



中长期输氢管网发展布局构想 与展望





关于落基山研究所（RMI）

落基山研究所 (Rocky Mountain Institute, RMI) 成立于 1982 年，是一家立足市场、独立运作的专业智库，致力于通过经济可行的市场化解决方案推动全球能源转型，构建繁荣、韧性、清洁的低碳未来。落基山研究所与企业、政策制定者、科研机构、创业者及跨领域伙伴广泛协作，推动战略性投资，以扩大清洁能源解决方案的规模化部署、减少能源浪费、并提升可负担清洁能源的可及性，在保障能源安全和经济效益的同时，携手共创可持续的美好愿景。目前，落基山研究所的研究和实践已覆盖全球 50 余个国家和地区。

作者与鸣谢

作者

李婷、谭光瑀、王喆、张博雅

作者按姓名拼音顺序排列。

除非另有说明，所有作者均来自落基山研究所。

联系方式

王喆, zwang@rmi.org

引用建议

谭光瑀、张博雅等, 2026 中长期输氢管网发展布局构想与展望, 落基山研究所, 2026, <https://rmi.org.cn/insights/long-term-prospect-of-hydrogen-pipeline-network-report/>

RMI 重视合作, 旨在通过分享知识和见解来加速能源转型。因此, 我们允许感兴趣的各方通过知识共享 CC BY-SA 4.0 许可参考、分享和引用我们的工作。 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

除特别说明, 本报告中所有图片均来自iStock。

鸣谢

本报告作者特别感谢以下来自企业和研究机构的专家对报告撰写提供的洞见与建议。

张雄君 北京市燃气集团

郑贤玲 中国国际海运集装箱(集团)股份有限公司

专家按姓名拼音顺序排列。

本报告所述内容不代表以上专家及其所在机构观点。

目录

摘要	5
1. 输氢管网建设需求及发展背景	7
1.1 绿氢产业发展趋势及管道输氢需求	7
1.2 输氢管网发展现状与挑战	8
2. 输氢管网布局方案构想	2
2.1 整体思路和研究方法	12
2.2 数据输入	13
2.2.1 氢供需差	13
2.2.2 潜在可连接管输线路	18
2.3 优化结果及重要结论	19
2.3.1 优化管网布局	19
2.3.2 主要输氢通道	21
3. 规划建设启示和建议	26
3.1 总体建设规划模式	26
3.2 管网建设顺序	27
3.3 投资主体与商业模式	29
3.4 输氢管网体系建设建议	30
参考文献	34

摘要

随着绿氢在我国氢能供给结构中的占比不断提升，氢气供需在时间与空间上的错配问题将逐步显现，并显著增加储运氢基础设施需求。根据落基山研究所预测¹，在 2060 年碳中和时期，我国运氢需求将至多约 7500 万吨 / 年，固定式储氢需求将至多约 4000 万吨 / 年。在当前及潜在的多种储运氢技术路径中，输氢管网在经济性、规模化运输能力以及系统协同方面展现出较为突出的综合优势。

本研究旨在测算未来纯氢管道布局的市场潜力上限，因此在情景设定中采用了有利于其发展的乐观假设，主要包括绿氢在多个下游应用领域技术渗透率持续提升，需氢部门的地区分布保持当前格局、不随制氢产能布局而迁移，以及纯氢管输技术成为跨区域氢气运输的主导方案等。然而，鉴于输氢管网在技术成熟度、经济性及安全规范等方面仍处于快速演变阶段，其未来总体规模及向公共基础设施演进的进程，尚存在较大不确定性，有待进一步跟踪研判。

从政策和市场层面均可观察到我国输氢管网建设和规划正在呈现加速发展的趋势。为更好支撑输氢管网相关政策研判与市场决策，本报告在前期《中国氢储运中长期布局图景和技术展望》的研究基础上，结合我国现有氢能供需空间分布特征和中长期发展预测，对 2060 年潜在输氢管网布局进行了构想展望。

研究通过细化至市域尺度的氢气供需数据，并利用算法模型进行网络优化，识别出潜在的相对最优管网布局。在全国范围内，研究识别出主要输氢通道，可将资源富集地区的富余氢能输送至沿线需求中心，从而显著提升全国氢能资源配置效率与消纳能力，并可能对未来氢能产业链相关产业的空间布局产生重要影响。这五条主要输氢干线通道构筑成我国未来全国输氢管网的骨干网络，其主要走向与特征如下：

- 通道一：东北—华北线。以蒙东为主要氢源，向环渤海地区输送绿氢，支撑钢铁、化工等密集用氢需求，建设条件相对较好。
- 通道二：新疆—蒙西 / 河西走廊—华北线。通过南北两条干线将新疆、蒙西及河西走廊绿氢资源向东输送，在华北地区汇合形成重要输氢走廊。
- 通道三：南疆 / 青海—甘陕—华北 / 华东线。承载南疆和青海绿氢东出，沿甘肃、陕西向华北和华东供氢，部分线路需跨越高原地区。
- 通道四：西藏 / 川西—长江沿线—华东线。连接西藏和川西绿氢资源与长江沿线及华东需求中心，是远期建设的东西向战略通道。
- 通道五：云贵高原—华南线。以云南、贵州为氢源，向华南特别是珠三角供氢，形成南方地区自西向东的区域输氢网络。

此外，本研究参考天然气管网建设经验及国内已建输氢管道项目，对未来全国输氢管网建设所需投资规模及潜在商业模式进行了初步测算与分析，并就投资优先级及相关参与主体提出阶段性和差异化建议，为我国输氢管网基础设施的中长期规划提供系统性参考。

- 国家主管部门应从“全国一张网”视角加快制定国家级输氢管网规划，并通过产业基金或基础设施资金对管网建设提供政策引导和投资激励；

- 地方政府应结合区域资源禀赋推进省级或区域输氢管网规划，并通过重点线路试点探索管网节点布局和发展路径；
- 管网建设投资企业可探索分阶段推进的管网建设模式，初期通过试点项目积累建设运营经验，中后期逐步推进和融入跨区域输氢通道建设和网络化发展；
- 氢能生产企业可依托未来输氢通道和管网节点优化绿氢生产布局，促进资源地制氢与跨区域输送相衔接；
- 氢能应用企业可积极参与管网试点建设，并依托管网节点布局用氢项目，推动形成区域性用氢产业集群；
- 技术研发方面持续提升管道输氢关键技术水平，并发展多元化储运方式作为补充，以增强输氢体系的安全性与灵活性。

1. 输氢管网建设需求及发展背景

1.1 绿氢产业发展趋势及管道输氢需求

在全球深度脱碳进程中，氢能正被广泛视为实现难减排行业低碳转型的重要能源载体。其中，利用可再生能源电力制取的绿氢被认为是交通、钢铁、化工等多个行业实现深度脱碳的重要技术路径之一。随着各国碳中和目标的推进，绿氢在未来能源体系中的战略地位不断提升，市场发展空间广阔。

从我国发展条件来看，氢能产业未来的供给结构将呈现明显的绿氢化趋势。截至 2025 年底，我国绿氢总产能约为 25 万吨 / 年²，在全国氢能总产能中的占比不足 1%，整体仍处于产业发展早期阶段。然而，随着绿氢生产利用成本不断优化和各下游行业脱碳进程加速，绿氢产能与需求规模预计将快速增长。2026 年《政府工作报告》也将培育“氢能”等未来能源产业作为当前重要工作方向之一³。根据落基山研究所预测，在 2060 年碳中和情景下，绿氢将成为我国最主要的氢源类型，占氢气供给总量的比例可能超过 75%，总供给规模约为 7000 万吨 / 年⁴。

随着绿氢供给规模的快速扩大，氢气储运体系的重要性也将不断凸显。一方面，受风电、光伏等可再生能源发电波动性的影响，未来大量绿氢生产项目可能以离网制氢为主，氢气生产将呈现一定程度的日内及季节性波动。为了保障下游用氢需求的稳定供应，储氢设施在氢能系统中的作用将日益重要。另一方面，由于绿氢生产往往需要依托风光资源条件较好的地区进行布局，我国西北、东北等可再生能源资源富集地区有望成为未来重要的绿氢供给中心，而东南沿海及部分工业集聚地区则仍将是主要的氢气消费中心。由此形成的供需空间错配，将进一步催生对大规模、长距离储运氢基础设施的需求。

从当前发展阶段来看，我国氢气储运体系仍处于起步阶段。在我国约 3500 万吨 / 年的氢气消费市场中，当前仅有不足百万吨储运需求。一方面，氢气具有分子尺寸小、密度低、易泄漏、易燃易爆等物理特性，同时还可能对金属材料产生氢脆效应，使得储运技术开发和基础设施建设面临较高技术门槛和成本压力。目前储运环节的成本通常占终端用氢成本的 30%–50%⁵。另一方面，当前我国氢气供给仍以灰氢和工业副产氢为主，这类氢源通常在化工、炼化等工业场景中就地或就近消纳，因此跨区域储运需求相对有限。

随着未来氢储运需求增长，不同技术路线选择和部署的重要性也逐步凸显。在多种储运技术路径中，包括气氢或液氢储运、氨醇或液态有机物储运氢、输电异地制氢和管道输氢等，各类技术在规模经济性和应用场景方面各具特点。其中，输氢管网作为一种可适应超长距离、大规模氢气运输的基础设施形式，单位运输成本较低，还能够一定程度上承担部分储氢功能，一方面可整体优化氢气储运体系的系统成本，另一方面还可作为“新型电力系统的柔性调节中枢”，为高比例可再生能源并网消纳提供解决方案。

输氢管道可分为纯氢管道与掺氢管道两类。掺氢管道可利用现有油气管网基础设施快速改造，短期内为氢能消纳提供出口，但其掺氢比例受限，长期输送能力不足，且对下游终端应用（如燃烧设备、工艺用氢纯度等）存在使用限制。相比之下，纯氢管道输送效率高，且更适配交通、钢铁、化工等对氢气纯度有要求的用氢场景。鉴于本文聚焦于 2060 年碳中和目标下的跨区域氢储运问题，研究范围仅限定为纯氢管道。

ⁱ 该比例为当前典型情况大致推算。以当前最主要的运氢方式长管拖车运氢为例，若运距为 100 公里，对于灰氢（生产成本约 10 元 / 千克）而言，储运成本占比为 40%-50%；对于绿氢（生产成本约 20 元 / 千克）而言，储运成本占比为 30%-40%。

然而，输氢基础设施建设通常具有投资规模大、建设周期长等特点，因此既需要在产业发展早期阶段进行前瞻性的总体规划，也需要结合氢能市场发展节奏逐步推进实际建设。本研究希望以更细颗粒度的氢供需空间匹配为出发点，通过模型优化探索未来输氢管网的潜在规划方式，并参考我国在天然气管网建设与运营方面所积累的丰富经验，为我国氢储运基础设施相关政策制定、投资规划和落地建设等提供系统化参考。

1.2 输氢管网发展现状与挑战

管道输氢是指通过专用管道连接以实现氢气在区域或跨区域范围内的连续输送。该技术在大规模、长距离的输氢场景中有较为明显的规模经济优势，单条干线管道的年输氢容量可达几十万到几百万吨级别。从技术发展阶段来看，管道输氢在国际上已具备一定工程应用基础，但整体仍处于规模化发展的早期阶段。目前全球已建成的输氢管道主要服务于炼化和化工园区等工业场景，多为区域性或点对点管道网络。近年来，随着氢能在能源体系中的战略地位不断提升，一些国家和地区开始探索更大规模的输氢管网建设，包括新建专用输氢管道以及对既有天然气管网进行掺氢或改造输氢等路径。在我国，随着氢能产业政策持续完善和示范项目逐步推进，输氢管道建设和规划也开始加速推进，国家层面已经出台了多项相关政策和标准，力图从技术和规划布局的角度进一步明确我国输氢管网建设的方向。

图表 1 输氢管网相关政策梳理（非不完全统计）

政策文件名称	发布时间	发布单位	类别	相关内容
《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》	2022.02	国家发展改革委、国家能源局	发展规划	“开展掺氢天然气管道、纯氢管道等试点示范”
《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030年）》	2022.06	科技部、国家发展改革委、工业和信息化部、生态环境部、住房城乡建设部、交通运输部、中科院、工程院、国家能源局	行动方案	“氢能技术。研发……大规模及长距离管道输氢技术”
《石油天然气“全国一张网”建设实施方案》	2023.03	国家能源局	行动方案	我国首条“西氢东送”输氢管道示范工程已被纳入《石油天然气“全国一张网”建设实施方案》，标志着我国氢气长距离输送管道进入新发展阶段
《内蒙古自治区绿氢管道建设发展规划》	2024.11	内蒙古自治区能源局	省级发展规划	全国首个绿氢管道省级规划：旨在打通上游制氢产业和下游消纳市场，实现大规模、长距离、低成本绿氢储运。结合绿氢资源 and 市场需求分布，按照就近消纳优先、互联互通互补原则，重点打造“一干双环四出口”的绿氢输送管网，全面打通内部消纳和“蒙氢外送”通道
《绿色低碳先进技术示范项目清单（第二批）》	2025.04	国家发展改革委办公厅	项目清单	“10万吨风光制氢一体化及乌兰察布市至京津冀地区氢气输送管道工程示范项目”；“1.2万吨绿氢制储输用一体化示范项目”
《关于组织开展能源领域氢能试点工作的通知》	2025.06	国家能源局	行动方案	“围绕大规模、长距离、跨区域氢气运输需求，开展管道（输送介质限可再生能源制氢）……管道长度不少于100公里”

政策文件名称	发布时间	发布单位	类别	相关内容
《关于推动我国氢气长输管网规划建设 的提案》答复	2025.08	国家能源局	政协提案 答复	“整体而言，我国氢气长输管网总体还处于探索培育阶段，面临建设成本高、技术瓶颈受限制、技术标准体系尚未成熟等短板，我们支持有条件的地区探索氢能可持续的利用场景和商业模式，优先以就近利用为主。下一步，我们将会同有关方面统筹产业规模、区域优势和市场价格、装备制造等因素，推动相关基础设施合理布局，支持氢能产业高质量发展”
《关于推进能源装备高质量发展的指导意见》	2025.09	国家能源局、工业和信息化部、国务院国资委、市场监管总局	行动方案	“（七）氢能装备。… …开发大口径抗氢脆高强度管道材料、高性能碳纤维材料和新型复合材料，加强固态、液态、深冷高压复合、有机液体等储运技术和临氢长输管道连接技术攻关”
《关于促进新能源集成融合发展的指导意见》	2025.10	国家能源局	行动方案	“统筹供需两侧，科学规划运输管道、加注及转运港口等基础设施，有序推动跨省区输运体系建设”
《关于开展氢能综合应用试点工作的通知》	2026.03	工业和信息化部、财政部、国家发展改革委	行动方案	“氢能综合应用试点申报要求和基础目标… …鼓励布局建设输氢管道等规模化氢储运基础设施”

输氢管网相关政策方面（如图表 1），在《氢能产业发展中长期规划（2021—2035 年）》的指导下⁵，国家能源局在多个行动方案和政协提案答复中进一步细化了输氢管道发展规划⁶⁻¹²，包括对发展模式、建设规范、技术选择等方向进行了明确。2026 年 3 月由三部委发布的《关于开展氢能综合应用试点工作的通知》文件中，在多个优先支持的氢能应用场景中均提及鼓励“输氢管道”等氢储运基础设施建设¹³。2025 年 4 月，乌兰察布到京津冀的“西氢东送”管道工程被列入了《绿色低碳先进技术示范项目清单（第二批）》¹⁴，标志着输氢管道成为这一周期内的重点清洁低碳技术工程之一。此外，内蒙古自治区的省级绿氢管道建设发展规划政策开创了国内省级输氢管道规划的先河¹⁵，对于区域内及附近地区的氢能产业发展起到了积极引导作用，也为其他省市和地区在输氢管网建设和规划方面的行动提供了参考。

图表 2 输氢管道相关标准梳理¹⁶（非不完全统计）

标准文件名称	发布时间	归口单位	类别	当前进度
《燃气掺氢混气装置》 (20220863-T-333)	2022.07	住房和城乡建设部	国标	正在批准
《输氢管道工程设计规范》 (SY/T 7820-2024)	2024.12	国家能源局	行标	实施中
《氢气管道设计规范》 (HG/T 22821-2025)	2025.04	工业和信息化部	行标	实施中
《氢气储输管道用钢管》 (GB/T 46599-2025)	2025.1	中国钢铁工业协会	国标	实施中
《氢气输送和存储管道用钢板和钢带》 (GB/T 46598-2025)	2025.1	中国钢铁工业协会	国标	实施中

