



亚洲及分区能源互联网研究与展望

全球能源互联网发展合作组织

2020年11月

亚洲能源互联网是推动能源“生产清洁化、消费电气化、配置广域化”，促进实现经济、社会、环境可持续发展的重要平台。亚洲能源互联网研究与展望系列报告以实现全球1.5°C温控目标为遵循，分析和研判了2035年和2050年亚洲及各区域能源电力发展趋势，提供了清洁能源基地开发及电网互联方案。





一、亚洲能源互联网

(一) 亚洲发展特点

(二) 能源电力发展趋势

(三) 清洁能源资源与开发布局

(四) 亚洲能源互联网整体格局



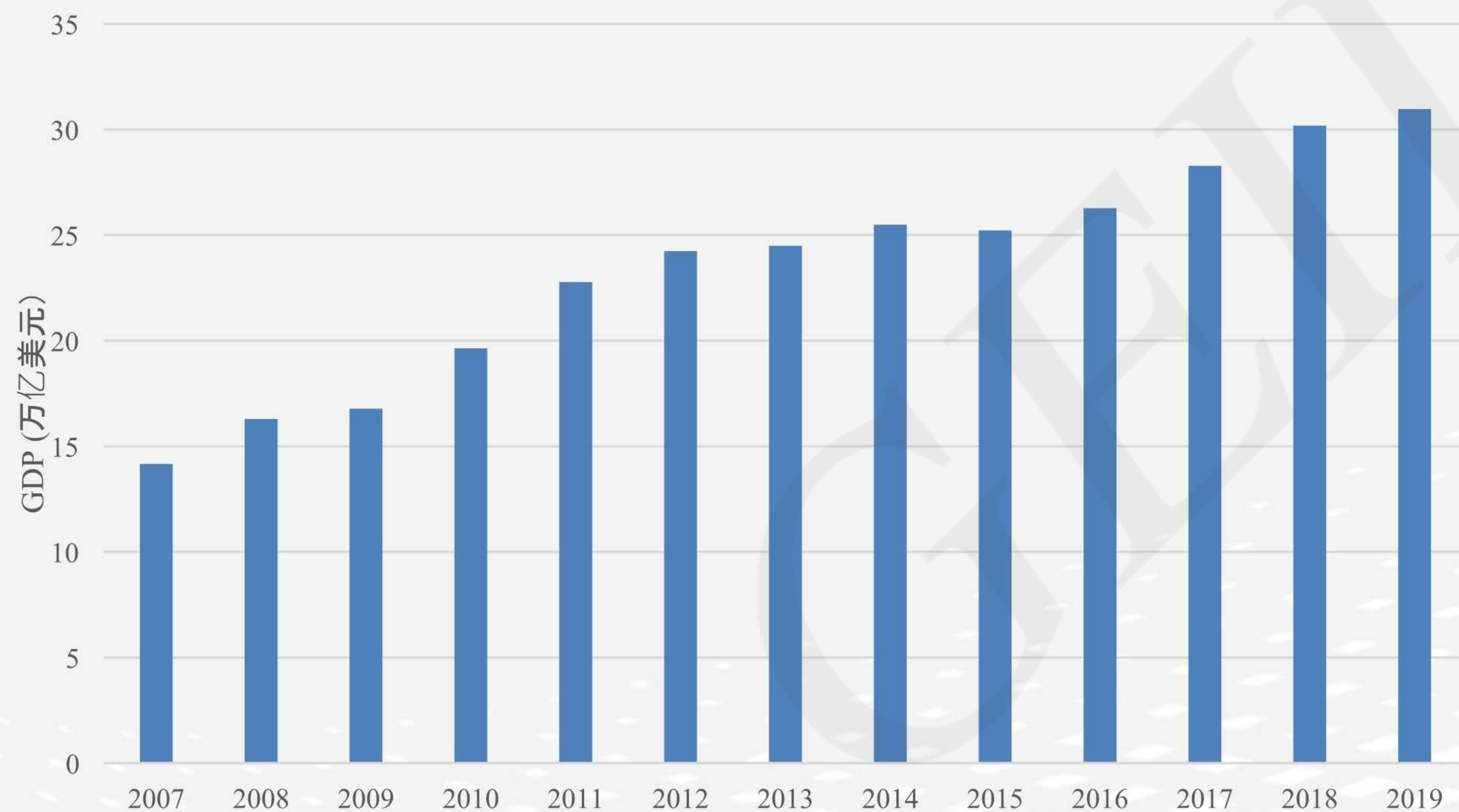
二、亚洲各区域能源互联网

三、投资与效益

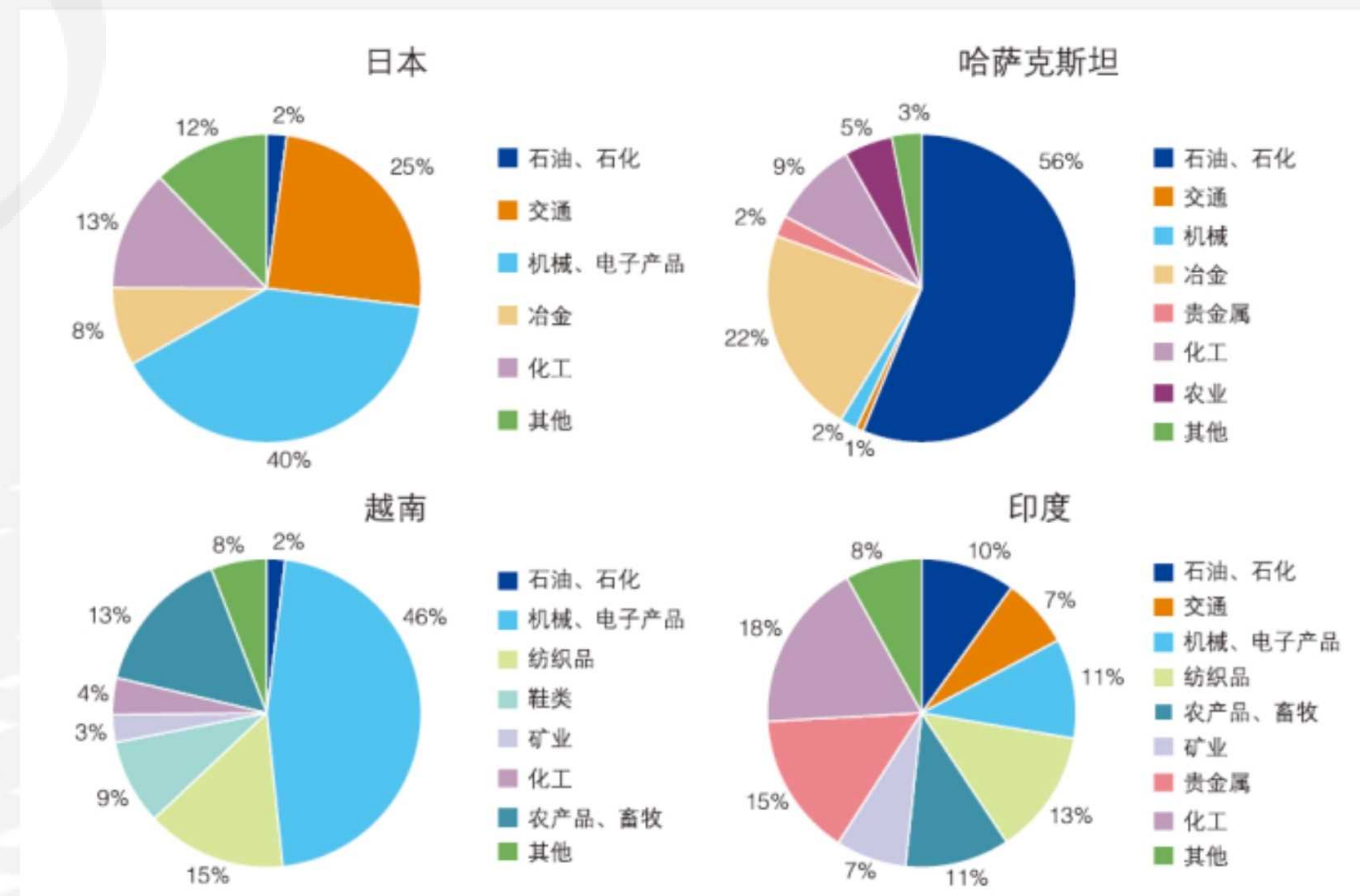
(一) 亚洲发展特点



- 亚洲是世界经济发展的引擎，经济总量大，人口多。2019年GDP总量达31万亿美元，占全球的35%，人均GDP为6900美元。人口约44亿，占全球总人口的60%。
- 各国经济发展不均衡，工业发展阶段跨度大，产业结构互补性强。



2007-2019年亚洲GDP变化趋势

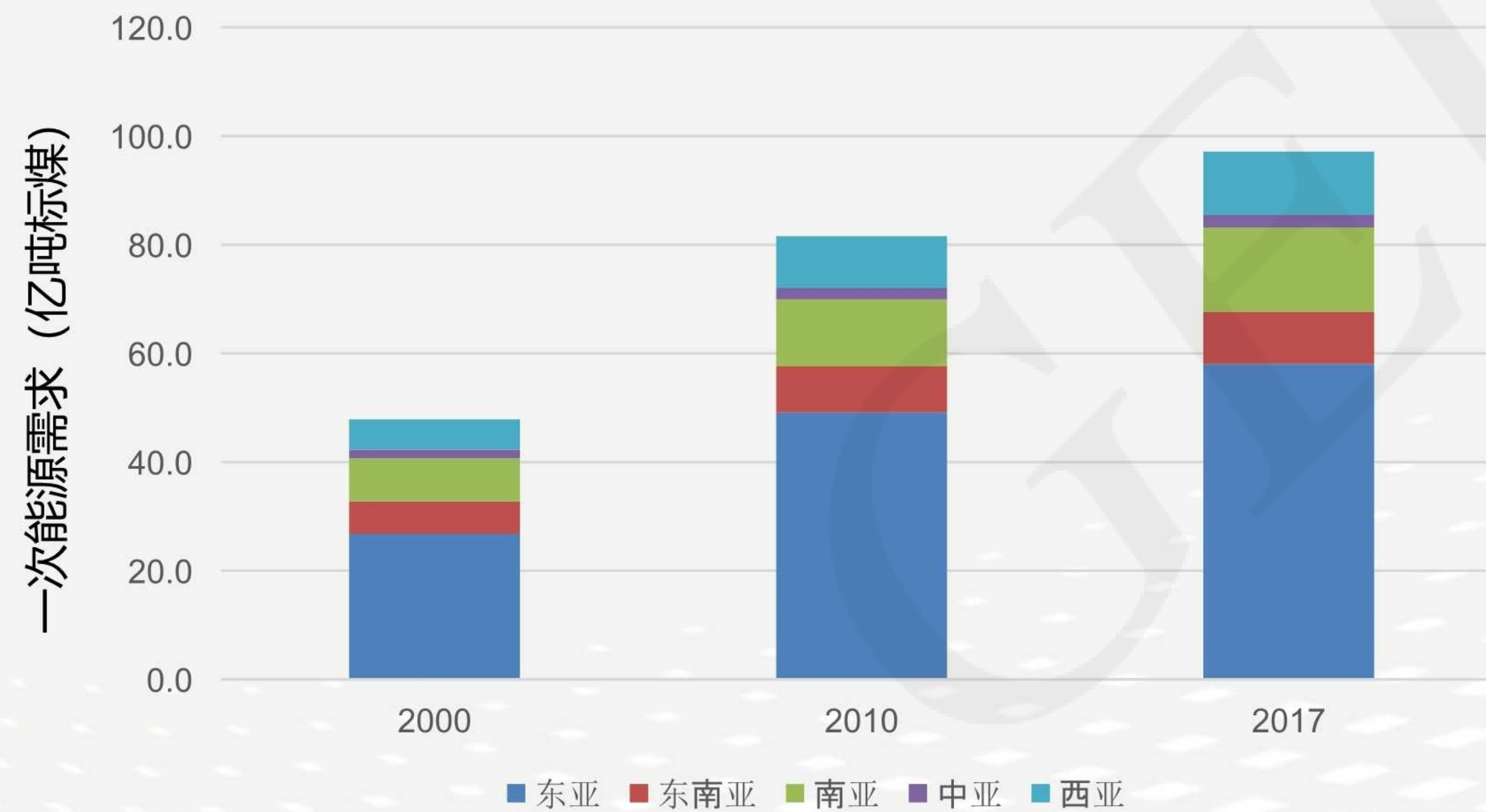


亚洲部分国家产业结构

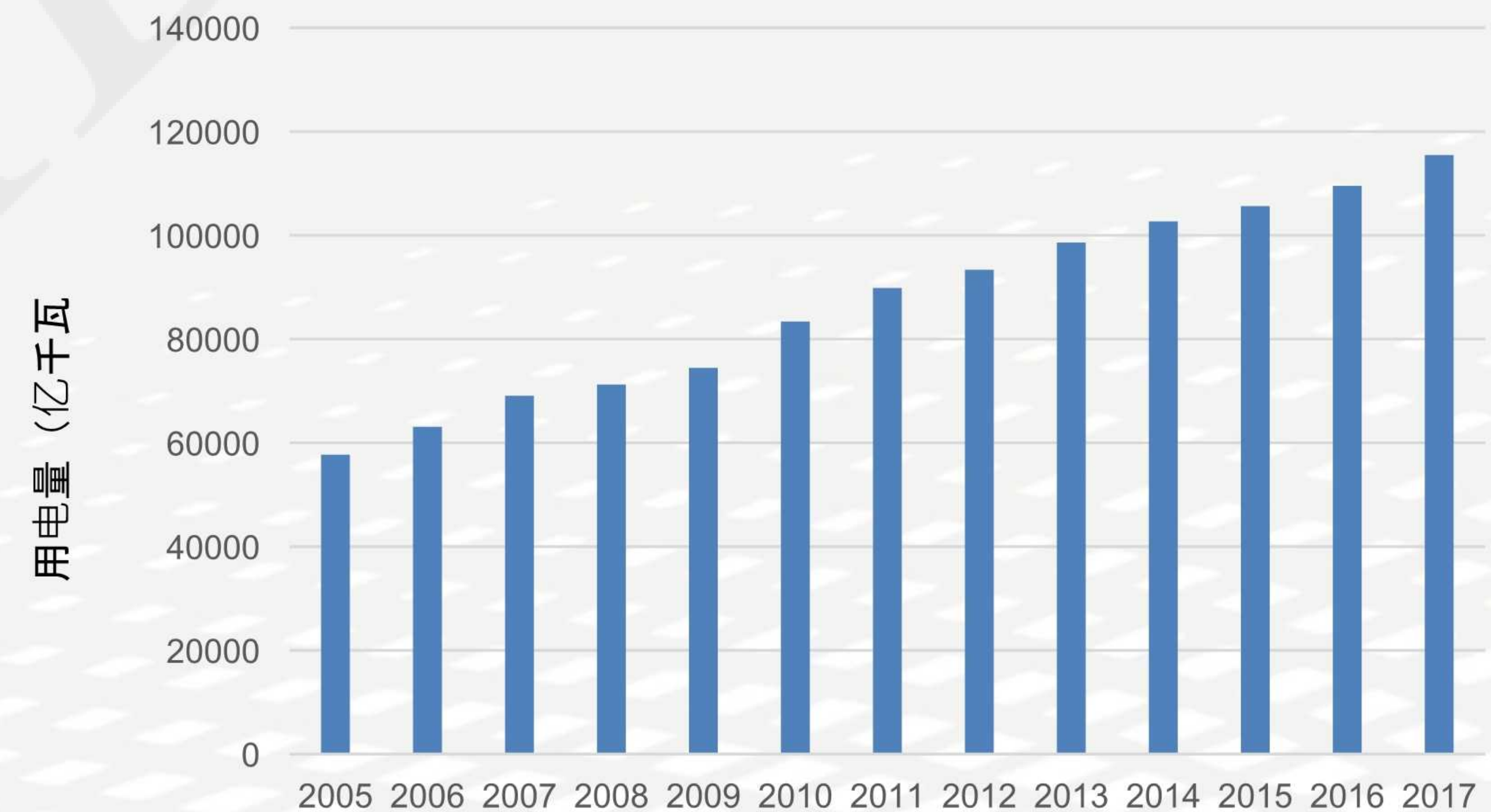
(一) 亚洲发展特点



- **能源资源丰富。**化石资源储量超过全球1/2，水能、太阳能、风能资源分别占全球47%、28%和30%。
- **能源电力需求大，化石能源消费占比高，碳减排压力大。**2017年，一次能源需求约97亿吨标煤，占全球总需求的46%。化石能源占一次能源比重约83%，化石能源燃烧产生的二氧化碳年排放量为175亿吨，占全球能源消费碳排放的近一半。用电量11.5万亿千瓦时，占全球用电量的49%。
- **电力可及率亟待提高。**2019年亚洲仍有2亿多无电人口。



