湖北省钒矿资源开发利用现状及对策建议

李万超[1,2]，邢剑伟[1,2]，徐苗青[1,2]，蔡　奥[1,2]，夏　伟[1,2]，朱重宁[1,2]

（1. 湖北省生态环境科学研究院（省生态环境工程评估中心），湖北　武汉　430072；
2. 污染损害评估与环境健康风险防控湖北省重点实验室，湖北　武汉　430072）

摘　要：湖北省钒矿资源丰富，主要分布于鄂南与鄂西北地区，已形成较为完整的产业链体系。然而，产业发展仍然面临低品位矿利用率低、历史遗留矿山治理压力大、同质化竞争严重及环境污染等突出问题。以湖北省钒矿资源为研究对象，系统探究其开发利用现状与高质量发展路径。通过综合运用文献分析、实地调研与数据统计等方法，深入剖析湖北省钒矿资源禀赋、产业发展态势、市场需求结构及面临的核心挑战，并提出具有针对性的对策建议。市场需求分析显示，当前全球钒消费量保持稳定增长，中国已成为最大的消费市场。需求结构正经历深刻变革：钢铁行业仍占据主导地位，新国家标准实施显著拉动了钒在高强度钢筋中的应用；与此同时，储能领域特别是全钒液流电池的快速发展，正成为需求增长的重要驱动力，预计到 2030 年将形成钢铁与储能并重的“二元消费”格局。实现产业可持续发展的关键在于系统性的优化与升级，据此提出 4 个方面的对策建议：1）加强省级统筹规划与产业整合，制定中长期发展规划，优化产业布局；2）全面推进技术绿色升级与污染物治理，建立覆盖土壤－地下水－大气的多介质环境监测网络，降低环境与健康风险；3）构建钒资源循环利用体系，推动固体废物资源化利用，发展多产业耦合发展模式；4）健全生态修复长效机制，分区分步治理历史遗留矿山，严格执行绿色矿山建设标准。本研究为湖北省将资源优势转化为高质量发展优势提供决策参考，对中西部资源型地区转型升级具有借鉴意义。

关键词：钒矿资源；高质量发展；开发利用；绿色转型；湖北省
中图分类号：F205　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1673－2464（2026）03－0116－06

Development Status and Suggestions of Hubei's Vanadium Ore Resources

LI Wanchao[1,2], XING Jianwei[1,2], XU Miaoqing[1,2], CAI Ao[1,2], XIA Wei[1,2], ZHU Chongning[1,2]

(1. *Hubei Provincial Academy of Eco-environment Sciences (Provincial Ecological Environment Engineering Assessment Center), Wuhan* 430072, *China*;
2. *Hubei Key Laboratory of Pollution Damage Assessment and Environmental Health Risk Prevention and Control, Wuhan* 430072, *China*)

Abstract: Hubei province is home to abundance of vanadium resources, mainly distributing in southern and northwestern Hubei, which has formed a full industrial chain, but coming with issues such as low utilization rate of low grade ores, mine harness pressure in historical mines, severe homogenous competitiveness and environmental pollution. This paper studies the development status of and quality approaches to Hubei's vanadium ore resources through

收稿日期：2025－08－11；**修订日期：**2025－10－09；**责任编辑：**段丽萍。
网络出版地址：https://link.cnki.net/urlid/11.5426.TD.20251224.1622.002　　**DOI：**10.13776/j.cnki.resourcesindustries.20251224.001
第一作者简介：李万超，硕士、工程师，主要从事资源环境保护与环境影响评价研究。E-mail：1257817169@qq.com

引用格式：李万超，邢剑伟，徐苗青，等，2026. 湖北省钒矿资源开发利用现状及对策建议[J]. 资源与产业，28(3)：116－121.
LI Wanchao, XING Jianwei, XU Miaoqing, et al., 2026. *Development status and suggestions of Hubei's vanadium ore resources*[J]. *Resources & Industries*, 28(3): 116－121.

