

附件 2

**巴中市哲学社会科学规划项目  
结项申请书**

立 项 编 号 BZ25YB095

项 目 类 别 一般项目

项 目 名 称 巴中钠离子电池产业发展路径研究

项 目 负 责 人 张小兵

所 在 单 位 巴中职业技术学院

填 表 日 期 2025 年 6 月

巴中市社会科学界联合会 制

2025 年 3 月

## 声 明

本研究成果不存在知识产权争议；巴中市社会科学界联合会享有推广应用本成果的权利，但保留作者的署名权。特此声明。

成果是否涉及敏感问题或其他不宜公开出版的内容：是 否

成果是否涉密： 是 否

项目负责人（签字）

年 月 日

## 填 表 说 明

一、本表适用于巴中市社科年度规划项目、专项项目等结项申请。

二、认真如实填写表内栏目，凡选择性栏目请在选项上打“√”。  
课题申报信息无变更情况的可不填写《项目变更情况数据表》。

三、本《结项申请书》报送 2 份 (A3 纸双面印制，中缝装订)，  
并附最终成果打印稿 ( 正文格式要求：主标题 2 号方正小标宋简体，  
其中一级标题 3 号方正黑体 -GBK，二级标题 3 号方正楷体 -GBK，三  
级标题 3 号方正仿宋 -GBK 加粗，正文 3 号方正仿宋 -GBK )。

四、所有结项材料须经所在单位审核并签署意见。县（区）申  
报者报送所在县（区）社科联审核后统一报送至市社科联，其他申  
报者可直接报送市社科联。

## 一、项目变更情况数据表

立项项目名称	“钠”领未来，“电”亮巴中——巴中市钠离子电池产业发展路径研究							
结项成果名称	“钠”领未来，“电”亮巴中——巴中市钠离子电池产业发展路径研究							
是否变更	<input checked="" type="checkbox"/> A、是 <input type="checkbox"/> B、否		变更的内容		成果形式			
原计划成果形式	论文		现成果形式		结题报告			
原计划完成时间	2025年11月30日		实际完成时间		2025年6月3日			
项目负责人及参与人员变更情况								
原 负 责 人	姓    名		性别		民族		出生日期	年    月
	所在单位				行政职务		专业职务	
	通讯地址				联系电话			
现 负 责 人	姓    名		性别		民族		出生日期	年    月
	所在单位				行政职务		专业职务	
	通讯地址				联系电话			
原 参 与 人	姓    名	单    位		职    称	联系电话			

员				
现 参 与 人 员	姓 名	单 位	职 称	联系 电话

## 二、申请人所在单位审核意见

( 审核事项:1.成果有无政治导向问题或其他不宜公开出版的内容;2.最终结果的内容质量是否符合预期研究目标。 )

该成果无政治导向问题或其他不宜公开出版的内容，最终结果的内容质量符合预期研究目标，同意报送。

签 章  
年 月 日

## 三、县（区）社科联意见

( 审核事项:1.成果有无意识形态问题; 2.是否同意结项。 )

单位（公章）:

负责人签字:

年 月 日

## 四、专家鉴定意见

(请在对应意见栏划“√”)

1.成果有无意识形态方面问题： 有  否

2.是否同意结项： 是  否

3.鉴定等级： 优秀  良好  合格

主审专家签字：

年 月 日

## 五、市社科联审核意见

单位(公章):

年 月 日

# “钠”领未来，“电”亮巴中——巴中钠离子 电池产业发展路径研究结题报告

## 一、课题概况

### (一) 课题立项背景与研究意义

#### 1. 钠离子电池技术的战略地位与研究背景

清洁能源转型对储能技术提出了更高要求。钠离子电池依靠储量丰富的钠资源，无需依赖稀有金属，制造成本低，安全性能稳定，逐渐被视为替代锂电池的可行方案。其结构适用于调峰储能、两轮电动车等中低能量密度场景，具备良好的系统

兼容性。一些企业已经启动工程化试验，一些产品正在进入示范环节。研究重心从单体性能优化向全链条系统集成转移，产业化节奏不断加快。对钠电的深入研究不仅能回应多元储能需求，也能打开区域能源布局的新通道，特别适合资源结构单一，交通条件复杂的地区，具备良好的工程推广基础。

## 2. 巴中市新能源转型中的现实诉求

巴中长期依赖传统能源，产业以初级加工为主，整体附加值不高。现有的能源结构难以支撑高质量发展的目标，也制约了区域绿色转型的步伐。推动新能源替代已成为必然选择。钠离子电池对资源依赖程度较低，原材料获取路径清晰，制造环节相对成熟，具备较强的产业落地能力。巴中本地拥有一定的石墨矿、霞石铝矿等资源储备，也具备较完备的制造基础，具备引入钠电产业链的初步条件。依托本地高职教育体系和产业载体，可以实现从技术引进到人才培养的协同推进。通过引入钠电项目，巴中有望培育出新的增长点，缓解资源型城市面临的结构性转型压力。

## 3. 课题的理论价值与实践意义

钠离子电池融合了能源、材料和制造多个领域，技术跨度大，产业落地难度高。许多研究集中在材料性能和单项成本，缺乏对城市级产业转化路径的具体探索。以一座资源型中小城

市为对象，观察钠电技术如何与地方产业体系衔接，有助于发现理论与实际之间的真实落差。这项研究不仅梳理出关键环节，也关注教育体系、基础设施和企业能力之间的匹配关系。成果可以为地方政府制定规划提供支持，也能为高校和企业找到更明确的协作方向。对其他经济基础相似的地区来说，这种路径设计有一定参考价值，也能推动技术从试验室更快进入工程化阶段。

## （二）研究目标与任务设定

### 1. 识别钠离子电池产业链与地方资源的匹配关系

钠离子电池的产业链涵盖材料提取、电池制造、系统集成与终端应用等多个环节。每一环节所需的资源类型、技术门槛与协作要求各不相同。中小城市在发展这类新兴产业时，关键不在全链条复制，而在识别哪些环节能够与本地资源形成高效连接。以巴中为例，其具有一定规模的铝土矿石墨矿资源，具备基础化工和初级制造能力，这可能为负极材料合成、电芯封装等中游环节提供落地条件。识别过程不仅需要技术路径判断，也要考虑能源结构、物流网络与教育资源等外围因素的制约。研究目标是建立一种“区域要素—产业环节”对应机制，为钠电产业的本地化提供可量化的判断框架。

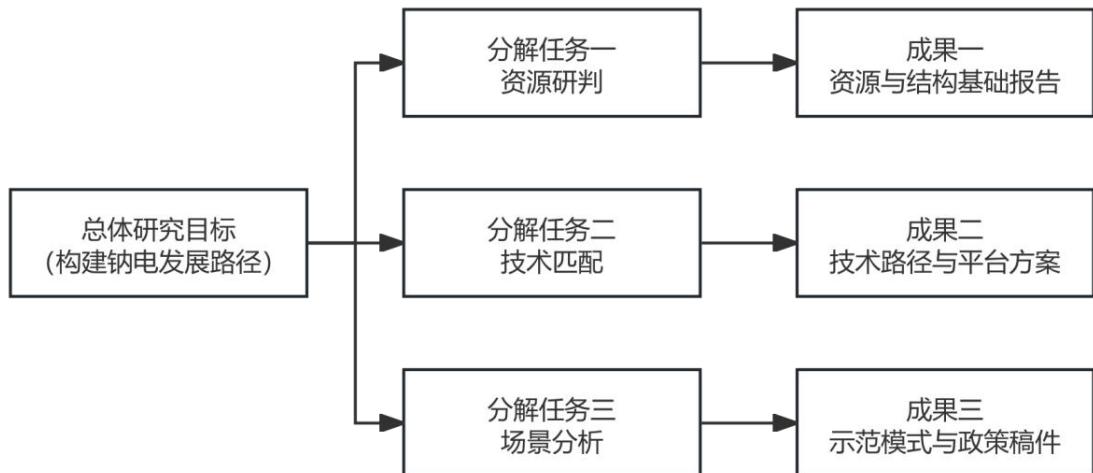
### 2. 明确钠电产业落地所需的关键基础条件

钠电产业从技术原型到工程化部署，过程高度依赖一系列基础条件的支撑。这不仅包括物理层面的能源供给、土地保障与制造能力，也涵盖制度环境中的政策激励、市场准入与金融机制。在区域层面，产业落地的关键往往取决于能否在短时间内建立起研发转化通道、形成稳定的上下游协同链条，并匹配足够的专业技术人才与管理体系。城市的交通组织、园区承载力以及电力负荷结构，同样构成制约或推动的变量。钠电产业并非孤立存在，它必须嵌入到一个既稳定又具备扩展能力的产业生态中。识别这些底层要素，将为发展策略提供决策依据，也为地方政府构建政策框架指明方向。

