同减排，并将微藻生物质转化为饲料蛋白、生物燃料等高价值产品。探索将磷化工产业与光伏、风电等新能源耦合，建设“源网荷储一体化”的绿色电力系统，降低外购电力的碳足迹。开展适合黄磷尾气特点的CO_2捕集与资源化利用技术示范[9]。

4.3.4 加强水资源循环与废水治理

推广废水梯级利用和“近零排放”技术。对含磷、含氟废水进行深度处理与资源化回收，如从含氟废水中回收氟硅酸，从含磷废水中回收磷酸盐[10]。实现厂区内水系统的闭路循环，最大限度减少新水取用量和废水外排量。

4.4 强化科技创新与数字化转型，培育新质生产力

将创新作为引领发展的第一动力，推动产业向技术密集型和知识密集型转变。

4.4.1 构建协同高效的创新体系

建立健全以企业为主体、市场为导向、产学研用深度融合的技术创新体系。支持龙头企业联合高校、科研院所组建磷化工产业创新联盟、国家级制造业创新中心等平台，围绕行业共性关键技术开展联合攻关。鼓励企业加大研发投入，对符合条件的研发费用给予加计扣除等税收优惠。

4.4.2 突破一批关键核心技术

“十五五”期间，应聚焦以下重点方向组织攻关。

资源开发与利用领域：中低品位磷矿高效分选、磷矿伴生资源全量化回收、磷尾矿制备功能性材料等。

过程强化与节能领域：大型节能黄磷电炉、湿法磷酸工艺优化与装备创新、新型反应器（如微反应器）等[11]。

产品高端化领域：电子级磷化学品纯化、高端磷系阻燃剂合成、电池材料前驱体精准调控、磷化物半导体材料制备等。

环保与循环利用领域：磷石膏低成本高值化利用、废水深度处理与资源化利用、CO_2捕集与微藻转化等。

4.4.3 全面推进数字化转型与智能制造

智慧矿山：应用5G、物联网、大数据等技术，实现磷矿开采的远程操控、智能调度和安全监控，建设无人化、少人化的智能矿井。

智能工厂：在磷化工生产企业推广制造执行系统（MES）、企业资源计划系统（ERP）和先进过程控制（APC），实现生产过程的智能化、可视化和精益化管理。

供应链协同：利用工业互联网平台，打通上下游企业间的数据链，实现资源优化配置、需求精准预测和供应链高效协同。

4.5 优化产业空间布局，促进集群协调发展

遵循产业规律，发挥区域比较优势，构建分工合理、优势互补、错位发展的产业格局。

4.5.1 引导产业向资源地、优势区集聚

重点依托云南、贵州、四川、湖北四大磷资源基地，建设具有全球影响力的磷化工产业集群[12]。

云南：发挥水电优势和黄磷产业基础，重点发展黄磷精深加工、新能源材料（磷酸铁锂、六氟磷酸锂）、精细磷化学品。

贵州：依托优质磷矿资源，重点发展湿法净化磷酸、高纯磷化物、电子级化学品和高端肥料。

湖北：利用产业基础和区位优势，重点发展精细磷化工、磷系新材料、磷石膏综合利用产业和化工装备制造。

四川：统筹资源与生态保护，适度发展磷复肥和精细磷酸盐，探索“飞地经济”模式。

4.5.2 推动跨行业、跨区域协同发展

跨行业协同：主动加强与氟化工（共享氟资源）、建材行业（消纳磷石膏）、新能源行业（供应电池材料）、半导体行业（供应电子化学品）的耦合链接，构建跨产业的循环经济生态圈。

跨区域协同：鼓励优势企业跨省重组或“抱团出海”，整合资源、技术、市场和品牌，打造世界级的磷化工跨国公司。建立区域间利益协调机制，推动资源、技术和基础设施共享。

4.6 深化体制机制改革，营造一流发展环境

良好的政策与市场环境是产业健康发展的重要保障。

4.6.1 完善法律法规与标准体系

加快研究制定《磷资源保护与综合利用条例》等专项法规。建立健全磷矿开采、磷石膏综合利用、磷化工绿色产品等标准体系[13-14]。强化环保、安全、能耗等标准的刚性约束，依法依规淘汰落后产能。

4.6.2 强化政策引导与扶持

财政政策：设立磷化工产业绿色发展基金，对磷石膏综合利用、节能降碳改造、关键技术研发等项目给予财政补贴、贷款贴息或税收减免。引导金融机构对符合条件的绿色磷化工项目提供绿色信贷、绿色债券等金融支持。

产业政策：严格执行《产业结构调整指导目录》，进一步细化、调整鼓励类、限制类和淘汰类项目。对新增产能实行等量或减量置换。

4.6.3 加强行业管理与服务

发挥行业协会的桥梁纽带作用，加强行业自律、信息统计、技术交流和人才培训。建立磷化工

产业运行监测预警平台，及时发布市场信息，引导企业理性投资和生产经营。

5　结论与展望

“十五五”时期是我国磷化工产业实现高质量发展的战略机遇期和转型升级攻坚期。面对资源、环境、市场和技术的多重约束，产业发展必须摒弃过去粗放扩张的老路，坚定不移地走创新驱动、资源节约、环境友好、价值高端的新路。