在标准建设方面，由于尚未有大规模实际应用，输氢管网及其配套设施设备的各类标准建设工作正在加速开展中（如图表 2）。配合相关支持政策以及早期试点示范工程经验，各类技术和工程标准的出台将为该输氢管网行业的规范发展起到重要制约和引导作用，在一定程度上避免无序竞争和盲目规划。

从 2024 年起，我国长距离输氢管道进入加速工程化建设阶段。图表 3 总结了我国主要的长距离输氢管道建设进展。

从地域分布上，输氢管道主要集中于内蒙古与河北两省。内蒙古首个提出绿氢管道省级规划¹⁷，并已开始绿氢管网第一阶段重点工程的筹备工作¹⁸，氢能管道工程建设逐步进入常态化，在绿氢管网顶层设计与项目储备上均处于全国领先。河北则主要承接内蒙古优异的绿氢资源，通过中石化京蒙千公里输氢管道和康保 - 曹妃甸氢气长输管道两条千公里以上的超长管道，运输至省内负荷地与港口，实现异地供需的协同匹配。此外，内蒙周边的其他部分省市也开始承接内蒙古的绿氢资源，包括宁夏宁东、山西、辽宁锦州港等地。

从技术路线来看，掺氢管道项目数量相对较少，启动时间更早，目前多已进入建设后期或竣工投产阶段，但掺氢能力相对较小。长距离跨地区的绿氢输送则以纯氢项目为主，规划规模较大，启动相对较晚，目前多数仍处于核准、环评、选址用地、可研等前期阶段，建设节奏仍存在较大不确定性，主要受审批进度、线路协同难度、下游消纳规模以及商业模式成熟度等因素共同影响。

牵头建设的主体单位呈现出较为多样化的格局。传统从事天然气管网建设的大型央企进入氢能领域较早，中石化已在输氢管道方面开展多年实践探索。新成立的国家管网集团也开始围绕氢能管输进行前瞻性布局。与此同时，内蒙古的省级国企蒙氢管网公司在区域层面承担起统筹角色，负责推进内蒙古自治区范围内的绿氢管网整体规划与建设。此外，一批氢能产业相关企业也从制氢端向下游延伸布局输氢基础设施，包括海泰新能、旭阳集团、陕西氢能以及华电集团等，逐步形成多主体参与、不同模式并行的发展格局。

图表 3 我国主要输氢管道建设进展（不完全列举）



总体来看，近年来我国输氢管网相关政策和示范项目推进明显提速。国家及地方层面的氢能产业政策正逐步将输氢基础设施纳入发展规划，多地也开始探索输氢管道示范项目建设。然而，从整体发展阶段来看，我国输氢管网体系仍处于探索起步期，目前尚缺乏全国层面的系统性输氢管网规划。同时，供需格局仍有待明晰，安全运行可靠性仍待进一步验证，大规模的前期投资需求也使得企业决策更加谨慎，输氢管网的未来发展仍面临一定不确定性。在已提出或推进的项目中，多数仍以点对点示范或区域性管道为主，在地理分布上相对集中于少数资源禀赋或产业基础较好的地区，参与主体也以少数大型能源企业为主，整体网络化程度以及更广泛的市场参与度仍有待提升。在这一背景下，无论是为了避免缺乏整体优化视角所可能带来的重复建设风险，还是为了在更大区域范围内提升输氢基础设施建设的规模效应与发展确定性，都有必要在更细颗粒度的氢能供需空间匹配基础上，对我国潜在输氢管网布局开展前瞻性系统分析，并进一步探讨其建设规模与投资模式，从而为未来输氢管网的规划与建设提供有力支撑。

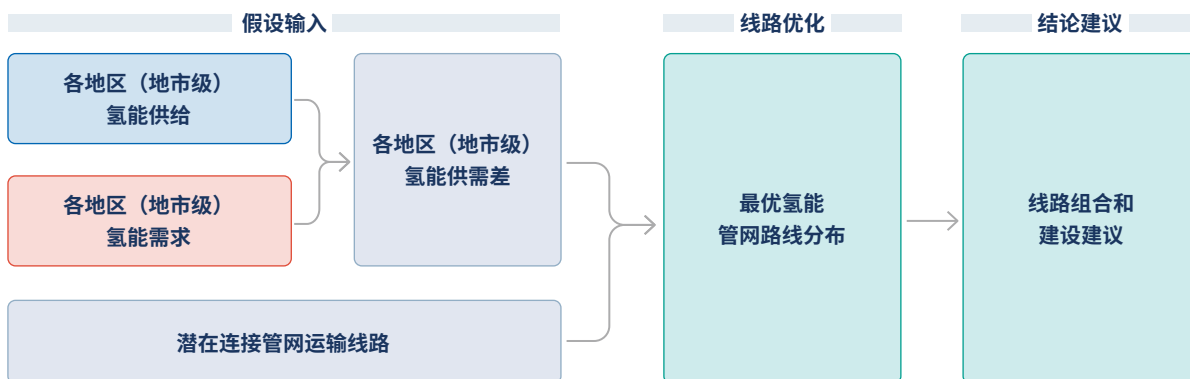
2. 输氢管网布局方案构想

2.1 整体思路和研究方法

基于上述发展阶段与现实挑战，本研究尝试对未来输氢管网布局进行系统性探索。为测算未来纯氢管道布局的市场潜力上限，本研究在情景设定中采用了有利于纯氢管道发展的乐观假设。具体而言：第一，2060 年全国氢气供需总量参考《中国氢储运中长期布局图景和技术展望》报告中的数值，该报告已包含绿氢在多个下游应用领域技术渗透率持续提升的前提；第二，假定化工、钢铁等主要需氢部门地区分布维持现有格局，不随绿氢产能布局而迁移，以此为基础测算氢储运需求的极值情景；第三，为确保结果为潜在管道运力需求最大值，假定纯氢管输技术凭借其在经济性、稳定性及低损耗等方面的综合优势，将成为跨区域氢气运输的主导方案，不考虑氨醇转化运输、气 / 液氢道路运输以及长距离输电异地制氢等潜在竞争性技术。

研究构建了一套综合模型分析方法，在前期对我国氢能供需格局及储运体系研究的基础上，进一步挖掘市域层面的未来氢能供需差异，通过优化计算潜在氢能流向与流量，在满足供需匹配的前提下，以管网整体建设与运输成本最优为目标，识别全国范围内潜在的优化输氢管网布局方案。同时，在模型计算结果基础上，结合不同地区的具体情况，对管网布局进行进一步细化分析与情景调整，以提升规划结果的现实可行性与政策参考价值。如图表 4 所示，本研究的整体分析框架主要包括三个部分：假设输入、线路优化以及结论建议。

图表 4 长期输氢管网布局构想总体研究思路



数据输入：该研究所需的核心输入数据分别是各市域（地州市盟级ⁱⁱ）的氢供需差和所有潜在可连接的管网运输线路。氢供需差是通过本地氢供给减去需求所得，供给来源包括绿氢和蓝氢，需求来自交通、钢铁、化工、电力等行业。由于基础设施建设通常遵循“冗余设计”原则以保障应对超预期容量，本研究尽量考虑潜在管道输氢需求的最大情形。此外，潜在可连接管输线路则由区域内氢供需分布情况和沿途地形和交通条件共同决定，市域节点通常为地理中心或明显的产业和交通节点，市域之间的连线原则上不可跨越海域、高山、沙漠等高难度施工区域，也不可超出国境线范围，该取值过程也很大程度上参考了我国中长期高速公路和铁路规划图。

ii 基于上一期省级尺度氢储运和氢供需情况，本期研究将细化到地州市盟级区域，更精准的把握每个区域内的氢能供需情况。其中，区域划分原则为面积较小的省级行政区不作拆分，视作一个区域，如宁夏回族自治区和海南省。另外，由于新疆维吾尔自治区内多数生产建设兵团行政区划面积小且较分散，所以与相邻地市级行政区域合并处理（包括“阿克苏地区+阿拉尔市”、“阿勒泰地区+北屯市”、“巴音郭楞蒙古自治州+铁门关市”、“博尔塔拉蒙古自治州+双河市”、“哈密市+新市区”、“和田地区+昆玉市”、“克拉玛依市+胡杨河市/石河子市/白杨市/塔城市”、“喀什地区+图木舒克市”、“伊犁哈萨克自治州+可克达拉市”、“乌鲁木齐市+五家渠市”）。本研究不包括港澳台地区数据。

线路优化：在输入数据的基础上进行算法模型优化，总体优化思路为在抹平每个区域供需差的基础上，尽量减少管线的建设量。在此环节一个重要假设为所有市级氢供需差均通过输氢管道解决，因此该结果为潜在管道运力需求上限。

结论建议：基于线路优化分析的结果，按照主要区域内线路走向进行主干线组合，对不同干线通道的建设规模、难度以及对沿线地区产业发展的潜在影响进行预估。此外，团队还参考当前输氢管道以及天然气管网的实践经验，对不同线路输氢管网投资量进行预测，并梳理了建设运营过程中的主要利益相关方，提出了相关商业模式建议。

然而，纯氢管网在技术、经济与安全等方面仍处于快速演变之中：核心装备（如管材、阀门）尚缺大规模工程验证；管输成本受管径、利用率及替代技术竞争影响，跨区域比价优势尚不确定；覆盖设计、施工与运维的全链条安全标准体系仍在构建。这些因素共同决定了未来管网的总规模及向公共基础设施演进的节奏难以准确预判，本研究所得市场潜力上限仅反映乐观情景下的理论边界，实际发展路径仍需结合上述领域的突破进展进行持续跟踪与动态修正。

2.2 数据输入

2.2.1 氢供需差

作为本研究最重要的底层数据之一，各区域内氢供需差由以下计算得来：

$$\text{氢供需差} = \text{氢供给} - \text{氢需求} = (\text{绿氢供给} + \text{蓝氢供给}) - (\text{交通用氢} + \text{钢铁用氢} + \text{化工用氢} + \text{电力用氢} + \text{水泥用氢})$$

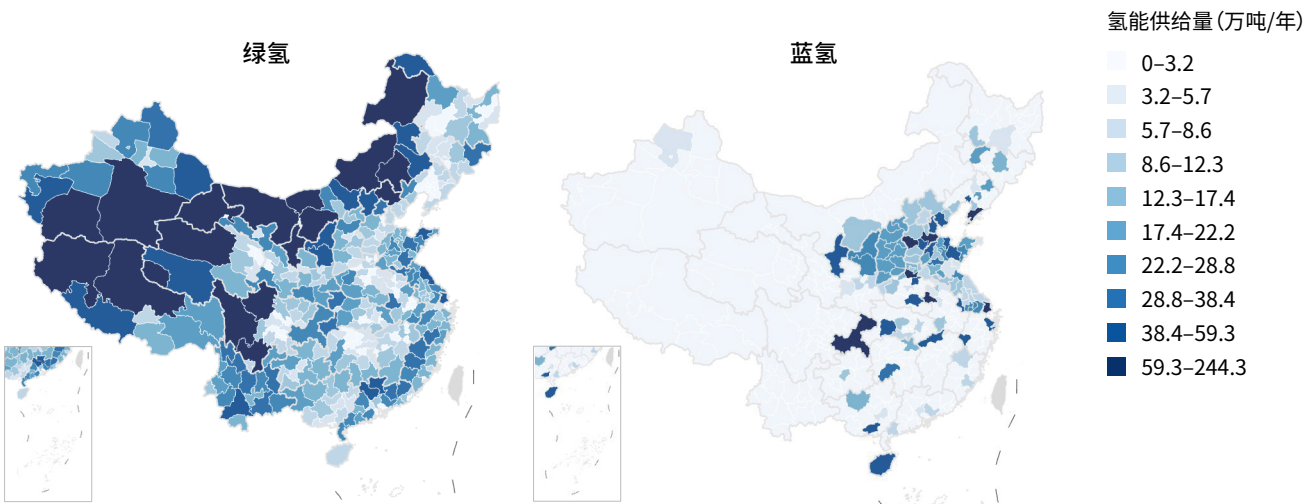
以上氢供需类别涵盖了绝大部分比例的供氢和用氢场景，但亦不排除有极少量的其他来源供给（如天然氢等）和需求（如电子产品制造业等），但由于其他类别体量极小，对于全国输氢管网线路规划的影响几乎可以忽略不计。

落基山研究所前期已对各省氢供给量以及全国各用氢行业需求量数据进行了系统性梳理预测，因此本研究将在省级和行业级数据的基础上，加入对全国各市域的相关假设，从而对各市域空间的氢供需分布情况进行预测。

供给侧

落基山研究所前期研究，已对我国碳中和时期的氢供给总量和类型分布进行了预测，2060 年前后我国氢供给总量将达近亿吨，绿氢作为最重要的氢源类型占比超过 75%，而其余部分主要为蓝氢¹⁹。

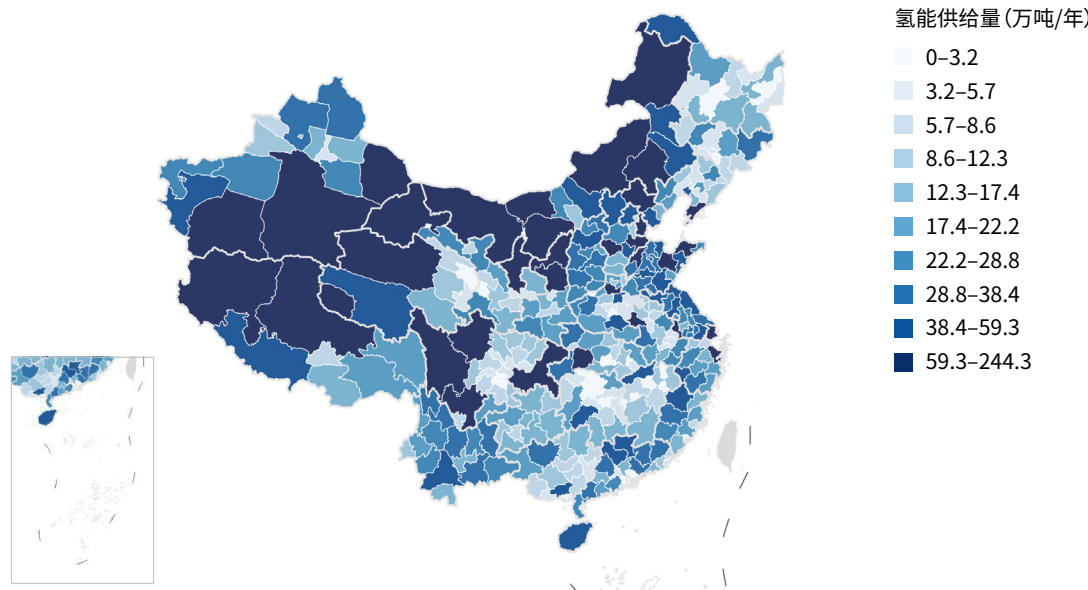
图表 5 全国各市域各类型氢源的供给情况预测



绿氢：各省域绿氢供给量分布沿用上一期数据，在各市域范围内根据风光资源条件和可部署面积将绿氢供给情况进一步细化。为评估各市域风光资源条件，我们引用 Global Wind ATLAS 和 Global Solar ATLAS 提供的风能密度（100m 高度，w/m²）和光伏潜力（kWh/kWp）的栅格数据^{20,21}。通过 ArcGIS 软件将风光资源栅格数据与行政区划地图复合，计算得到各市域行政区内的风光强度平均值（单位面积开发潜力），以此衡量市域内的风光资源禀赋条件。可部署面积预估则由市域总面积和用地类型分布共同决定，总体方法在市域占地总面积基础上，扣除绝大部分（90% 以上）的耕地、林地和城市建成区面积，再扣除大部分（80% 以上）的崎岖山地面积，得到市域内风光可部署面积²²。然后，我们用风光强度平均值和可部署相乘获得各市域绿电发展潜力。由于前期假设中都统一采用 20% 绿电用于制绿氢这一比值，因此各市绿电发展潜力可近似视为绿氢发展潜力。最后，我们将各省绿氢供给量按此权重进行分配获得各市域范围绿氢供给量的最佳预估（见图表 5）。需要注意的是，研究中绿氢供给潜力预测主要基于风光资源条件和可部署面积，因而结果更多反映各市域绿氢发展的相对资源潜力和空间分布特征，而实际的未来绿氢产能发展还将受到多重因素影响，包括水资源稀缺程度、其他用电部门竞争、基础设施配套情况等。