2000-2017年亚洲一次能源变化趋势

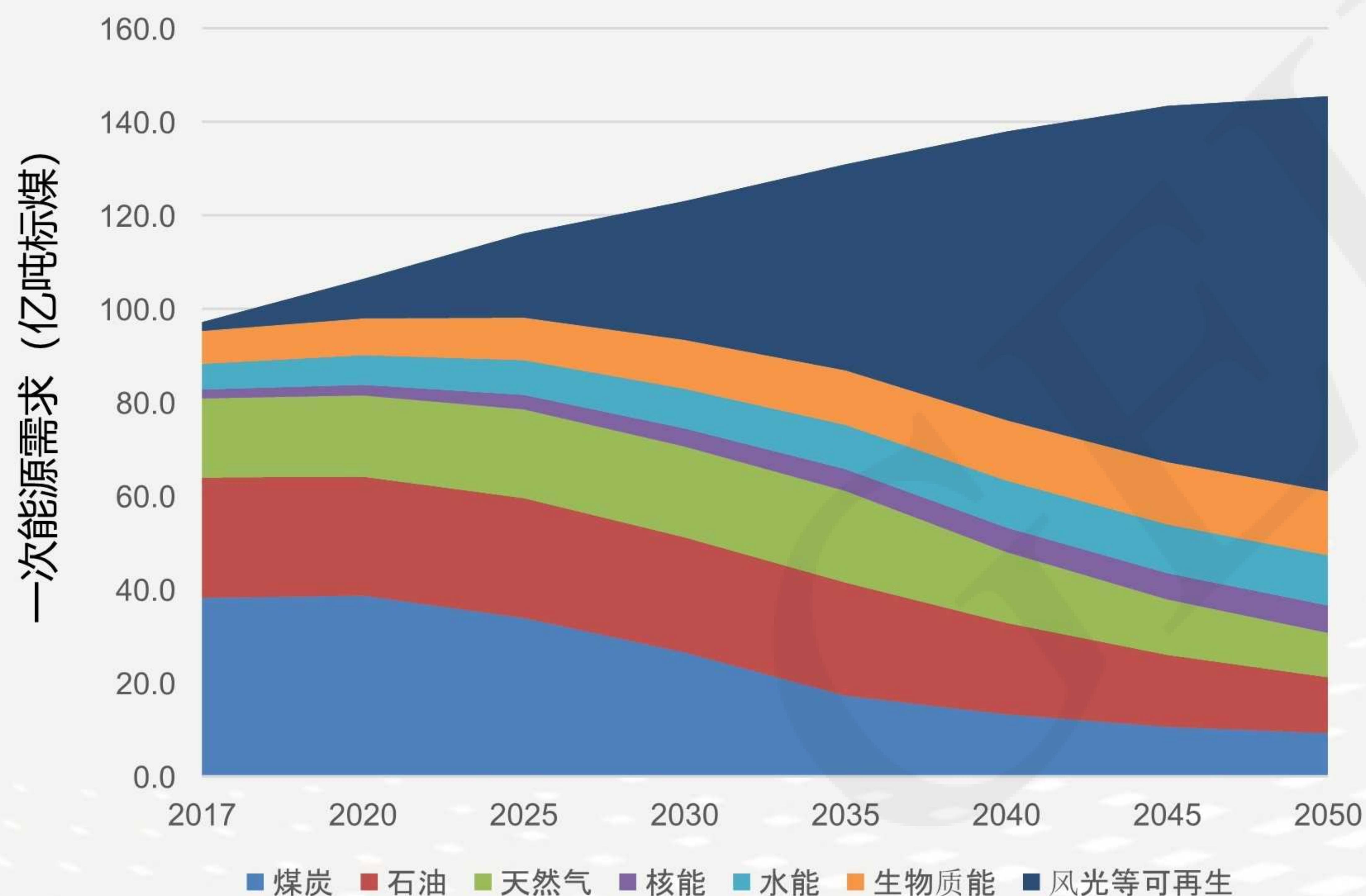


2005-2017年亚洲用电量变化趋势

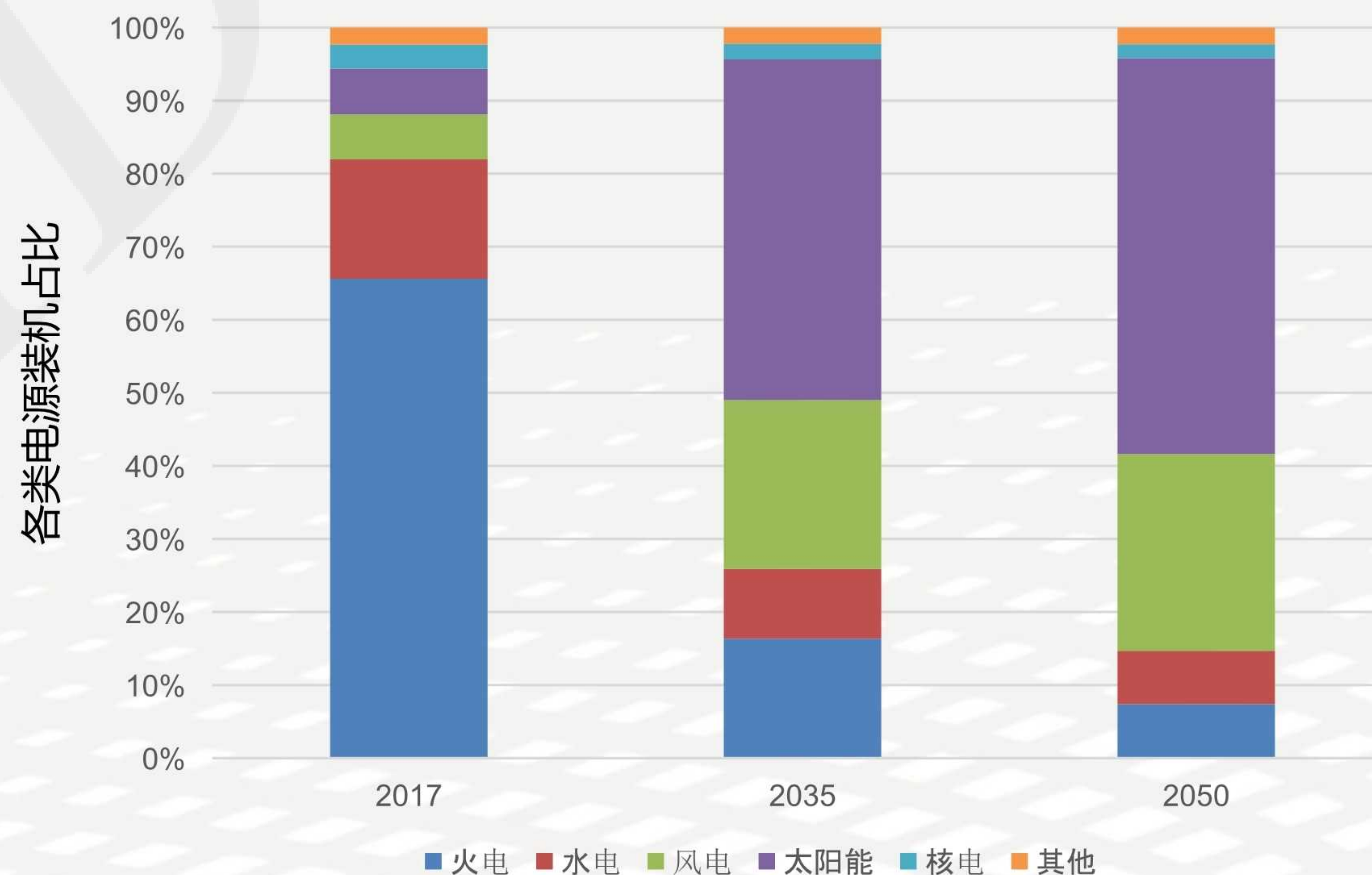
(二) 能源电力发展趋势



- **清洁能源加速发展，2035年前清洁能源发电成为主导电源，2035年左右清洁能源超越化石能源成为主导能源。**到2050年，亚洲一次能源需求增至146亿吨标煤，年均增速约1.2%，清洁能源占一次能源比重增至84%。电源装机容量增长至191亿千瓦，清洁能源装机占比提升至93%。



亚洲一次能源需求

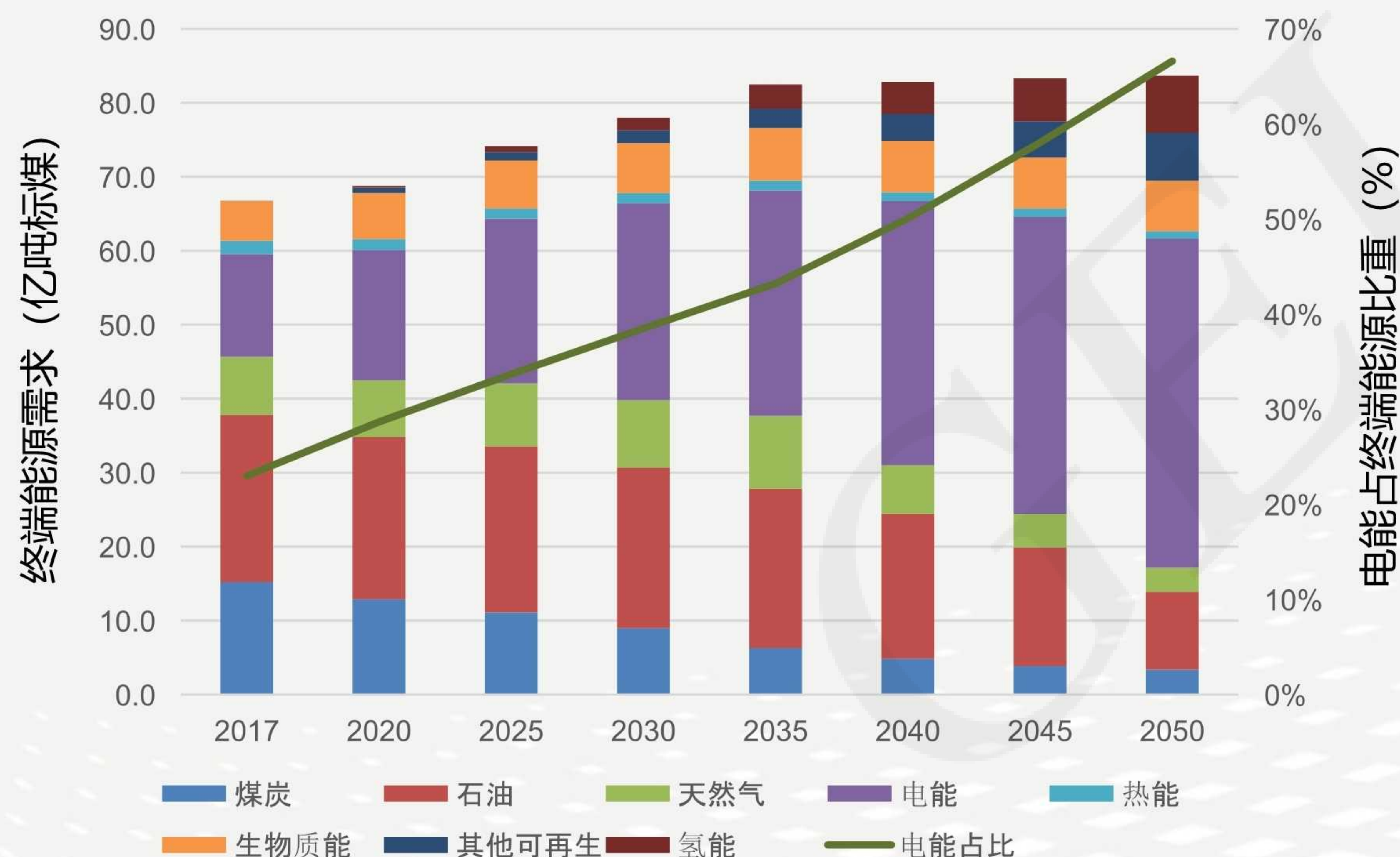


亚洲电源装机结构变化趋势

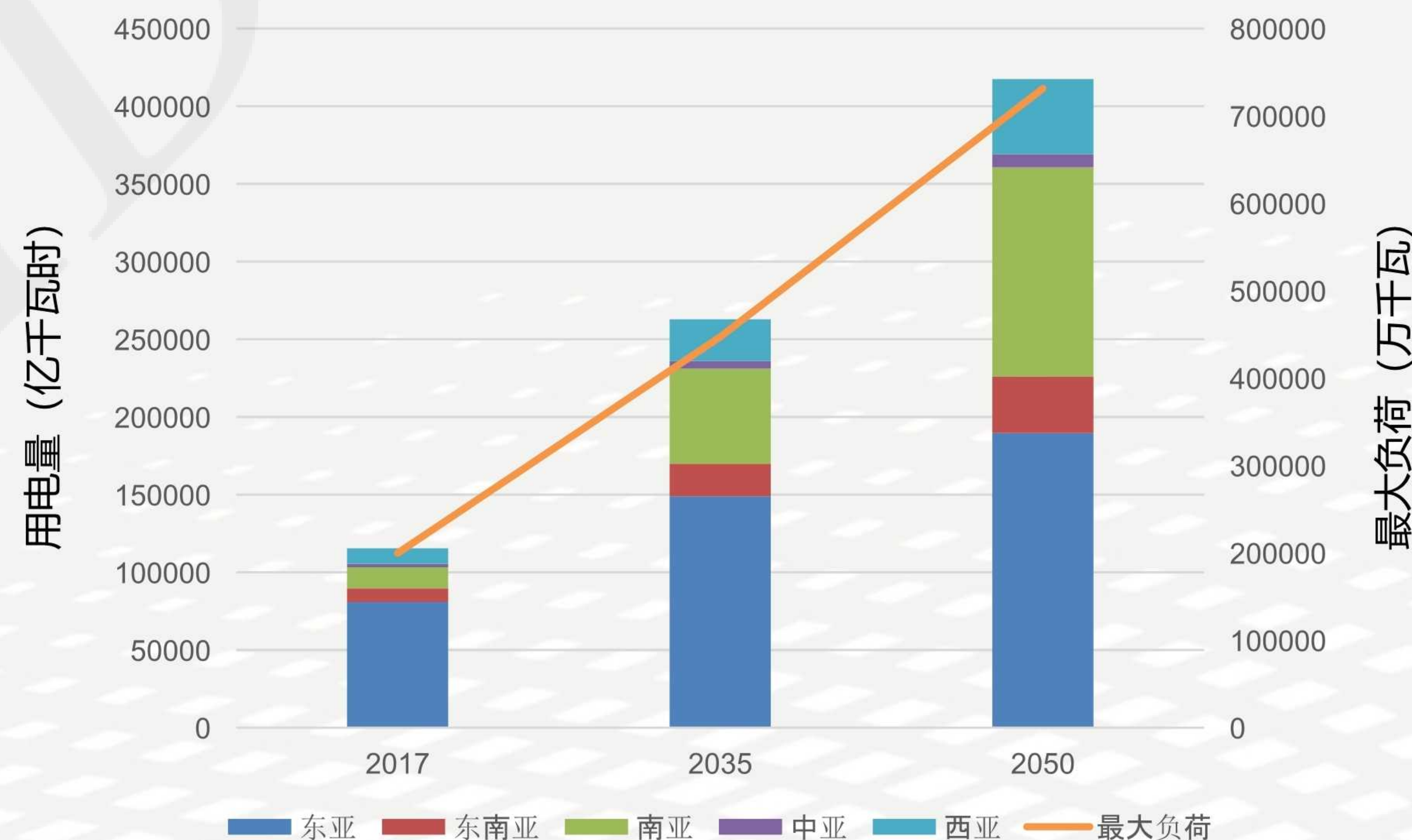
(二) 能源电力发展趋势



- **2025年左右电能成为终端第一大能源，氢能需求快速增长。**到2050年，亚洲终端能源消费增至84亿吨标煤，增长约25%，电能占终端能源比重提高到67%，能源与原料用氢需求约2亿吨。
- **交通、工业、建筑领域电气化、电制氢及海水淡化等技术的规模化应用助推电力需求进一步增长。**到2050年，亚洲用电量增长至42万亿千瓦时，年增速约4%，人均用电量8100千瓦时/年。



亚洲终端能源需求和电能比重



亚洲各区用电量和最大负荷增长趋势




(三) 清洁能源资源与开发布局



Global Energy Interconnection
Development and Cooperation Organization
全球能源互联网发展合作组织

清洁能源资源与人口、经济呈逆向分布

清洁能源资源主要分布在西亚、中亚和东亚部分国家，而人口和经济中心主要分布在东部的太平洋沿岸和南部印度洋沿岸。

-  **水电资源**，主要分布在东亚金沙江等流域，东南亚伊洛瓦底江等流域，南亚印度河、恒河等流域。
-  **风电资源**，主要分布在东亚中国和蒙古、中亚哈萨克斯坦和西亚东南部地区。
-  **太阳能资源**，主要分布在东亚中国和蒙古、南亚印度和巴基斯坦、中亚和西亚地区。