通过系统实施“资源高效、产品高端、绿色循环、创新智能、集群协同、改革保障”六大战略路径，我国磷化工产业有望在“十五五”末期实现质的有效提升和量的合理增长。届时，资源保障更加稳固，产业结构更加优化，技术水平国际领先，绿色低碳成为普遍形态，产业链、供应链韧性和安全水平显著提升，涌现出一批具有全球竞争力的世界一流企业。

预计未来5年，我国磷化工产业将基本实现高质量发展目标，高端产品占比显著提升，资源利用效率达到国际先进水平，绿色制造体系基本建立，在全球产业链中的地位进一步巩固，为制造强国建设提供有力支撑。

[参考文献]

[1] 王辛龙,钟艳君,许德华,等.我国磷化工产业现状、发展趋势及高质量发展路径[J].生态产业科学与磷氟工程,2024,39(7):9-21.
WANG X L, ZHONG Y J, XU D H, et al. Current situation, development trends and high-quality development pathways of China's phosphorus chemical industry[J]. Eco-industry Science & Phosphorus Fluorine Engineering,2024,39(7):9-21.

[2] 高永峰.我国磷化工行业创新发展思路探讨[J].磷肥与复肥,2020,35(2):1-7.
GAO Y F. Discussion on innovation and development of phosphorus chemical industry in China [J]. Phosphate & Compound Fertilizer,2020,35(2):1-7.

[3] 张丹仙,潘礼富,韩德鑫,等.磷矿资源浮选研究现状与战略发展[J].化肥设计,2025,63(1):1-10,31.
ZHANG D X, PAN L F, HAN D X, et al. Research Status and Strategic Development of Phosphate Rock Flotation[J]. Chemical Fertilizer Design,2025,63(1):1-10,31.

[4] 路涛.磷化工生产过程中副产物的资源化利用与环保技术研究[J].当代化工研究,2025(13):97-99.
LU T. Research on the Resource Utilization and Environmental Protection Technology of By-products in Phosphorus Chemical Production[J]. Modern Chemical Research,2025(13):97-99.

[5] 梁霏飞.我国磷化工产业链现状、发展趋势及建议[J].当代化工研究,2025(4):191-193.
LIANG F F. Current Situation, Development Trends and Suggestions of China's Phosphorus Chemical Industry Chain[J]. Modern Chemical Research,2025(4):191-193.

[6] 黄忠,何宾宾,张险峰,等.磷化工体系中氟资源回收工艺的系统协同与集成优化研究综述[J].生态产业科学与磷氟工程,2025,40(8):70-74.
HUANG Z, HE B B, ZHANG X F, et al. System collaboration and integrated optimization of fluorine resource recovery process from phosphorus industry processes[J]. Eco-industry Science & Phosphorus Fluorine Engineering,2025,40(8):70-74.

[7] 杨利.精细磷化工产品的新制备技术及其应用探析[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(16):167-169.
YANG L. New preparation technology and application of fine phosphorus chemical products[J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality,2025,45(16):167-169.

[8] 李元元,程维,王玲华,等.磷化工行业节能降碳措施探讨[J].云南化工,2024,51(12):149-152.
LI Y Y, CHENG W, WANG L H, et al. Overview of Energy-saving and Carbon Reduction Measures in the Phosphorus Chemical Industry [J]. Yunnan Chemical Technology, 2024, 51 (12): 149-152.

[9] 陈鹏,贺鸿,唐建楷,等.磷化工产业降碳增汇的探索与展望[J].环境工程学报,2025,19(6):1305-1316.
CHEN P, HE H, TANG J K, et al. Exploration and prospect of carbon reduction and sink increase in phosphorus chemical industry[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering,2025,19(6):1305-1316.

[10] 常斐,武少弟,尚建壮.我国无水氟化氢产业发展现状及趋势[J].化学工业,2024,42(4):32-39.
CHANG F, WU S D, SHANG J Z. Development Situation and Tendency of Anhydrous Hydrogen Fluoride in China [J]. Chemical Industry,2024,42(4):32-39.

[11] 林雪.磷化工产业的低碳发展路径探究[J].化工管理,2025(20):80-85.
LIN X. Low carbon development path of phosphorus chemical industry [J]. Chemical Enterprise Management, 2025 (20): 80-85.

[12] 胡敏.我国磷化工产业发展现状及趋势[J].生态产业科学与磷氟工程,2025,40(1):1-7.
HU M. Development status and trends of phosphorus chemical industry in China[J]. Eco-industry Science & Phosphorus Fluorine Engineering,2025,40(1):1-7.

[13] 韩蔚杰,张志军.磷石膏预处理及综合利用现状[J].现代化工,2025,45(12):19-24.
HAN W J, ZHANG Z J. Current status of pretreatment and comprehensive utilization of phosphogypsum [J]. Modern Chemical Industry,2025,45(12):19-24.

[14] 项子豪,孙昌平,陈思凡,等.磷石膏综合利用现状及其功能化应用浅析[J/OL].无机盐工业,1-15[2025-11-11].https://doi.org/10.19964/j.issn.1006-4990.2025-0065.
XIANG Z H, SUN C P, CHEN S F, et al. A review on current status and functional applications of phosphogypsum [J/OL]. Inorganic Chemicals Industry,1-15[2025-11-11].http://doi.org/10.19964/j.issn.1006-4990.2025-0065.