references, site investigations and data statistics on resource occurrences, industrial development trend, market demands and key challenges, and present suggestions. Marked demands indicate that the global vanadium consumption has steadily increased, China is the biggest market. The demand structure has been deeply changed, new national standards increase its application in high-strength steels as iron/steel is still the leading industry. Energy storage has gained a fast growth especially in full-vanadium liquid battery, which will be forming a dual consumption pattern of iron/steel and energy storage in 2030. Industrial sustainability lies in its optimization and upgrading. This paper presents suggestions on boosting provincial planning and industrial consolidation to make a long-term planning and to optimize industrial pattern, on fully enhancing technical green upgrading and pollution harness via constructing a multiple media monitoring network covering soil-underground water-atmosphere to decrease environmental and health risks, on constructing recycling use of vanadium resources through solid-wastes-to-resources, and on improving long-term mechanism of ecological rehabilitation with harnessing historical mines by stages and zonings under strict execution of green mine standards. This paper provides references for Hubei province to turn vanadium resources into quality development advantages, which is also helpful for economic transformation and upgrading in central-western China's resources-based areas.

Key words: vanadium resources; quality development; development and utilization; green transformation; Hubei province

0　引言

钒作为现代工业的关键战略资源，具有非常多的物理化学性能，被广泛应用于钢铁、航空航天及储能电池领域（瞿金为等，2025）。我国拥有全球最丰富的钒矿储备，储量位居世界首位，与此同时，我国不仅是全球最大的钒产品生产国，也是钒资源消费量最高的国家（崔文婧，2019）。近年来，随着全球绿色能源转型的加速，钒资源的开发利用受到广泛关注，但同时也面临资源分布不均、提取技术瓶颈、环境污染及经济性不足等多重挑战。众多学者围绕钒矿的资源分布、提取工艺、环境影响及未来应用前景开展了大量研究，为钒产业的可持续发展提供了重要参考。

在资源分布与开发现状方面，吴起鑫等（2016）指出中国钒矿储量丰富但利用率低，存在产能过剩和环境污染问题，需优化产业结构和推动绿色技术发展。曾凌云（2020）研究发现我国钒矿开采呈现规模化趋势，但小型矿山占比仍高，需推进整合与绿色转型，优化技术以提升资源利用效率。在钒的工业应用方面，全钒液流电池因其长寿命和大规模储能潜力成为研究热点。刘涛等（2023）介绍了全钒液流电池在电解液配方和电堆设计上取得的突破，未来需降低成本、提高效率，以推动其在可再生能源储能中的大规模应用。针对全钒液流电池发展存在的环境问题，张龙（2023）分析了全钒液流电池在生产、使用、回收环节的产排污情况，并提出可行有效的防控措施。李振鹏等（2024）研究发现全钒液流电池具有安全性高、寿命长等特点，未来有望在可再生能源并网中发挥重要作用。在环境影响与可持续发展方面，钒矿开采和加工带来的污染问题日益凸显。马乃昕（2024）针对钒矿开采和冶炼带来的水、大气及固体废弃物污染，提出改进生产工艺、废水循环利用、废气净化及废渣资源化等对策，强调清洁生产与政策监管，以实现可持续发展。邓克勇（2015）介绍了当前贵州省钒矿开发利用现状，通过对比多种提钒工艺，推荐低钠焙烧法以降低环境污染，实现经济与环境的协调发展。

湖北省钒矿资源较丰富，以碳质页岩或石煤含钒矿床为主，主要分布于鄂南和鄂西北地区，已探明五氧化二钒资源储量 420.02 万 t，位列全国第三（湖北省发展和改革委员会，2024）。湖北省作为国内钒矿资源大省，其资源禀赋与开发成效对全国钒产业链布局及区域经济发展意义重大。近年来，湖北省通过技术创新推动钒资源开发绿色化转型。例如，氧化型钒页岩双循环氧化法等技术突破，解决了低价钒转化难题，并实现高纯钒绿色制造（张一敏等，2010）。同时，全钒液流电池产业链的加速布局，契合新型储能市场需求，使湖北省成为全国钒电池技术应用的重要基地。此外，《湖北省新一轮找矿突破战略行动实施方案（2021—2025）》等文件强化了资源勘查与集约开发，并通过用地审批

绿色通道、资金扶持等保障重点项目落地。

然而，湖北省钒矿开发仍面临低品位矿利用率低、环保成本高等挑战。如何通过循环经济模式优化伴生资源利用，成为提升资源价值的关键路径。未来，随着新能源储能需求的持续增长，湖北省钒矿资源的战略地位将进一步凸显，其开发经验可为中西部资源型地区转型升级提供重要参考。