蓝氢：远期蓝氢产能布局不确定性较大，将受到工业产能布局、碳捕集技术成熟度与成本下降幅度、配套基础设施与政策机制等多重因素影响。本研究中，各省域蓝氢供给量沿用上一期数据ⁱⁱⁱ，各市域范围根据本地当前化工总产能将蓝氢供给量进一步细化。目前制氢产能以灰氢为主且多为就地或就近用氢，化工产业既是当前重要的用氢部门，又是主要的副产氢生产部门，因此我们通过当前化工产能分布反映灰氢及工业副产氢的分布情况，从而反映未来蓝氢产能的分布情况。我们收集整理各市当前主要用氢化工行业（包括炼化、合成氨和甲醇等）的用氢规模并加总，作为衡量本地蓝氢产能的重要依据，然后将各省蓝氢供给量按此权重进行分配获得各市域范围蓝氢供给量的预测（见图表 5）。

图表 6 碳中和情景下全国各市域氢供给情况预测



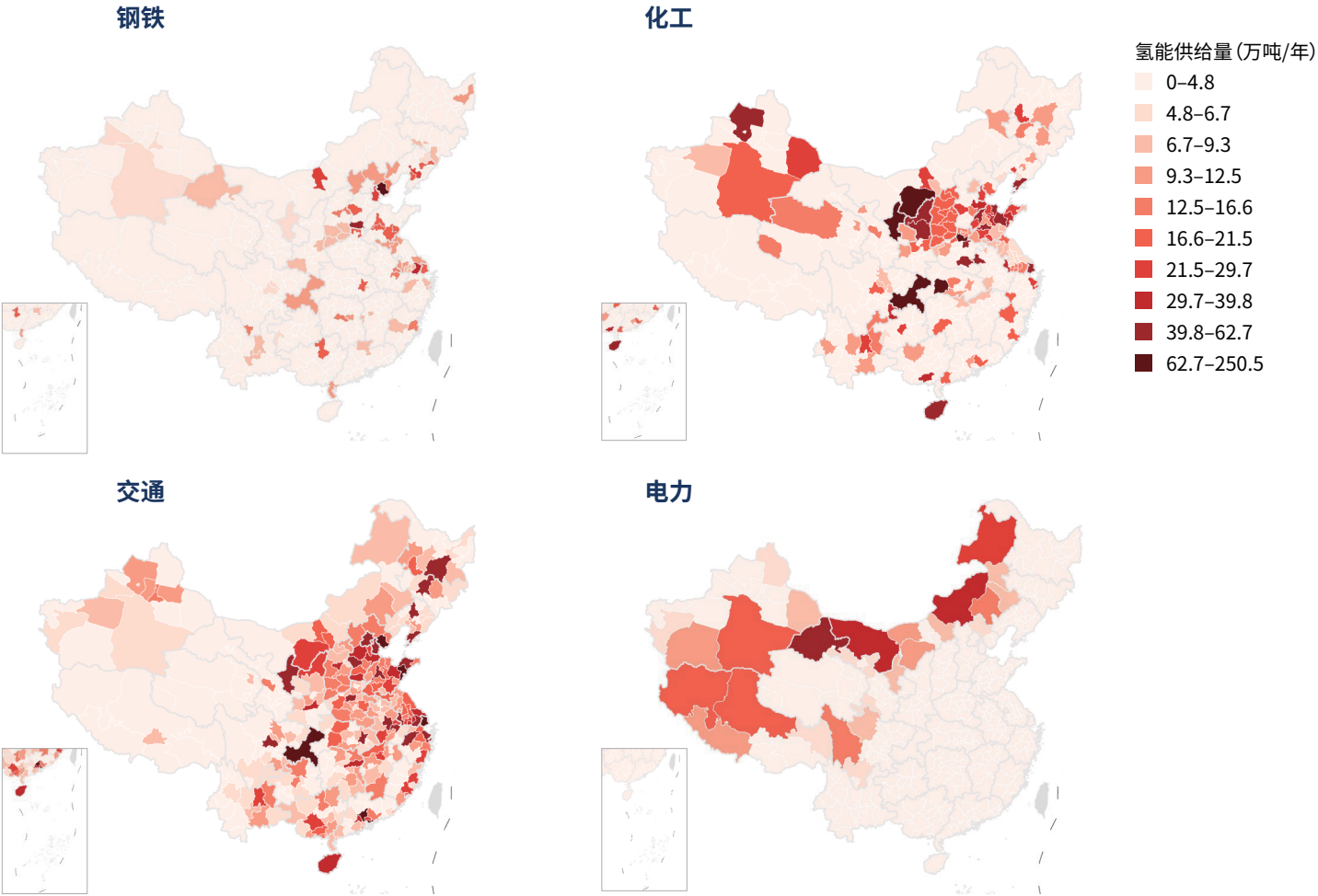
将绿氢和蓝氢的供给量加总，得到 2060 年碳中和时期全国各市域范围内的氢供给分布情况（见图表 6）。全国不同市域之间氢供给量悬殊，西北、东北和华北组成的“三北”地区和西部地区是我国氢供给最为富裕的区域，此外东部地区局部也有少数市域有较强的供氢能力。市域供氢量的多寡受到多方面因素的影响，一些较显著因素包括风光条件、幅员面积、化工产能等。该预测基于资源禀赋、产业基础及既定情景假设等因素，未来实际氢供给格局仍存在一定不确定性，有待进一步跟踪和研判。

ⁱⁱⁱ 对应上一期研究报告《中国氢储运中长期布局图景和技术展望》中的除“可再生氢”之外的“其他来源氢气”，组成部分中绝大部分为蓝氢，其产能主要由当前灰氢和工业副产氢增加 CCUS 设备转化而来。

需求侧

落基山研究所前期研究，在供需平衡的假设下，也对我国碳中和时期的氢需求总量和行业分布进行了预测，2060年前后我国氢需求总量与供给总量相当，用氢部门主要包括交通、钢铁、化工、电力、水泥等行业^{iv}。

图表 7 全国各市域主要用氢行业的需求分布情况预测



钢铁：氢作为还原剂可用于富氢高炉、直接还原铁等低碳冶金技术，前期研究预测碳中和时期全国钢铁行业的总需氢量约为 1200 万吨 / 年²³。项目组根据各省市统计年鉴和钢铁厂公开产能产量数据^{24,25}，整理总结出全国钢铁产量在各市域范围的分布情况，然后根据需氢量与钢铁产量成正比的假设，将全国钢铁需氢量按此权重分配到各市域（见图表 7）。

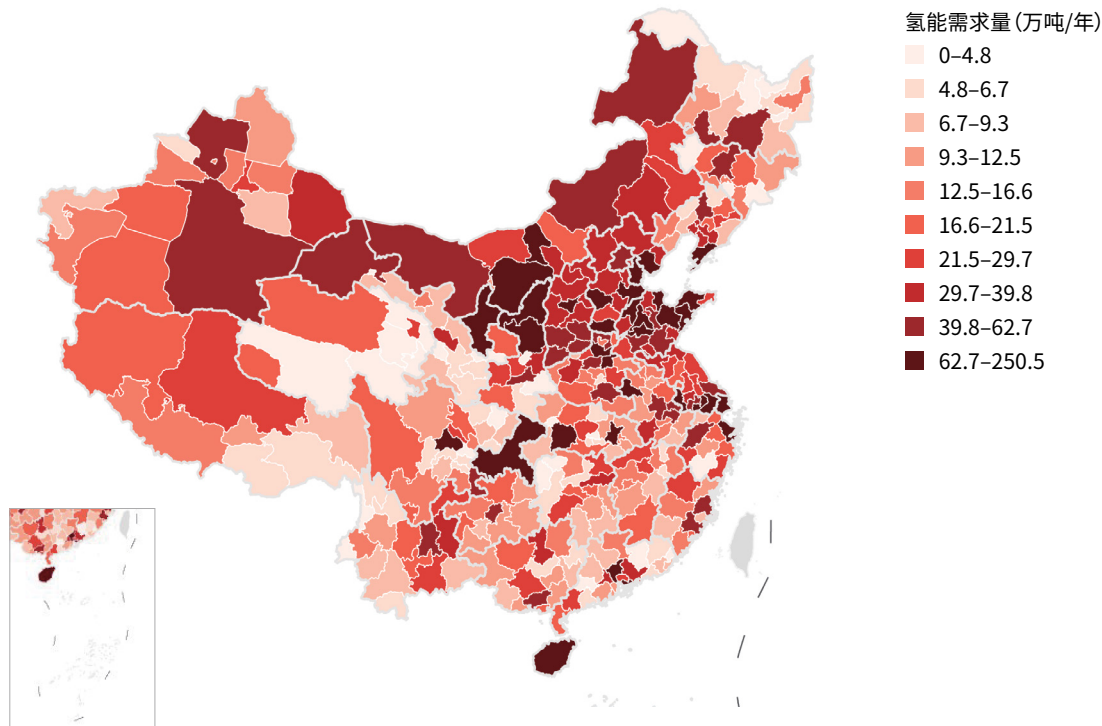
化工：替代原有灰氢原料，绿氢和其他低碳氢的使用是化工行业脱碳发展的重要路径，前期研究预测碳中和时期化工行业总需氢量约为 3000 万吨 / 年，其中包括炼化 650 万吨 / 年，合成氨 1400 万吨 / 年，甲醇 900 万吨 / 年²⁶。项目组参考各省市的工业产品统计年鉴及原油加工量和合成氨、甲醇等化工产品产量分布的其他公开信息²⁷⁻³⁰，对各市的主要化工品产量进行预估，然后根据需氢量与石化和化工产量成正比的假设，将全国化工需氢量按此权重分配到各市域（见图表 7）。

^{iv} 2060 年碳中和时期水泥行业用氢预计约 100 万吨 / 年，占总用氢需求比例仅约 1%，虽然在本研究假设和计算部分中包括水泥行业，但由于其规模过小，图表呈现效果不佳，故未作图与其他用氢行业一同展示。

交通：作为清洁能源，氢在道路交通、航运、航空等领域脱碳发挥着重要作用，前期研究预测碳中和时期交通行业总需氢量约为 4200 万吨 / 年³¹。该需求量是基于交通领域（以重卡货运为代表）氢能技术路线渗透率达到最大值的乐观假设。然而，考虑到电动化、甲醇燃料等技术路径的竞争性发展仍存在较大变数，该数值后续尚需结合实际情况进行动态调整。为较好反映交通需求，我们选取当前各市域的经济活动强度和发展水平为参考（航运部分需考虑区域内是否存在水路航线³²），然后根据交通需求与经济规模水平成正相关的假设，将全国交通需氢量按此权重分配到各市域（见图表 7）。

电力：氢作为重要的长时储能介质和清洁发电能源，在未来电力脱碳中发挥着重要作用，前期研究预测碳中和时期电力行业总需氢量约为 550 万吨 / 年³³。当前氢能在电力行业应用比较有限，我们选仍取当前各市域的经济活动强度和发展水平为参考³⁴，然后根据电力需求与经济规模水平成正相关的假设，将全国电力需氢量按此权重分配到各市域（见图表 7）。

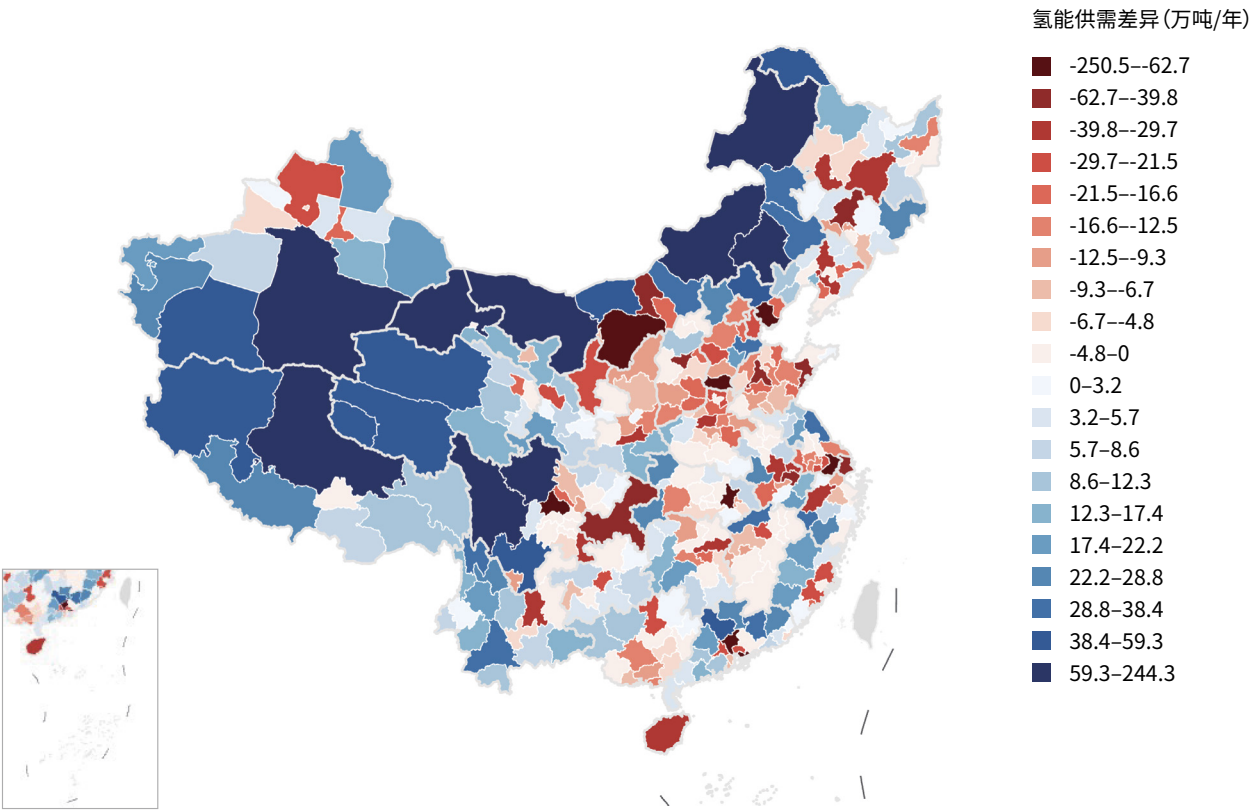
图表 8 碳中和情景下全国各市域氢需求情况预测



将钢铁、化工、交通、电力等用氢部门（包含水泥）的需氢量加总，我们可得到 2060 年碳中和时期全国各市域范围内的氢需求分布情况（见图表 8）。总体而言，华北、西北和长江流域地区的用氢需求最为集中。从市域角度看，一些重要的钢铁、化工城市和超大型城市尤为突出，这些地区或在重点用氢产业方面有较高的集聚度，或属于人口密集和经济高度发展的地区。

供需差

图表 9 碳中和情景下全国各市域供需差情况预测



结合上述对于全国各市域氢供需情况的预测，叠加供给和需求可得到供需差异的分布情况（如图表 9）。部分省份面积广袤、内部产业和可再生资源分布情况具有差异性，因此相比省域氢能供需差异，市域氢能供需差异更能反映真实氢能产业供需分布情况，对于细化输氢管网分布的具体路线等进一步研究更具参考价值。