### 3. 提出具备阶段性目标的区域发展路径

钠离子电池产业的构建需要分阶段推进，而非一蹴而就。在区域层面，这一过程应从资源识别与技术引入开始，逐步过渡到产业聚集和体系优化。首阶段聚焦于落地试点项目，优先选择中游制造环节与特定应用场景，验证技术可行性和市场适应性。中期应推动上下游环节联动，引导形成原料、设备与集成环节的本地配套，构建产业协同格局。远期目标是建立完整产业生态，包括研发平台、标准体系与政策支持系统，实现规模化生产与对外输出能力。在这一框架下，每一阶段都对应明确任务、匹配资源与可评估指标，构成可操作的本地化路径图，

也为区域产业转型提供模型支撑。



### (三) 课题组织与实施过程

#### 1. 研究阶段划分与时间计划

课题按预设计划分为四个阶段实施。第一阶段完成了文献收集与产业链结构分析，构建了巴中资源条件与钠电技术需求之间的匹配框架。第二阶段开展了实地调研与企业访谈，获取了关键数据并识别出本地落地的制约因素。第三阶段聚焦于路径设计与政策体系构建，提出了具有阶段性的推进策略。第四阶段完成了研究报告、政策建议稿、调研分析文本与技术路线图的撰写与整合。各阶段任务按期完成，内容衔接合理，整体推进符合计划安排。

#### 2. 课题组成员职责分工

课题组由张小兵和四名研究成员组成。张小兵作为项目负责人，负责课题的整体设计、研究方案构建与全过程组织协调，主导完成了研究报告撰写与成果审核工作。其他成员根据任务分工，分别承担了国内外文献资料收集、钠离子电池产业现状分析、调研组织与数据处理、地方资源条件与产业结构分析、技术路线图设计、政策建议草拟、图表绘制与最终成果编辑等任务。各成员分工明确，配合紧密，确保了各阶段工作有序推进，研究成果高质量完成。

### 3. 研究方法与技术路径概述

研究围绕资源、技术与产业之间的关系展开。前期采用文献查阅方式，梳理钠离子电池的技术演进和市场动向，了解国内外典型做法。随后筛选具代表性的城市和企业，分析产业链部署的关键环节和适配条件。调研阶段聚焦巴中市的资源结构、交通条件、产业基础和能源系统，收集一手资料，用于判断落地的可行性。整理数据后，构建一套适用于地方判断的分析路径，从资源评估到技术筛选，再到产业布局的逐步推进。整个过程中设定了阶段性评估点，根据调研反馈及时调整分析逻辑和重点方向。成果结构围绕四类输出展开，分别对应路径构建、资源分析、政策建议和图示设计。

## 二、研究基础与实证分析

### （一）国内外钠离子电池产业发展现状

#### 1. 国际钠离子电池技术路线与市场格局

钠离子电池的基础研究始于二十世纪七十年代。早期因能量密度偏低，未能进入主流路线。进入新世纪后，随着锂资源供应紧张与成本波动加剧，钠电技术重新受到重视。多个国家在正极材料、电解液耐稳定性和结构匹配方面加快推进。当前主流技术路径以普鲁士蓝类和层状氧化物为核心，负极多采用硬碳、软碳与复合碳材料，研发重点集中在能量密度、倍率性能与循环寿命三个方向。英国企业聚焦中短途电动出行与小型储能系统，法国项目倾向高倍率工况，美国机构瞄准数据中心与工商业储能场景。不同团队多数选择回避锂电主战场，从材料兼容性、制造成本与细分市场需求入手，构建独立赛道。国际格局呈现出从早期研发向场景落地过渡的特征，部分技术路线已具备工程化试验基础。

#### 2. 国内政策支持、科研进展与企业布局

钠离子电池已进入政策推动和技术加速的双重阶段。国家“十四五”规划明确提出发展新型储能，把钠电列入重点方向。相关文件多次强调材料突破和试点示范，推动技术研发和应用结合。多所高校和研究机构在材料选择、循环稳定性和成组效

率方面持续推进。中科院物理所、复旦大学和中南大学等团队已公布关键实验成果。企业也在加快布局，部分电池厂商建立专门研发线，已完成中试样品开发，开始在低速车和户用储能中测试使用。一些地方政府提供资金和场地，吸引项目落地并组织示范运行。整体来看，钠电技术在中国正从研究走向产业，政策、资本与场景逐步打通，为进入市场奠定了实际基础。

### 3. 国际经验对区域产业发展的借鉴价值

钠离子电池在国际上虽未大规模推广，但已有多个项目进入应用阶段。部分国家以具体场景为切入点，从社区储能、数据中心和通信基站等低门槛领域逐步推进。场景需求清晰、技术要求适中，有助于缩短试验周期。项目初期多通过高校或实验平台开展合作，整合资源，降低成本。一些企业对锂电产线进行小幅改造，实现钠电产品的快速切换。政府部门则通过小额补贴或绿色采购推动设备使用，在保证风险可控的前提下创造真实市场反馈。这类做法强调成本控制、节奏可控与技术匹配，对资源有限的城市具有现实启发意义。钠电不必从全链条起步，只要找准一两个具备转化条件的环节，就能启动初始路径，逐步带动系统化发展。

## （二）巴中市资源与产业基础条件分析

### 1. 自然资源与能源结构情况

巴中市位于四川盆地东北部，是典型的山地型资源城市。市内矿产资源种类丰富，天然气、煤、铁矿、石墨矿、霞石铝矿等矿产资源储量稳定。截至 2022 年底，巴中市已发现矿产种类 50 余种，其中天然气地质储量 800 亿立方米，远景资源量 1.5 万亿立方米。此外，巴中市水资源条件较好，地质稳定性强，适合发展电化学类制造和储能产业。

能源结构仍以火电为主，但水电和光伏发展较快。根据《巴中市碳达峰实施方案》，到 2025 年，全市非化石能源消费比重达到省平均水平，水电、光伏、天然气发电等总装机容量达 110 万千瓦左右。到 2030 年，水电、风电、光伏、天然气发电等总装机容量计划达到 260 万千瓦左右。目前，巴中市正在加快推进多个清洁能源项目，如通江兴隆风电场项目、平昌双滩抽水蓄能电站等。

本地资源不具稀缺性，但组合稳定，结构清晰，适合中游制造与区域消纳的双重场景。钠电产业如能结合本地资源特征推进应用验证，具备形成局部闭环的可能。

## 2. 交通区位与产业承载力分析

巴中位于四川东北部，与达州、南充、广元接壤，是成渝城市群向秦巴山区过渡的重要节点。近年基础设施加速建设，铁路已开通至重庆、成都等方向，巴中恩阳机场开通航线达 10

余条。高速公路纵横连接，形成巴达、巴成、巴南等多条出城通道，区域物流能力不断增强。尽管通达速度与省内核心城市仍有差距，但交通瓶颈已明显改善。

产业结构仍以传统制造、农产品加工为主。高端制造基础薄弱，自动化装备占比偏低。人才来源多依托本地高职体系，高技能劳动力需外部引进或定向培训。园区空间相对宽裕，已形成“一个核心引领（巴中经开区），三个基地协同（巴州区、恩阳区、平昌经开区）”的产业空间布局，具备承接钠电类中试或初级制造项目的潜力。

指标项	数据数值	说明
铁路通达城市数量（个）	10	覆盖重庆、成都等主要节点
恩阳机场年旅客吞吐量（人次）	50.8 万	稳步增长，支持外部要素流动
已建产业园区规划面积（亩）	29000+	主要集中在巴中经开区、恩阳两地
工业用地综合容积率	0.88	空间利用率尚有上升空间
本地高职院校毕业生年产出人数	3700+	多集中在医学、基础制造类专业