1 湖北省钒矿开发利用现状

20 世纪 80 年代起，湖北省钒产业快速发展，主要集中在咸宁市崇阳县、十堰市郧西县等地，现已形成集采选—提取—材料制造—综合利用为一体的完整产业链和绿色开发利用产业集群，是国内重要的钒产品生产基地，拥有湖北平凡矿业有限公司、崇阳钒业集团、郧西九丰钒业投资有限公司为代表的数十家涉钒企业。

2005 年前，湖北省钒矿资源开发投资比较踊跃，崇阳、郧西等地建立了相应的钒矿选冶工厂。早期普遍采用传统钠化焙烧提钒工艺，由于工艺不成熟导致资源浪费、环境污染等问题十分突出（胡艺博等，2019）。为解决钒矿开采过程中出现的采富弃贫、环境污染问题，2005 年 7 月，湖北省原环保局与原省国土资源厅联合印发了《关于加强钒矿开采和冶炼管理的紧急通知》，明确在钒矿冶炼和治理技术未取得突破前，各级国土资源部门暂停颁发新的钒矿（包括钒土、含钒石煤等）采矿许可证。2018 年，湖北省自然资源厅印发《关于实施矿产资源生态开发负面清单（2018—2020 年）管理的通知》，将钒矿列为限制性开采矿种，明确在选冶技术过关前实行限采保护。因此，自 2005 年以来，湖北省钒矿资源勘查开发利用工作受到了限制。

崇阳县钒产业起步于 20 世纪 70 年代末，是全国最早开展石煤提钒的地区。在国内石煤和其他废渣提钒领域获得多项专利成果，废触媒提钒技术居国内领先地位。1989 年，崇阳县年均产五氧化二钒 200t，当时在国内处于一家独大状态。随着环境保护要求的提升，2006 年开始崇阳县进入新的转型发展期，不再生产钒原料，石煤提钒基本在全县绝迹。2006 年崇阳县第一家钒铁生产企业新建投产，崇阳县钒深加工企业相继创立，2009 年崇阳县又新上了华中地区的第一家钒氮合金生产企业，行业由原料钒向钒产品深加工转型。目前，崇阳县已形成从偏钒酸铵提纯精钒到片钒、钒铁、钒氮合金、高纯钒等高新产品的钒产业链。根据全国排污许可证管理信息平台查询统计，崇阳县现有钒产品相关生产较大规模企业共 10 家，具备钒氮合金产能 9 500 t/a、钒铁产能 6 000 t/a、粉钒产能 3 500 t/a、片钒产能 2 000 t/a。经过 40 多年的发展，崇阳县现已成为湖北省重点成长型产业集群，在国内有一定的影响和地位，崇阳钒产品价格动态是中国钒产业市场的重要风向标之一。

郧西县境内钒矿资源丰富，郧西平凡矿业有限公司指甲沟钒矿区和石板沟矿区地质勘探普查报告表明，五氧化二钒储量为 20 万 t 以上，平均品位不低于 1.03%，且矿脉集中，易开采，质地优良，转化率高。根据全国排污许可证管理信息平台，当前平凡矿业有限公司使用含钒石煤粉作为原料，通过冶炼生产偏钒酸铵，产能折合成五氧化二钒达 2 000 t/a，但受环保及矿山资源开采限制，只能依靠原有和外购原料断断续续维持生产，大部分时间处于停产状态，产量维持在较低水平。

2 钒资源市场需求

近年来，全球钒市场需求保持稳定增长态势，消费总量从 2016 年的 8.1 万 t 上升至 2021 年的 12.04 万 t，年均增长率超过 8%。中国作为全球最重要的钒消费市场，其消费量占比从 2016 年的 43.6% 提升至 2021 年的 57.6%，显示出强劲的市场主导能力（杨轶，2023）。从应用结构来看，钒的需求格局正在发生显著变化，虽然钢铁行业仍占据主导地位，但储能等新兴领域的应用比例正在快速提升。这种结构性转变反映了钒资源应用范围的不断扩大和价值链的持续延伸。

2.1 钢铁行业

钢铁行业作为钒的传统主要应用领域，其需求特征呈现出明显的区域差异和技术梯度。发达国家和地区如北美和欧盟的吨钢钒消费强度分别达到 0.089 kg/Mt 和 0.078 kg/Mt，显著高于全球平均水平（0.056 kg/Mt）。这种差异主要源于不同地区钢材产品结构和技术水平的差异，发达国家在高强度