亚洲能源资源与人口密度分布示意图

(三) 清洁能源资源与开发布局

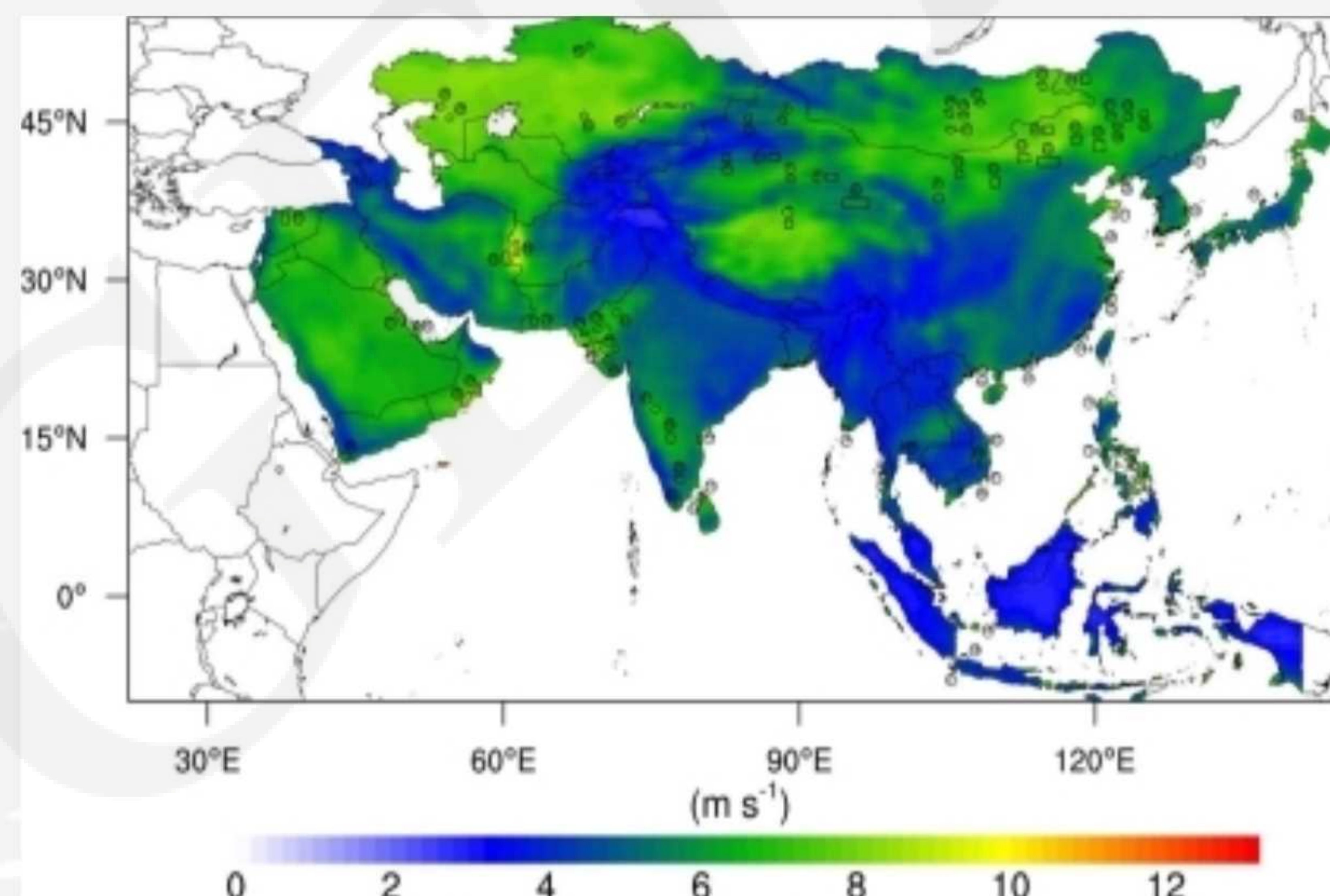


至2050年，亚洲建设100多个大型清洁能源基地，总装机43亿千瓦。

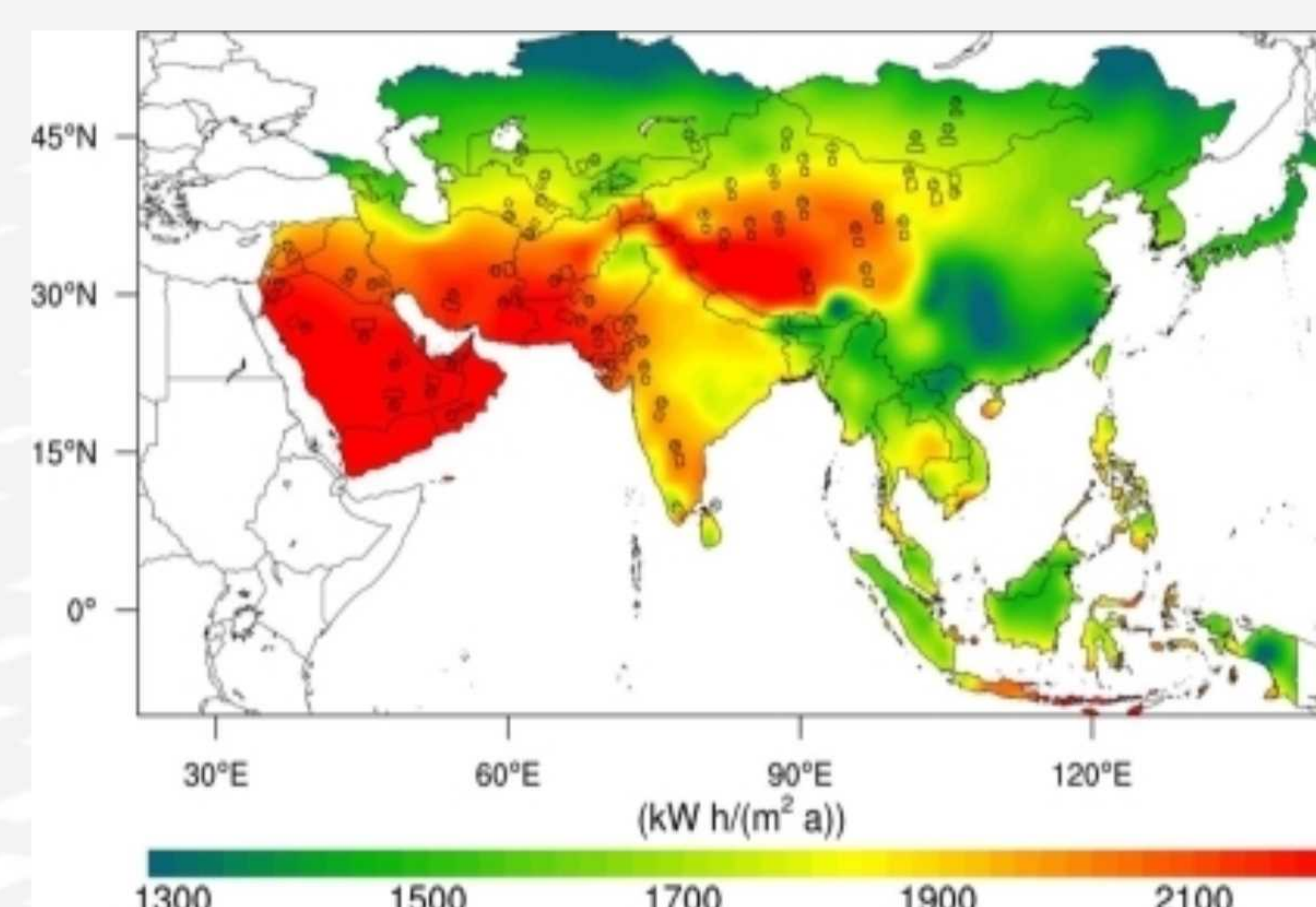
- **开发原则：** 优先开发资源条件好、经济效益突出的清洁能源基地，推动源-网协调发展。
- **开发方式：** 通过水风光协同开发、多能互补、“电-矿-冶-工-贸”联动开发，最大限度提高资源利用效率和经济性。
- **开发用途：** 满足本地用能需求，外送负荷中心；同时因地制宜，制备“绿氢”。



亚洲水电基地分布示意图



亚洲风电基地分布示意图



亚洲太阳能基地分布示意图

亚洲各区域发展定位

- **西亚和中亚**是清洁能源“外送基地”和亚欧互联重要纽带。
- **东亚和南亚**是主要电力负荷中心。
 - 东亚用电量占亚洲总量的**70%**;
 - 南亚用电量占亚洲总量的**12%**。
- **东南亚**是重要的电力需求增长极。



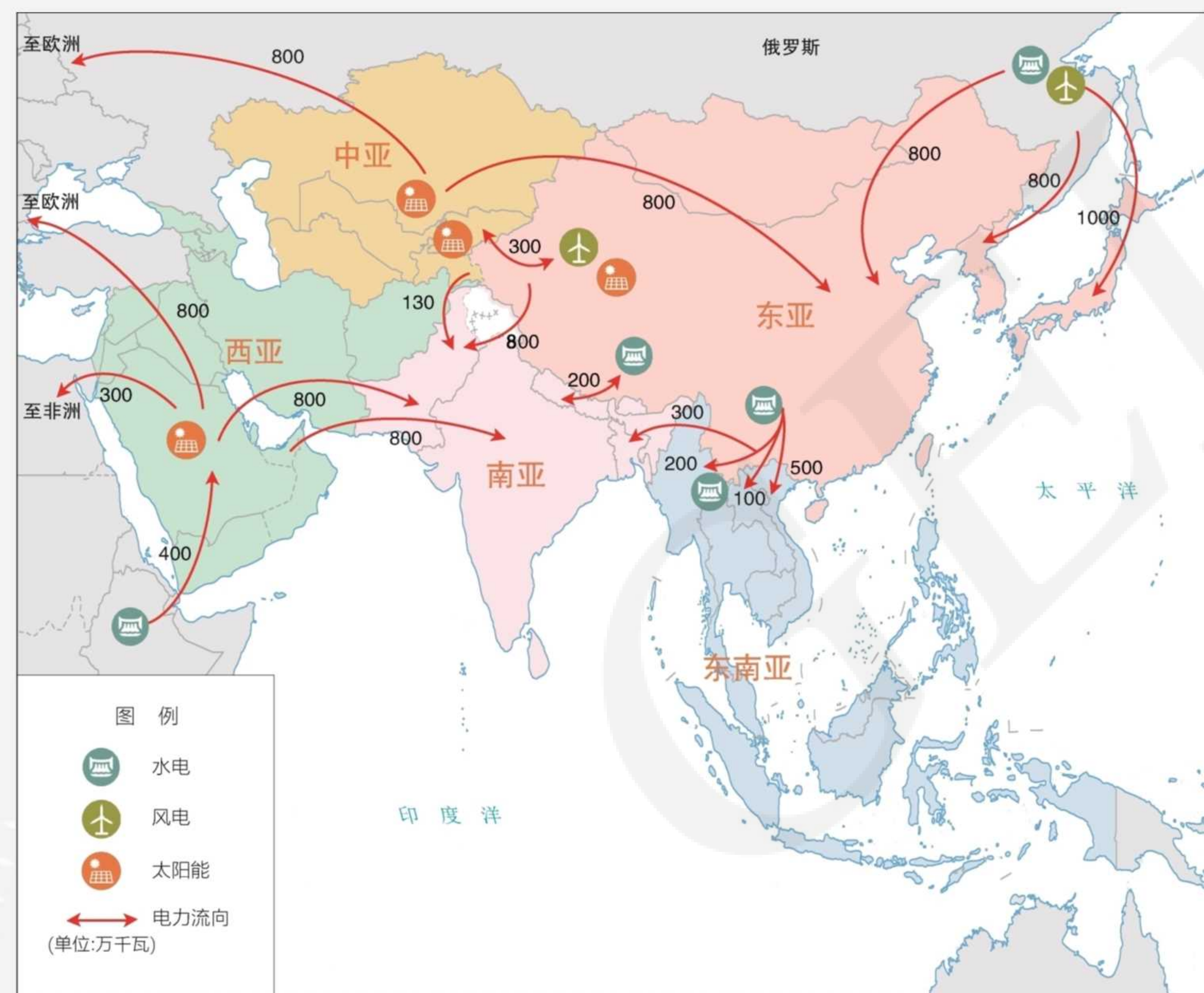
负荷中心和清洁能源基地

(四) 亚洲能源互联网整体格局

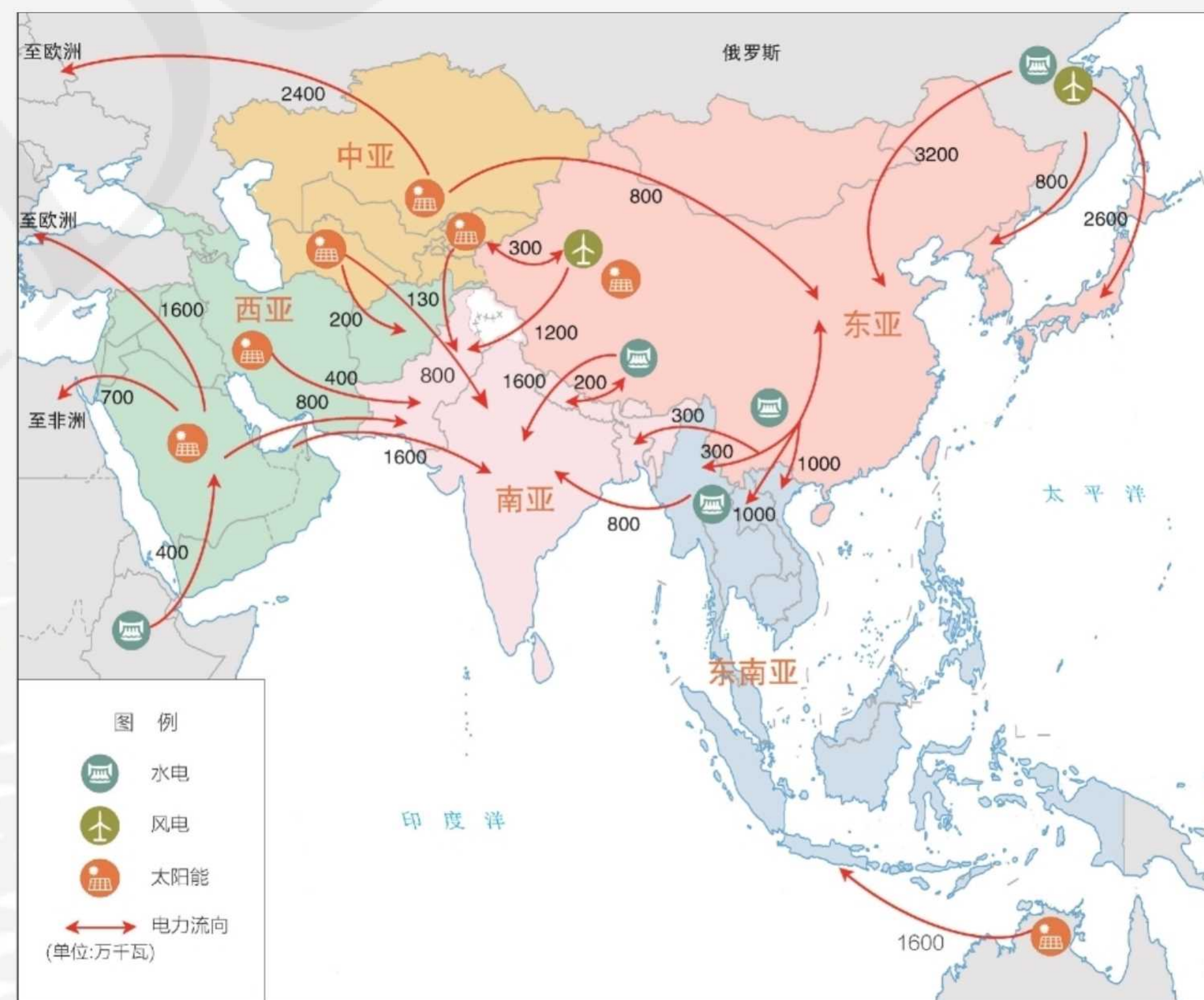


洲内形成“西电东送、北电南送”格局，跨洲与欧洲、非洲和大洋洲多能互补

- 2035年，跨洲跨区电力流规模9830万千瓦，其中跨洲电力流2300万千瓦，跨区电力流7530万千瓦。
- 2050年，跨洲跨区电力流规模约2.5亿千瓦，其中跨洲电力流6700万千瓦，跨区电力流1.8亿千瓦。



