

# 基于多源数据与场景驱动的片区级综合能源规划方法研究与应用

## ——以厦门翔南启动区综合能源规划方案为例

文 / 李培铭 能建时代新能源科技有限公司

**摘要：**片区级综合能源规划是统筹城市宏观能源战略与微观项目实施的关键环节。本文以厦门翔安南部片区启动区为实证对象，提出一种融合多源数据挖掘、空间地理信息技术（GIS）、多场景耦合分析与全生命周期技术经济评估的综合规划方法。研究构建了基于“人口密度-土地功能”修正系数的充电设施需求预测模型，提出了以“分布式超充主干网+综合一体化多能枢纽”为核心的解决方案，深入分析了“源-网-荷-储-用”全链条协同的可行路径，旨在为高密度城市新区实现能源基础设施的“前瞻布局、模块化建设、智慧运营”提供技术支撑。

**关键词：**厦门市；综合能源规划；空间地理信息技术；多源数据；场景驱动；需求预测；超充网络

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.122

### 引言

在国家双碳目标引领下，城市能源系统正经历向分布式、多元互动、多能互补的范式转变。片区级尺度（一至数十平方公里）是落实绿色低碳发展理念的关键空间载体。然而，传统能源规划方法在该尺度上面临需求预测不确定性大、能源设施布局与空间规划脱节、多能系统协同优化不足等挑战。

厦门市翔安南部片区启动区是厦门市培育未来产业的核心区域，为开展前沿性、系统性的综合能源规划实践提供了绝佳的试验场。本文旨在突破传统规划局限，形成集成数据驱动预测、空间耦合布局、场景应用牵引、技术经济优选的综合能源规划解决方案。

### 一、区域概况与数据基础

#### （一）区域战略定位与发展目标

翔南启动区承载着打造“综合改革试点承载区、环厦门湾科创原创区”的战略使命。片区总规划面积约

98.6平方公里，其中启动区21平方公里。至2035年，规划人口规模达170万。产业上，片区聚焦氢能与储能、海空无人体系等未来产业，并拥有密集的科创资源。

#### （二）多源数据集成与处理方法

本研究的技术基础在于构建一个全面、多维度的数据底座，主要包括五类数据要素。

一是城市规划数据。包括翔安区国土空间总体规划（2021-2035年）中的用地性质、开发强度、人口分布、道路网络、轨道交通规划等。

二是能源政策与目标数据。包括国家、福建省、厦门市关于新能源汽车发展、充电基础设施建设、氢能产业培育等方面的政策文件与发展规划。

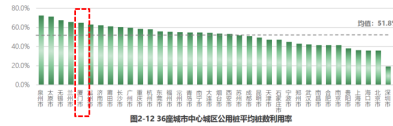
三是市场运行与效能数据。包括厦门市现有充电设施的规模、功率分布、时间利用率、桩数利用率、周转率及平均充电时长等关键运行效能指标。

#### （三）服务效能

- ✓ 厦门公用桩平均时间利用率最高，为**17%**。（一般认为做到10%初步具备投资可行性，高于15%为具备良好的投资价值）
- ✓ 厦门公用桩平均桩数利用率**65%**，高于36座城市均值51.8%。



- ✓ 厦门充电桩服务效能位于全国第一梯队，反映当地车桩供需健康，具备良好的投资价值。



平均时间利用率：充电站内所有公用桩的充电工作时长与一天内可提供服务总时长的比值。数值越高说明桩数利用率越高，投资回报越快，投资价值高。厦门第一。

平均桩数利用率：充电站内提供充电服务的桩数与公用桩总数的比值。数值越高说明充电桩使用比率越高，车多桩少，此地区投资价值越高。

#### 现有充电设施市场运行与效能数据（节选）

资料来源：中国城市规划设计研究院. 2023年中国主要城市充电基础设施监测报告 [R]. 2023.

四是技术经济参数。包括各类充电设备、光伏发电系统、电化学储能、制氢加氢设备、智慧能源管理平台（EMS）的关键性能参数、初始投资成本与运营维护成本。

五是当地重大项目信息。包括片区已签约或开工的重大项目信息，如总投资30亿元的智慧储能大型科研装置、新兴科创产业园等，这些是重要的能源负荷与技术应用场景。

研究对上述数据进行有效归集、标准化处理，并利用GIS空间分析技术作为能源设施选址、网络布局和廊道规划的空间决策基础。

### 二、核心技术方法与模型构建

#### （一）基于国土空间规划思维的充电需求预测模型

传统的车桩比预测法过于宏观，难以指导设施的具体布局与规模配置。本研究创新性地引入“基准密度-

功能修正”模型进行充电设施总量预测，其核心步骤与算法如下：

一是确立基准密度（ $D_0$ ）：选取厦门岛内中心城区作为高密度成熟区参考样本。其现状公用充电桩密度经调研为 26.5 台 / 平方公里，对应的人口密度约为 1.3 万人 / 平方公里。