钢材和特种钢材方面的应用更为广泛。相比之下，中国虽然已成为全球最大的钢铁生产国，但吨钢钒消费强度仅接近于全球平均水平，表明在产品质量升级和高端钢材开发方面仍有较大发展空间（杨轶，2023）。特别是在建筑钢筋领域，2018 年，国家出台并执行新标准《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》（GB/T1499.2—2018），取消 335 兆帕级钢筋，增加 600 兆帕级钢筋，同时对弯曲度适当加严。而钒的碳化物和氮化物作为沉淀强化剂，能够显著提高钢的强度、韧性和耐磨性，该标准的执行在钢铁冶炼行业可以带动每年钒用量增加 1 万 t 左右。随着新国标的实施和工程质量要求的提高，钒微合金化技术的应用正在加速推广。

2.2　储能领域

在非钢领域钒的应用也在不断拓展，对钒用量的增加也有很强的拉动作用。储能领域正成为驱动钒需求增长的新动力，其中全钒液流电池因其独特的技术优势受到广泛关注。该技术具有安全性高、循环寿命长、容量易于扩展等特点，特别适合大规模长时储能应用。在全球范围内，2023 年液流电池累计装机容量达到 365.2 MW，其中钒电池占据主导地位（陈志勇等，2024）。政策支持方面，多国政府相继出台扶持措施，如中国的《“十四五”新型储能发展实施方案》明确将包括液流电池在内的多种储能形式列为下一步重点攻关方向，要求在核心技术突破、关键装备研发和集成优化设计等方面取得进展，美国能源部也制定了相应的技术攻关计划。

全钒氧化还原液流电池技术近年来取得显著进展，在储能领域展现出广阔的应用潜力，同时也极大提升了钒元素的应用价值。中信证券预测显示，2025 年全球钒电池新增装机容量预计达到 9.6 GWh，相应的钒需求量约为 3.7 万 t，到 2030 年将进一步增长至 32.9 GWh，钒需求达到 12.9 万 t（陈志勇等，2024）。

2.3　未来需求预测

基于当前发展趋势，钒市场需求结构将发生显著变革。预计到 2025 年，中国市场中钢铁用钒比例将下降至 64.2%，而储能用钒比例将上升至 32.1%；到 2030 年，储能领域占比预计达到 45.9%，形成钢铁与储能并重的“二元消费”格局。从全球范围来看，2030 年钒需求总量有望突破 25 万 t，其中储能领域贡献超过 40% 的需求增量。这种结构性转变不仅反映了能源转型背景下新兴应用领域的快速发展，也对钒产业链提出了新的要求。未来需要重点关注资源保障、技术创新和产业协同等方面，以应对市场需求结构变化带来的机遇与挑战。

3　面临的问题与对策建议

近年来，湖北省钒产业在市场需求拉动和政策支持下快速发展，省内相关科研团队不断进行技术攻关，在钒矿冶炼和治理技术等方面取得重大进展，研发出氧化型钒页岩双循环高效提取技术、原生型钒页岩一步法短流程清洁生产技术等多项先进科研成果并获得应用（张一敏等，2010，2018），能够在高效提钒的同时有效控制环境污染问题。此时推动湖北钒产业高质量发展势在必行，然而，产业仍面临开发粗放、产品同质化、环境健康风险等多重挑战，亟须系统谋划、精准施策，推动资源优势转化为高质量发展优势。

1）加强省级统筹与产业整合，破解低水平开发与同质竞争困境。针对湖北省历史遗留矿山数量多、分布散、修复难，以及企业规模小、产品单一、同质竞争严重等问题，有必要从省级层面加强规划引导和资源整合。建议由省工业和信息化部门、省自然资源部门牵头，制定湖北省钒产业高质量发展中长期规划，明确重点发展区、优化开发区和限制开发区，实施矿山开发总量控制和产能置换，严格新建矿山规模、技术、环保准入标准。以鄂南、鄂西北等资源富集区为重点，推进现有矿山兼并重组和整合开发，支持优势企业打造集采选、冶炼、深加工于一体的绿色矿山示范基地，逐步解决“大矿小开、一矿多开”问题。同时，围绕破解产品结构单一、价值链低端锁定问题，支持省内龙头企业牵头组建钒产业联盟，推动钒氮合金产能优化整合，协同开发高纯钒氧化物、钒电解液、全钒液流电池等高端产品。依托武汉高校和科研机构优势，围绕共伴生资源综合利用、短流程清洁生产、高端材料制备等关键环节开展技术攻关，打造“资源—材料—装备—应用”一体化产业链。