2035年亚洲电力流示意图



2050年亚洲电力流示意图



一、亚洲能源互联网

二、亚洲各区域能源互联网

(一) 东亚能源互联网

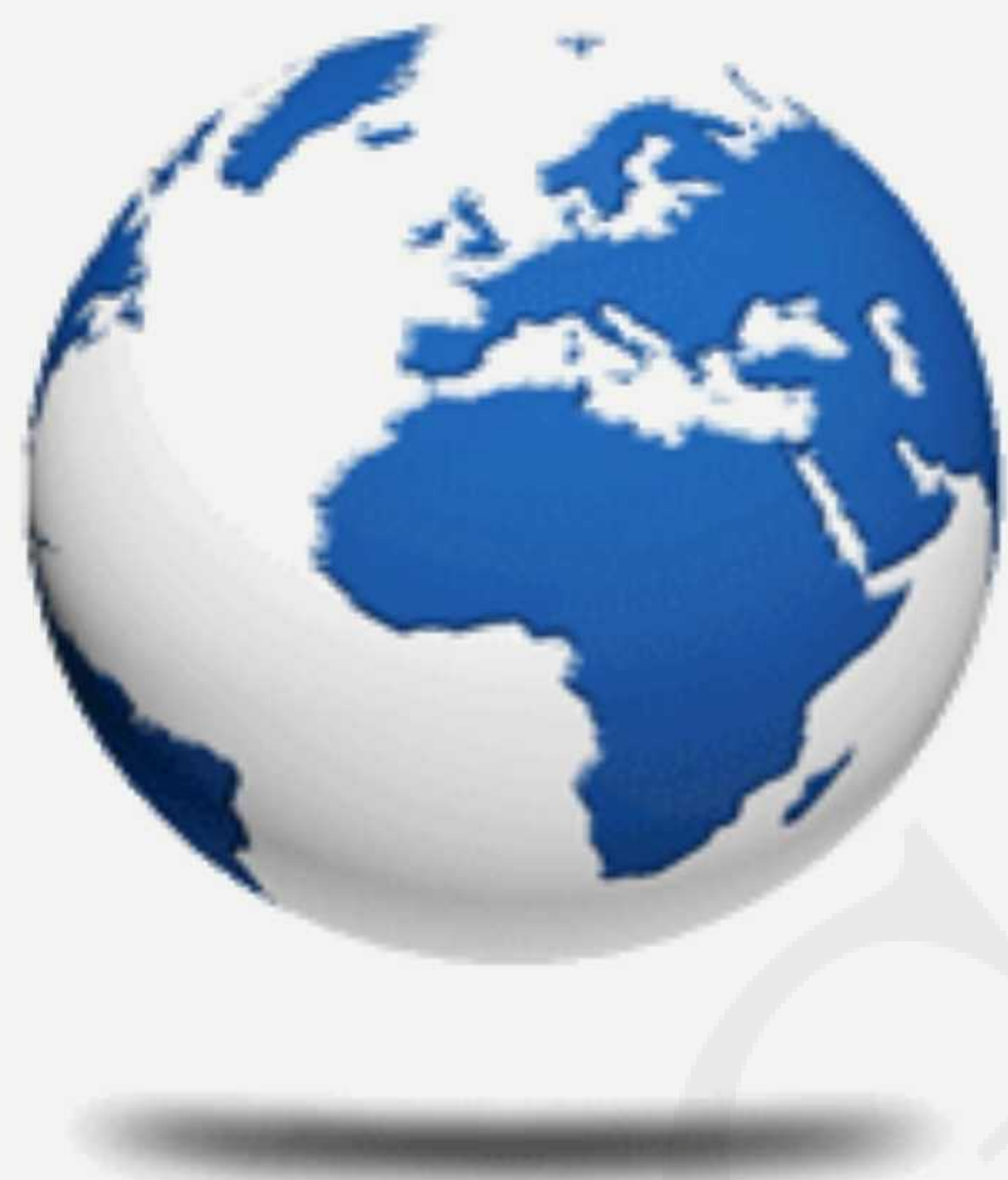
(二) 东南亚能源互联网

(三) 中亚能源互联网

(四) 南亚能源互联网

(五) 西亚能源互联网

(六) 东北亚能源互联网



三、投资与效益

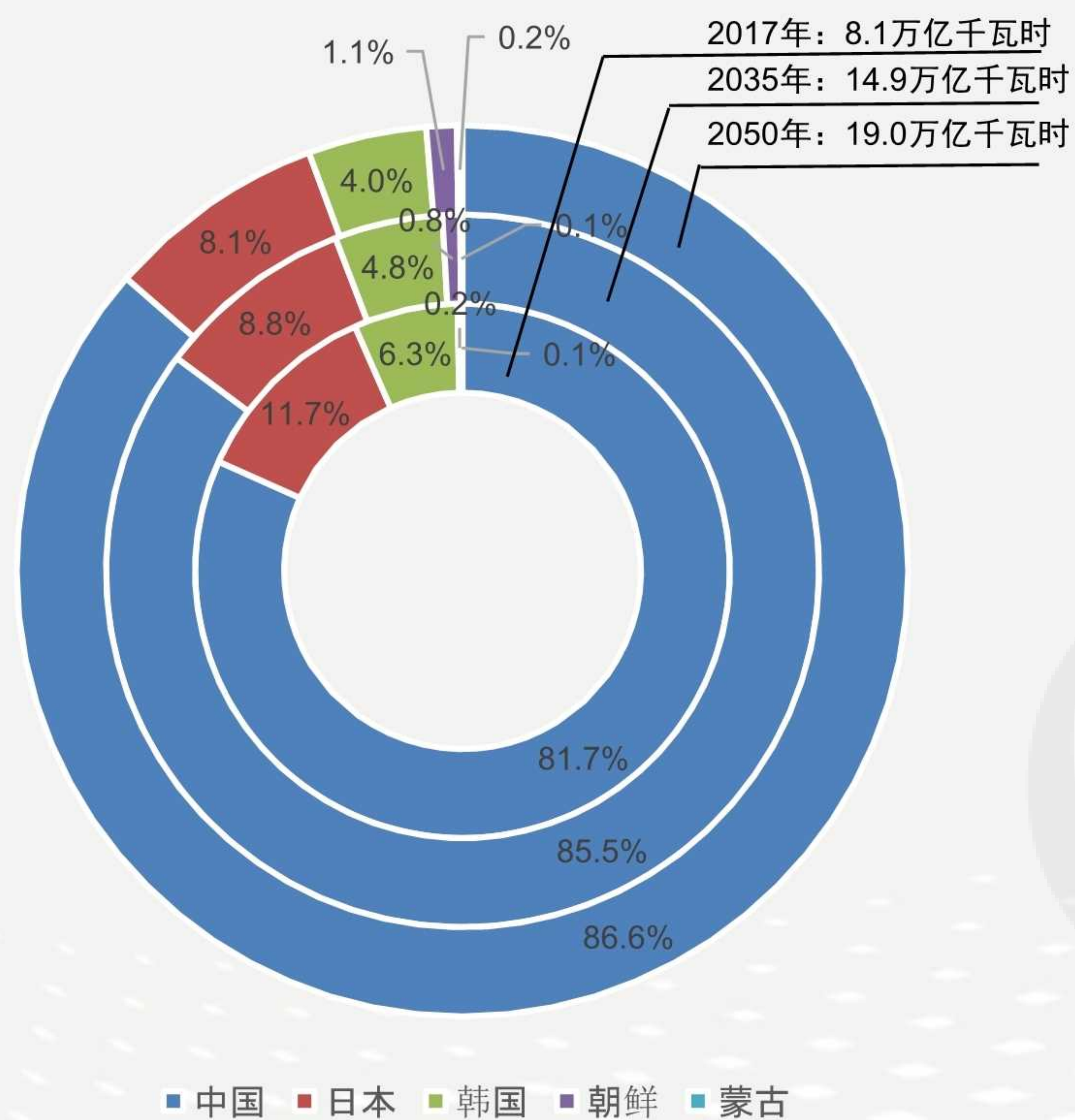
(一) 东亚能源互联网



Global Energy Interconnection
Development and Cooperation Organization
全球能源互联网发展合作组织