二是计算修正系数（ $K$ ）：翔南启动区规划人口密度为 0.58 万人 / 平方公里<sup>1</sup>。据此计算密度修正系数：

$$K = (\text{规划区人口密度}) / (\text{基准区人口密度}) = 0.58 / 1.3 \approx 0.446$$

三是预测规划区公用桩密度（ $D_1$ ）：

$$D_1 = D_0 \times K = 26.5 \text{ 台 / km}^2 \times 0.446 \approx 11.8 \text{ 台 / km}^2$$

四是确定总需求规模：

$$\text{总需求枪数} = D_1 \times \text{规划区面积} = 11.8 \text{ 台 / km}^2 \times 21 \text{ km}^2 \approx 248 \text{ 台 (枪)}$$

五是核定超充设施规模：为核定其中神行超充的示范性配置规模，本研究引入功能结构因子（ $K_1$ ）与市场策略因子（ $K_2$ ）进行精细化测算。功能结构因子（ $K_1=35\%$ ）基于片区高端交通枢纽与产业定位，设定超充枪数占比；

市场策略因子（ $K_2=90\%$ ）综合考虑了能建时代新能源在启动区的初期市场渗透率目标及打造示范标杆项目的战略意图。计算得出神行超充的推荐配置规模为：248 台  $\times 35\% \times 90\% \approx 80$  台（枪）。

模型先进性分析：该模型将宏观的“车桩比”政策目标，转化为与具体空间规划参数（人口密度、土地功能、面积）紧密挂钩的量化指标，显著提升了预测的科学性与空间适配性。经与厦门市整体 1.6 万个充电桩的 2025 年目标进行校核，该预测结果合理可信，为后续分场景、分类型的设施配置奠定了坚实基础。

### （二）空间布局

基于需求预测总量，结合片区空间结构与功能分区，本研究提出分层级、模块化的弹性设施布局架构。

一是分布式超充主干网络。沿主要交通干道、靠近交通枢纽和大型公共活动中心，布设 480kW 及以上功率的“神行超充”设备，形成快速补能骨干网络。其技术核心在于采用“储充一体”方案，使得单桩仅需 40kW 级电网接入即可实现 480kW 及以上功率输出，解决了传统超充站对变压器扩容的依赖，实现高灵活性部署。

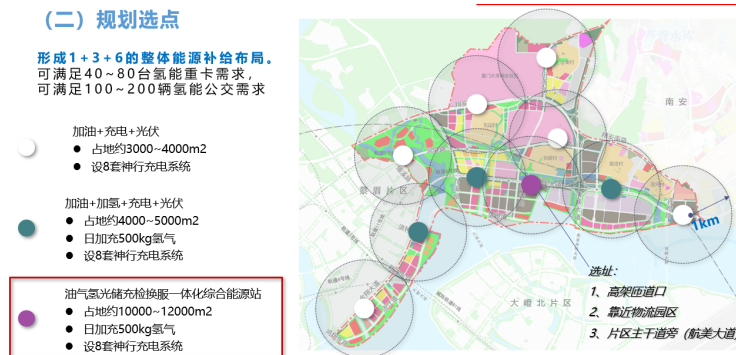


充电设施空间规划方案

资料来源：作者自行绘制

二是一体化多能枢纽（综合能源站）。在物流园区、产业聚集区等能源负荷中心，规划建设“油气氢光储充换服”一体化综合能源站。该枢纽可通过智慧能源管理平台实现多种能源的耦合优化与智慧调度。规划参考

加油站服务半径（0.9-2km）与服务人口（约 1.4 万人 / 座），预计在 21 平方公里的启动区内可配置约 9 座此类综合能源站。具体空间落位如下图所示。



一体化多能枢纽（综合能源站）空间规划方案

资料来源：作者自行绘制

### （三）基于下游场景清单的消纳分析

结合翔南启动区发布的机会场景清单，对于本次研

究得出的综合能源规划，这些场景机会均可以成为下游的消纳保障。

1 根据《厦门市翔安区国土空间规划（2021-2035年）》，翔安区城镇开发边界 161.74 平方公里。2025 年翔安区规划人口 90-100 万人，2035 年 170 万人。本研究考虑市场容量，按 2025 年人口及城镇开发边界计算翔安城区人口密度 5800 人 / 平方公里。

一是氢能与储能场景。依托片区规划的氢能公交示范线路、物流仓储基地等，为关键技术提供规模化验证场景。例如，在片区物流园区内，可结合氢能重卡运营需求，布局“光伏+制氢+储氢+加氢”一体化示范站，实现可再生能源制氢的本地化消纳。

二是低空经济与无人系统场景。该场景为电动垂直起降飞行器、无人机等新型交通工具的地面能源补给基础设施提供了前瞻性的规划与布局空间，是构建未来立体交通能源网络的重要节点。

这些多元化的场景机会清单，为规划设施提供了明确的应用出口和需求保障，形成了“能源支撑产业，产业消纳能源”的良性互动格局。

#### （四）经济效益初步评价

##### 1. 神行超充网络

神行超充网络具备投资灵活、建设周期短、收益来源多元等特点，经济性表现优异。根据相关测算，在不同运营情景下，其经济指标如下：

保守情景下全投资收益率 IRR（税后）为 6.57%，投资回收期 7.47 年。均衡情景下 IRR 为 28.69%，回收期 3.93 年。乐观情景下 IRR 为 73.88%，回收期 2.27 年。