巴中具备交通可接、空间可配、政策可调的特点，虽承载体系尚未完善，但作为新能源试点布局具备起步条件。



### 3. 钠离子电池产业项目的引进与发展

在钠离子电池产业方面，巴中市已成功引进多个钠电产业项目。2024年12月18日，巴中市华屹储能钠离子电池正负极材料和电池生产基地项目签约落地。该项目将在巴州工业园区建设，分期推进，建成后预计年产10万吨正极材料、5万吨负极材料以及10GWh钠电芯和200万套电池PCA包。巴中市委、市政府通过实施“生态工业兴市、先进制造强市”的战略，将钠电产业作为绿色转型的新引擎，并计划将巴中打造成“中国西部重要钠电产业基地”。

### 4. “八个一”工作推进机制

为了推动钠电产业的发展，巴中市建立了“八个一”工作推进机制，其中包括：成立钠电产业工作专班、编制专业规划、建设钠电产业园区、设立产业研究院、出台支持政策、设立产

业基金等。这些措施为钠电产业的快速落地和发展提供了政策保障与资源支持。

## 5. 钠电产业与清洁能源项目协同发展

巴中市正在加快推动清洁能源产业的发展，尤其是在风电和光伏项目方面。2025年政府工作报告明确提出，将加速推动风电项目的建设，尤其是在通江、平昌、南江等地。这些项目的推进将为钠离子电池产业提供稳定、清洁的能源来源，支持钠电产业的绿色发展。巴中市恩阳区的屋顶分布式光伏项目也在加快建设，预计年发电量约1100万度，为园区和电网提供稳定的绿色能源。

## 6. 相关产业体系现状与支撑能力评估

巴中市的工业体系以建材、食品加工和基础制造为主。多数企业规模较小，产品集中在初级环节，产业链短、附加值低。本地尚未形成完整的电子信息或新能源类配套体系。大部分智能装备、关键原材料仍依赖外部输入，技术协同能力较弱。虽然钠电相关企业尚未形成体系，但已有部分电子、化工、电源外壳制造企业具备一定改造空间，有望切入中游制造模块。

在支撑能力方面，市内建有多个中小企业孵化器，具备早期技术验证与转化基础。高职院校设有基础新能源汽车、机电、

电子等专业方向，但针对新能源领域的专业布局仍显不足。

指标项	数据数值	备注说明
市内规模以上工业企业数量(家)	401	主要集中于轻工、建材和农产品加工领域
战略性新兴产业占工业比重(%)	7.6	主要由生物医药与初级电子加工构成
高校及高职院校数量(所)	1	主要为综合类和应用技术型院校
中小企业孵化园区数量(个)	12	分布于巴中经开区和恩阳区
在建或规划中的产业链技术平台数量(个)	0	尚无钠电或新能源领域专属平台

### (三) 调研数据与典型案例分析

#### 1. 国内钠电企业案例库调研

调研覆盖了十余家钠离子电池企业，涵盖材料、电芯、系统集成和应用四类环节。企业主要集中于江苏、浙江、山东和四川。多数处于试产或示范阶段，规模尚小，但发展方向明确。部分企业依托锂电产线改造实现工艺转型，重点聚焦储能、电动两轮车与工商业微电网场景。技术路线以普鲁士蓝类正极和硬碳负极为主。现有产能大多低于1GWh，强调灵活部署和低成本运营。

企业名称	所在地区	业务定位	技术路线	应用方向	建设进展
中科海纳	江苏	电芯研发/制造	普鲁士蓝+硬碳	储能、电动两轮车	产线建成，试产
鹏辉能源	广东	系统集成	普鲁士蓝+硬碳	储能、电源系统	模块出货
蜂巢能源	浙江	全链条布局	普鲁士蓝+软碳	家储、工商业储能	投入小批量验证
魏桥钠电	山东	材料+电芯	钠锰氧+硬碳	工业场景储能	产线在建

川能动力	四川	储能系统制造	普鲁士蓝+石墨 混碳	通信基站、数 据中心	中试完成
------	----	--------	---------------	---------------	------

企业普遍采用错位竞争策略，避开锂电主流市场，集中突破低速、低压、长寿命等细分场景。当前阶段更重验证与成本控制，产业形态仍在演化中。相关经验对地方构建起步型产业链具备重要参考意义。

## 2. 典型问题识别与区域发展障碍分析

当前钠电项目多集中在沿海和制造基础较强的地区。中西部城市缺少关键配套，推进难度更大。巴中虽有资源基础，但制造能力弱、技术路径不清、市场认知度低。多数企业以传统加工为主，对钠电产品和流程了解不多。本地高校尚未建立与产业对接的人才通道，技术岗位缺口明显。部分政策已有布局，但缺少专门机制支持。

指标项	样本城市均值	巴中市现状	差距判断
成熟制造企业数量（家）	40+	不足 10	明显不足
电池相关专业人才占比（%）	8.50%	< 3%	人才支撑薄弱
中试平台或实验平台数量（个）	3~5	0	缺口严重
新能源配套政策完整度（10 分）	8.2	5.1	有待完善

园区虽有空间，但方向不清，经验缺乏。缺口集中在设备、试验和标准环节。若无外部支撑，很难形成内生动力，也难以实现本地闭环。

### 三、研究成果与发展路径建议

#### (一) 钠离子电池重点应用场景研究

##### 1. 电网储能领域的应用前景

###### (1) 在调峰调频中的技术优势与经济性分析

钠离子电池适合用于电网侧调峰调频。它放电平稳，响应快，能在几百毫秒内完成调节，适配灵活电网的运行需求。和锂电相比，钠电在高温安全性、低温适应性和循环寿命方面表现更好。特别是在西部地区，钠电能在水电占比高、电价波动大的环境中稳定运行。电池结构简单，原材料来源广，制造成本低，适合大规模部署。部分项目数据显示，储能系统单位成本已降至0.8~1.0元/Wh，具备推广潜力。

项目指标	锂离子电池	钠离子电池
循环寿命（次）	4000~6000	5000~8000
放电效率（%）	92~95	88~93
热稳定性	一般	较好
成本估算（元/Wh）	1.2~1.5	0.8~1.0
材料资源依赖性	高（锂、钴）	低（钠、铝）

综合性能和成本来看，钠电是适合中小城市和分布式电网的储能方案，尤其适用于削峰填谷和低频调节。

###### (2) 与光伏系统协同的工程实践基础

光伏发电存在波动大、不连续的问题。钠离子电池能快速

响应，适应不同时间段的电力输出变化。它能把中午多余的发电量存下来，在早晚或阴雨时释放，维持供电平稳。在实际项目中，钠电常用于分布式光伏系统中，构建“发-用-存”一体结构。系统多见于农村屋顶、小型工业园和通信基站等场所。

钠电设备安全性高，适应温差大，不依赖稀有金属，适合在中西部推广。多个试点工程显示，它能有效减少弃光，提高自用率，也降低了用户对外部电网的依赖。

项目类型	光伏出力波动率(%)	钠电调节反应时间(ms)	系统日负载平衡率(%)	系统能量自给率(%)
农村屋顶型系统	25~35	<300	88~92	65~75
工商业独立系统	18~25	<500	80~87	50~60
通信基站供能点	>30	<250	90+	70~80

在光伏波动频繁的场景中，钠电可作为稳定器，提高电能利用率，也降低运行不确定性，适合逐步推广到二三级电网末端。

### (3) 农村电网与分布式能源系统中的适用性

农村配电网负荷不稳，波动大，设备老旧，很多区域还存在电压不稳、容量不足的问题。随着光伏进村、储能入户，原有系统难以应对新的能量流动需求。钠离子电池适应温差大，响应速度快，结构简单，不依赖稀有材料，适合这种运行不稳定、环境条件复杂的场景。

和锂电相比，钠电更安全，维护周期更长，对管理要求低。在一些西部村镇，钠电已与光伏组合，形成“自发自用+余电上网”模式，部分地区还作为应急电源独立运行。它不仅提升了用电可靠性，也减轻了农村电网的负荷。