绿色引领——能源清洁化、电网广域互联和智能化，引领经济社会绿色发展。

2050年占亚洲用电量的
45%

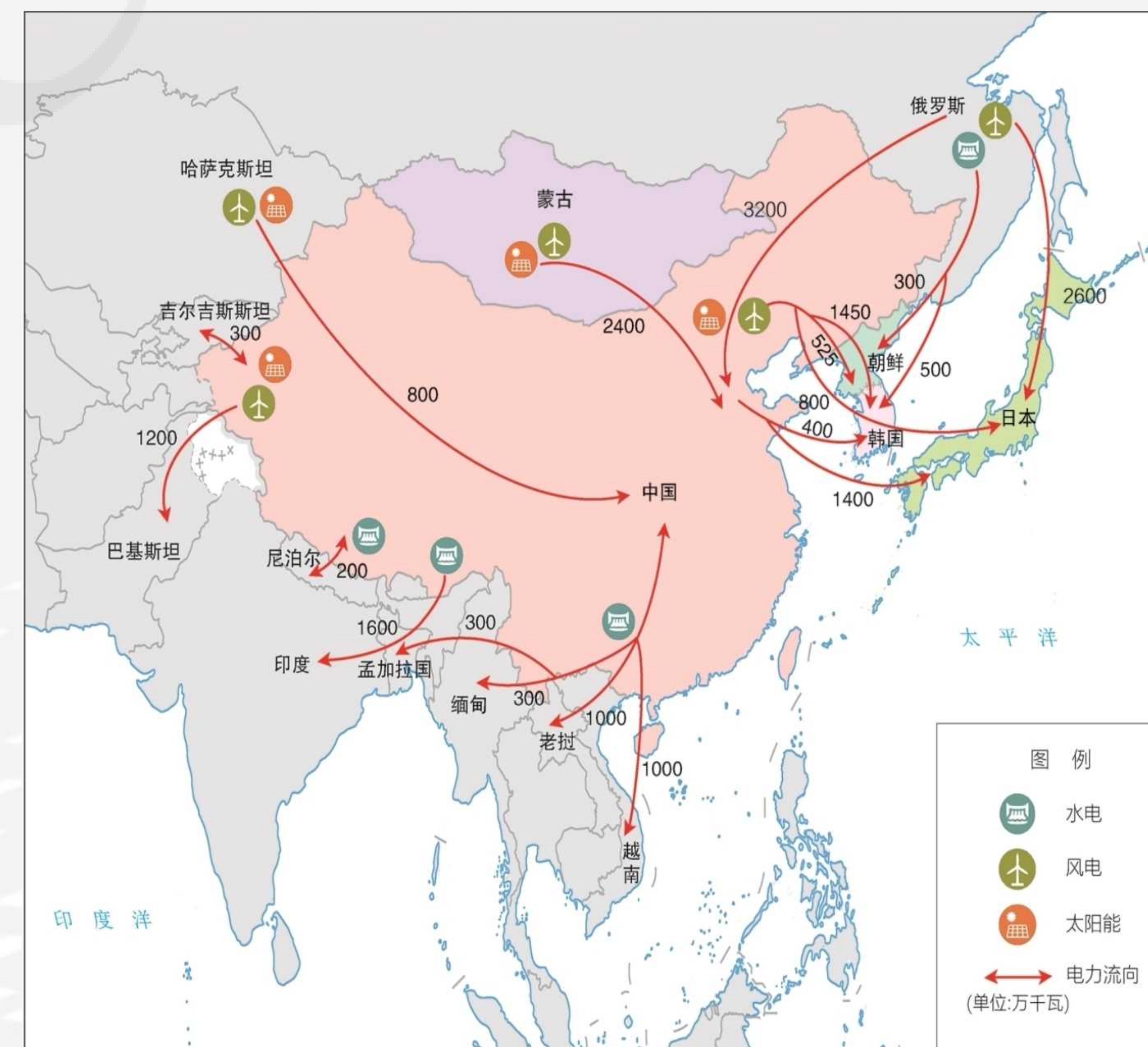


东亚用电量预测

2050年占亚洲装机的
44%



东亚电源装机预测



2050年东亚电力流示意图

(一) 东亚能源互联网



区内

加强各国电网建设，提高清洁能源受入能力。建设蒙古至中国、中国至日韩朝输电通道，加强跨国电力交换能力。



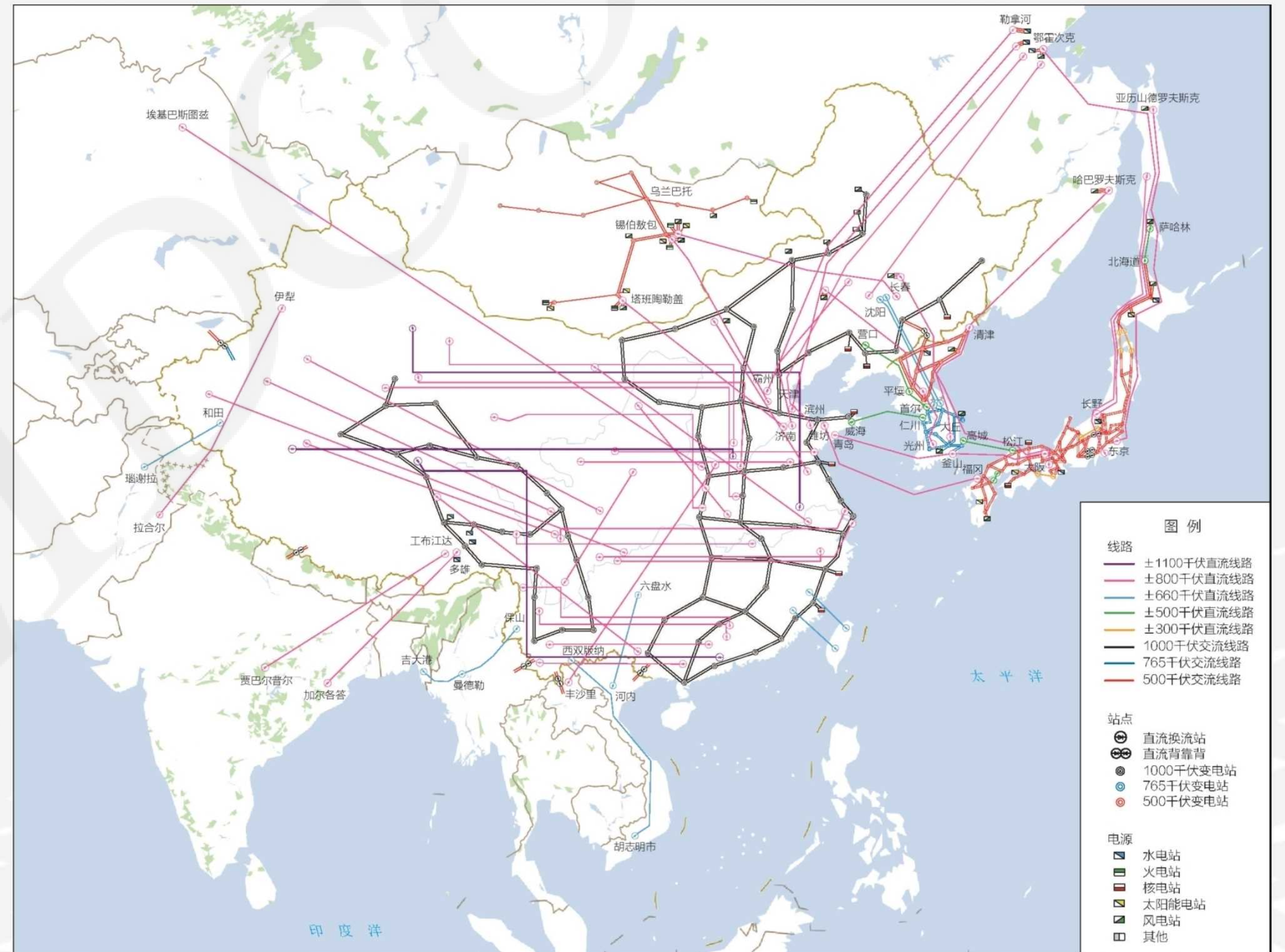
跨区

建设与俄罗斯远东、东南亚、南亚和中亚的电力互联通道，成为亚洲重要的负荷中心和电力配置平台。



重点工程

建设蒙古-中国±800千伏、中国-韩国-日本±800千伏，中国-巴基斯坦±800千伏、中国-缅甸-孟加拉±660千伏等跨区跨国互联工程。



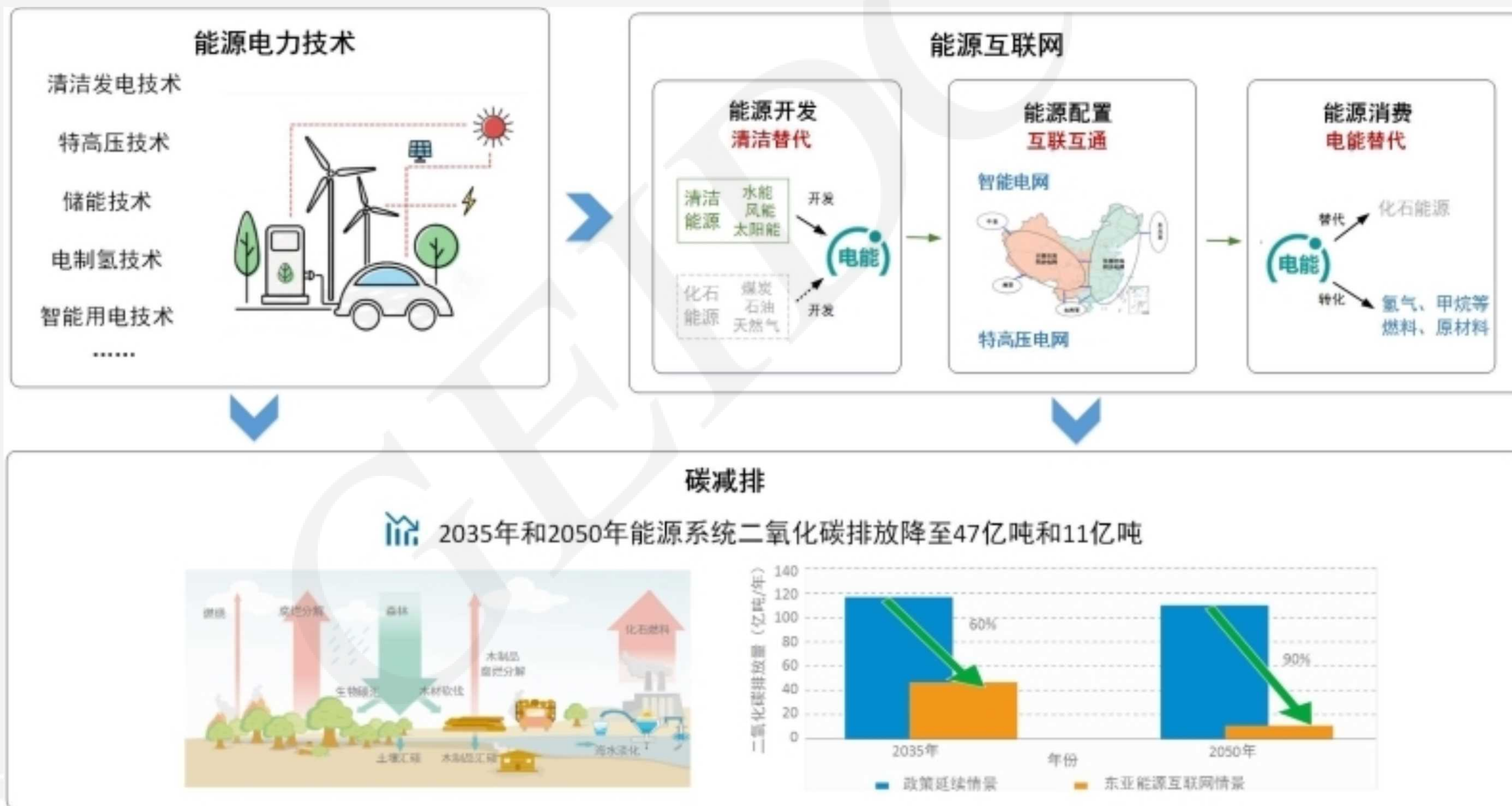
2050年东亚电网互联方案示意图

(一) 东亚能源互联网



重点领域

发挥技术优势，利用清洁发电、特高压、储能、电制氢以及智能用电等能源领域先进技术，构建清洁、高效能源互联网，推动地区碳减排和绿色发展。

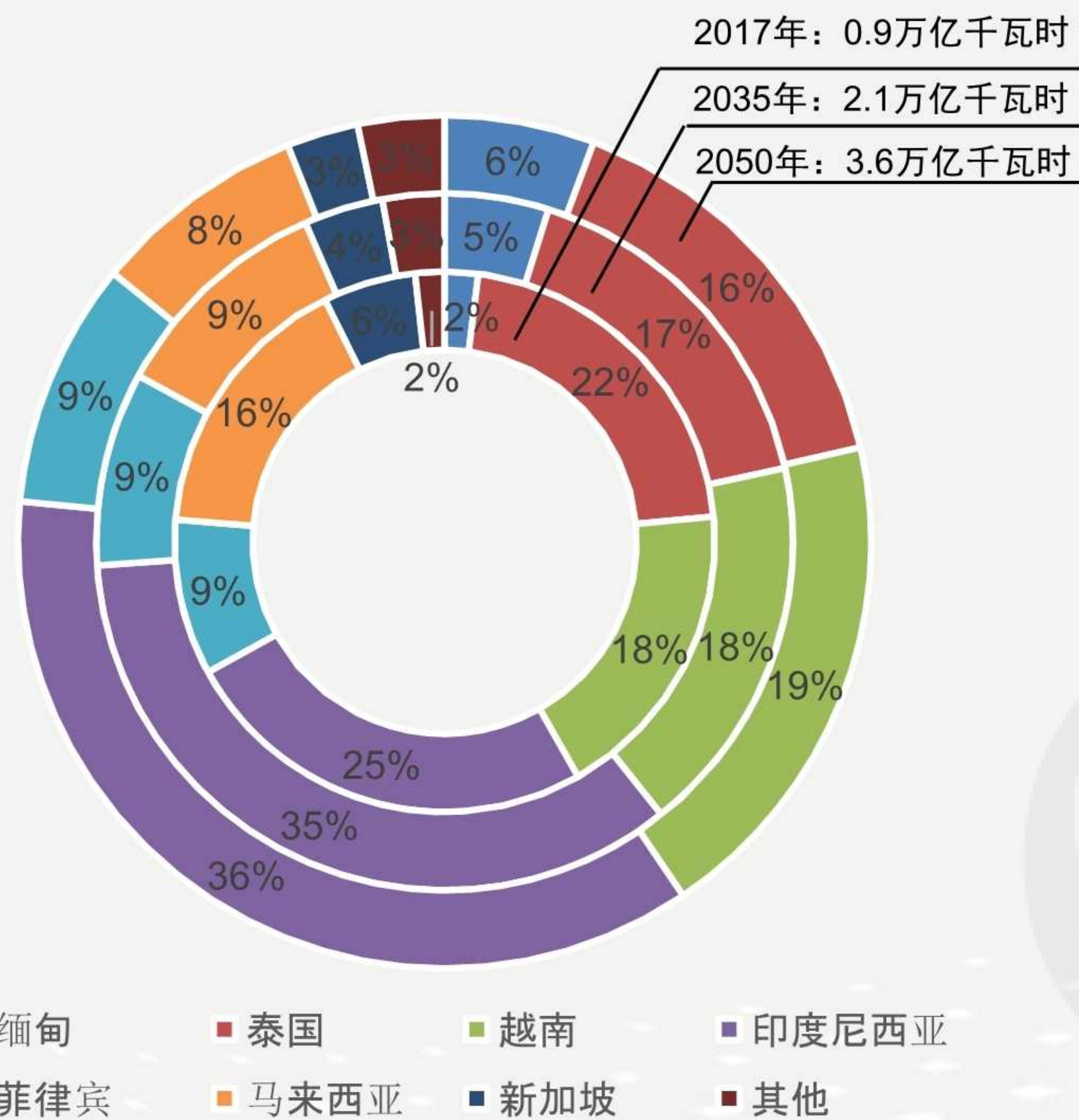


(二) 东南亚能源互联网



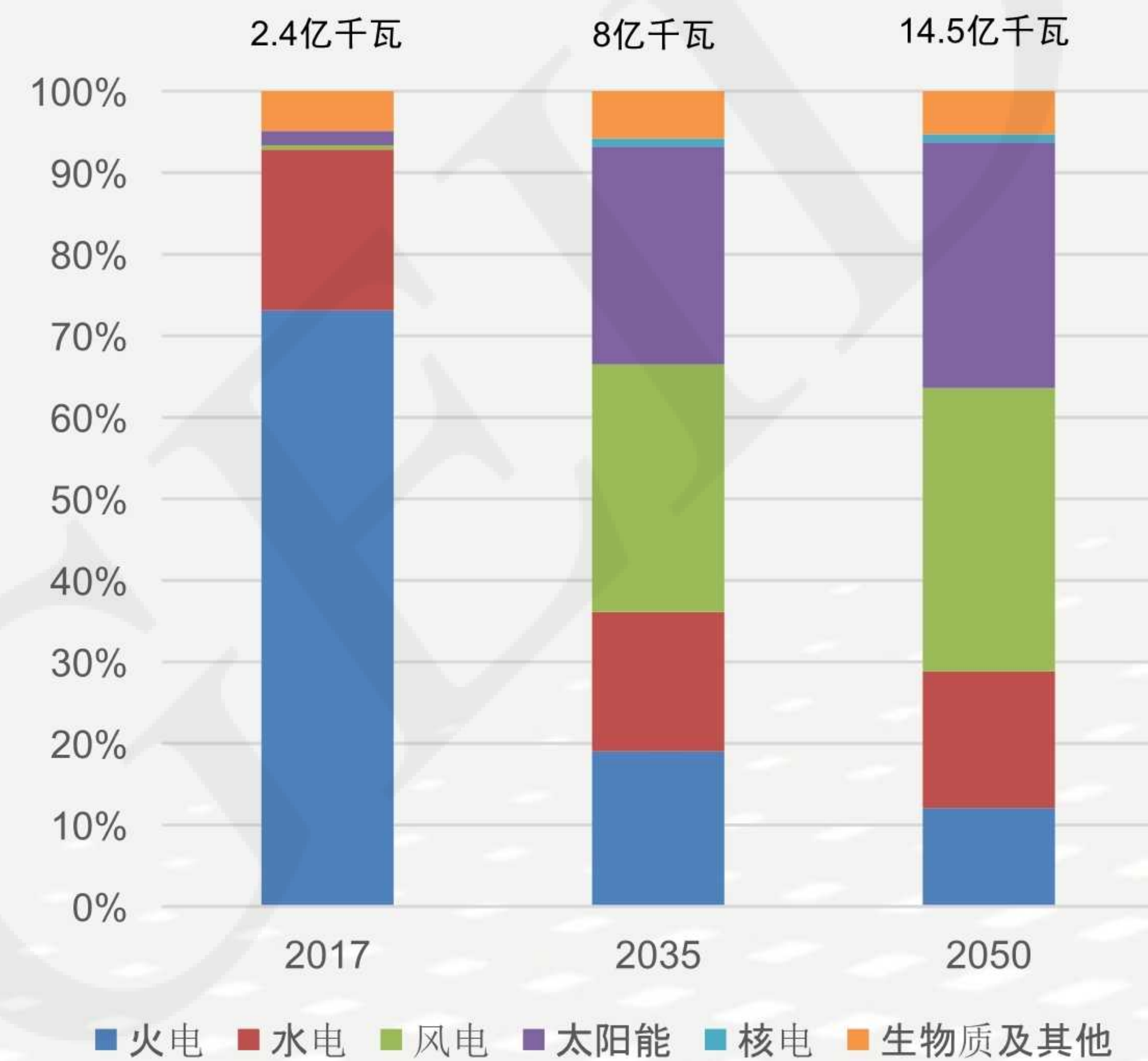
配置枢纽——水电开发带动区域发展，打造能源互补互济配置枢纽。

2050年占亚洲用电量的
9%

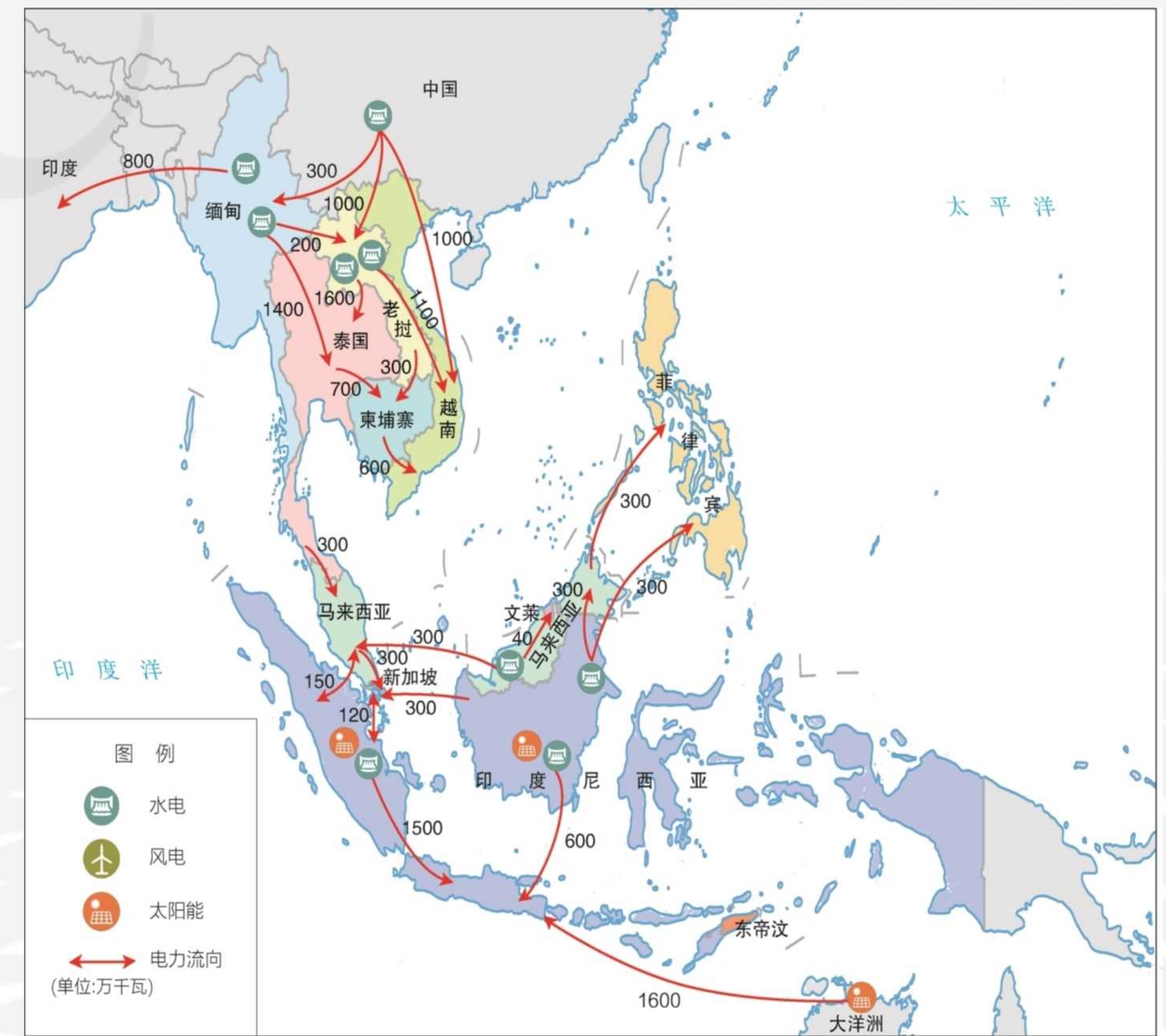


东南亚用电量预测

2050年占亚洲装机的
8%



东南亚电源装机预测



2050年东南亚电力流示意图

(二) 东南亚能源互联网



区内

中南半岛建设“三横三纵”特高压通道，形成“甲”字形特高压网架结构。马来群岛维持东中西部三个交流电网格局。

跨区

建设与中国互联通道，解决中南半岛“丰余枯缺”问题。建设向南亚输电工程，将缅甸北部水电送至印度负荷中心；新增与大洋洲输电通道，将澳大利亚太阳能送至印尼负荷中心。

重点工程

建设缅甸-泰国±660千伏，中国-老挝±800千伏、澳大利亚-印尼±800千伏等跨洲跨国互联工程。