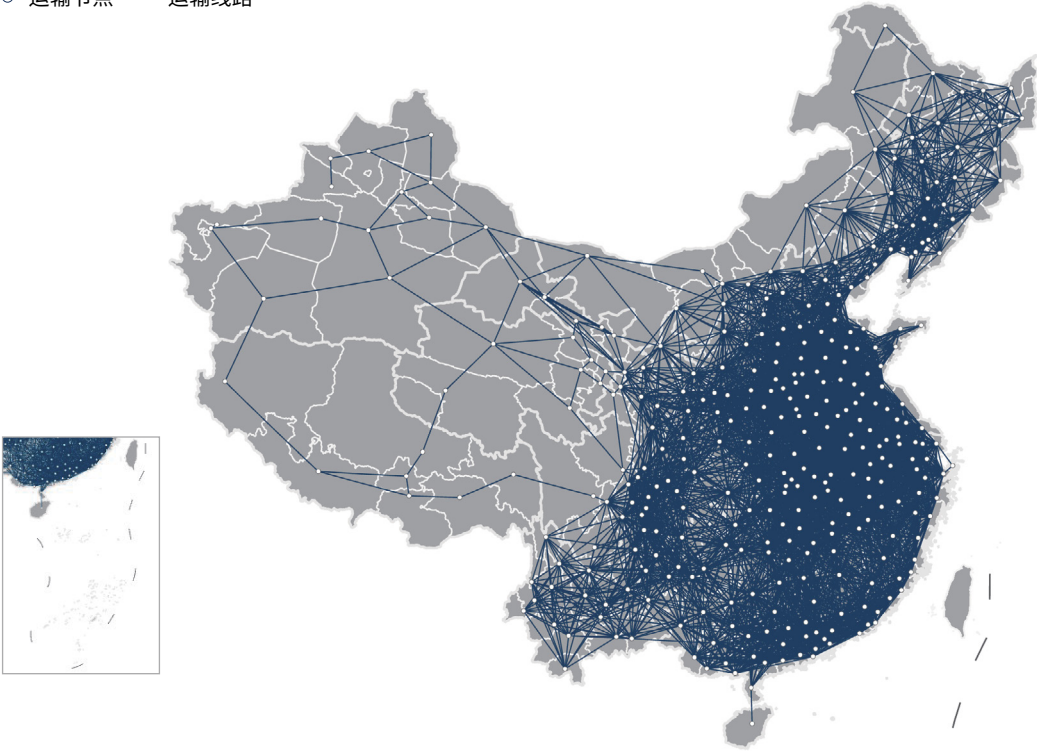
如图表 9 可见，全国氢供需差异分布不均，省域之间以及省域内部的差异性都十分显著。总体而言，“西北多、东南少”仍然是我国整体氢能供需格局的最突出特征。而站在市域角度，我们发现某些省域内部也会存在与省内其他地区供需趋势不一致的市域。比如在一些净供给省份中仍存在突出的需求中心，如内蒙古“呼包鄂乌”地区^v；相同地，在一些净需求省份中也存在净供给市域，如冀北地区的承德市、张家口市等。需要注意的是，未来氢能供需格局仍存在不确定性。例如，当前内蒙古、东北等地区已有规模化布局绿氨、绿醇产能并将其用于燃料生产的趋势，类似的工业产业转移和绿氢就地转化利用可在一定程度上缓解区域绿氢供需不平衡，减少绿氢跨区域运输需求。因此，供需预测仍需结合产业的未来发展趋势持续更新与修正。

^v 包括内蒙古自治区呼和浩特市、包头市、鄂尔多斯市和乌海市

2.2.2 潜在可连接管输线路

图表 10 潜在氢能管道运输线路

○ 运输节点 — 运输线路



为构建区域层面的氢能运输网络，研究首先统一选取了各研究区域的运输节点。考虑到区域主干运输网络的整体性与简化建模的需要，原则上假定每个区域仅设置一个核心运输节点^{vi}，区域内的氢能供给与需求均通过该节点进行集散。

在节点选取过程中，综合考虑运输效率与工程可行性等因素，优先将节点布局于区域内现有或规划中的交通枢纽附近，包括高速公路和铁路等重要交通节点。一方面，此类节点交通条件成熟，有利于氢能在区域内与区域间的运输与衔接；另一方面，其地形地势条件相对适宜，可降低氢能输送过程中因地形复杂带来的建设与运行约束。

在区域运输节点基础上，进一步通过确定节点之间的连通关系构建潜在的跨区域氢能运输线路，潜在氢能跨区域运输线路的结果如图表 10 所示。考虑到我国不同区域在自然地理条件、交通基础设施以及工程建设可行性方面存在差异，本文在管网连通规则的设定上对西部地区和东部地区分别采用了差异化处理方法。

对于西部地区，包括新疆、西藏、青海，以及甘肃、四川、云南的部分区域，由于地形起伏显著、自然条件复杂，氢能管道建设面临较高的工程难度与现实约束。基于工程可行性考虑，本文在网络构建中参考既有及规划中的公路和铁路网络，仅在具备可通行条件的区域内允许建设氢能管网，以避免不具现实可行性的跨区域连通。

相比之下，东部地区整体地势较为平坦，人口密度高、交通基础设施较为完善，氢能管网建设所受的自然条件约束相对较弱。因此，在模型设定中不再对地形条件作额外限制，而是假定任意两个区域节点在直线距离不超过 500 公里的情况下均具备连通可能性，以体现东部地区更加密集和灵活的氢能运输网络特征。

^{vi} 特例：由于巴音郭楞蒙古自治州面积广袤，且明显呈现出双枢纽分布趋势，难以由单一节点刻画。所以分别以库尔勒和若羌作为两个中心点进行取点。

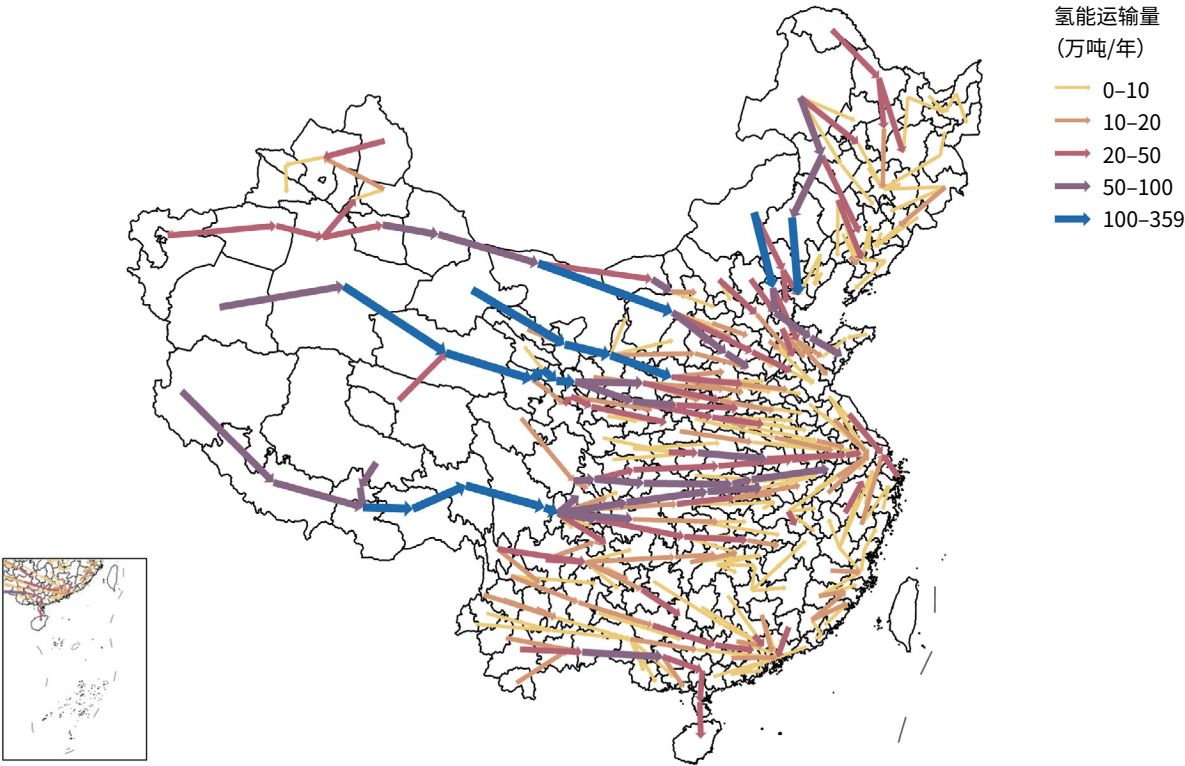
2.3 优化结果及重要结论

2.3.1 优化管网布局

在获得全国各地级行政单元的绿氢供需差额分布及潜在跨区域氢能运输方案后，研究将全国氢能输送体系抽象为一个网络流模型，各地级行政单元被定义为网络节点，潜在输氢管道线路被定义为带有空间距离属性的边。每个节点都对应一个供需差值，表示该地区是需要向外输出氢气，还是需要从外部接收氢气；每条边则对应一个运输距离，用于刻画该路径上的运输吨公里数。模型的两个核心约束条件为：第一，假设所有区域的氢供需差均需要通过输氢管道解决，氢气只能够在已识别的潜在输氢管线上流动；第二，净输出区域的流出量与流入量的差值等于其供给盈余，净输入区域的流入量与流出量的差值等于其需求缺口，从而实现所有区域的供需平衡。目标函数设定为最小化全国氢能运输总量与运输距离的乘积之和，即最小化全网运输总吨公里数。

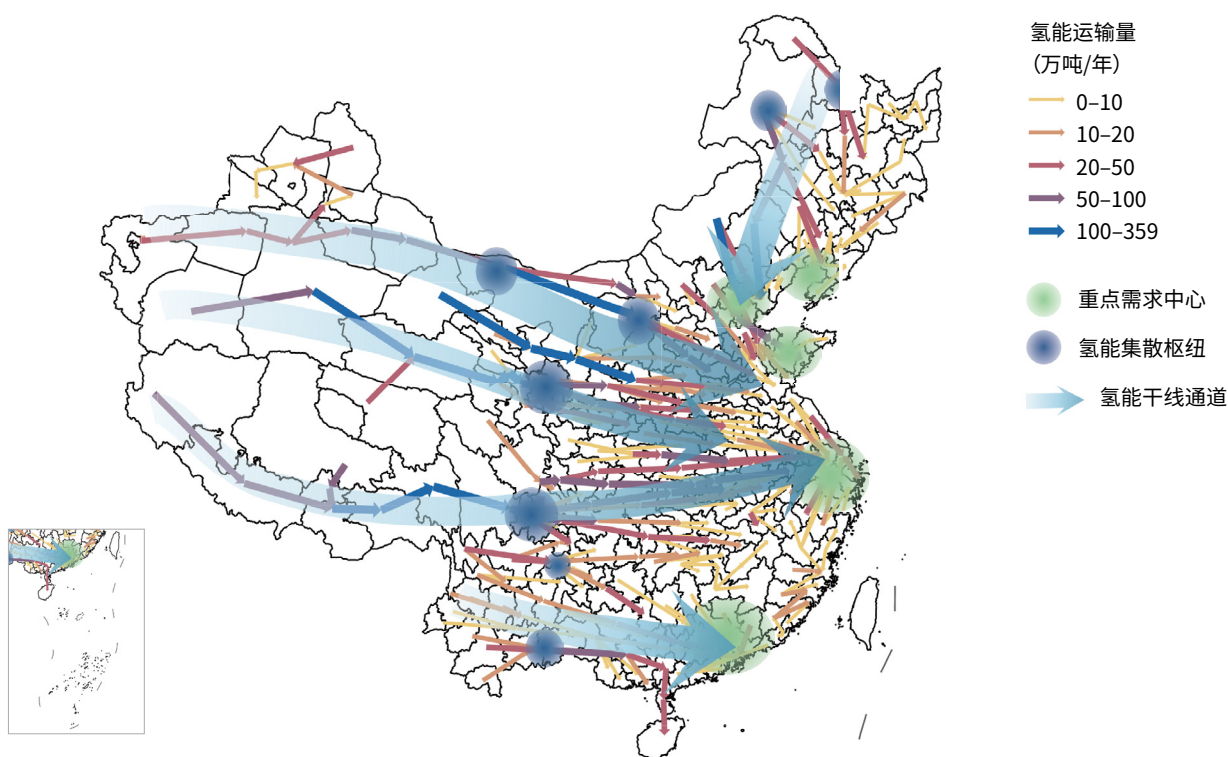
在求解方法上，采用线性规划框架下的最小成本最大流模型对上述网络进行全局优化。在全国范围内构建统一的流网络，将所有存在供给盈余的区域视为“源点集合”，所有存在需求缺口的区域视为“汇点集合”。随后，在满足约束条件的前提下，通过迭代搜索增广路径，不断在残差网络中寻找运输吨公里数最低的可行路径，将氢气从源侧沿潜在在管道网络输送至需求侧。每一次流量分配都会更新边的剩余容量与路径成本结构，直至不存在可进一步降低总运输吨公里数的增广路径为止，即获得模型的最优解，如图表 11 所示。

图表 11 氢能网络流模型输送路径优化结果



网络流模型为全国氢能调配提供了全局视角，但在微观优化上仍存在局限。模型在每个地市仅设置了单一的节点，使得输氢路径表现为严格的“市到市”点对点传输，未充分涵盖现实工程中“一条主干管网串联并向沿途多地市分输”的模式。因此，模型在东南部等需氢节点密集且分散的区域可能会产生管网布局的冗余。然而，这不影响模型对中国跨区域输氢宏观流向与整体空间格局的判断。为了更清晰地呈现这一宏观趋势，本研究基于优化结果将全国输氢管网进一步整理，划分出主要的氢能干线通道、集散枢纽与需求中心，如图表 12 所示。

图表 12 全国氢能主要运输干线与枢纽分布示意图



从管网形态来看，我国输氢网络呈现出鲜明的区域差异。西部及北部资源富集、运输节点间距远，具有集中式大规模外送需求，因此管道分布密度低，管道距离长、管输量大，形成多条由西北、西部向东、中部逐级汇聚的氢能走廊，适宜集中铺设大管径的输氢管道；而在东中部负荷中心周边，运输节点分布密集，需求相对分散，因此相邻城市间的短途连接线显著增多，管道线路更为密集，单位运输量相对较小，呈现多路径分流、区域间多方向衔接的特征，具备与高压长管拖车、液氢槽车等其他中短距离灵活输氢方式交互与互相替代的可能。

随着输氢管道向东推进，东南沿海地区成为绝大多数输氢走廊的终点，大湾区、长三角、环渤海三大区域为典型的氢能需求中心。同时，在资源地与东部负荷中心之间的关键过渡区，例如蒙西 - 蒙东 - 华北连线、青海—甘肃以及川西、云南一带，出现了多个氢能集散枢纽节点。这些节点在管网运行中将具有汇集承接西部主干氢流量、并向东部分配多向输氢路径的重要作用。

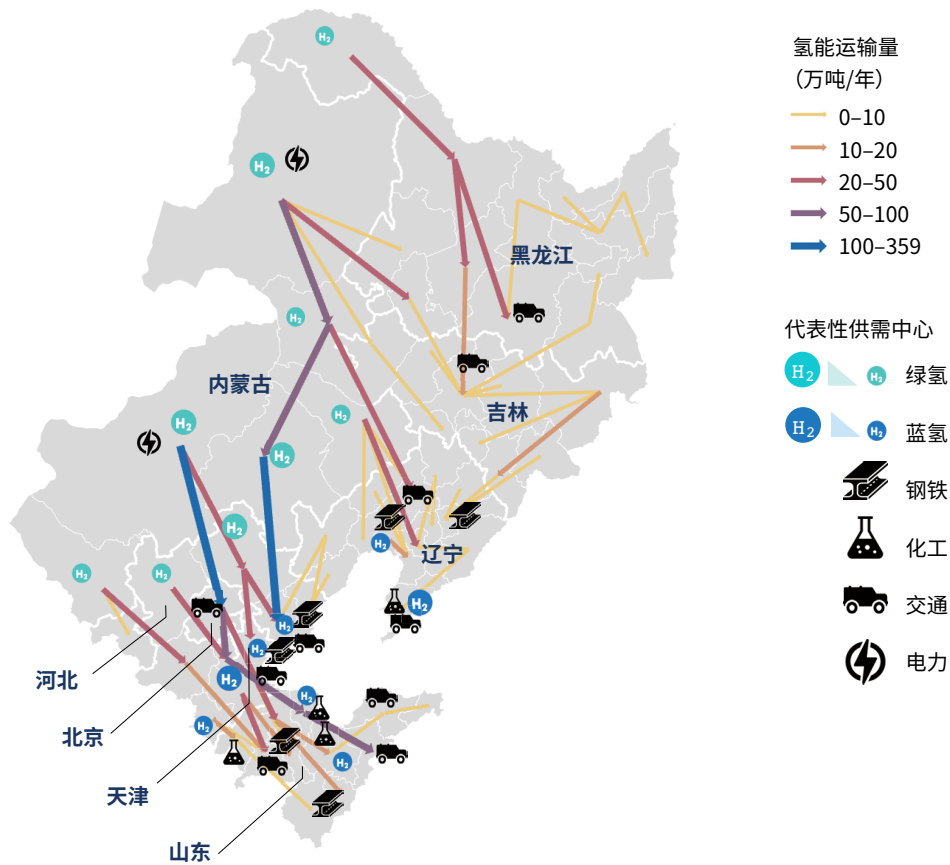
从整体格局看，全国输氢主干网五条干线通道特征鲜明：一是连接东北与华北地区的通道，由蒙东作为主要供给源地向环渤海区域输送绿氢；二是由南北两条平行干线组成的西北—华北输氢走廊，将新疆、蒙西及河西走廊的资源向东输送并在华北地区汇合；三是承载南疆及青海绿氢向华北、华东输出的西部东出主通道，线路部分需跨越高原地区；四是输送体量大、建设难度高的西藏—川西至华东的远期东西向通道；五是南方地区以云南、贵州为源、向华南特别是珠三角供氢的自西向东短途网络。这五大通道共同构成我国未来全国性氢能骨干网络的主要框架。