指标项	常规锂电系统值	钠电系统实测值	说明
可维护间隔(天)	90~120	180~200	减少频繁巡检
年故障率(%)	1.5~2.3	0.7~1.2	更稳定，适合人手不足地区
可适温差区间(℃)	-10~45	-20~60	适应高寒或高温乡村环境
日负荷波动覆盖率(%)	—	23~38	能有效调节村网典型波动
储能回本周期(月)	60~72	48~60	成本更低，投资回报更快

从实际运行情况看，钠电系统更适合农村和边远地区使用，特别是在具备光伏基础的地方，具备推广空间。

## 2. 城乡低速电动车应用分析

### (1) 城乡出行市场对钠离子电池的适配性

城乡低速电动车多用于短距离出行，功率小，续航要求不高。钠离子电池更安全，价格更低，特别适合这种场景。它能耐高温、抗低温，结构稳定，不容易起火。很多车型对续航和充电速度要求不高，钠电电池完全能满足日常通勤和轻度运输。

每天的骑行距离通常不超过20公里，多数车辆每天只需充一次电。钠电支持深度放电，容量充足，减少频繁充电带来的麻烦。在多个试点项目中，钠电车型的稳定性和安全性表现良

好，用户反映使用成本低，维护方便。

指标项	市场平均值	钠典型值	说明
平均单次出行里程 (km)	12~18	支持 60+	满足 1~2 天通勤
每日平均充电次数 (次)	1	0.6~0.8	电量更充足
电池最大放电倍率 (C)	<1.5	2.0~2.5	启动平稳，加速快
单车系统总成本下降幅度 (%)	—	10~18	与锂电相比更便宜
城镇骑行设备自燃事故率 (/万台)	2.8	<0.5	明显降低事故风险

钠电在城乡短途交通中已有可行基础，是锂电之外值得推广的选择。

## (2) 在两轮和三轮电动车中的部署条件

城乡地区使用两轮和三轮电动车的人群广，需求稳定。钠离子电池安全性高，价格更低，适合这种轻型交通工具。但要实现推广，还需要解决车体设计、电池安装和充电接口等关键问题。

钠电的体积略大于锂电，需要调整车架空间或更换电池结构。电芯电压较低，电池需要串联使用，管理系统也要同步升级。一些老款车辆无法兼容新电池方案，需定制化改造。城乡充电桩普及度不高，电力系统接入标准不统一，使用体验受限。部分企业已开始采用轻车身、快换电池等方式，提高适配度和换电效率。

条目	当前现状	钠电部署建议条件	说明

电池舱容积 (L)	6~8	$\geq 9$	适配体积稍大的电芯
电芯串联上限 (个)	< 12	$\geq 16$	输出电压需同步提高
低压接口适配比例 (%)	45~55	$\geq 80$	提高通用性和接入效率
空载车重 (kg)	48~60	< 45	降低能耗、延长续航
快换电池支持率 (%)	< 10	$\geq 30$	降低运维负担

钠电如果在结构、电压和充电方式上做出调整，将有条件成为城乡电动车的新选择。

### (3) 安全性、成本与电池更换机制探讨

城乡低速电动车用得多、跑得频繁，对电池的安全性要求更高。钠离子电池不含锂和钴，热反应慢，不容易起火。它能耐高温，稳定性好，特别适合高温潮湿或电网不稳定的地区。电芯不容易膨胀，也更能承受撞击和震动。

在价格方面，钠电的原材料容易获得，电池结构简单，加工成本也低。按同样容量计算，钠电比锂电便宜不少。但目前换电还不方便。钠电的电池包接口种类多，还没统一标准，不同车型之间难通用。一些企业正在试点通用换电包和共享电池站，探索“租电”这种方式，帮用户降低一次性投入。

项目指标	锂电系统	钠电系统	说明
热失控起始温度 (°C)	160~180	> 200	更不容易起火
每 Wh 生命周期成本 (元)	1.35~1.50	0.95~1.10	钠电更省钱
每年平均更换次数 (次/车)	1.4	0.9	用得久，换得少
标准接口通用率 (%)	60~70	< 40	接口还没统一
平均月使用费用 (元)	80~110	60~85	花费少 10~25%

钠电在安全和价格上有明显优势。如果标准统一得更快，换电机制更成熟，推广速度会更快。

### 3. 工业与公共机构储能场景研究

#### (1) 工业园区微电网需求分析

工业园区用电集中，用量大，负荷波动强。高峰期容易拉高整体电价，低谷期又容易资源浪费。微电网能在园区内部调节用电节奏，帮助企业错峰用电、削减峰值电费，也能减轻主网压力。储能是微电网的核心组成，而钠离子电池更适合这种场景。它安全、耐高温、寿命长，系统维护也少，适合长期运行。

钠电还能配合园区里的光伏、余热发电等绿色能源，提升“发多少、用多少”的比例。多个新园区已经尝试将钠电接入微电网，反馈是平稳、便宜、可靠。特别是三四线城市用地紧张、资金有限，钠电部署性价比更高。

项目指标	工业园区 平均值	钠电系统建议参数	说明
峰谷负荷比 (%)	2.5~3.2	可平衡至 < 1.5	减少高峰电价压力
配电网日波动频率 (次)	30~60	快充快放适应全频段	响应快
储能年维护时长 (小时)	> 100	< 60	更省人力
可用空间占比 (%)	2~5	钠电占比低于 2%	更容易安排布点
可再生能源就地消纳比 (%)	< 35	提升至 50~60	提高本地用能比例

钠电方案适合从中型园区做起，逐步扩展到核心负荷节点，是当前微电网建设中的务实选择。

## (2) 学校、医院等公共设施的应用潜力

学校、医院、社区服务站等公共设施不能停电。一次断电，可能打断教学、影响救治，也会干扰日常服务。但很多地方的备用电源不完善，平时依赖主网，没有本地储能。钠离子电池稳定、安全、能深度放电，是补充这类用电场景的一个好方案。

这些单位大多在城区，空间有限，人手不足，对设备的体积和维护都比较敏感。钠电不怕高温，寿命长，平时不需要专门维护，也不要求快充。在已有的一些试点里，钠电和屋顶光伏、电源插备系统一起配合用，日常运转平稳，遇到突发情况也能快速切换，保证基本用电。

项目指标	传统方式数据	钠电系统数据	说明
年均停电次数(次)	4~6	<1	加装钠电后可不间断供电
备用电源切换时间(秒)	20~60	<5	快速响应
全年维护次数(次)	>12	4~6	省人力
每 kWh 占地面积( m <sup>2</sup> )	0.25~0.30	<0.20	安装灵活
备用供电保障率(%)	<70	90~98	覆盖大部分应急需求