2050年东南亚电网互联方案示意图

(二) 东南亚能源互联网



重点领域

加快中南半岛水电开发与外送，统筹加里曼丹水电、交通、矿山冶金和工业园建设，实施“电-矿-冶-工-贸”联动发展新模式，带动经济可持续发展。



中南半岛水电开发思路



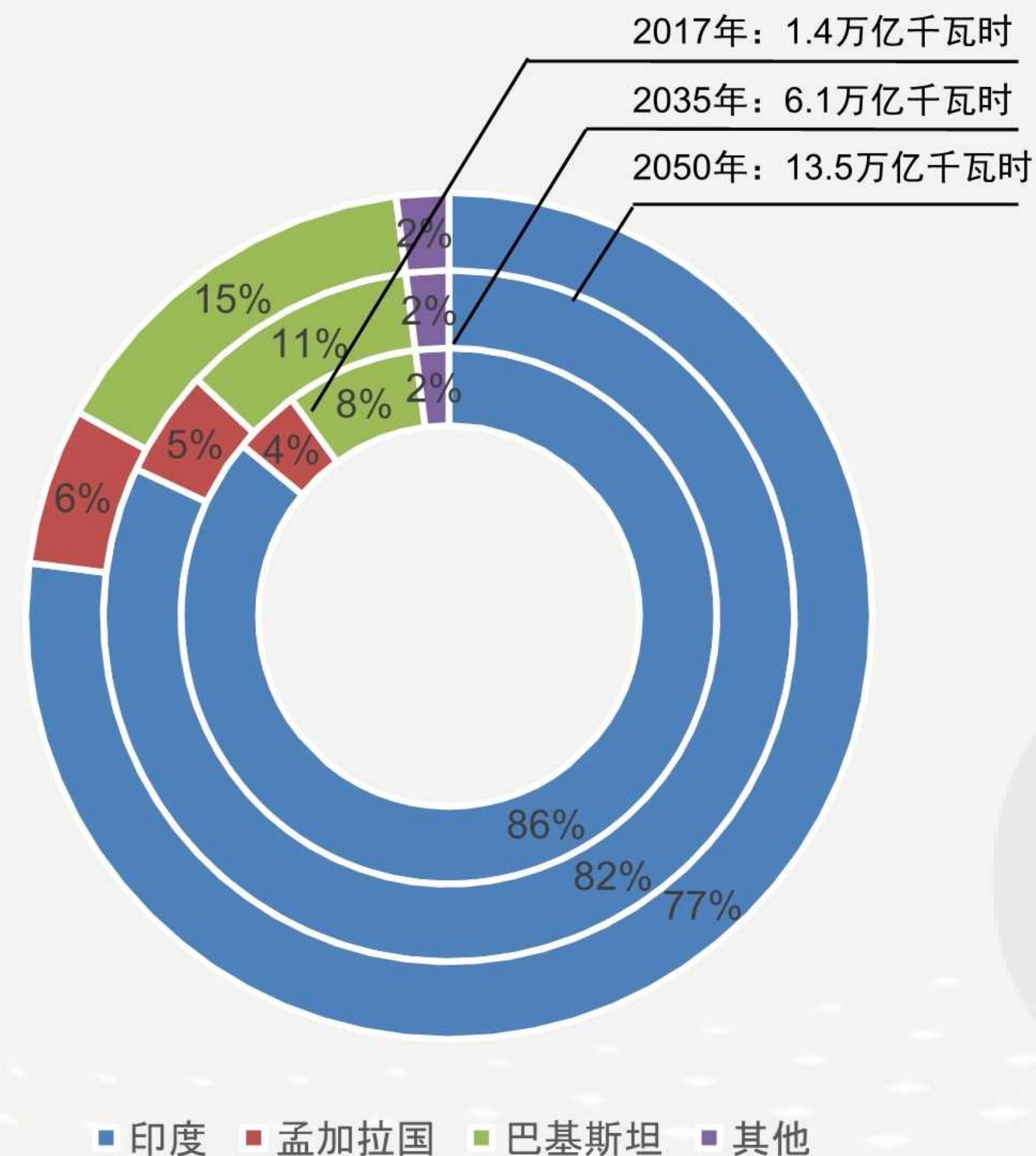
加里曼丹岛电-矿-冶-工-贸发展思路

(三) 南亚能源互联网



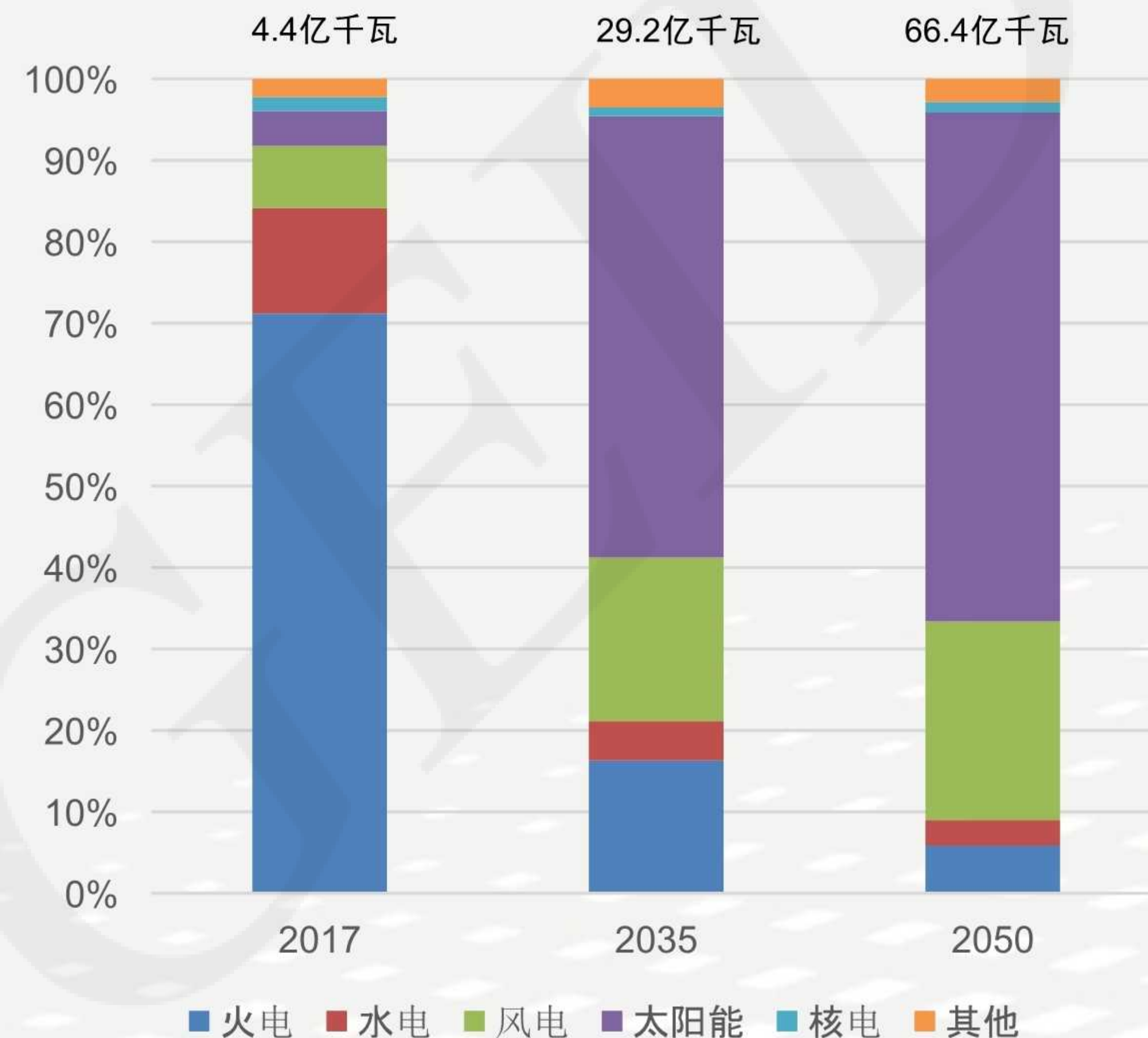
低碳发展——破解能源供应“双高”困境，推动经济社会低碳发展。

2050年占亚洲用电量的
32%

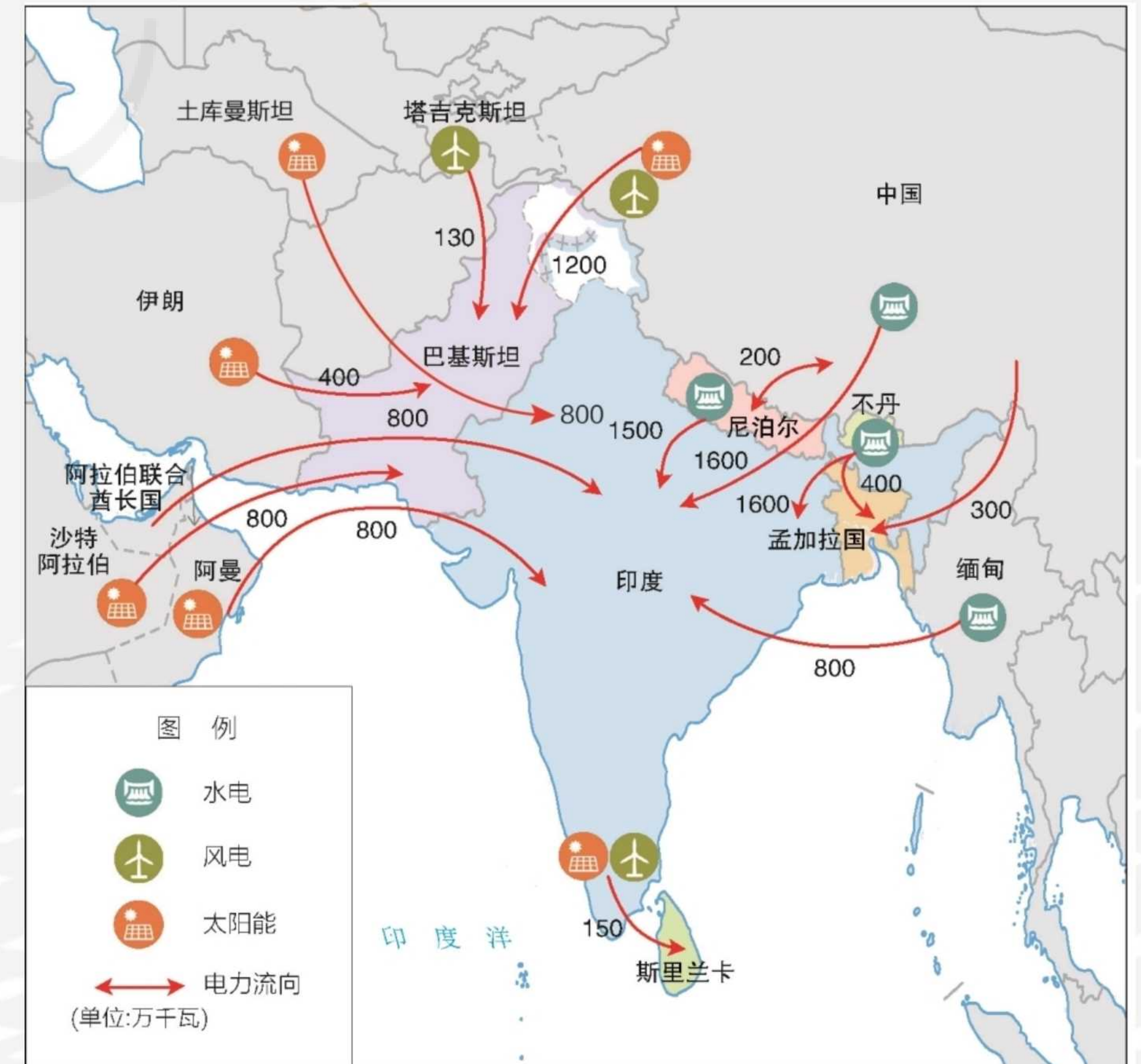


南亚用电量预测

2050年占亚洲装机的
35%



南亚电源装机预测



2050年南亚电力流示意图

注：“双高”指高度依赖化石能源、高度依赖进口油气。

(三) 南亚能源互联网



区内

▶ 印度、尼泊尔和不丹三国建成紧密的400千伏交流同步电网，满足尼泊尔、不丹水电消纳，印度与孟加拉国异步互联。印度和巴基斯坦分别形成765千伏和500千伏骨干网架。



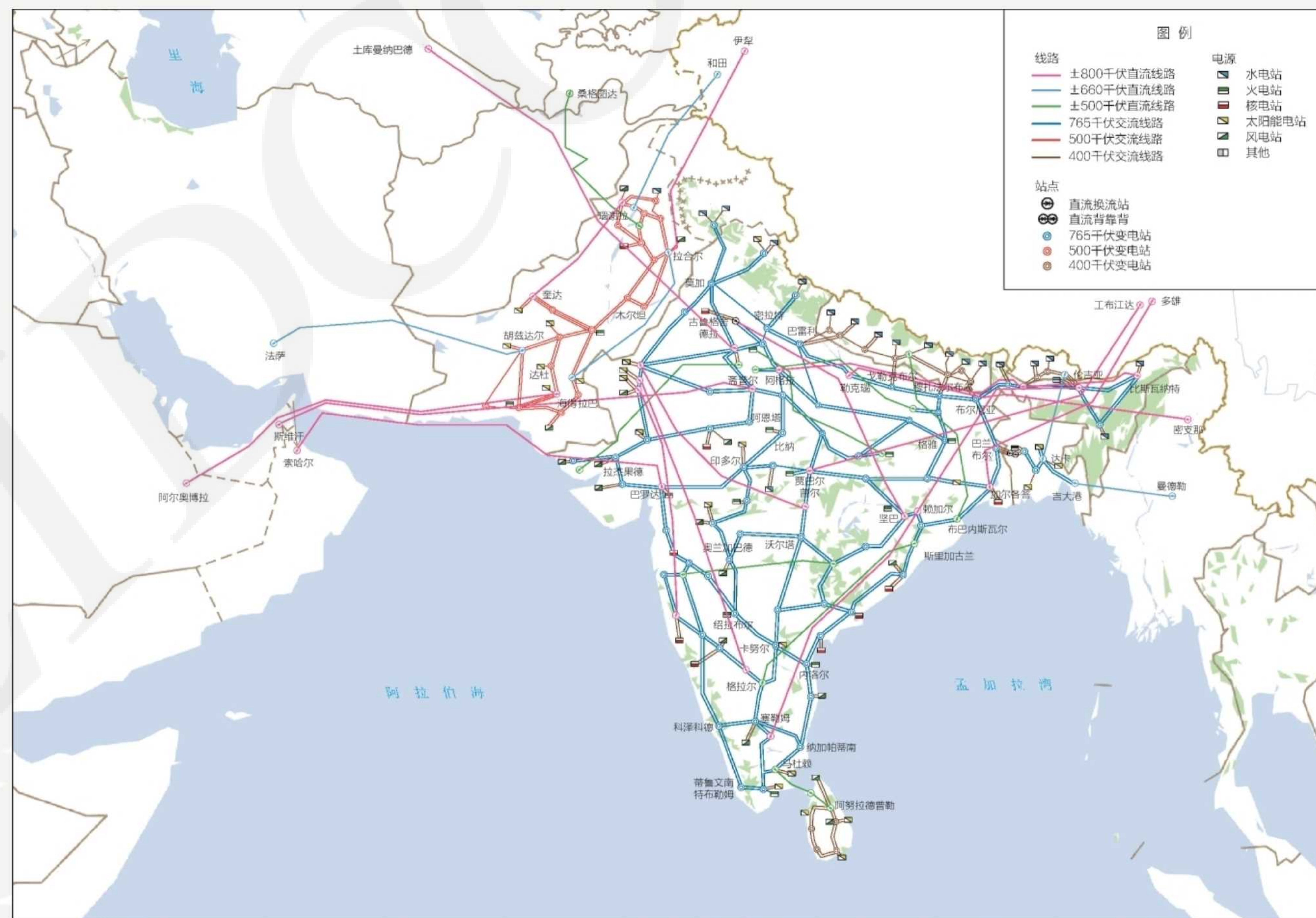
跨区

▶ 建设与东亚、东南亚、中亚和西亚互联通道，跨区接受清洁电力。



重点工程

▶ 建设阿联酋-印度±800千伏、缅甸-印度±800千伏、塔吉克斯坦-巴基斯坦±500千伏等跨区互联工程。



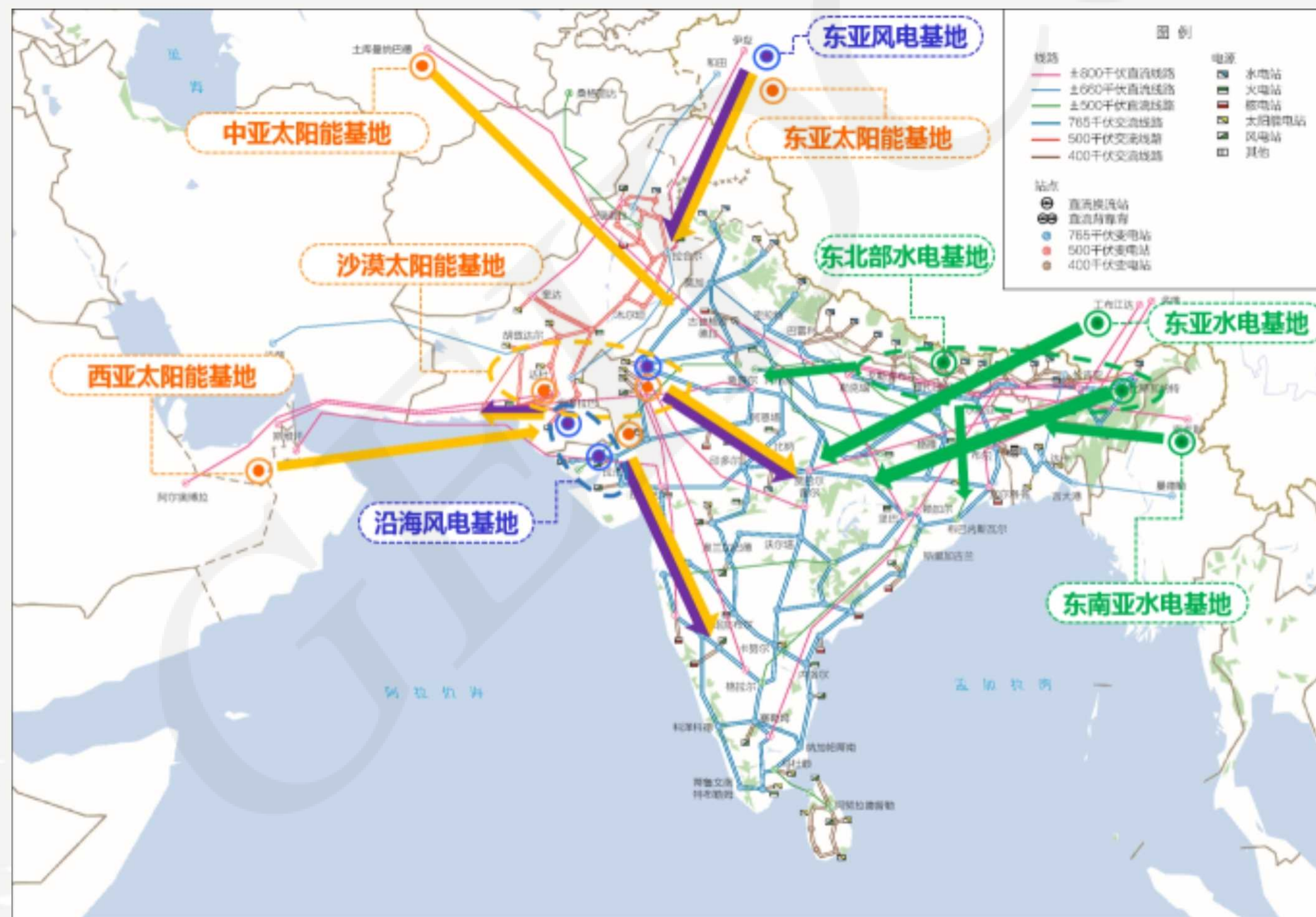
2050年南亚电网互联方案示意图

(三) 南亚能源互联网



重点领域

构建清洁能源输送大通道，形成坚强受端电网，充分利用区内区外清洁能源资源，保障能源安全、解决无电人口用电问题、增强发展动力。



南亚重点清洁能源输送通道与受端电网建设

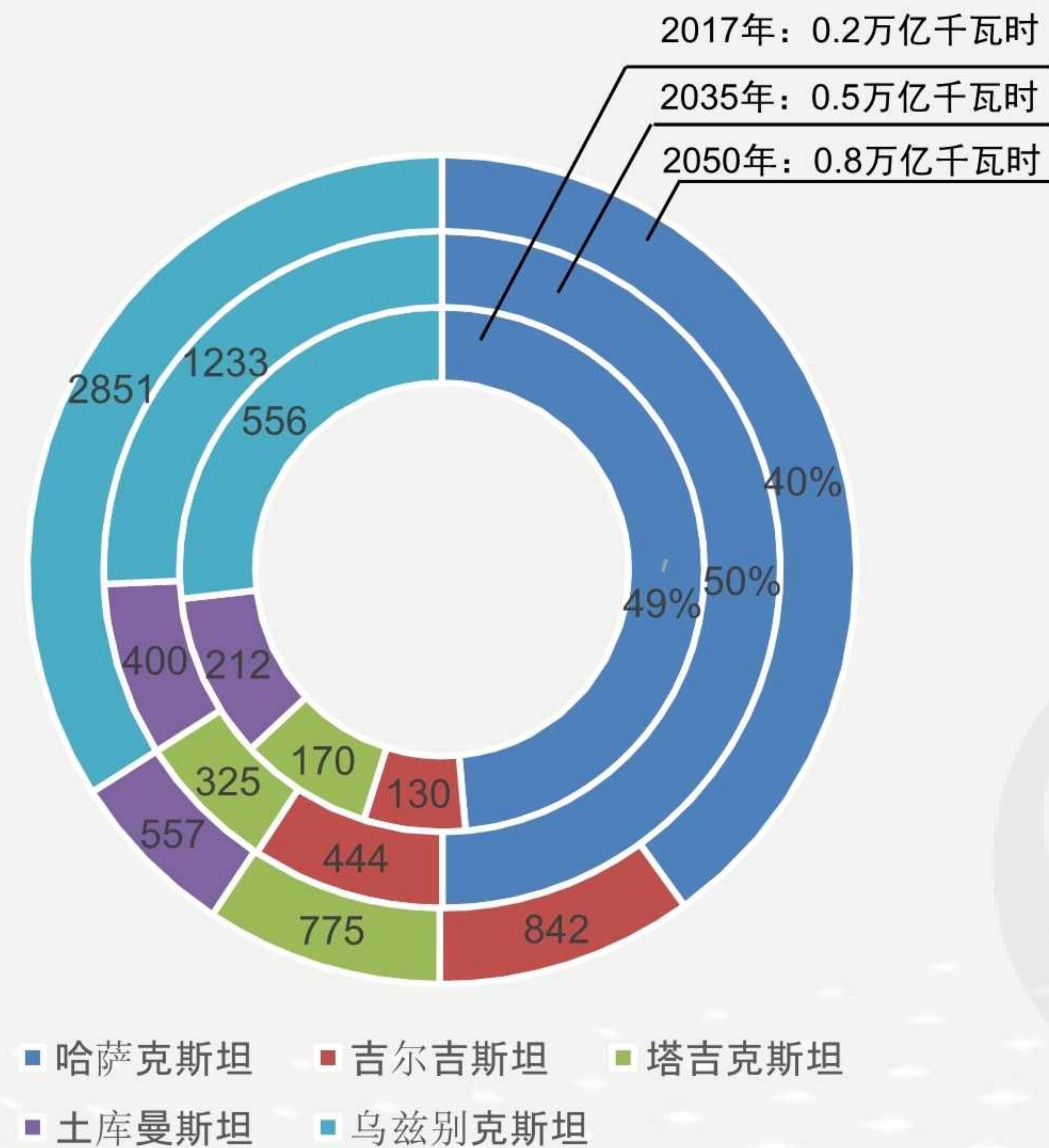
(四) 中亚能源互联网



Global Energy Interconnection
Development and Cooperation Organization
全球能源互联网发展合作组织