2.3.2 主要输氢通道

通道一：东北 - 华北线

该线路为连接我国东北和华北地区的最重要输氢通道，覆盖了当前建成和规划中的制储用一体化氢能项目和输氢管网项目分布最密集的区域。如图表 13 所示，从氢气的流动方向来看，蒙东地区为最重要的绿氢供给源地，通过干线网络向环渤海地区方向输送，再由次级管网输送至各城市，满足该地区大规模且密集的钢铁、化工和交通用氢需求；而黑龙江和吉林两省省内供需相对平衡，向外输氢量较少。

图表 13 通道一 | 大致输氢线路走向及重要供需集聚区域



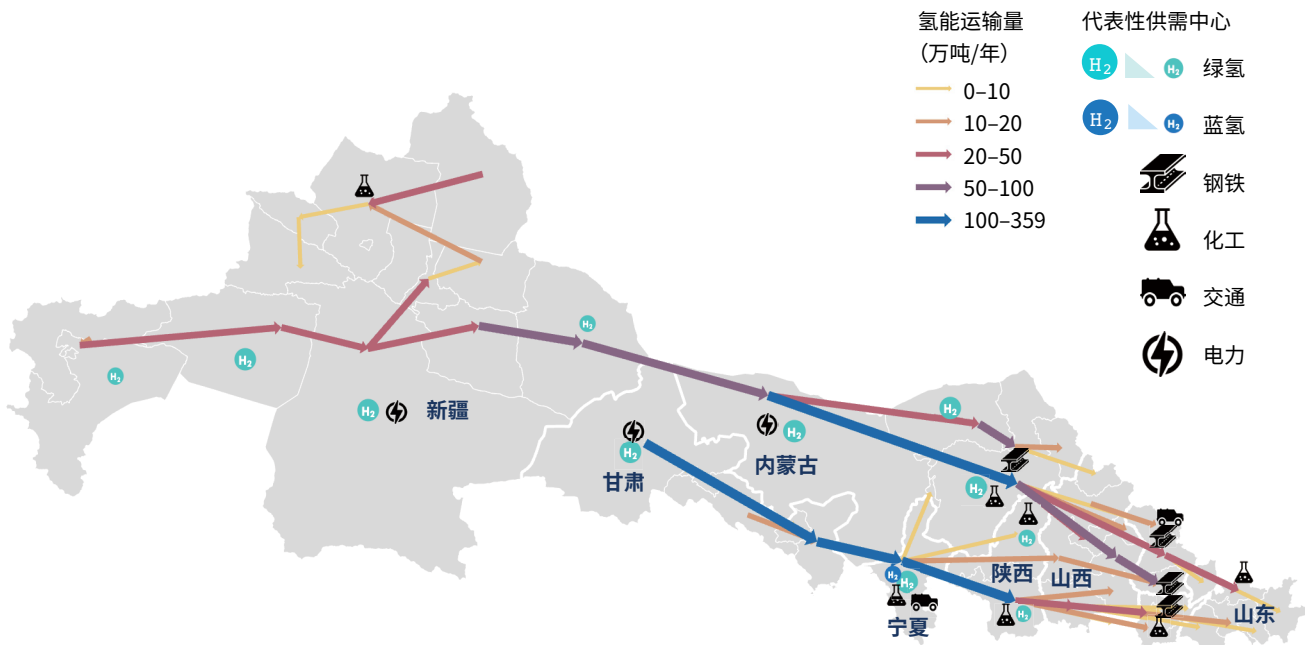
从当前模型预测结果来看，该通道主干线长度约为 1500–2000 公里，规模最大的输氢线路段约为 250 万吨 / 年，其跨越区域主要处于我国的第三级阶梯，地形落差较小，建设难度相对较低。从储氢条件上看，该区域内有松辽盆地、渤海湾盆地等地理单元在中远期可作为后备大型地质储氢的节点枢纽进行开发利用。该区域内的节点城市以需求中心为主，钢铁氢冶金需求十分突出，比如河北唐山、辽宁盘锦、山东青岛等，在管网结构中处于各路大规模输氢管线汇聚的末端位置。

河北唐山：唐山是全球规模最大的钢铁工业城市，在钢铁行业低碳转型过程中，由氢冶金为代表的低碳技术使唐山逐渐成为重要的用氢中心。预计到碳中和时期，全市需氢规模约为 250 万吨 / 年，其中钢铁需氢约 160 万吨 / 年。氢作为替代性清洁还原气体，无论是富氢高炉还是直接还原铁技术，在钢铁不间断生产过程中都需要保障氢气供给的连续稳定性和一定的供给规模，因此输氢管道的接入将很好地解决钢铁低碳转型过程中对于氢源的要求。河北唐山地处渤海湾，既毗邻本省冀北绿氢富集区域，与东北的蒙东地区也距离不远，氢源主要来自蒙东的呼伦贝尔、赤峰和锡林郭勒等地区。因此，无论从需求确定性、建设难度还是投资量的角度，连接以唐山为代表的渤海湾氢需求中心都是当前氢管网规划建设“快速制胜”选项。

通道二：新疆 - 蒙西 / 河西走廊 - 华北线

该线路将西北地区丰沛绿氢资源向东输送至华北地区，沿线覆盖了我国绿氢产能规划的密集分布区域之一。如图表 14 所示，从氢气的流动方向来看，新疆、蒙西和河西走廊地区绿氢生产潜力充沛，可考虑两条平行干线向东输送，南线经甘肃、宁夏、陕北，北线经新疆、蒙西、山西，最终于华北地区交汇，满足沿线和华北地区用氢需求。

图表 14 通道二 | 大致输氢线路走向及重要供需集聚区域



从当前模型预测结果来看，该通道主干线长度约为 3000–4000 公里，规模最大的输氢线路段接近 400 万吨 / 年，跨越我国的第二、三级阶梯，有一定地形落差，部分线路途径“沙戈荒”地区，建设难度中等。从潜在地质储氢选址上看，该区域内也有塔里木盆地、鄂尔多斯盆地等地理单元作为备选项。该通道干线较长，既存在类似唐山的末端需求型节点，比如河北邯郸，也存在扮演承上启下角色的连接型节点，这类节点获取氢的运输成本相对较低，本地氢产业链发展潜力巨大，如内蒙古鄂尔多斯。

内蒙古鄂尔多斯：鄂尔多斯市以“煤都”闻名，是我国重要的煤炭产地，本地已形成中国最大的煤化工产业集群，当前面临严峻能源转型压力。绿氢作为替代性原料，当前已成为化工行业脱碳的最可行技术路径，鄂尔多斯是全国绿氢化工的先行者，已在绿氢制甲醇等领域积极开展试点示范，地方政府也延上下游产业链展开了中长期规划。预计到碳中和时期，全市需氢规模约为 150 万吨 / 年，其中甲醇行业需氢约 100 万吨 / 年。类似钢铁行业，化工生产对于投料的连续稳定性要求也相对严苛，输氢管道的建设将极大便利本地化工行业的低碳转型。鄂尔多斯地处该输氢通道的北干线沿线，不仅作为新疆和蒙西地区氢源向东输送的必经之地，本地沿线绿氢资源供给也十分充足，且依托鄂尔多斯盆地，具备一定的地质储氢潜力。在本地资源条件和前瞻产业规划的结合下，鄂尔多斯成为我国氢产业重镇和未来输氢管网建设的重要节点枢纽，也是以资源转型带动产业升级的典型城市案例。

通道三：南疆 / 青海 - 甘陕 - 华北 / 华东线

该线路是南疆和青海地区绿氢的东出主干管道，终抵达华北和华东，部分需在高原建设。如图表 15 所示，从氢气的流动方向来看，南疆和青海地区绿氢资源丰富但本地需求比较有限，通过输氢管网可向东沿甘肃和陕西中南部地区向华北和华东地区供氢。然而，南疆属极端缺水区域，制氢可能面临水资源约束，而前期氢供给方案主要基于可再生电力资源评估，因此“南疆—青海”段线路的建设优先级尚需结合后续制氢项目进展进行动态评估。此外，“青海 - 甘肃”段穿越青藏高原北部，建设难度较大，该段路线与已建成的“涩宁兰”天然气管道路线重合度高，可考虑在其基础上新建或扩建。

图表 15 通道三 | 大致输氢线路走向及重要供需集聚区域



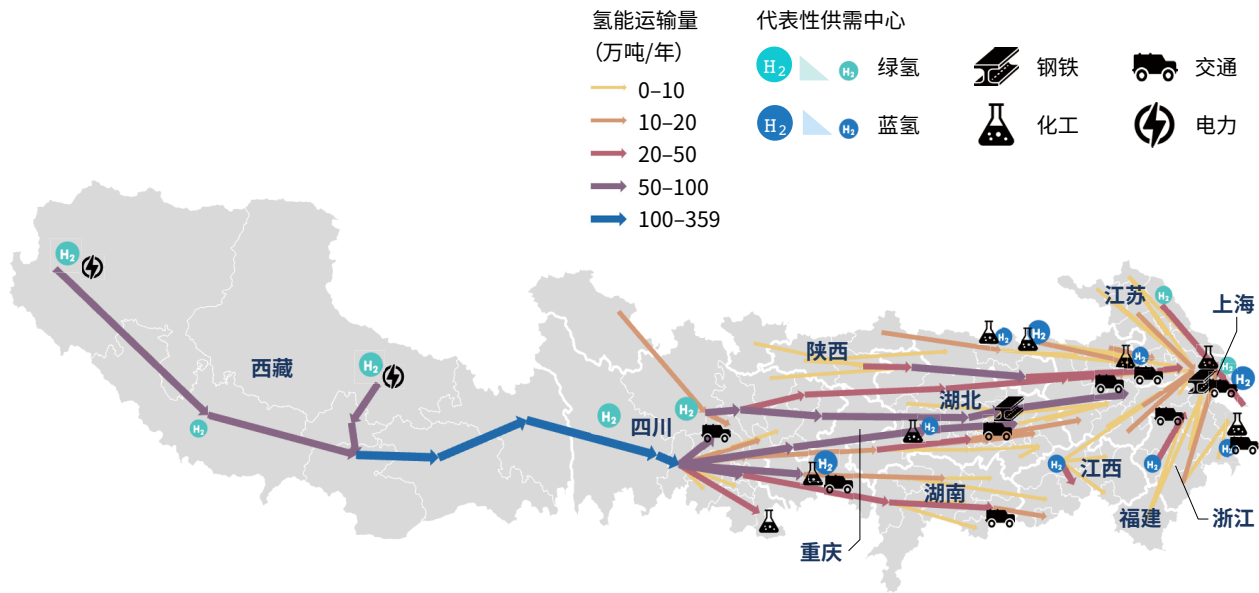
从当前模型预测结果来看，该通道主干线长度也约为 3000-4000 公里，但输氢体量相对较小，规模最大的输氢线路段约 200 万吨 / 年，跨越我国的第一、二、三级阶梯，地形落差较大，部分线路途径青藏高原地区，建设难度较大。从地质储氢潜力上看，该区域包括柴达木盆地以及一部分塔里木盆地的范围可作为储氢库备选项。和通道二类似，该通道内也存在比较突出的需求型节点和连接性节点，比如河南郑州是以交通用氢为主的末端需求中心，而甘肃兰州则是处于关键地形单元枢纽地带的连接型节点。

甘肃兰州：兰州市地处青藏高原向黄土高原过渡地带，受特殊地形条件和交通线路分布的影响，自古以来为军事和经济战略要地。从输氢管网建设角度，兰州的位置同样关键，是我国南疆和青海地区绿氢东出的第一站，是重要的连接节点型城市。本研究对未来需氢规模预测仅参考当前产业分布情况，但若基于兰州当前本地产业预测，到碳中和时期全市用氢需求并不突出，本地约需氢 36 万吨 / 年，除去本地供给约 8 万吨 / 年，剩余约 30 万吨 / 年由外地输入，而全年兰州的氢输入规模则约为 200 万吨。由此可见，作为连接供需地区的必经节点，兰州在绿氢相关产业的发展方面拥有巨大潜力待挖掘。而另一个角度看，在管网路线还未最终明确的情况下，地方在氢产业链方面更早布局也可以在后续管网具体线路走向决策中争取更大的机会。

通道四：西藏 / 川西 - 长江沿线 - 华东线

该线路是我国体量最大的东西向输氢干线通道，涉及高原建设部分较多。如图表 16 所示，从氢气的流动方向来看，西藏和川西地区绿氢资源丰富而本地需求比较有限，通过输氢管网可向东为长江沿线和华东地区供氢。但该线路氢源地生态脆弱，沿线地质条件复杂，且与“川电外送”特高压输电通道存在部分重合³⁵。建议综合评估不同跨区域调氢技术方案，待相关工程技术经验积累充分、绿氢需求缺口明确后，再审慎推进该线路的规划建设。

图表 16 通道四 | 大致输氢线路走向及重要供需集聚区域



从当前模型预测结果来看，该通道主干线长度将超过 4000 公里，规模最大的输氢线路段接近 400 万吨 / 年，跨越我国的第一、二、三级阶梯，地形落差大，约三分之一的线路处于青藏高原之上，建设难度极大。该通道沿线存在多处可供地质储氢选址的潜在区域，包括四川盆地、江汉盆地等地理单元。和通道二和通道三类似，该通道内也存在比较突出的需求型节点和连接性节点，比如江苏苏州是以交通、化工和钢铁用氢为主的需求中心，而四川雅安则是处于关键地形单元枢纽地带的连接型节点。