钠电在这类设施中，特别是在小型城市或偏远区域，具推广空间，也能提升用电安全感。

## (3) 典型使用场景的技术可行性评估

钠离子电池已经在一些实际场景中投入使用，比如工厂屋顶、县级水务中心、医院配电间和应急通信点。这些地方电压

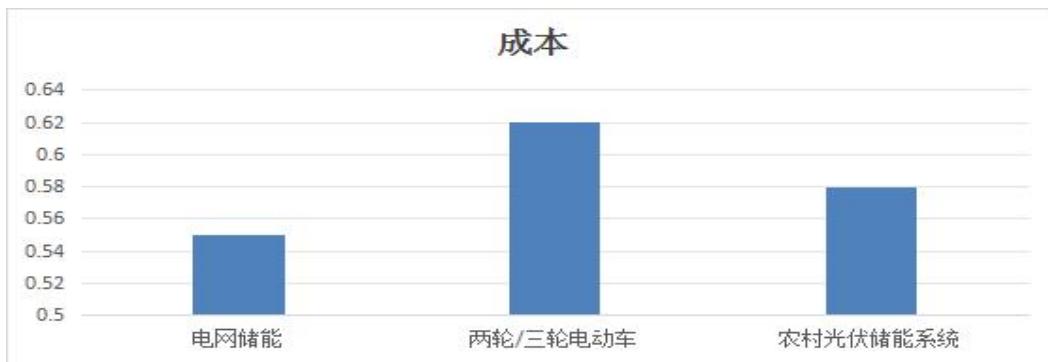
不稳、空间有限、设备运行时间长，对储能系统的要求更高。

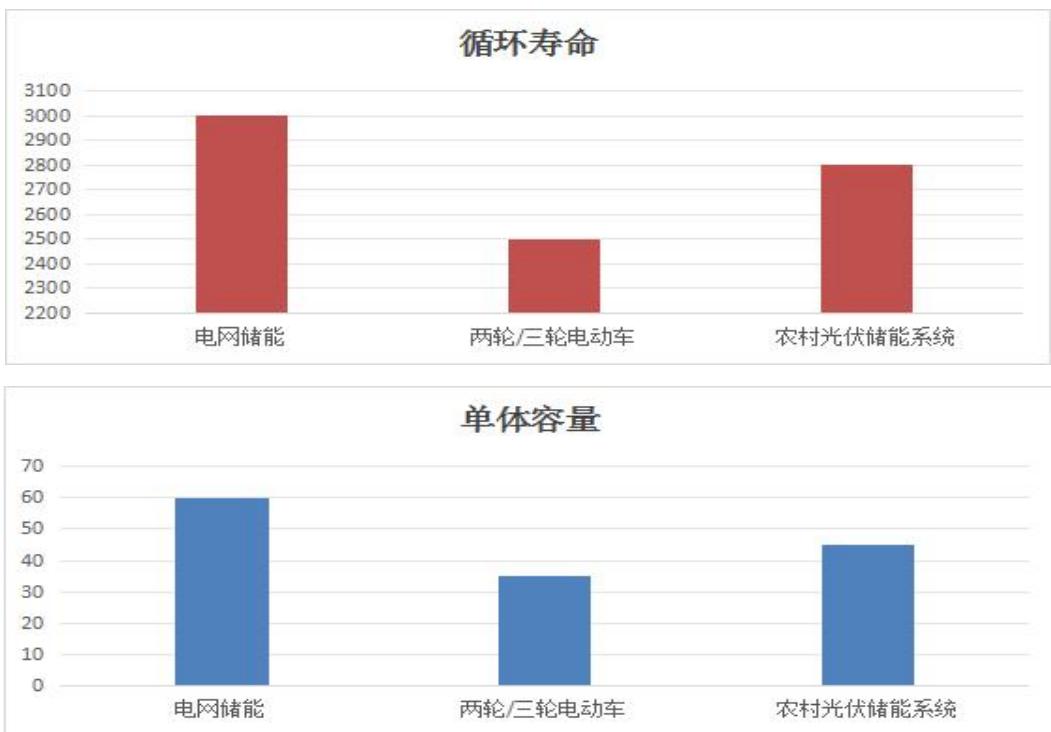
钠电设备在这些环境下表现稳定，运行安全，适配能力强。

系统启动快，能在十几秒内完成供电准备。电压输出稳定，不易受环境干扰。设备是模块化设计，搬运方便，能分批安装，适合空间碎片化的场地。控制接口通用率高，大多数项目可以直接接入原有的管理系统，不需要大改。钠电还能冷启动，在断电后恢复供电速度快，适合做应急备用。

项目指标	实测值	推荐区间	说明
冷启动时间（秒）	9~14	$\leq 15$	响应快，适合应急场景
电压波动范围（%）	$\pm 1.5$	$< \pm 2.0$	输出平稳，设备更安全
单位容量安装时长（小时/kWh）	1.2~1.6	$\leq 2.0$	安装快速
控制系统接入成功率（%）	97~100	$\geq 95$	易于对接现有系统
本地配件采购占比（%）	62~75	$> 60$	带动地方企业参与

数据说明，钠电技术不仅能在实验室使用，也适合走进日常生活场景，具备向更多城市推广的基础。为直观展示不同场景下的技术经济适配性，下图对比了三类重点应用的核心参数指标。





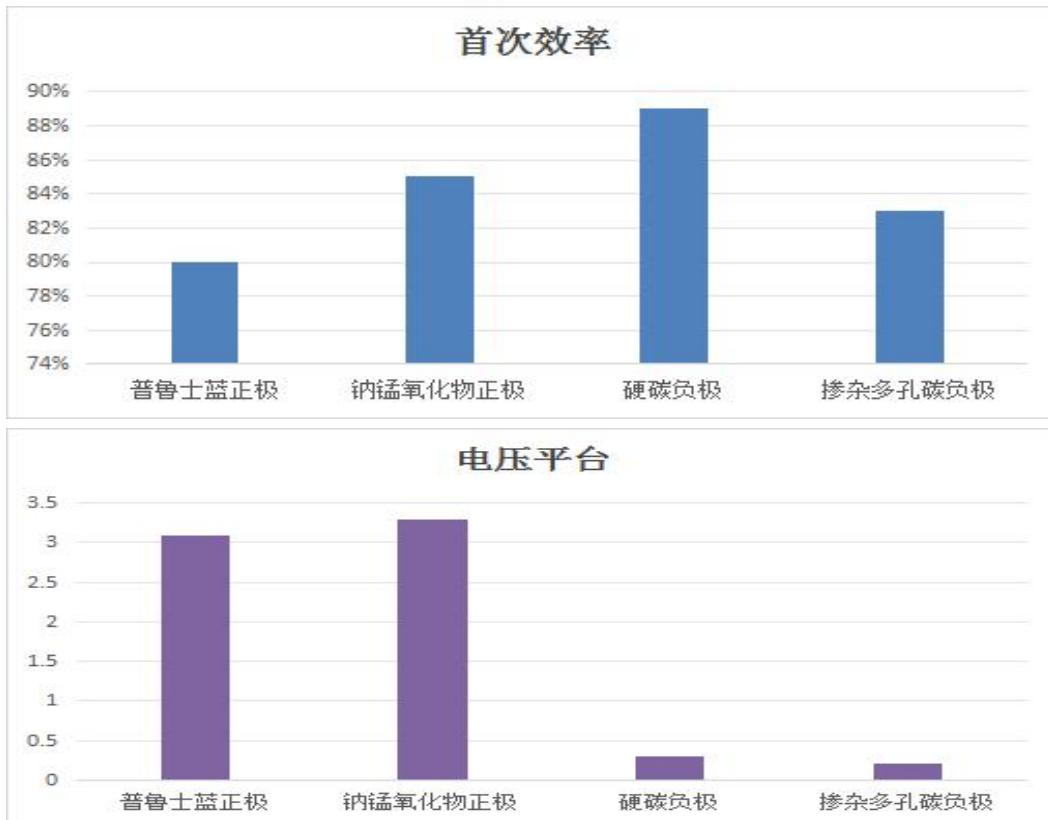
## （二）先进电池材料产业发展方向

### 1. 钠离子电池正负极材料技术趋势

钠离子电池的核心性能高度依赖正负极材料的组合。当前正极材料主要包括普鲁士蓝类、钠锰氧化物和钠镍系层状材料。普鲁士蓝类具有成本低、合成工艺简单的优势，适用于价格敏感型储能系统，但循环寿命偏短。钠锰氧化物具备更高的容量和能量密度，适合电网调峰等高频次、大功率场景。

负极材料方面，硬碳是目前最成熟的解决方案，具备良好的首次效率、结构稳定性和循环性能。同时，多孔碳和掺杂碳材料正在进入中试阶段，目标是在快充性能和低温环境适应能

力上取得突破。这些新材料的逐步工程化，有望推动钠电池更快向多样化应用落地。



## 2. 电解液与隔膜等关键材料的产业匹配度分析

钠离子电池的性能不仅取决于电极材料，电解液和隔膜也非常关键。钠离子比锂离子大，活动更慢，对溶剂、电导率和界面稳定性要求更高。目前常用的电解液由碳酸酯溶剂加钠盐组成，加入少量添加剂用于改善成膜。但在低温下，这类配方粘度会上升，导电能力下降，影响放电效率。