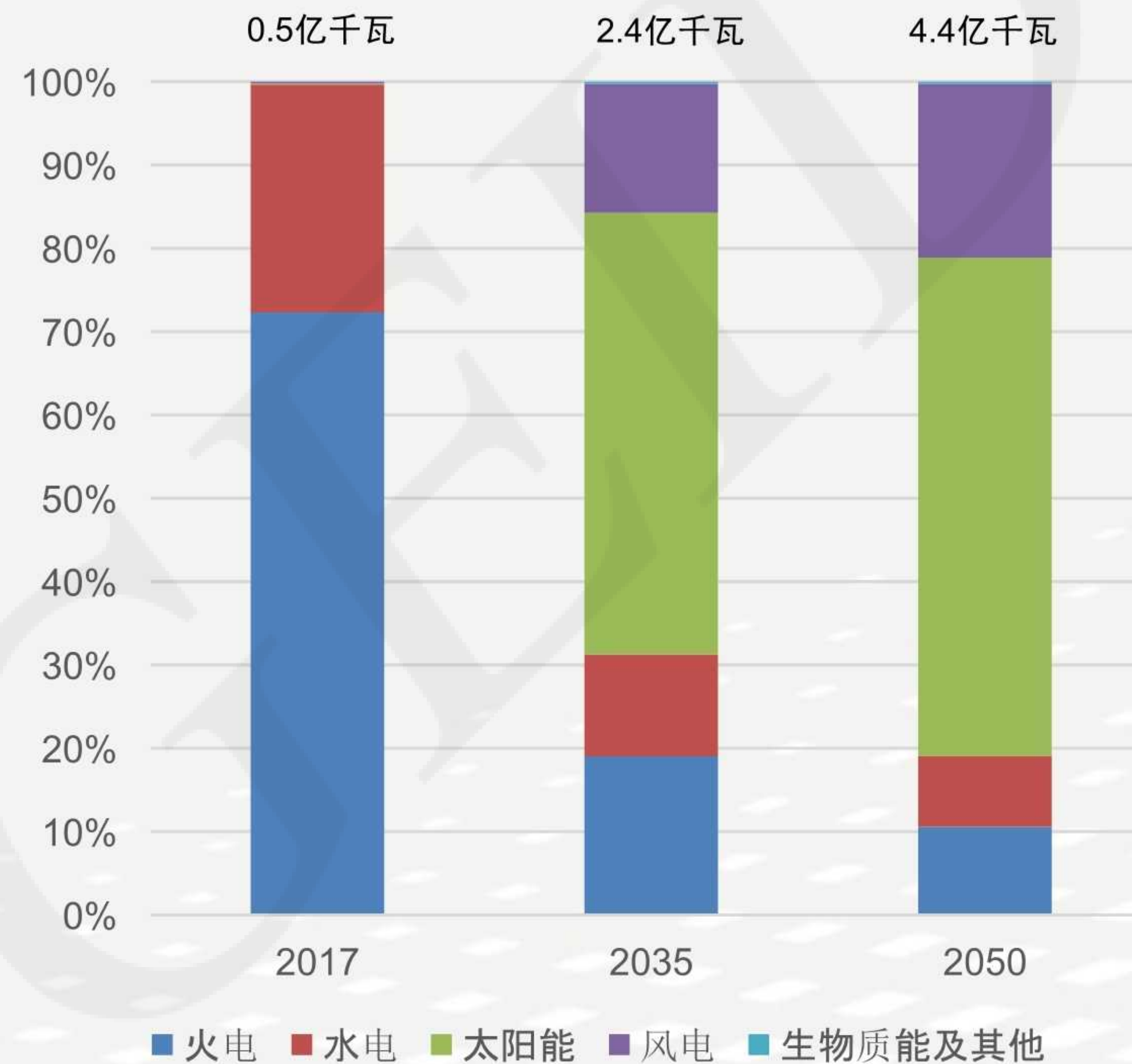
清洁基地——发挥资源和区位优势，加快清洁能源集约化开发利用。

2050年占亚洲用电量的
2%



中亚用电量预测

2050年占亚洲装机的
2%



中亚电源装机预测



2050年中亚电力流示意图

(四) 中亚能源互联网



区内

建设哈萨克斯坦特高压交流环网，中亚5国建设以500千伏电压为主的交流同步电网，形成“三横两纵”的跨国通道。



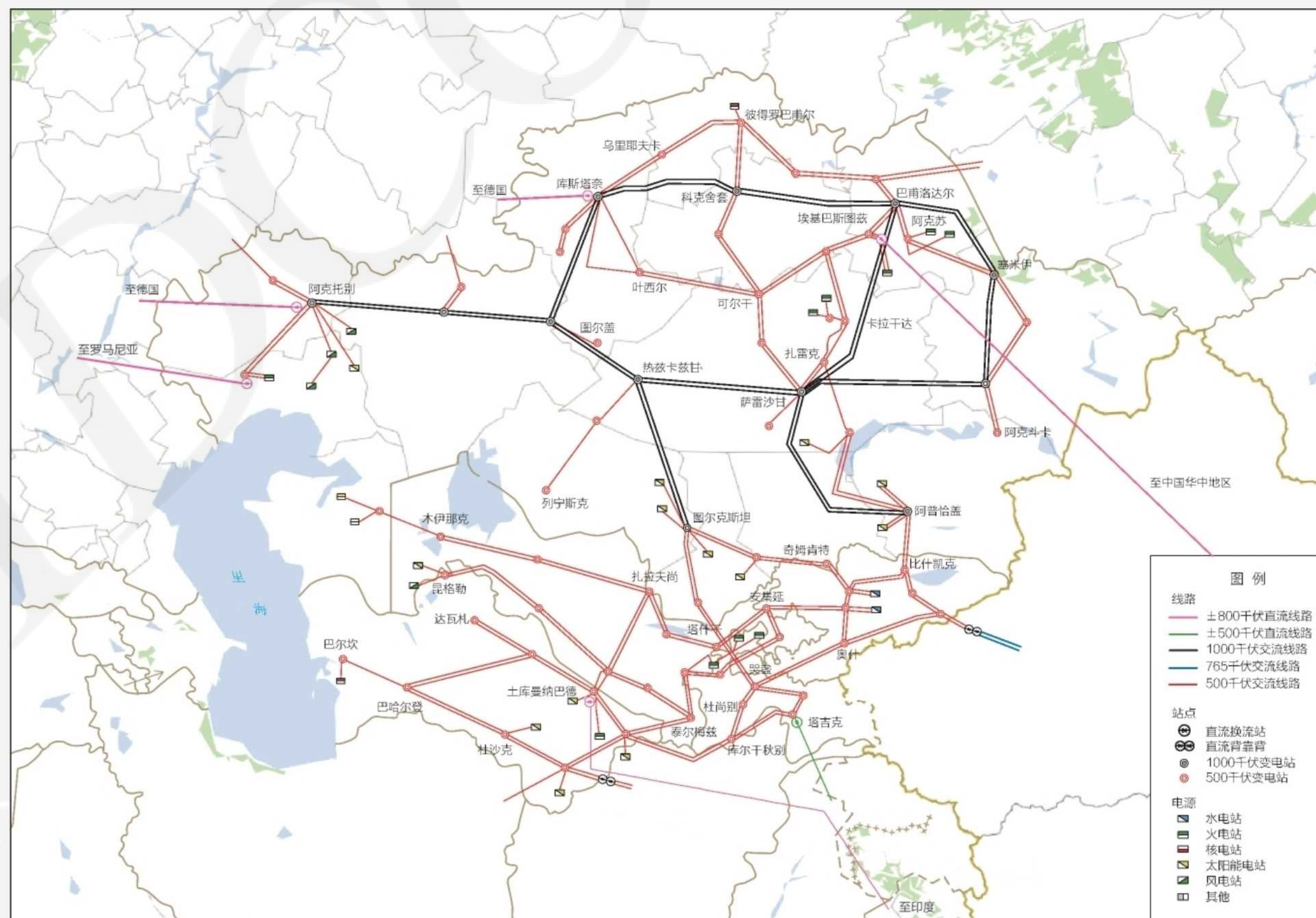
跨区

利用特高压直流输电技术，建向欧洲和中国的送电通道，实现亚欧互联。



重点工程

建设哈萨克斯坦-德国±800千伏、哈萨克斯坦-中国±800千伏等跨洲跨区互联工程。



2050年中亚电网互联方案示意图

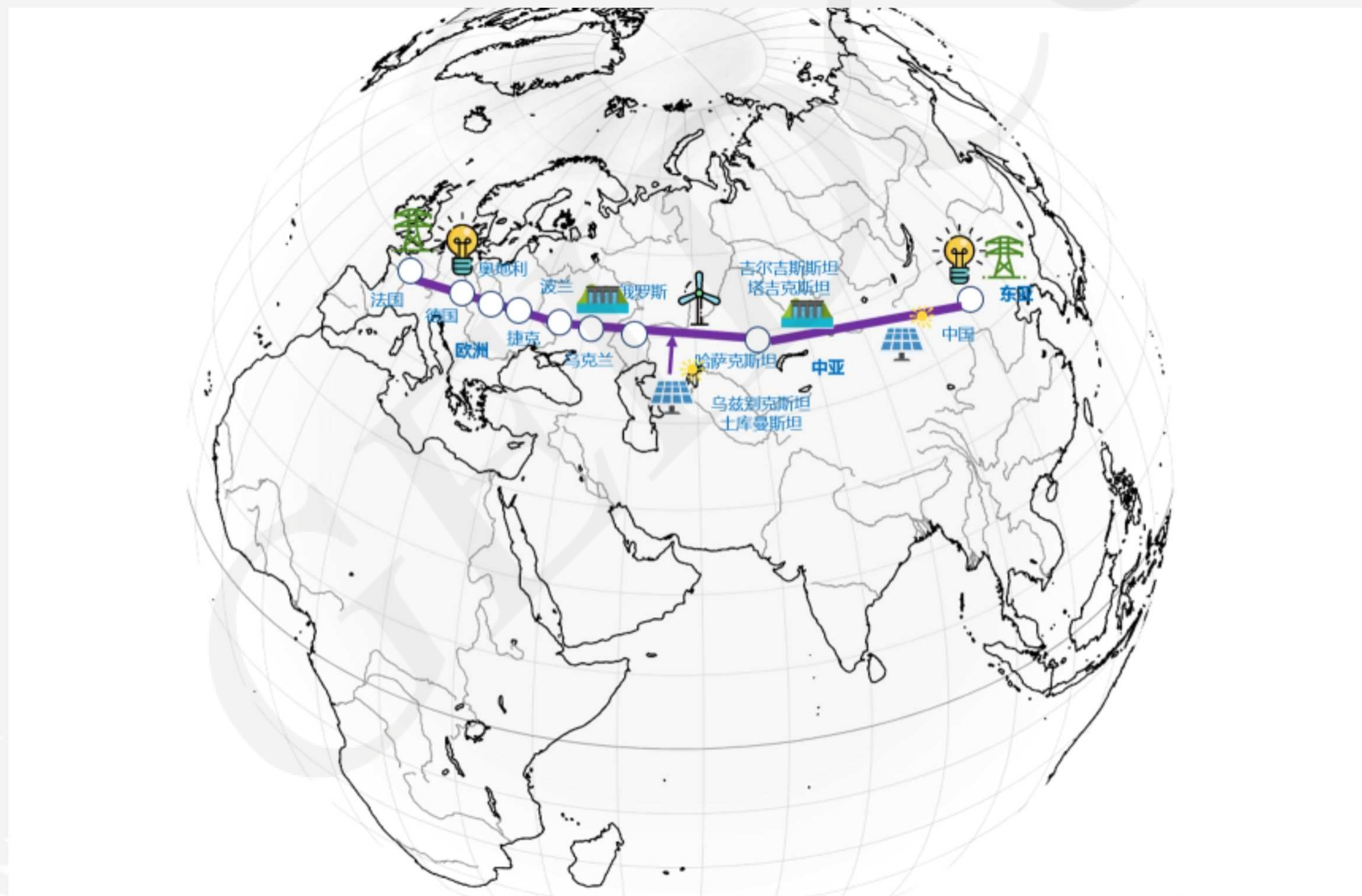
(四) 中亚能源互联网



Global Energy Interconnection
Development and Cooperation Organization
全球能源互联网发展合作组织

重点领域

大规模开发清洁能源资源，利用特高压输电技术实现东亚、中亚至欧洲的电力互联，构建亚欧清洁能源走廊。



亚欧互联大通道

(五) 西亚能源互联网

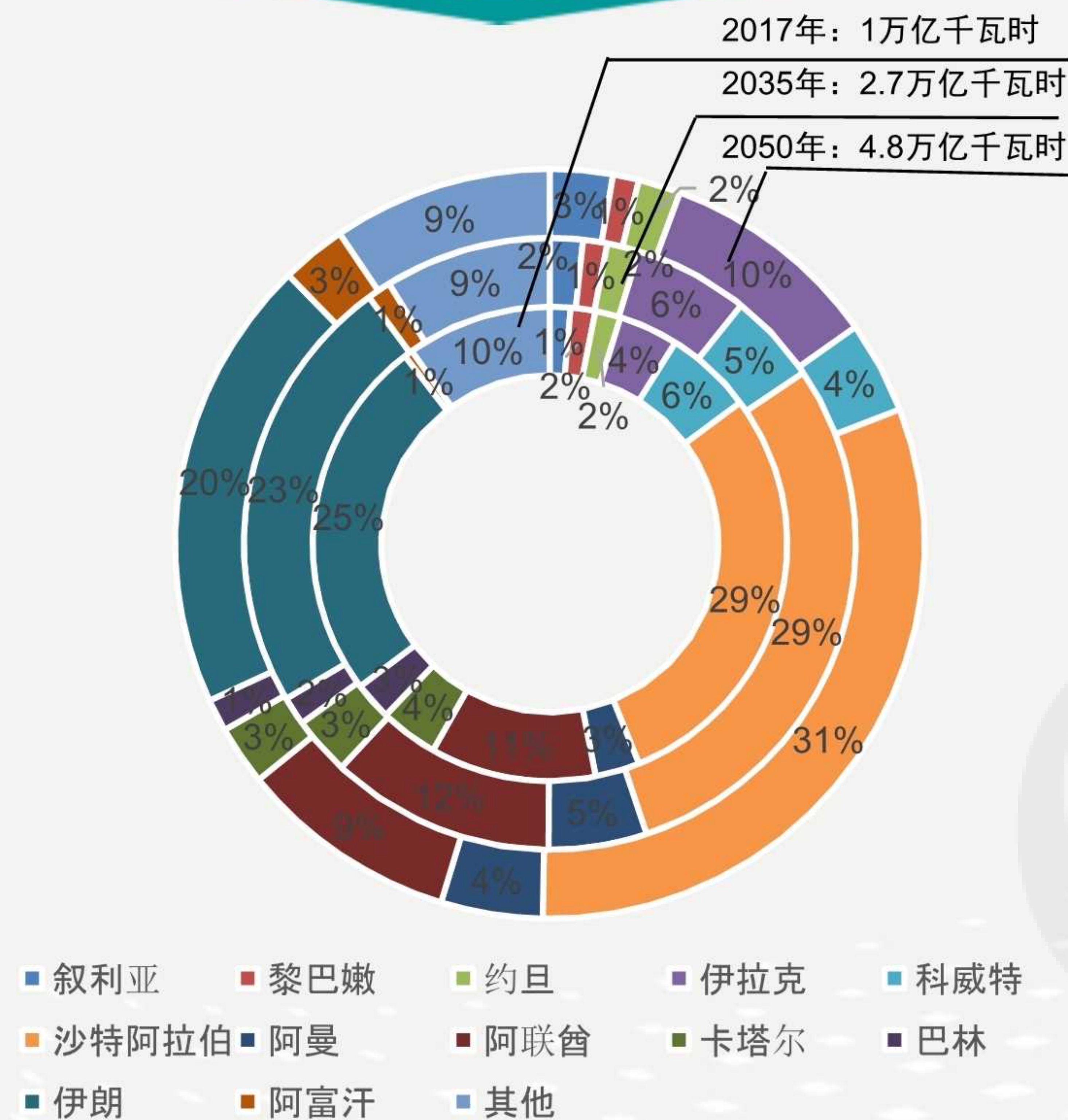


Global Energy Interconnection
Development and Cooperation Organization
全球能源互联网发展合作组织