神行超充单点初始投资约 30 万元，具备充电服务费、峰谷套利、VPP 参与电网调节等多重收益来源，投资可行性高。

##### 2. 综合能源枢纽

综合能源站作为多能互补、功能集成的综合服务平台，具备更强的能源供应韧性和服务延展性，但其投资规模较大，经济性受车流量、能源价格、政策支持等因素影响显著。

以 10000 m<sup>2</sup> 一体化站为例（不含土地成本），单位面积投资约 4400 元 / m<sup>2</sup>。

项目	内容	造价（万元）
建安费	建筑面积约 2000 m <sup>2</sup>	1600
加氢设备	日加氢 500kg	1600
加油加气设备	汽油 4 台、柴油 2 台、CNG2 台	550
光伏系统	30% 占地面积，约 600kW	186
神行充电系统	8 套	240
换电站	1 套	250
合计		4426

表：一体化多能枢纽（综合能源站）投资估算

资料来源：作者自行整理

其主要收益来源主要包含四个方面。一是加氢业务，假设氢气进价 10 元 / kg，售价 30 元 / kg，满负荷情况下投资回收期约 6 年。二是充电业务，参考神行超充模型，回收期约 7-8 年。三是光伏发电，回收期约 6-8 年。四是加油 / 加气业务，理想回收期约 3-4 年。

综合来看，综合能源枢纽初始投资压力较大，但在氢能车辆推广、政策支持下，整体 IRR 有望提升至 10%-15%。此外，采用土地租赁模式可显著降低初始投资压力。

#### 三、规划实施与制度保障

为确保本综合能源规划方案实施，本研究在实施制度保障上提出四方面针对性策略建议。

一是审批流程保障。建议规划获准后，由启动区指挥部牵头建立跨部门专项协调机制，在启动区创新试点

对项目实行“清单制审查、并联审批”，显著缩短项目前期工作时间。

二是土地政策保障。综合能源站用地属性为商业服务用地，市场化获取成本高昂。建议支持以土地租赁或作价入股而非招拍挂购地的方式获取土地使用权。

三是电力接入保障。神行超充单点仅需 40kW 低压接入，但综合能源站仍需较大容量电力外线。本规划的实施亟需启动区指挥部协调电网企业支持，优化电力接入审批流程，并在有条件的区域优先考虑电网布点，降低接入成本。

四是市场消纳保障。为确保综合能源站的初期生存能力，本研究建议启动区指挥部协助企业对接氢能公交大巴、物流重卡等潜在用户企业，争取建立稳定的下游消费链，并推动将站内充电、换电、加氢服务点位有效纳入市政交通、物流成熟线路。

#### 结语

本研究以厦门翔南启动区为实证案例，系统阐述并验证了一种融合多源数据与场景驱动的片区级综合能源规划方法体系。其核心价值与创新点主要有四个方面。

一是科学性。通过“基准密度-功能修正”等量化模型，将宏观能源政策目标精准转化为微观空间的设施配置规模，使规划决策有据可依、可度量。

二是前瞻性与灵活性。构建的“分布式超充网+多能枢纽”架构，以及为未来产业预留的场景接口，使规划具备强大的适应性。

三是可行性。深度融合土地、审批、金融等制度创新，并通过全生命周期技术经济评估，确保规划方案不仅是技术蓝图，更是可落地、可运营、可持续的商业方案。

四是驱动性。首创性地将“场景机会清单”作为规划的重要组成部分，使能源基础设施规划直接服务于科技成果转化和未来产业培育，赋予了规划更强的生命力和时代价值。

展望未来，片区能源规划将向智慧能源城市操作系统演进。翔南启动区的研究为此奠定了方法论与工程基础，其经验对类似片区的高质量、低碳化发展具有重要参考意义。

#### 参考文献

[1] 朱晨光, 张颖洁, 岳彩通, 等. 基于多能互补分布式能源站研究及分析 [J]. 能源与环保, 2025, (07): 108-115.

[2] 徐婷婷, 龙羿, 胡晓锐, 等. “车-路-网”耦合下含多类型充电桩协同的充电站规划 [J]. 电力建设, 2025, (07): 95-107.

[3] 边晓燕, 金海翔, 史越奇, 等. 考虑弹性与经济性的区域综合能源系统多能互补规划 [J]. 现代电力, 2025, (01): 86-98.

[4] 厦门 2020 年推广新能源汽车 2.6 万辆 [J]. 城市轨道交通, 2018, (01): 11.

[5] 黄光增. 厦门市新能源汽车产业现状及对策研究 [J]. 厦门科技, 2017, (04): 4-9.

作者简介：李培铭（1993 年 5 月生），男，汉族，陕西西安，硕士研究生，业务主管，能建时代新能源科技有限公司，研究方向：城市片区开发。