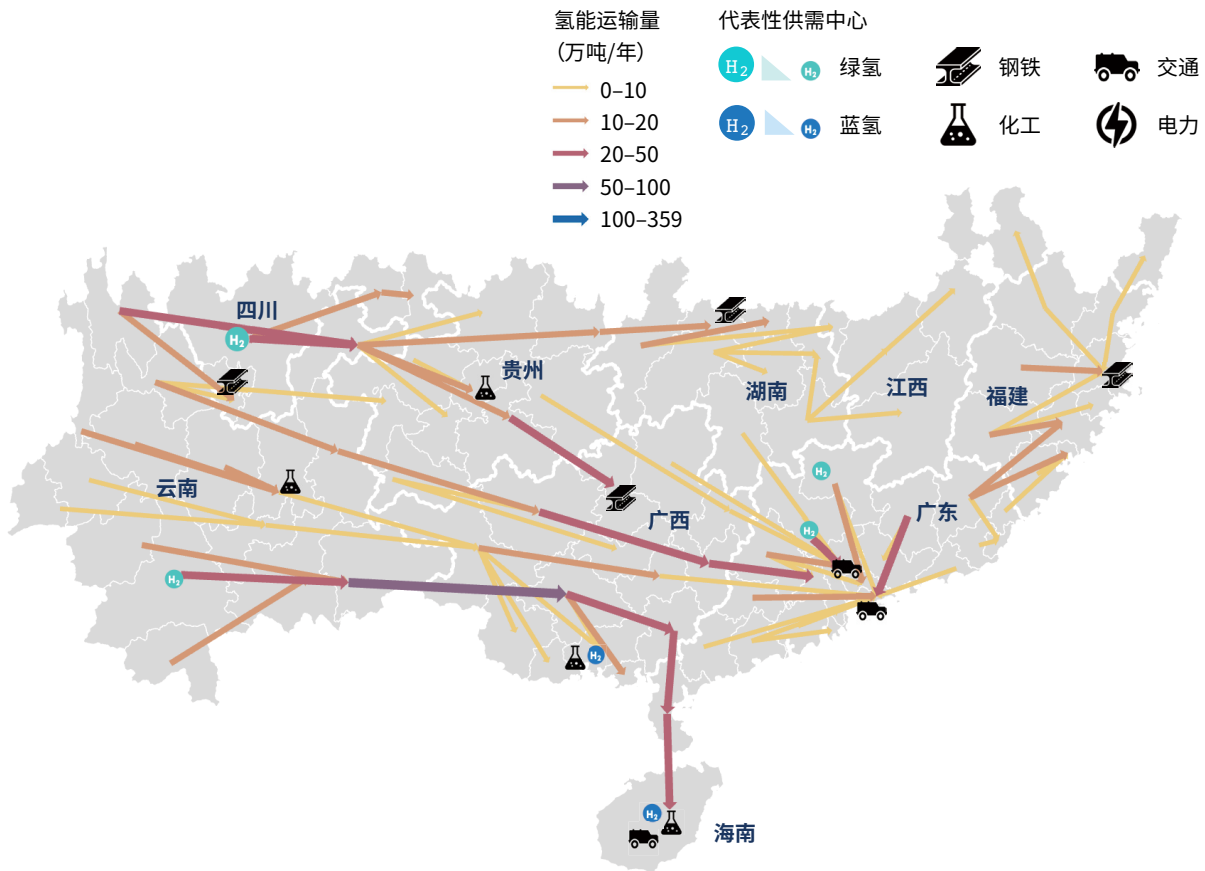
江苏苏州：苏州市地处我国长江三角洲经济带核心地带，人口密集、经济富裕，尤其工业基础深厚，规模全国领先，不仅在钢铁、化工等部门有巨大的用氢需求，在城市交通方面用氢需求也十分可观。预计到碳中和时期，全市的需求规模约为 120 万吨 / 年，而本地供给规模仅约 50 万吨 / 年，需从外地输入约 70 万吨 / 年。从管网结构看，苏州处于管网末端，输入方向来自西侧多条管线路段，调度灵活性相对较强。对于此类末端需求节点城市而言，若和氢源距离过远且管网建设的进度可能相对较慢，则可以考虑多元化输氢路径对供氢风险进行分散，从规划角度，可通过建设支线管网从其他地区获得一部分供给，或者通过支持发展其他运氢方式解决中短期本地用氢缺口，比如输电异地制氢或者转化为氢衍生物再进行道路运输等。

四川雅安：雅安市位于青藏高原和四川盆地的过渡地带，自古以来是重要的地理和资源通道，也是正在崛起的重要交通物流枢纽。雅安凭借关键的地理位置，成为西藏和川西地区绿氢东出的必经之地和第一站。但和兰州面临的情况比较类似，由于青藏高原蕴藏巨大的绿氢生产潜力，输入雅安的绿氢规模有望接近 400 万吨 / 年，而根据当前本地产业发展情况预测，到碳中和时期，全市需氢规模仅为约 5 万吨 / 年，而本地可供潜力约为 10 万吨 / 年，可在完全满足本地需求的基础上向东部输送。由此可见，雅安本地绿氢相关产业的待开发潜力非常可观，但由于建设难度问题，该线路建设进度的不确定性更高，因此需审慎考虑相关产业规划和投资的优先级。

通道五：云贵高原 - 华南线

该线路是我国南方地区的自西向东绿氢输送网络，主要覆盖云贵高原到华南一带。如图表 17 所示，从氢气的流动方向来看，云南、贵州等地绿氢资源待开发潜力巨大，在满足本地需求之外，还可以就近向东南输送满足华南地区，尤其是珠三角地区的绿氢需求。该通道管网布局较分散，线路较短小，所以存在因缺乏规模效应被输电等其他方案替代的可能性。

图表 17 通道五 | 大致输氢线路走向及重要供需集聚区域



从当前模型预测结果来看，该通道主干线长度约为 1500~2000 公里，输氢规模相对较小，最大的输氢线路段也不到 150 万吨 / 年，主要跨越我国的第二、三级阶梯，落差不算最大，但沿线地形比较破碎，因此建设难度相对较大。从储氢条件上看，该区域内仅在需求末端的珠江口盆地有条件可进行地质储氢的选址开发。该区域内的节点城市的规模也都相对较小，比较突出的连接型节点有云南昭通、云南文山等，而需求中心集中在珠三角地区和海南，有代表性的需求中心包括产业密度较高的广东广州和佛山等地。

广东广州：广州市是我国粤港澳大湾区的核心城市之一，经济发达，产业和人口密度高，是全球性的“水陆空”交通物流枢纽城市。预计到碳中和时期，广州本地需氢规模可达约 80 万吨 / 年，本地可实现供氢约 15 万吨 / 年，每年仍需从外地调入约 65 万吨。从当前模型的管网布局构想来看，广州几乎处于管网末端位置，氢源可从西北多个方向输入，有一定的调度灵活性。而和苏州情况类似，广州与氢源地距离远，且该通道的建设进度不确定性高，所以多元化输入氢源，将远期供氢风险进行分散十分关键。同样地，广州既可以考虑支线管网建设从其他邻近地区获得一部分供给，也可以考虑发展输电异地制氢或者转化为氨醇再运输等可行方式解决中短期本地用氢缺口。

3. 规划建设启示和建议

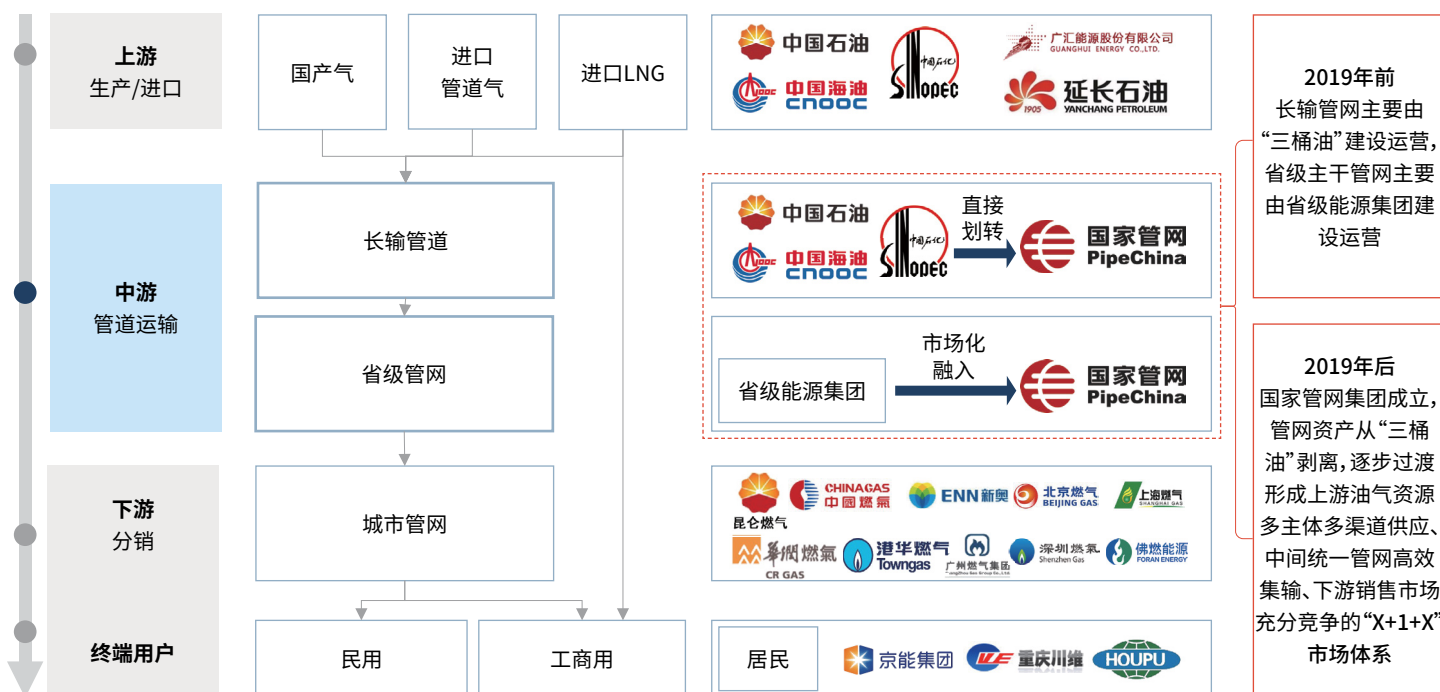
3.1 总体建设规划模式

从本研究的优化结果来看，未来我国输氢管网宜以若干跨区域主干通道为骨架、逐步向区域支线延展并最终形成网络化结构作为整体格局，形成由绿氢资源丰富的西部地区向需求集中的东部沿海地区辐射，同时东部沿海地区内部相互交叉调配的模式。

从能源基础设施形态来看，氢气与天然气同属大规模输送的气态能源载体，在运输方式、基础设施结构以及部分终端应用场景方面具有一定相似性。天然气管道掺氢项目亦已有一定实践经验。因此，天然气管网在工程技术、建设组织以及商业运营模式方面的成熟经验，对于输氢管网规划建设具有重要借鉴意义。

作为能源生产和消费大国，我国天然气管网在过去数十年内，尤其近 20 年时间内实现了快速发展。截至 2024 年底，我国长输天然气管道总里程超过 12.8 万千米（含地方及区域管道）³⁶，位列全球前三。在管径、压力等级和建设长度等指标方面，我国天然气管道设计和建造技术方面也跻身世界一流水平³⁷。

图表 18 我国天然气输送主要环节及市场参与方



天然气的物理化学属性决定了天然气产业链条上各环节高度依存。天然气管输作为承上启下的重要环节，连接供应端与消费端，是重要管网基础设施。如图表 18 所见，天然气输送体系主要包括上游勘探、生产或进口、中游管输和下游销售和利用等环节。在 2019 年前，上游和中游的主要玩家高度重合，以“三桶油”（中石油、中石化和中海油）等大型央企主导，在生产和跨省长输环节，2018 年“三桶油”合计市场份额超过 80%³⁸，而省级管网则大都由各省能源集团建设运营。国家干线管道和省级管网的规划并非同步推进，且省级管网通常以自身需求优先，缺乏跨区域统筹和协调，存在重复建设，互联互通不足等问题。2019 年国家管网集团成立使天然气市场结构发生重大变化，是我国油气体制改革的里程碑事件。

国家管网集团的成立旨在提升管网互联互通能力，增强全国供气调配效率，逐步过渡形成上游油气资源多主体、多渠道供应，中间统一管网高效集输，下游销售市场充分竞争的“X+1+X”市场体系。国家管网集团从“三桶油”接管主干天然气管输网络，部分储气库、LNG接收站等资产，并推动省级管网以市场化方式融入国家管网体系。截至2025年6月底，已有8家省级管网完成整合³⁹，截至2023年底国家管网集团运营跨省和省内天然气管道总里程约5.7万公里⁴⁰，市场份额已接近50%。

国家管网集团成立后，打通了管输壁垒，天然气管道作为公共管网向第三方开放，大大提高了资源配置效率，“全国一张网”战略在资源统筹调度、跨区域互联互通以及能源安全保障等方面的优势逐渐显现。我国氢能管网规划和建设可充分借鉴天然气管网发展的经验，从而更好统筹网络布局并提升整体运行效率。

需要指出的是，由于氢气在民用领域的大规模应用前景相对有限，未来输氢管网的下游环节将更多服务于工业园区、能源基地及加氢站等工商用场景，因此天然气城市燃气网络体系对于输氢管网的借鉴意义相对有限，本研究不再展开讨论。

需要指出的是，未来纯氢管输的下游环节将更多服务于工业园区、能源基地及加氢站等工商用场景，这些应用场景类似于天然气行业中的“大用户”，可采取直供模式。而纯氢管输在居民应用场景相对有限。截至2024年底，我国城镇天然气配气管网历程超过129.3万公里，管网里程长、密集。出于利旧及城市安全考虑，对现有配气管网进行改造或掺混输送可能更具经济性，故本研究不再展开讨论。

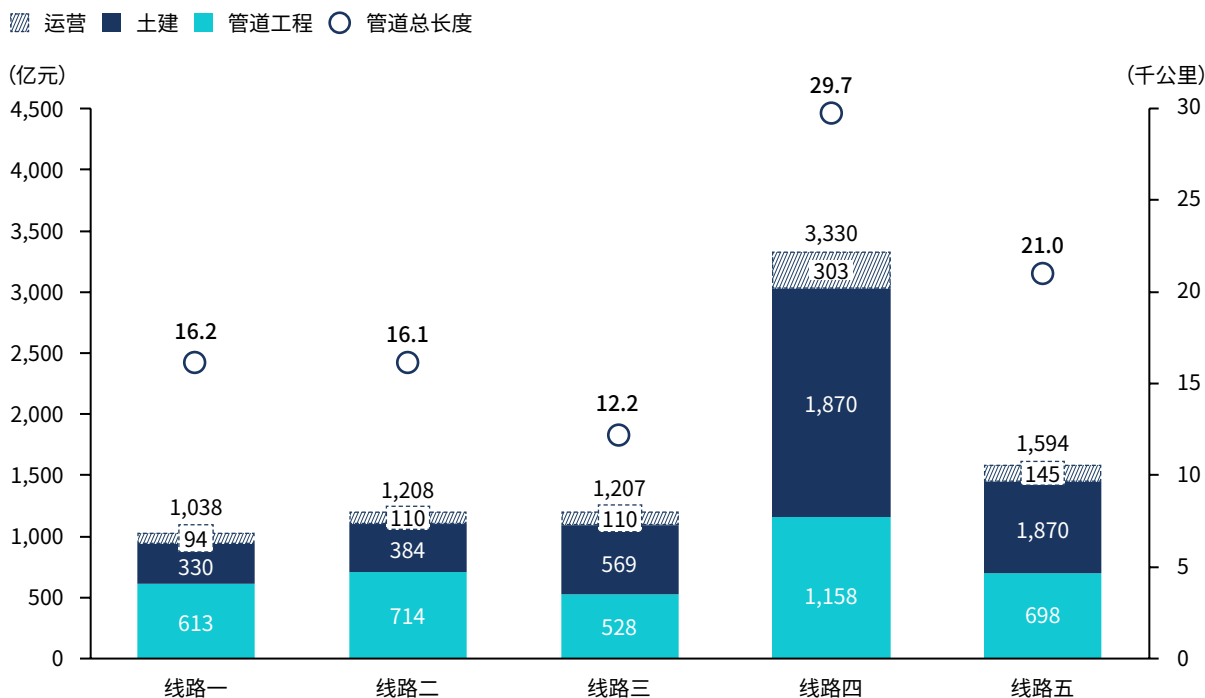
在发展路径上，输氢管网亦有望与既有天然气基础设施形成一定协同关系。例如，在部分具备条件的区域，可通过天然气管道掺氢示范逐步探索氢气输送技术，并在技术成熟后逐步过渡至专用输氢管道。同时，在部分主干能源通道上，也可通过建设并行输氢管道的方式，与既有天然气管网形成协同布局。这种“掺氢示范—专用输氢—网络化发展”的渐进路径，有助于在控制投资风险的同时，为未来大规模氢气运输体系的形成奠定基础。

3.2 管网建设顺序

尽管未来全国输氢管网将逐步形成网络化结构，但在实际建设过程中仍需要根据投资规模、工程条件及氢能产业发展进程分阶段推进。本研究对五条潜在输氢主干通道的管网建设规模及对应投资需求进行了系统测算。

参考了多个已建和在建输氢管道项目投资水平⁴¹⁻⁴³，如图表19所示，本研究将投资测算分为建设和运营两部分，其中建设成本包括管道工程和土建成本。管道工程建设涉及管线和阀室等相关材料设备等投入，投资规模基本上与线路里程和管径等成正比。土建投资成本也总体上与线路里程高度正相关，但同时也受到沿线地形复杂程度影响，因此以线路4为代表的高难度线路建设将产生更高的单位里程土建成本。运营部分包括管线和站场的全生命周期运营和维护，参考文献的估算值约为其建设成本的10%⁴⁴。