隔膜方面，大多还是用锂电池现有产品。但钠电运行时化学特性不同，容易出现孔径不匹配或膜体膨胀的问题。一些

企业开始试用涂覆隔膜，效果更稳定，热收缩率也更低。不过整体来看，钠电用材料的本地配套还不够，区域之间差异大，量产能力也有限。

项目指标	主流材料参数	钠电适配表现	匹配情况
电导率 (mS/cm, 25°C)	8.5~10.0	6.0~8.0	一般
低温电粘度 (-20°C, mPa · s)	<15	18~25	偏高
隔膜孔径偏差 (nm)	<5	>8	匹配难度较大
阻燃添加剂使用比例 (%)	<2	3~4	安全性可提升
本地材料采购比例 (%)	60~75	<50	有待配套建设

### 3. 先进材料本地化路径与科研平台构建建议

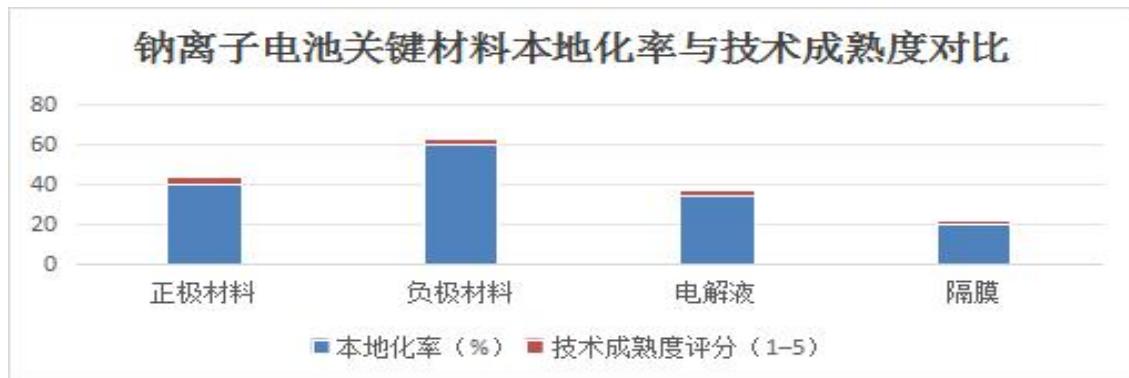
钠电池想要落地快，材料环节必须跟得上。现在，像铝、石墨这些基础原料，本地已有供应。但电解液配方、隔膜涂层、涂布工艺还主要靠外地。这限制了成本控制和响应速度，也不利于本地产业扎根。

建议把钠电材料产业纳入地方产业链重点。已有的化工企业可以引导转型，补上中游工艺这块短板。同时，要建设一个具备多种功能的材料科研平台，能做原料测试、样品合成、小批量试验，还能培训本地技术人员。这个平台应和本地高校、企业一起建，做成共享的、开放的中试基地。

指标项	当前水平	建议目标值	说明
原材料本地保障率 (%)	40~55	≥75	铝、碳等已有部分资源

材料工艺本地转化率 (%)	< 20	$\geq 50$	包括涂布、干燥、混合等基础流程
科研平台覆盖环节 (数量)	$\leq 2$	$\geq 5$	要能做分析、测试和试产
校企联合项目年均数量 (个)	3~5	$\geq 10$	增强高校与企业之间的互动
新材料试验线年服务次数 (次)	0	$\geq 8$	平台需对外开放、支持企业用

材料本地化水平与工艺成熟度的匹配情况，决定了初期产业布局的可行性与风险。负极材料优势明显，隔膜与电解液短板突出，需引入外部合作或平台补强。



### (三) 巴中市钠离子电池产业发展路径设计

#### 1. 产业战略定位与阶段目标设定

钠离子电池正在加快产业化进程，带动上下游环节重组。对巴中来说，这是一条能起步、能承接的产业赛道。相比沿海地区的规模化布局，巴中不具备整链条件，但具备资源可用、成本可控、场景真实等优势。钠电项目落地，既能强化本地制造能力，也能带动能源结构调整。

在定位上，应聚焦“制造集成+本地配套”。先从中游工艺切入，引导关键企业落地；再围绕交通、电力等真实场景，带

动系统组装、运维服务等配套环节同步发展。路径设计可分为三个阶段展开：

第一阶段，重点在于引进核心环节，完成中试线和部分材料制备环节布局。要形成清晰的产线结构，具备试产能力。

第二阶段，推动钠电产品在本地储能、交通等场景中应用，提升实际出货能力，带动配套体系完善。

第三阶段，逐步形成系统解决方案，输出“产品+服务”，对接成渝周边市场，提升外部链接能力。

发展节奏需稳中求快，既要确保技术落地，也要给后续拓展留出空间。通过阶段性建设，有望推动钠电产业成为本地产业结构中的稳定支撑。

## 2. 重点产业链条构建与功能区布局设想

钠离子电池产业链包含材料处理、电芯制造、系统集成和终端应用几个核心环节。巴中不宜追求全链覆盖，更应集中力量把中游做实，把关键环节拉通。电芯制造和电池组装是发力重点，材料准备和场景落地可作为延伸方向，带动配套体系逐步成型。

空间布局建议围绕巴中经开区、巴州区和恩阳区展开。经开区和巴州区基础条件成熟，适合建设电芯车间、材料仓储和性能检测等平台。恩阳区地势集中、交通顺畅，更适合布置整

包集成、电池模组调试等环节。各有分工，又能连片推进，形成“小闭环+大通道”的产业格局。

可预留部分园区厂房，引导现有企业改造产线，转向标准化零部件供给。依托典型示范项目建设中试线、试验站，推动本地团队参与调试与运维，提升系统集成能力。

链条清晰、节奏有序，有助于降低初期投入成本，也为后续产业升级提供了稳定通道。

### 3. 产业生态体系与企业培育机制

钠离子电池产业的发展，不能仅靠个别项目推动，更需要稳定的生态体系支撑。在产业链条尚未完全成型的阶段，巴中应从基础配套、企业成长、平台支持三个方向同时发力，逐步构建协同、高效、可持续的产业网络。

配套体系建设要优先围绕原材料供给、电芯封装、检测服务等环节展开，支持一批中小企业进入基础工艺段。重点企业可通过“链主”模式确立市场牵引作用，带动供应链向下延伸、向内整合。公共平台建设可聚焦性能测试、产品认证、技术咨询等功能，提升本地服务能力。

企业培育上，应推动地方企业参与早期组装、运维、配件制造等环节，引导其逐步切入核心工艺，鼓励从试用走向共建。在此基础上，搭建稳定的人才引育机制，推动高校、职校与企

业共建实训通道，强化工程能力储备。

生态稳定、路径清晰，才能吸引长期投资者持续跟进，也为本地形成可复制的产业成长逻辑提供基础支撑。

#### 4. 政府引导与政策支持

巴中市明确提出将钠电产业作为未来发展的重点产业，特别是在《巴中市钠电产业发展政策》中，政府为钠电项目提供资金、技术和政策支持。例如，市政府已设立2亿元的巴中钠电产业基金，为钠电产业提供专项融资支持。此外，巴中市还推出了一系列优惠政策，包括对钠电产业的税收优惠、企业入驻补贴以及技术研发支持。

#### 5. 区域协同发展与清洁能源支撑

通江、平昌、南江等地区也在其2025年政府工作报告中明确提出，将加大风电和光伏项目的建设力度，预计到2025年，巴中市将拥有更多的清洁能源供给，这将有效支撑钠电产业的发展。屋顶光伏项目和风电项目的引进，将为钠电产业提供低成本、绿色的电力支持。

#### 6. 钠电产业园区建设与协同创新

巴中市钠电产业园区的建设是推动本地钠电产业集群化发展的关键。巴中经开区和巴州区已成为钠电产业集聚区，这两个区域具备较完善的产业基础和政策支持。在此基础上，巴中

市将进一步优化钠电产业的生态系统，吸引更多优质企业进驻，提升产业链整体水平。

#### （四）政策建议与技术路线图展示

##### 1. 政策建议：《关于加快巴中市钠离子电池产业发展的若干建议》

###### （1）财政与金融支持政策设计建议

钠离子电池仍处产业导入初期，技术成熟度有限，市场主体量未稳，企业面临投入大、回报慢、风险高等共性问题。要吸引优质主体落地并稳定运行，需要通过财政激励和金融工具协同发力，构建分阶段、多渠道的支持体系。