2）推动技术绿色升级，强化污染物治理与健康防护。面对矿山开采、冶炼废水中含有的镉、砷、钒、铬等有毒有害金属元素和提钒过程中产生的氯化氢、氯气、二氧化硫等有害气体可能造成周边环境污染问题（肖丹等，2022），以及生产环节散逸的含钒化合物可能对人体神经系统功能产生的记忆衰退、运动协调能力下降及情绪调节障碍等多维度健康威胁（崔鹂等，2013），必须强化清洁生产工艺的推广应用和全过程环境监管。建议在全省范围内加快推广湖北自主研发的氧化型钒页岩双循环高效提取、原生型钒页岩一步法短流程清洁生产技术，淘汰钠化焙烧等落后工艺。在咸宁、十堰等重点区域开展清洁生产改造示范，推进酸性废水深度处理与回用、冶炼废渣资源化利用、含钒废气多污染物协同控制等技术应用。同时，建立覆盖矿区及周边区域的土壤－地下水－大气多介质环境监测网络，并对重点企业周边居民开展健康基线调查与长期追踪，评估钒等重金属元素迁移对人群健康的潜在影响，并据此制定精准的环境风险防控与健康防护指南。

3）构建循环利用体系，提升资源效率与产业韧性。为提高湖北省钒资源综合利用水平，降低全产业链物资消耗和环境负荷，需加快构建钒资源循环利用体系。建议开展全省钒冶炼渣、尾矿、废催化剂等固体废物调查与特性评估，推动“尾矿－建材”“冶炼渣－有价组分回收”“废催化剂－再生提钒”等多途径资源化利用。选择基础较好的工业园区，建设钒资源循环利用示范项目，打造“钒－磷－建材”“钒－钛－合金”等多产业耦合发展模式。鼓励在鄂高校、科研机构以及相关企业联合攻关低品位矿预富集、共伴生资源梯级回收等关键技术，推动冶炼废渣、含钒废水等废弃物资源化利用，提高资源采收率和综合利用水平。完善钒资源回收利用政策体系，探索建立钒产品全生命周期管理制度和绿色供应链认证机制，推动产业向“资源—产品—再生资源”的循环发展模式转型。

4）健全生态修复机制，促进区域协同发展。围绕湖北省钒矿开发生态破坏和环境影响问题，需统筹推进历史遗留问题治理和新建项目生态管控。历史遗留矿山对生态环境造成的破坏不但打破了生态平衡，还制约了乡村的经济发展（顾彩玉等，2025）。建议根据湖北省现有历史遗留矿山特点分片区编制生态修复专项规划，明确修复时序、技术路线和资金筹措机制，优先治理位于重要生态功能区、水源地和人口密集区的历史遗留矿山。推行“政府主导、企业主体、社会参与”的修复模式，探索利用生态修复基金、绿色债券等多元化投融资渠道。新建钒矿项目必须严格执行绿色矿山建设标准，实行开采与修复同步设计、同步施工。加强跨部门跨区域协同，建立钒产业聚集区环境信息共享平台和应急联动机制，推动鄂西北、江汉平原等区域在固废协同处置、生态补偿等方面开展合作，形成共防共治共享的绿色发展格局。

参考文献

陈志勇，朱清，武海炜，等，2024. 新型储能发展下钒资源需求趋势分析[J]. 中国矿业，33(12)：99-110.〔CHEN Z Y，ZHU Q，WU H W，et al.，2024. Vanadium resource demand trend analysis under the development of new energy storage[J]. China Mining Magazine，33(12)：99-110.〕

崔鹂，张勤，兰亚佳，2013. 钒及其化合物的神经行为毒性研究进展[J]. 毒理学杂志，27(1)：64-67.

崔文婧，2019. 我国钒矿资源开发利用现状及建议[J]. 合作经济与科技(11)：54-56.