图表 19 输氢管网建设运营总成本与总长度预估



注：本文估算结果主要用于反映不同输氢主干通道之间的相对规模和成本关系。实际建设中，输氢管网受线路优化、管道复用、局部供需匹配、分阶段建设及技术路线竞争等因素影响，存在较大不确定性。因此，图中管道长度及建设运营成本不一定反映真实管道建设情况或最终投资需求。

根据上述模型测算，结果中显示的五条主干通道的总长度共约 9.5 万公里，与我国当前的天然气长输主干系统处于同一数量级，对应的总投资需求约为 8377 亿元。由于各线路在空间长度、地形条件及工程建设难度等方面存在显著差异，其对应的管网建设里程和投资需求规模呈现出明显分化。

从建设规模来看，不同输氢主干线路的长度差异较大，最长的线路四是最短的线路三总长度的接近 2.5 倍。同时，各线路所经区域的地形地貌条件差异明显，既包括地势相对平坦、工程条件较为成熟的区域，也涵盖地形起伏较大、自然条件复杂、施工难度较高的区域。长度与地形条件的差异共同作用，导致各线路在单位投资强度及总投资规模上呈现出明显分化。其中，线路四由于总里程最长且所经区域地形条件最为复杂，其投资需求显著高于其他线路，占总投资规模的比重超过三分之一；相比之下，其余线路整体里程较短或建设条件相对优越，投资规模处于相对可控水平。

投资量级和建设难度的差异为判断输氢管网建设的优先顺序和投资节奏提供了重要依据。投资需求较低、建设难度较小的线路，可以在初期优先推进；而投资规模大、技术和工程条件要求较高的线路，则需要在相关技术逐步成熟的前提下，分阶段实施。

此外，建设节奏也需要考虑不同区域氢能产业发展进程的差异，跨区域输氢需求通常在上游供给能力和下游需求规模均达到一定成熟度后才会逐步显现，因此各主干通道跨区域输氢需求的出现时间并不一致，建设节奏也应有区分。同时，每条输氢通道内部亦可先在供需较为成熟的区域率先建设局部管道区段，随后随着供需规模扩大逐步延展至完整通道。

综合投资规模、建设难度及需求形成时序等因素，本文对五条主干通道的投资节奏提出如下判断：

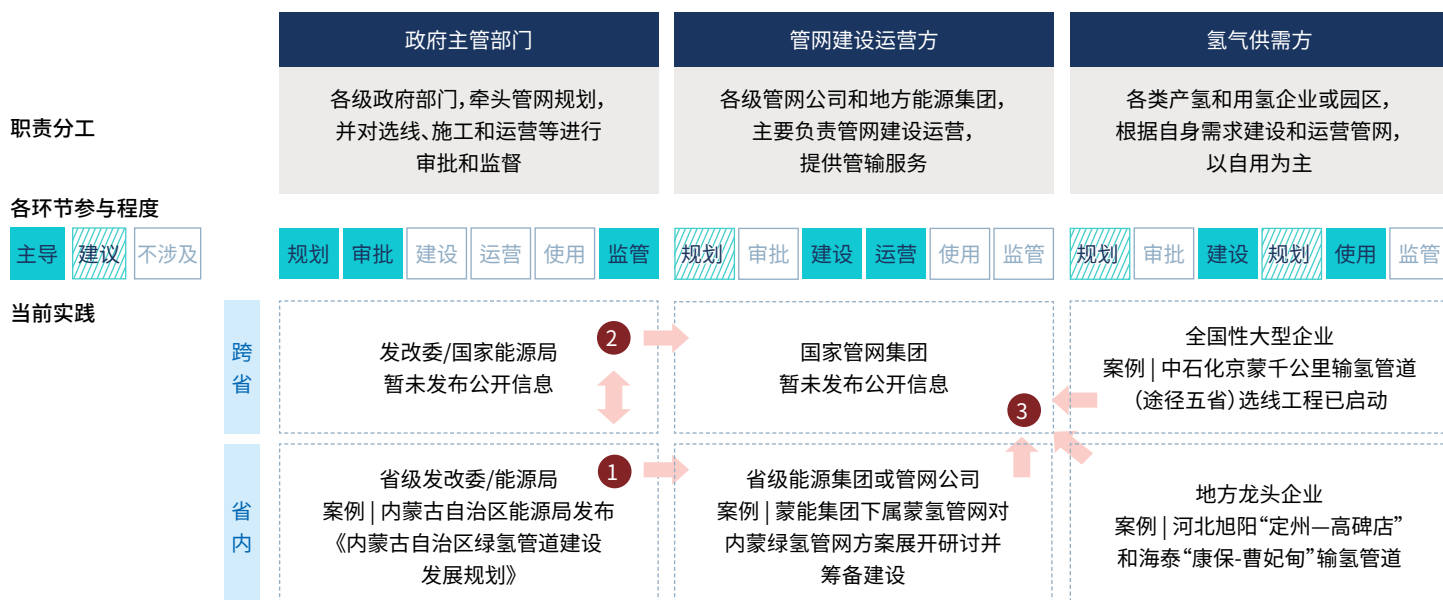
- 对于线路一和线路二，两者所经区域地形条件较为优越，整体建设难度较低，投资需求量处于较低水平，同时上游可再生资源资源条件较好、下游氢能相关产业发展基础较为领先。基于上述特征，这两条线路适宜在近—中期优先推进建设，初期重点连接相邻的大型供给与需求中心，在需求持续增长的情况下，逐步向距离更远的供给端和需求端延伸。
- 线路三整体总里程相对较小，投资需求量较低，但其上游区域建设难度明显高于下游，下游需求呈现出相对集中的特征。基于这一结构特征，该线路更适合在中—远期实施建设，并可采取由需求中心向供给端逐步延伸的建设路径，以降低前期投资压力并提高设施利用效率。
- 线路四所经区域上游地理环境复杂、地形起伏显著，整体建设难度高，总里程长，对应的投资需求规模明显高于其他线路。同时，上游高海拔制氢在技术和工程实施层面均存在较高难度。综合判断，该线路更适宜作为远期建设通道，在下游需求规模充分释放的基础上，优先从需求侧启动建设，并随着需求持续增长逐步向供给端延伸。
- 线路五整体建设难度处于中等水平，总里程较长，投资需求量相对较高，其供给与需求空间分布较为分散。考虑到上述特征，该线路适宜在中—远期推进建设，通过优先连接相邻的供给与需求中心，逐步完善节点间连通关系，最终形成网络化输氢结构。

3.3 投资主体与商业模式

大规模的输氢管网的建设和运营通常难以依赖单一项目公司或单一年度的资本开支一次性完成，而需要在更高层级上进行跨省统筹与整体规划，通过统一的技术标准和建设节奏安排，实施长期滚动投资与分期投产。这一特征对输氢管网的组织模式和投融资机制提出了更高要求。

从建设流程和产业环节来看，输氢管网规划建设涉及多类利益相关方，主要包括政府主管部门、管网建设运营企业以及氢气供需企业等。如图表 20 所示，输氢管网规划建设体系的主要相关方在跨省和省内级别管网的参与程度不同，且处于动态变化过程中。政府主管部门主要为各级发改委和能源局，负责牵头管网规划，并对选线、施工和运营等进行审批和监督；管网建设运营方则以国家管网集团和省级能源集团和管网公司为主，间接参与管网规划，主要负责管网建设运营并提供管输服务；当前参与建设运营管道的氢气供需方则以全国大型企业和地方龙头企业为主，会受邀参与管网规划，这些企业都有氢能供给能力或需求场景，根据自身需求建设运营管网，以自用为主。

图表 20 主要相关方在各级管网的职责分工和当前实践



从当前实践情况来看，跨省和省内输氢管网规划建设均有探索和进展。政府端，内蒙古自治区能源局发布了《内蒙古自治区绿氢管道建设发展规划》，是全国第一份也是唯一一份省级输氢管网规划，而国家层面尚未发布全国性、跨省份的输氢管道规划。管网公司端，当前的项目都主要处于可行性研究或筹备阶段，既包括国家管网集团正在开展的“赤峰-锦州”跨省氢能管道项目的可行性研究⁴⁵，也包括蒙能集团正在筹备建设内蒙绿氢管网方案等省级输氢管网⁴⁶。氢能企业端面临更加实际的需求，已有输氢管网建设进入开工阶段，例如中石化京蒙千公里输氢管道已通过安全论证审查⁴⁷。

在商业模式层面，天然气管网的发展经验为输氢管网建设运营模式设计提供了重要参考。2019年国家管网集团成立前，天然气管网主要由不同企业和地区分别建设运营；随着国家管网集团成立，管网体系逐步向统一建设和运营的模式转变，并逐渐形成上游资源多主体供应、中间统一管网高效集输、下游销售市场竞争的“X+1+X”市场体系。这两种管网建设运营模式在效率、风控、成本和安全等方面各有优势，在管网建设的起步阶段和成熟阶段也呈现出不同特点。

从当前行业发展阶段以及天然气管网发展的历史经验来看，我国输氢管网在起步阶段仍可能延续多家主体参与、企业和地方各自推进建设的格局。这种发展模式在初期阶段通常更具灵活性，建设节奏更快，也更贴近一线实际供需情况，因此在当前产业发展阶段具有一定合理性。与此同时，从中长期视角看，“全国一张网”的发展模式仍有望成为输氢管网体系演进的重要方向，其优势主要体现在规模经济效益更为显著，运营、监管和协调成本更低，并能够避免重复建设和无序扩张，防止“内卷式”竞争，更好服务国家层面的资源统筹调度和能源安全保障需求。

为了更好发挥两种模式在不同阶段的优势，国家主管部门或管网集团可提前进行制度和规划层面的安排。一方面，应尽早识别并预防不同阶段下各类发展模式可能带来的潜在问题；另一方面，也需尽量降低未来模式过渡过程中的调整成本。发展初期，应强化跨区域、全局性的氢能发展规划，引导地方与企业前瞻布局，防范过度建设风险。投资层面，可鼓励上下游企业以股权参与等方式深度介入，以保障供需稳定；同时，国家管网集团可通过市场化股权投资逐步参与地方管网项目，降低后续整合阻力。进入成熟期后，则需警惕垄断格局所引发的效率下降与创新乏力，应通过制度设计强化竞争机制和服务意识，并积极推动新技术应用，以维持行业长期活力。

3.4 输氢管网体系建设建议

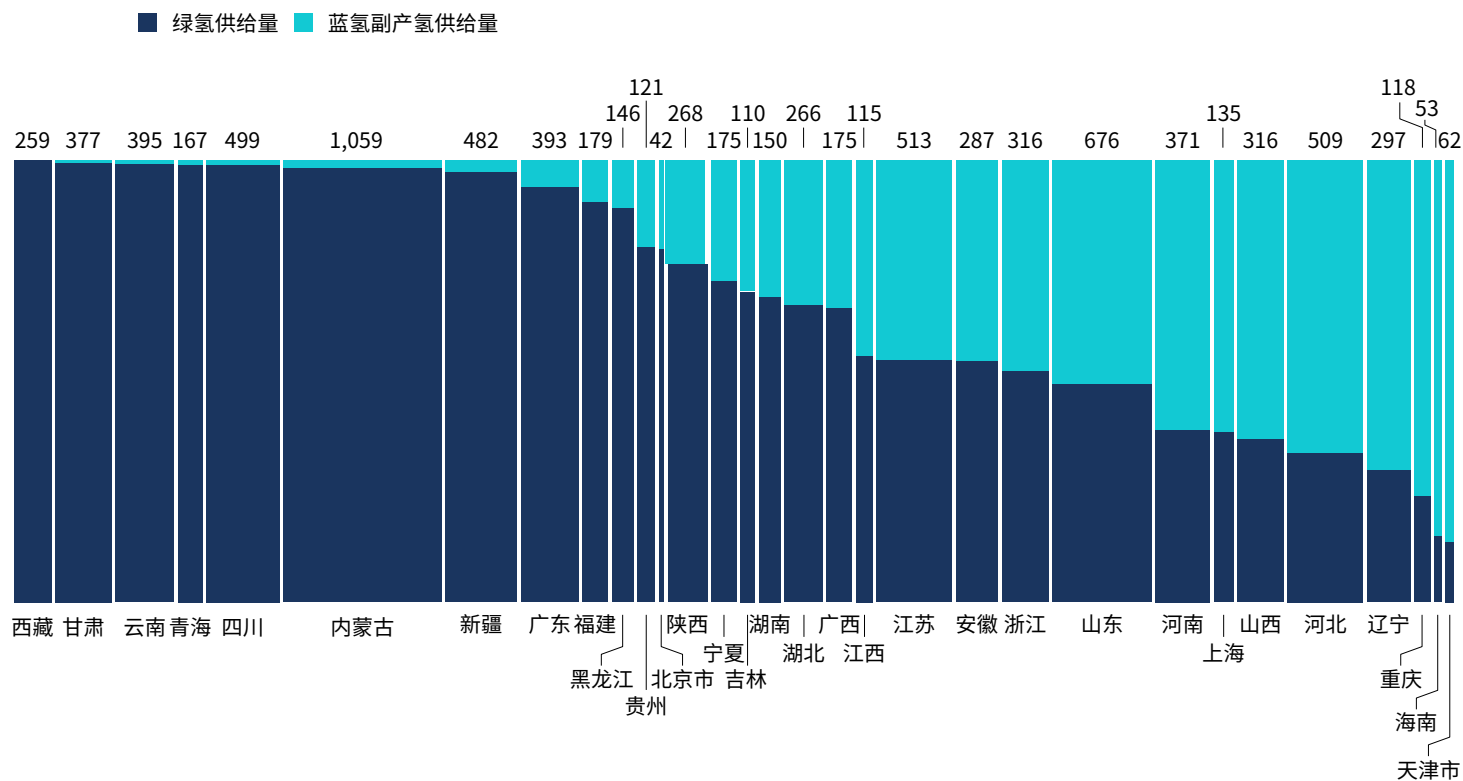
基于当前全国输氢管网规划建设的发展阶段，为更好推动管网体系的有序发展，并促进氢能产业链上下游协同布局，本研究从国家、地方、企业及技术等多个层面提出以下建议。

- 国家层面：加快开展全国输氢管网总体规划研究和提供资金引导激励。在地方政府和企业已开展一定探索实践的基础上，建议国家层面从“全国一张网”的视角，加快开展全国输氢管网总体规划研究，由更高级别的主管部门统筹制定国家级输氢管网规划，为跨区域管网建设提供方向性指导，并为国家管网集团等主体开展投资决策提供更加明确的政策预期和规划依据。同时，在国家新型能源和绿色燃料体系建设的背景下，借助国家低碳产业基金或其他配套基础设施资金，引导激励输氢管网建设领域更广泛的投资参与。
- 地方层面：结合区域资源禀赋推进省级输氢管网规划和试点实践。在国家总体规划逐步推进的同时，具备条件的地方政府也可结合自身资源禀赋和产业基础，积极开展省级或区域输氢管网规划研究。在内蒙古发布全国首份省级输氢管网规划的引导下，未来东北、华北及西北等绿氢生产潜力较大的地区，均可结合本地产业发展需求推进相关规划，从而为区域管网建设提供更明确的发展路径。实践方面，有潜力的地区可适时加速试点线路建设，逐步探索管网关键节点的地理布局和产业发展方向。
- 管网建设投资企业：探索分阶段推进的管网建设模式。在初期积极协同氢能生产制造和应用企业，以及地方重点区域的试点，开展试点项目建设和运营，积累经验，同时积极为管网规划方案建言献策；在中后期阶段，对地方管网建设投资企业而言，随着各级方案出台和输送规模扩大，应在规划指导下推动跨区域输氢通道建设，提升网络化水平和管网联通度。对国家管网集团而言，若确定未来统一规划管理模式的策略，则需要尽早从规划、标准等角度对各区域输氢管网进行规范，以尽量避免重复建设和后期衔接问题。