财政支持应聚焦产线建设、试验平台、技术转化等核心环节。建议设立专项资金池，对中试线搭建、设备更新和关键工艺试产提供定额补贴，按“建成即奖”“首批即补”的方式兑现奖励。项目用地可推行“先租后让”“弹性付款”，降低早期投入门槛，提高企业落地意愿。

金融政策可围绕融资可及性做实做细。推动本地银行设立专属钠电贷产品，对列入目录、入驻园区的企业给予贷款利率补贴和信用支持。初创期项目可引入政策性担保，由财政建立风险补偿基金，提高金融机构参与意愿。建议同步设立地方产业基金，引导投向电芯制造、系统集成等投入大的环节，采用跟投、直投等机制，提高社会资本参与度。

财政激励和金融工具应持续调整优化，鼓励先行企业敢投、敢试，也为后续产业链主体提供清晰可预期的资金通道，夯实巴中钠电产业的基础投资环境。

## （2）园区规划、招商引资与准入机制建议

钠离子电池产业链长、环节多，对空间配置、功能配套和运行效率要求较高。现有园区以通用制造为主，缺少与钠电产业匹配的专业设施和管理机制，难以满足集群式发展需求。产业发展需要有明确功能定位的园区支撑，推动资源、空间和政策精准匹配。

建议明确“两区一链”的空间结构。电芯制造区聚焦材料预处理、电芯封装和质量检测，配置高标准厂房、定制化能源接口和环保管控系统。系统集成区靠近主要交通通道，配套物流、仓储和测试场地，便于产品快速出货和实景验证。两个区域之间以材料流、能源流、信息流为导向规划配套带，提升协同效率和运营稳定性。

招商引资聚焦链主企业和关键环节企业，优先支持具有系统集成能力和研发能力的主体落地。通过项目预审、要素匹配和配套同步机制，提升企业落地效率。对中试型企业提供共享平台和模块化空间，降低建设门槛。以核心项目带动上下游自然集聚，形成稳定产业组团。

准入机制建立“技术强度—资源消耗—安全可靠”三项标准，逐项审核企业工艺参数、环保能力与协同潜力。动态调整入园项目清单，引导资源向高附加值、高协同度方向集中，避免重复建设和低水平竞争。

园区功能与产业路径耦合清晰后，将成为推动钠电集群化布局的核心载体。

### (3) 科技平台、人才引进与协同创新机制建议

钠离子电池技术更新速度快，产业体系尚不成熟，地方在推进产业落地时亟需构建高效科技支撑系统。技术验证、材料改性、工程适配、人才培养等关键环节若缺乏基础平台与长期机制，将直接影响产业持续性和集聚力。

可围绕“试验+验证+转化”逻辑，构建区域科技平台体系。设立若干中试级设施，重点覆盖正负极材料调试、电解液优化、电芯性能测试和系统级模拟。平台运营以多主体共建为原则，引入高校、科研院所和企业联合使用，形成技术共享与风险共担格局。为降低企业试错成本，平台应具备开放接口与快速响应能力，推动从实验到中试的高效衔接。

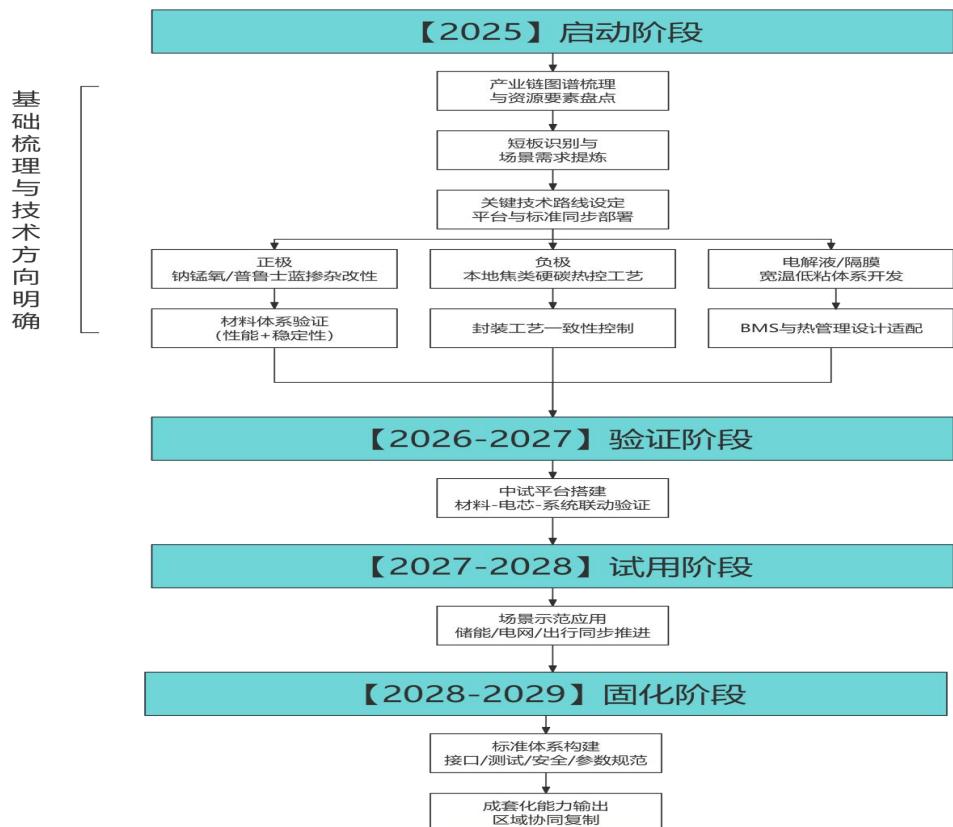
人才引育需明确结构层次。一方面，围绕产业链关键环节设立专项人才引进计划，侧重材料工程、电化学工艺、系统工程等紧缺方向；另一方面，依托职校、高职资源建立面向技术

岗位的复合型人才培养通道，推动“培训即用、岗位成才”模式落地。用人机制引导“本地稳定+外部引进”相结合，提升企业用人匹配度与留才能力。

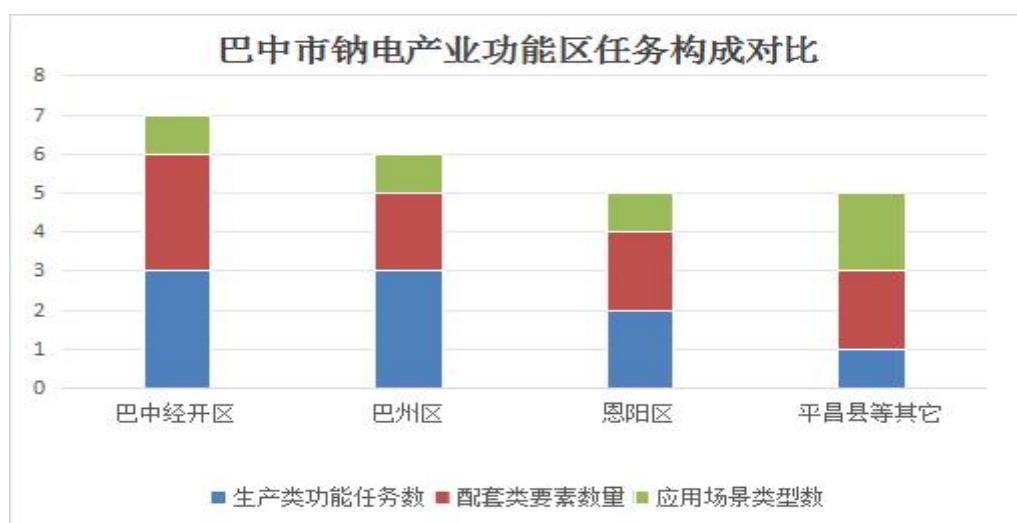
协同机制建议以“项目联合体”为主推形式。通过项目共研、课题协作、人才互聘等方式打通企业与科研机构之间的日常互动。设立定期技术路演、成果对接和共享实验计划，强化需求牵引下的技术转化能力。