邓克勇，2015. 贵州省钒矿资源开发利用及污染防治对策[J]. 企业技术开发，34(1)：22-23，28.〔DENG K Y，2015. Development and utilization and pollution control measures of vanadium ore resources in Guizhou province[J]. Technological Development of Enterprise，34(1)：22-23，28.〕

顾彩玉，阳宇，刘涛，等，2025. 废弃矿山生态修复方式与综合开发利用途径研究：以旺苍县兴荣页岩矿山为例[J]. 资源与产业，27(2)：118-124.〔GU C Y，YANG Y，LIU T，et al.，2025. Ecological restoration measures and comprehensive development of abandoned mines based on a case study of Xingrong shale mine in Wangcang county[J]. Resources & Industries，27(2)：118-124.〕

湖北省发展和改革委员会，2024. 关于省政协十三届二次会议第20241102号提案的答复.（2024－07－16）[2025－08－04]. https://fgw.hubei.gov.cn/fbjd/xxgkml/qtzdgknr/jytabl/2024/ta/202410/t20241018_5353754.shtml.

胡艺博，叶国华，王恒，等，2019. 钒市场分析与石煤提钒工艺进展[J]. 钢铁钒钛，40(2)：31-40.〔HU Y B，YE G H，WANG H，et al.，2019. Market analysis of vanadium and progress on technologies of vanadium extraction from stone coal[J]. Iron Steel Vanadium Titanium，40(2)：31-40.〕

李振鹏，颜东梅，李军，等，2024. 全钒液流电池在储能领域的应用与展望[J]. 电池，54(3)：422-426.〔LI Z P，YAN D M，LI J，et al.，2024. Application and prospect of all-vanadium flow battery in energy storage field[J]. Dianchi (Battery Bimonthly)，54(3)：422-426.〕

刘涛，葛灵，张一敏，2023. 全钒液流电池关键技术进展与发展趋势

[J]. 中国冶金, 33(4): 1-8, 133.〔LIU T, GE L, ZHANG Y M, 2023. Advances and development trend in key technologies for all-vanadium redox flow battery[J]. China Metallurgy, 33(4): 1-8,133.〕

马乃昕, 2024. 钒矿开采及冶炼污染防治对策研究[J]. 中国金属通报(3): 65-67.

瞿金为, 马娜, 胡月芳, 等, 2025. 钒资源现状与石煤钒矿提钒新工艺进展[J]. 矿产综合利用, 46(1): 194-199.〔QU J W, MA N, HU Y F, et al., 2025. Current situation of vanadium resources and new process progress of vanadium extraction from the stone coal vanadium ore[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 46(1): 194-199.〕

吴起鑫, 王建平, 车东, 等, 2016. 中国钒资源现状及可持续发展建议[J]. 资源与产业, 18(3): 29-33.〔WU Q X, WANG J P, CHE D, et al., 2016. Situation analysis and sustainable development suggestions of vanadium resources in China[J]. Resources & Industries,18(3): 29-33.〕

肖丹, 宋泽友, 谭勇, 等, 2022. 湘西州钒矿绿色发展探讨[J]. 矿产勘查, 13(7): 1050-1054.〔XIAO D, SONG Z Y, TAN Y, et al., 2022. Discussion on green development of vanadium mines in Xiangxi prefecture[J]. Mineral Exploration,13(7): 1050-1054.〕

杨轶, 2023. 简析钒市场需求结构及未来发展趋势[J]. 冶金管理(18): 113-120.

曾凌云, 2020. 我国钒矿资源开采形势分析与建议[J]. 世界有色金属(16): 80-81.〔ZENG L Y, 2020. Analysis and suggestions on the mining situation of vanadium ore resources in China[J]. World Nonferrous Metals(16): 80-81.〕

张龙, 2023. 全钒液流电池生产、使用、回收利用过程中环保要点分析[J]. 皮革制作与环保科技, 4(12): 185-187.〔ZHANG L, 2023. Analysis of key points of environmental protection in the production, use and recycling of all-vanadium redox flow batteries[J]. Leather Manufacture and Environmental Technology,4(12):185-187.〕

张一敏, 刘涛, 陈铁军, 等, 2010. 一种从石煤中提取 V-(2)O-(5)的方法: 200810047373.9[P]. 2010-10-06.

张一敏, 袁益忠, 刘涛, 等, 2018. 一种石煤一步法制备高纯五氧化二钒的方法: 201610837827.7[P]. 2018-01-23.