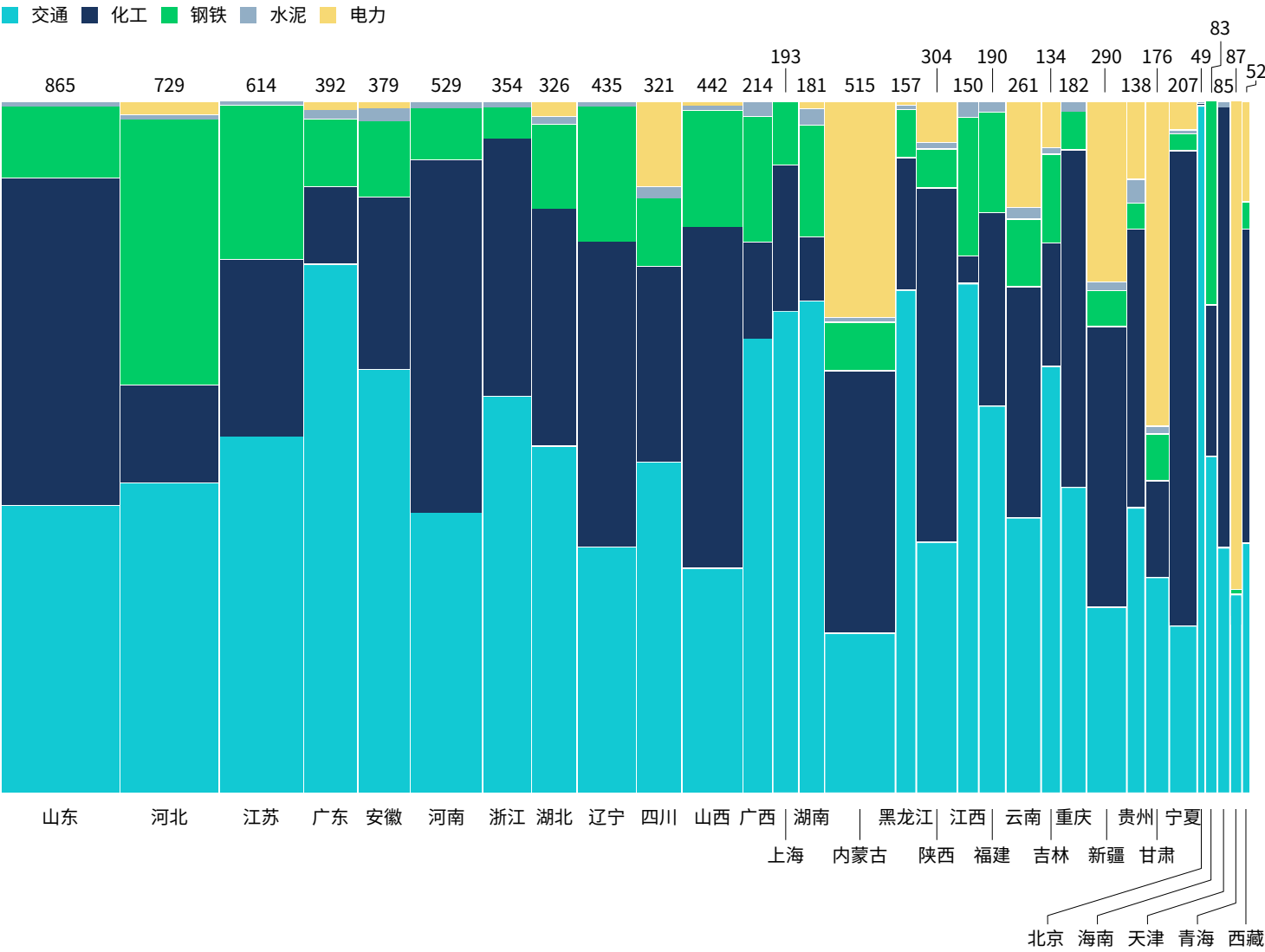
- 氢能生产企业：结合输氢管网布局优化绿氢生产项目选址。在未来输氢管网规划逐步明确的基础上，结合潜在输氢通道和管网节点布局生产项目。特别是绿氢生产项目，可更多依托可再生能源资源丰富且具备管网接入条件的地区进行布局，通过与输氢管网衔接实现资源地制氢与跨区域输送，为绿氢消纳提供更灵活的选择，从而提升绿氢项目的规模化和经济性。
- 氢能应用企业：积极配合管网建设并依托管网推动产业优化布局。一方面，企业在短期内应积极参与和配合氢能管网试点建设，从园区层面入手逐步探索长距离输氢管道的可行性，扩大规模以优化成本。另一方面，可考虑在管网节点或沿线区域布局相关项目，通过稳定的管网供氢降低用氢成本并提升供给可靠性，从而推动形成区域性用氢产业集群，提升氢能在终端领域规模化应用水平。
- 技术研发层面：持续提升管道输氢技术水平并完善多元化储运体系。持续加强掺氢和纯氢管道关键技术研发验证，包括适用于超大规模输氢的管材与压力控制设备、氢脆风险控制、运行监测与安全管理以及管网调度与效率优化等，以进一步提升管道输氢的安全性、稳定性与经济性。同时，仍需注意在产业发展初期或部分特定场景下仍需多元化氢储运方式形成补充，如高压气态储运、液氢运输或有机液体储氢等，以提升系统灵活性与整体韧性，更好支撑氢能产业发展。

附录

附录 - 图 1 中国远期氢能供给量预测（万吨 / 年）



附录 - 图 2 中国远期氢能需求量预测（万吨 / 年）



参考文献

- 1 中国氢储运中长期布局图景和技术展望，落基山研究所，2024 年 10 月，<https://rmi.org.cn/wp-content/uploads/2024/10/%E6%B0%A2%E8%83%BD%E5%82%A8%E8%BF%90%E6%89%A7%E8%A1%8C%E6%91%98%E8%A6%81-250217.pdf>
- 2 “国家能源局新闻发布会”，国家能源局，2026 年 1 月，<https://www.nea.gov.cn/xwfb/202601zb/index.htm>
- 3 李强作的政府工作报告（摘登），2026 年 3 月，<https://www.news.cn/politics/20260305/2dec3fbdfc16487592038bd047bb2aaa/c.html>
- 4 开启绿色氢能新时代之匙：中国 2030 年“可再生氢 100”发展路线图，落基山研究所，中国氢能联盟研究院，2022 年 7 月，<https://rmi.org.cn/wp-content/uploads/2022/07/Chinas-Green-Hydrogen-New-Era-2030-Chinas-Renewable-Hydrogen-100GW-Roadmap.pdf>
- 5 《三部门关于开展氢能综合应用试点工作的通知》，工业和信息化部、财政部、国家发展改革委，2026 年 3 月，https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2026/art_d2957277c4684eb59c-0c0de01af59434.html
- 6 《氢能产业发展中长期规划（2021–2035 年）》，国家发展与改革委员会，2022 年 2 月，https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202203/t20220323_1320038.html
- 7 科技部等九部门关于印发《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030 年）》的通知，科学技术部，2022 年 6 月，https://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/qttwj/qttwj2022/202208/t20220817_181986.html
- 8 “三桶油”发力绿色低碳转型，2023 年 5 月，国家能源局，https://www.nea.gov.cn/2023-05/06/c_1310716423.htm
- 9 国家能源局综合司关于组织开展能源领域氢能试点工作的通知，国家能源局，2025 年 6 月，<https://www.nea.gov.cn/20250610/472b12c43f534aab9a95de81034dcd92/c.html>
- 10 国家能源局等部门关于推进能源装备高质量发展的指导意见，国家能源局，2025 年 9 月，<https://www.nea.gov.cn/20250922/32bc258f77744d408b2a7acca9aff818/c.html>
- 11 关于政协第十四届全国委员会第三次会议第 02450 号（工交邮电类 360 号）提案的答复摘要，国家能源局，2025 年 8 月，<https://www.nea.gov.cn/20250825/eda64c140fac41a3bafaf41414bbb729/c.html>
- 12 国家能源局关于促进新能源集成融合发展的指导意见，国家能源局，2025 年 10 月，<https://www.nea.gov.cn/20251112/79210278a3184efea9ccf2d546fdf1b7/c.html>
- 13 《三部门关于开展氢能综合应用试点工作的通知》，工业和信息化部、财政部、国家发展改革委，2026 年 3 月，https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2026/art_d2957277c4684eb59c-0c0de01af59434.html
- 14 国家发展改革委办公厅关于印发《绿色低碳先进技术示范项目清单（第二批）》的通知，国家发展改革委办公厅，2025 年 4 月，https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202504/t20250428_1397460.html
- 15 内蒙古自治区能源局关于印发《内蒙古自治区绿氢管道建设发展规划》的通知，内蒙古自治区能源局，2024 年 11 月，https://nyj.nmg.gov.cn/slh/tz/202411/t20241126_2614726.html
- 16 全国标准信息公共服务平台，国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会，<https://std.samr.gov.cn/>
- 17 内蒙古自治区能源局关于印发《内蒙古自治区绿氢管道建设发展规划》的通知，内蒙古自治区能源局，2024 年 11 月，https://nyj.nmg.gov.cn/slh/tz/202411/t20241126_2614726.html
- 18 内蒙古能源绿氢及绿色燃料管网第一阶段重点工程前期工作及可行性研究项目招标公告，内蒙古氢管网有限公司，2025 年 3 月，<https://e.sinochemitc.com/cms/channel/ywgg1fw/155489.htm>
- 19 中国氢储运中长期布局图景和技术展望，落基山研究所，2024 年 10 月，<https://rmi.org.cn/wp-content/uploads/2024/10/%E6%B0%A2%E8%83%BD%E5%82%A8%E8%BF%90%E6%89%A7%E8%A1%8C%E6%91%98%E8%A6%81-250217.pdf>

- [%A1%8C%E6%91%98%E8%A6%81-250217.pdf](#)
- 20 The Global Wind Atlas, <https://globalwindatlas.info/en/download/gis-files>, 数据获取时间: 2025 年 5 月 28 日
- 21 The Global Solar Atlas, <https://globalsolaratlas.info/download?c=11.523088,8.261719,3>, 数据获取时间: 2025 年 5 月 28 日
- 22 中国统计年鉴 2024, 分地区土地利用情况 (2023 年), <https://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2024/indexch.htm>
- 23 中国氢储运中长期布局图景和技术展望, 落基山研究所, 2024 年 10 月, <https://rmi.org.cn/wp-content/uploads/2024/10/%E6%B0%A2%E8%83%BD%E5%82%A8%E8%BF%90%E6%89%A7%E8%A1%8C%E6%91%98%E8%A6%81-250217.pdf>
- 24 分省市年度数据, 工业产品产量, 国家统计局, <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=E0103>
- 25 中国最全钢铁厂分布地图: 最新各钢铁厂产能及分布图! 2019 年 7 月, https://m.thepaper.cn/baijiahao_3995358?sdkver=403dee86&clientprefetch=1
- 26 中国氢储运中长期布局图景和技术展望, 落基山研究所, 2024 年 10 月, <https://rmi.org.cn/wp-content/uploads/2024/10/%E6%B0%A2%E8%83%BD%E5%82%A8%E8%BF%90%E6%89%A7%E8%A1%8C%E6%91%98%E8%A6%81-250217.pdf>
- 27 分省市年度数据, 工业产品产量, 国家统计局, <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=E0103>
- 28 2021 年中国原油加工量行业区域分布现状分析, 2021 年 7 月, https://www.askci.com/news/chanye/20210702/1137201504152_2.shtml
- 29 最新氮肥企业利润、合成氨产量、尿素产量 20 强公布! 氮肥甲醇行业发展严重分化, 中国化工信息, 2023 年 6 月, <https://www.chemnews.com.cn/c/2023-06-16/718553.shtml>
- 30 中国甲醇产能分布成本剖析, 2018 年 8 月, <http://finance.sina.com.cn/money/future/fmnews/2018-08-14/doc-ihhtfwqq6140173.shtml>
- 31 中国氢储运中长期布局图景和技术展望, 落基山研究所, 2024 年 10 月, <https://rmi.org.cn/wp-content/uploads/2024/10/%E6%B0%A2%E8%83%BD%E5%82%A8%E8%BF%90%E6%89%A7%E8%A1%8C%E6%91%98%E8%A6%81-250217.pdf>
- 32 2023 中国 361 座地级市 GDP 排名最终版, 2024 年 10 月, https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI3OTc5NzgxoQ==&mid=2247512776&idx=1&sn=0f2779f11140b499cb45b2709e-d6e2ee&chksm=eb40bb9cdc37328afc71dda190e0338627b14fd93c9a9dcb9d91832dfd19fc7456e9326bfd7c&scene=21#wechat_redirect
- 33 中国氢储运中长期布局图景和技术展望, 落基山研究所, 2024 年 10 月, <https://rmi.org.cn/wp-content/uploads/2024/10/%E6%B0%A2%E8%83%BD%E5%82%A8%E8%BF%90%E6%89%A7%E8%A1%8C%E6%91%98%E8%A6%81-250217.pdf>
- 34 2023 中国 361 座地级市 GDP 排名最终版, 2024 年 10 月, https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI3OTc5NzgxoQ==&mid=2247512776&idx=1&sn=0f2779f11140b499cb45b2709e-d6e2ee&chksm=eb40bb9cdc37328afc71dda190e0338627b14fd93c9a9dcb9d91832dfd19fc7456e9326bfd7c&scene=21#wechat_redirect
- 35 “第 7 条出川 ‘电力高速公路’ 投运: 不到 1 秒钟 四川水电 ‘闪送’ 1900 公里”, 2025 年 12 月, <https://www.sc.gov.cn/10462/10464/10797/2025/12/19/b4d18f9c9ec0463db36702055dfc59dd.shtml>
- 36 中国天然气发展报告 2025, 中国石油国家高端智库研究中心等, https://www.nea.gov.cn/20250829/a4e2deb9b6444df1a191b9d60c111ff/20250829a4e2deb9b6444df1a191b9d60c111ff-d_43ab87a785d1b64d49b9210dbc15d3781e.pdf
- 37 全球天然气管网发展现状, 2025 年 2 月, <https://www.esgcw.com.cn/news/show-72374.html>
- 38 行业研究: 管网公司成立, 长期利好龙头城燃, 华泰证券, 2019 年 12 月, https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP201912111371757789_1.PDF
- 39 “省网入国网, 路还很远”, 中国石油石化, 2025 年 9 月, http://www.chinacpc.com.cn/info/2025-09-19/news_10144.html

- 40 国家管网集团 - 业务领域介绍, <https://www.pipchina.com.cn/business.html>
- 41 1037.82 公里! 康保—曹妃甸氢气长输管道项目即将开工, 2025 年 10 月, <http://www.gessey.com/h-nd-41997.html>
- 42 4 个氢能项目入选, 达茂旗发布《2025 年重大项目清单》, 2025 年 5 月, https://www.sohu.com/a/893611909_121903912
- 43 972.7 公里 世界最大口径和输量的绿氢管道项目启动, 2024 年 7 月, https://cn.fuelcellchina.com/Industry_information_details/1676.html
- 44 长距离氢气管道运输的技术经济分析, 朱珠, 廖绮, 邱睿, 梁永图, 宋悦, 薛杉, 石油科学通报, 2023 年 1 月, <https://www.cup.edu.cn/pub/sykxtb/docs/2023-02/a420109945304c55a3be95f6c42535b3.pdf>
- 45 国内首个多介质绿色能源通道项目前期工作在辽宁启动, 2025 年 11 月, <https://www.ln.gov.cn/web/ywdt/zymtkln/2025111008372960929/index.shtml>
- 46 内蒙古蒙氢管网公司召开绿氢管网实施方案评审会, 2024 年 12 月, https://www.ccedia.com/Hydrogen_detail/c-_detailId=1868596311708332032.html
- 47 中石化 1132 公里长距离纯氢输送管道安全论证通过审查, 2025 年 12 月, <https://www.zhfa.org.cn/newsinfo/10981913.html>

谭光瑞、张博雅等, 2026 中长期输氢管网发展布局构想与展望, 落基山研究所, 2026,
<https://rmi.org.cn/insights/long-term-prospect-of-hydrogen-pipeline-network-report/>

RMI 重视合作, 旨在通过分享知识和见解来加速能源转型。因此, 我们允许感兴趣的各方通过知识共享
CC BY-SA 4.0 许可参考、分享和引用我们的工作。 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



除特别说明, 本报告中所有图片均来自iStock。



RMI Innovation Center
22830 Two Rivers Road
Basalt, CO 81621

www.rmi.org

© 2026年9月, 落基山研究所版权所有。
Rocky Mountain Institute和RMI是落基山研究所
的注册商标。