基础平台稳定、人才结构清晰、协同关系紧密，才能形成具备持续生长能力的钠电产业创新体系。

## 2. 钠离子电池产业化技术路线图



各区域在功能定位上具备显著分工，可通过下图结构化呈现其在制造、配套与应用环节的相对侧重。



## 四、研究结论与未来展望

### (一) 研究成果总结与学术贡献

#### 1. 应用场景拓展研究的系统性成果

研究围绕钠电池在真实使用场景中的表现，选取储能、低速出行和公共用电三个典型方向，梳理其容量配置、寿命指标与成本边界。结合实验参数和场景需求，提出了三类推荐方案，用于指导后续产品开发与场景部署。

应用场景	推荐容量 (Ah)	循环寿命 (次)	成本(元/Wh)	场景特征
电网调峰	60	>3000	0.55	需要高倍率，耐温波动
低速电动车	25~35	2000~2500	0.62	强调低成本，适合批量换电
医院、学校等	30~45	>3500	0.58	要求安全，供电稳定

#### 2. 产业路径构建的逻辑创新与可行性分析

路径设计采用“技术验证—场景导入—标准固化—能力复制”的四阶段推进结构，跳出传统链式构建范式，强调以技术可验证性为前提、以场景适配性为牵引，推动平台建设与系统集成并进。策略上避免盲目追求全链集成，而以模块化落地和节点聚焦为主，适合非核心区域的产业试点逻辑。各阶段内部任务具备工程闭环结构，具备逐步收敛和外溢能力，能够兼顾初期风险控制与后期规模扩展。整体路径以系统演化思路推进，不依赖单点突破，强调集成协同与资源匹配。

## （二）课题目标完成情况评估

### 1. 研究任务完成情况的系统回顾

各阶段任务均按计划完成，并形成逻辑闭环。初期围绕场景识别、链条结构与资源评估构建基础框架，为路径设计与技术布局提供支撑。中期完成了关键材料适配、电芯封装方案测算与系统匹配测试，明确了结构指标与场景条件。后期聚焦中试平台建议、政策文本草案与路线图绘制，成果已具备转化与部署基础。整体任务安排层次分明，衔接顺畅，成果结构与预设目标保持一致，覆盖范围与研究深度均达立项要求。

### 2. 对地方政府战略制定与企业引导的支撑效应

研究成果可被纳入地方相关政策储备，部分内容作为园区规划咨询材料与招商机制调整的参考依据。资源禀赋与结构匹配分析，帮助政府明确了重点环节与发展边界，避免路径设计脱离实际条件。路径结构与技术节奏提供了清晰的落点建议，使规划目标与阶段部署更具可执行性。路线图与产品方案作为重点项目遴选的参考材料，为本地制造类企业判断方向、选择工艺路线提供了可用框架。

## 五、问题反思与完善建议

### （一）研究过程中的困难与不足

数据分散且口径不一，是研究推进中的首要难点。多数关键参数缺乏公开渠道，部分来源仍处于实验验证阶段，缺少统一测量标准。这在材料性能、电芯效率等核心环节上形成干扰，限制了结果的一致性与可比性。尽管通过专家访谈与技术问卷进行了补充，数据差异仍影响了横向分析的稳定性。

企业参与程度有限，导致验证路径推进受阻。部分本地企业尚未建立钠电相关的认知结构，缺乏明确技术投入方向。在系统评估和工艺验证环节，样本数量不足，反馈渠道单一，削弱了实证深度。

研究过程也受到市场波动与政策调整的影响。原有假设条件出现偏差，路径节奏需同步修订。部分技术节点的延迟响应，加剧了规划与现实之间的错位，提示后续研究需加强不确定性管理机制。

## （二）课题研究的优化建议

提升政产学研之间的协同效率，是推动路径落实的关键环节。建议在项目初期即形成共研机制，由政府、科研机构和重点企业联合制定任务清单与进度节点，明确职责边界，减少重复调研与资源错配。在材料验证、平台建设等核心模块中，协同越早建立，试验代价越小，反馈效率越高。

针对产业配套不足的问题，应将支持体系扩展至技术平台

与基础设施双重领域。除试验线与检测平台外，还应涵盖电力配套、交通中转、标准厂房等要素，增强园区承载能力，降低项目进入门槛。

路径实施需匹配政策节奏与市场窗口。建议提前设定关键节点的动态调整机制，将政策波动、技术进展和调研周期整合为一体化安排。缩短响应时差，减少路径跳变，是提升成果衔接接力和推广价值的有效策略。节奏稳定、反馈清晰，才能保障路径可复制、方案可落地。

## 参考文献

- [1] 马琳, 刘晨曦, 王敏, 等. 推动我国钠离子电池产业化路径探析[J]. 信息记录材料, 2022, 23(3):224–226.
- [2] 陈福平, 曾乐才. 储能用钠离子电池的发展[J]. 上海电气技术, 2021, 14(2):74–80.
- [3] 叶佳佳, 胡成. 钠离子电池在电网储能领域的应用前景展望[J]. 山东电力技术, 2021, 48(2):7–10.
- [4] 李洋, 陈家明, 陈思燕. 自贡: 新质生产力赋能产业腾飞[N]. 四川经济日报, 2024-06-18(001).
- [5] 曹余良. 钠离子电池机遇与挑战[J]. 储能科学与技术, 2020, 9(3):757–761.
- [6] Kosterich A, Ziek P. Watching the Watchdogs: Examining the Adoption and Implementation of Corporate Social Responsibility(CSR) Communication on Diversity in News Organizations[J]. Journalism & Mass Communication Quarterly, 2023, 100(2):373–391.
- [7] 国家能源局. 我国已建成投运新型储能装机 4444 万千瓦[EB/OL]. (2024-08-02)  
[https://www.nea.gov.cn/2024-08/02/c\\_1310783696.htm](https://www.nea.gov.cn/2024-08/02/c_1310783696.htm).
- [8] 黄可嘉, 滕雅琼. 协同政府视角下当前我国科技计划项目资金管理改革分析[J]. 科技管理研究, 2019, 39(7):44–48.
- [9] 滕玥, 王希. 国际储能产业发展纵览[J]. 环境经济, 2022(7): 36–40.
- [10] 国家能源局. 国家能源局举行新闻发布会介绍新型储能发展有关情况.[EB/OL]. (2024-04-29)  
[https://www.nea.gov.cn/2024-04/29/c\\_1212357869.htm](https://www.nea.gov.cn/2024-04/29/c_1212357869.htm).
- [11] Nishimura J, Okamuro H. Internal and External Discipline: The Effect of Project Leadership and Government Monitoring on the Performance of Publicly Funded R&D Consortia[J]. Research Policy, 2018, 47(5):840–853
- [12] Goldstein A P, Kearney M. Know When to Fold'em: An Empirical Description of Risk Management in Public Research Funding[J]. Research Policy, 2020, 49(1):103873.
- [13] 科学技术部, 科技部财政部关于印发《国家重点研发计划管理暂行办法》的通知[EB/OL]  
<https://www.most.gov.cn>.
- [14] 彭大敏, 王雪锋. 四川培育和发展钠离子电池产业的对策研究[J]. 产业发展研究, 2024, 45(7):50–55.
- [15] 郭英楠, 冉红霞. 从专利角度分析钠离子电池的产业态势[J]. 河南科技, 2023, 42(15):120–123.
- [16] 桂志鹏, 万祥龙, 陈兵, 等. 电化学储能技术研究现状[J]. 洛阳理工学院学报(自然科学版), 2024(001):034.
- [17] 吴锋. 共同开创锂电产业高质量发展的辉煌未来[J]. 电池工业, 2025, 29(1):1–2.
- [18] 李尚颖, 王春源, 卫文飞, 等. 凹凸棒石包覆的锌电极的制备及其对电池性能的影响[J]. 硅酸盐学报, 2023, 51(10):2617–2625.
- [19] 王红缨, 梁立明, 刘昊, 等. 岩棉纤维对珍珠岩尾矿制备的无机保温材料物理特性的影响[J]. 硅酸盐学报, 2019(10):7.
- [20] 李克勤. 可编程锂离子电池充电管理芯片分析及研究[J]. 科技信息, 2010.
- [21] 王汉宁, 米晓红, 冯少朋, 等. 洛阳市绿色低碳科技创新发展影响因素及改进对策研究[J]. 河南科技, 2023(15):132–136.