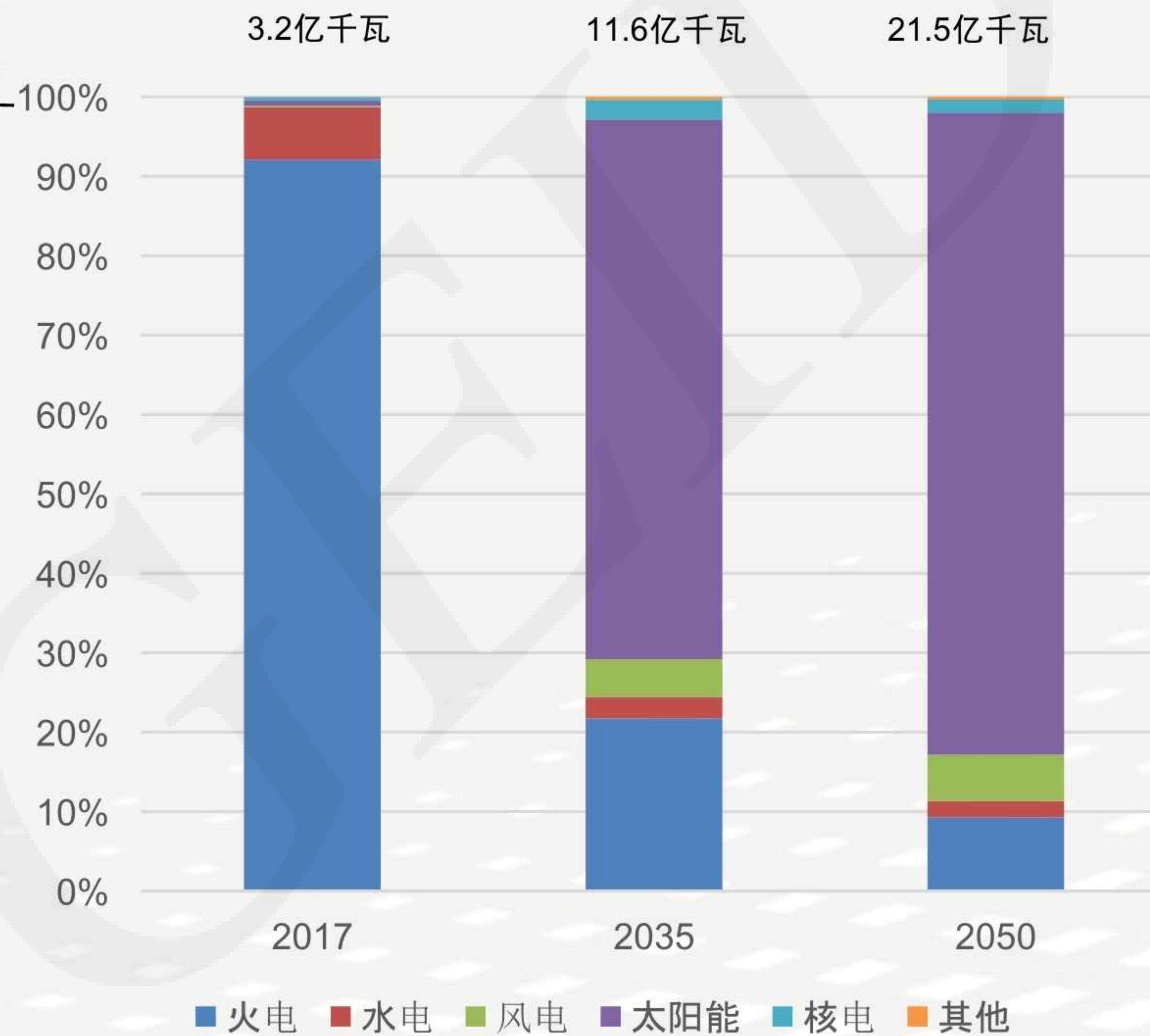
能源转型——能源结构转型升级，带动经济多元化发展，构建亚欧非电网互联枢纽。

2050年占亚洲用电量的
12%

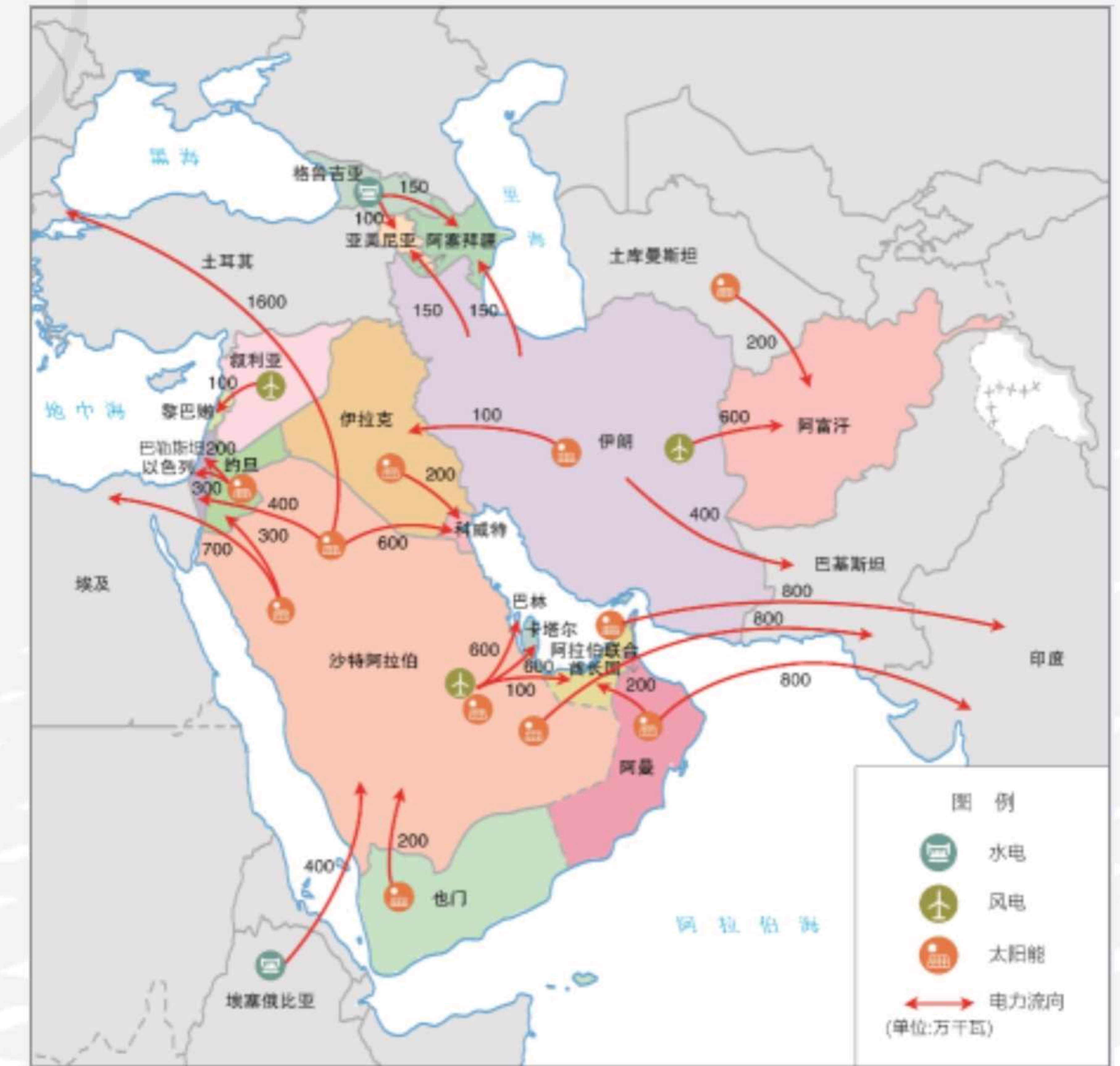
2050年占亚洲装机的
11%



西亚用电量预测



西亚电源装机预测



2050年西亚电力流示意图

(五) 西亚能源互联网



Global Energy Interconnection
Development and Cooperation Organization
全球能源互联网发展合作组织

区内

加强各国400(380)/500千伏主网架建设，以沙特阿拉伯和伊朗电网为双中心，各国电网实现广泛互联。

跨区

建设西亚与欧洲、非洲、南亚互联的2回、3回和4回直流工程，西亚成为亚欧非联网中枢。

重点工程

建设沙特阿拉伯-土耳其±800千伏、沙特阿拉伯-巴基斯坦±800千伏、沙特阿拉伯-埃塞俄比亚±660千伏等跨洲跨区互联工程。



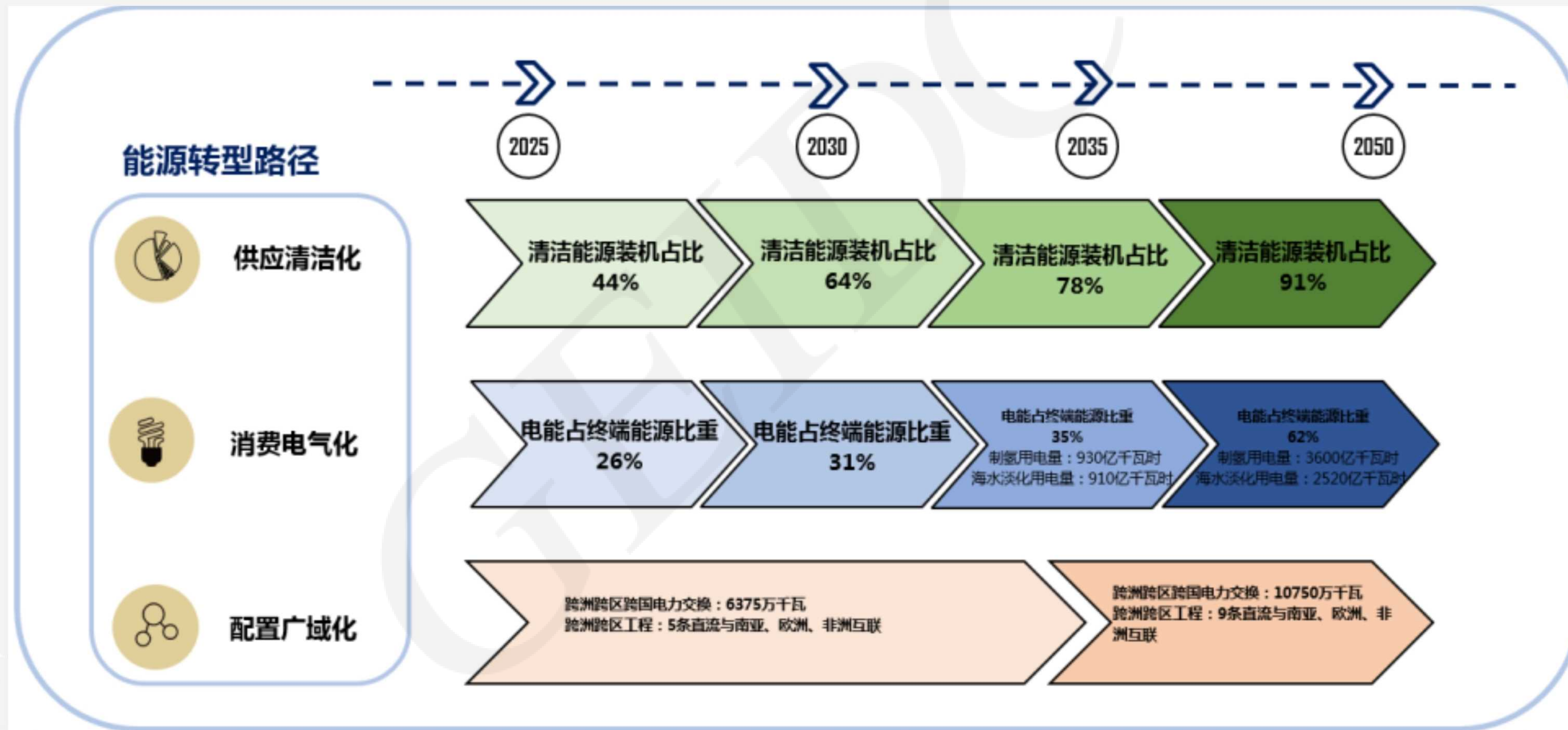
2050年西亚电网互联方案示意图

(五) 西亚能源互联网



重点领域

加快清洁能源开发，实施清洁电力制氢和海水淡化等技术的大规模、低成本应用，推动绿色产业发展，助力能源低碳转型。



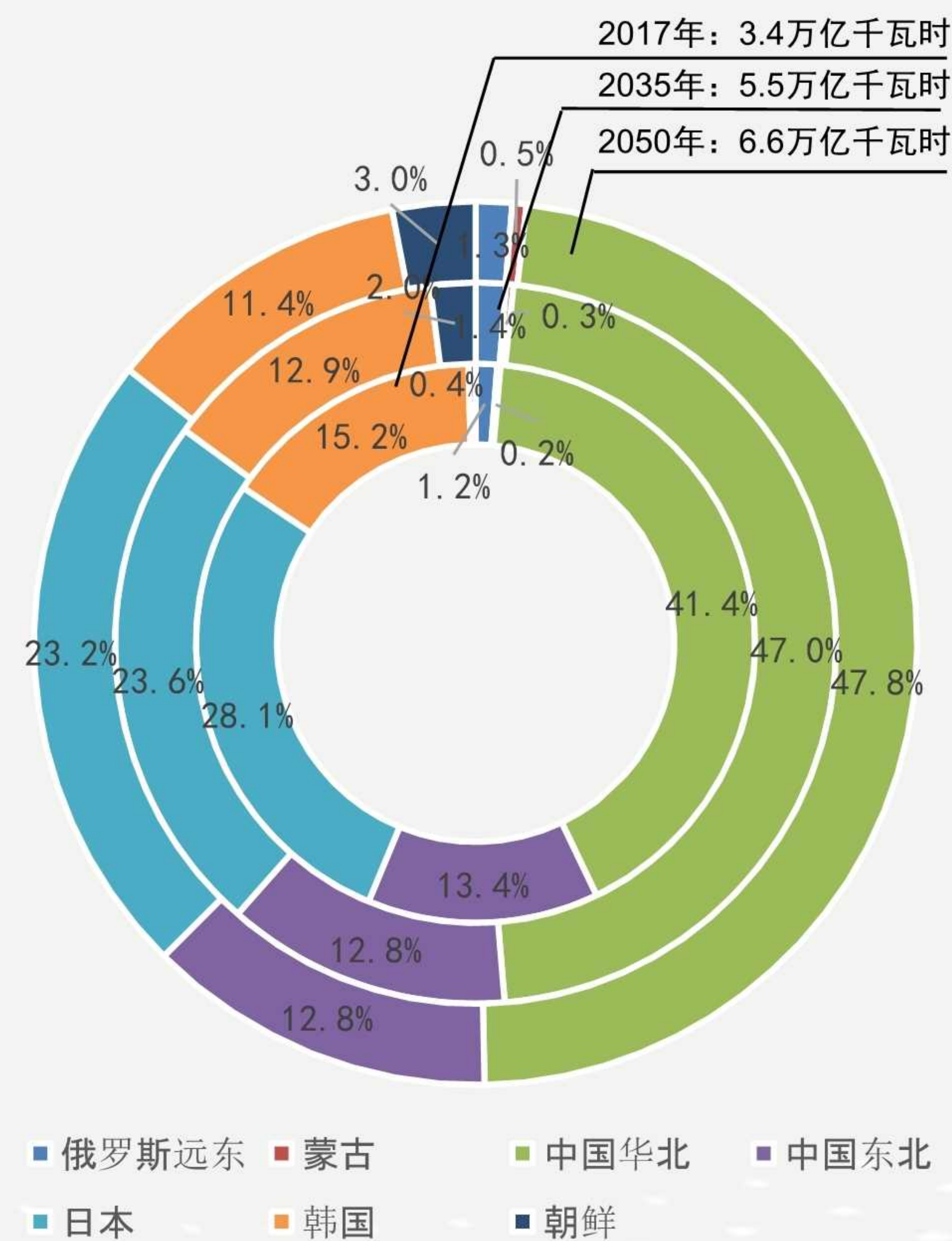
西亚能源转型路线图

(六) 东北亚能源互联网

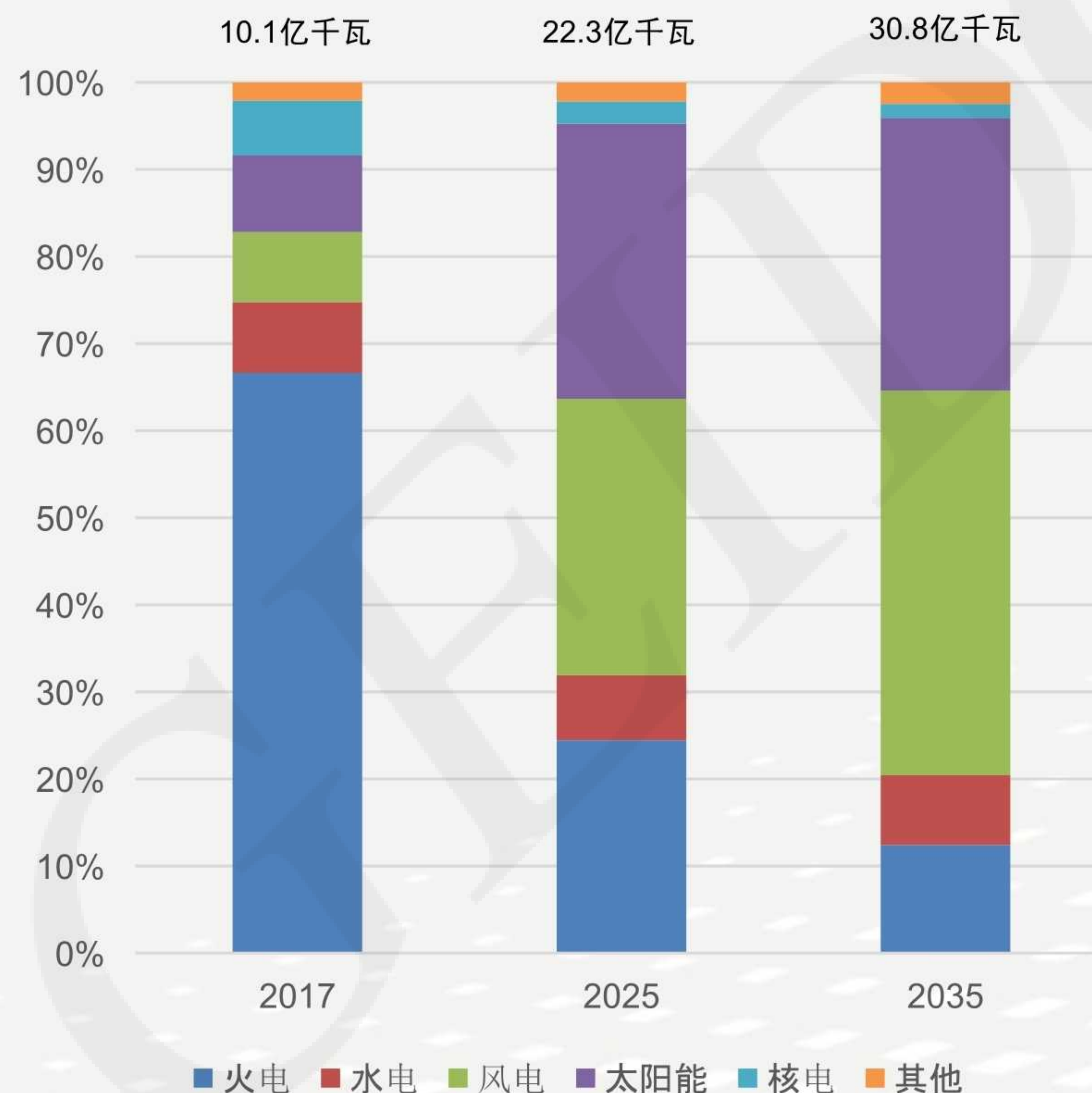


Global Energy Interconnection
Development and Cooperation Organization
全球能源互联网发展合作组织

多元供给——多方向、多种形式满足用能需求，保障电力低碳、安全供应。



东北亚用电量预测



东北亚电源装机预测



东北亚能源互联网研究范围

(六) 东北亚能源互联网



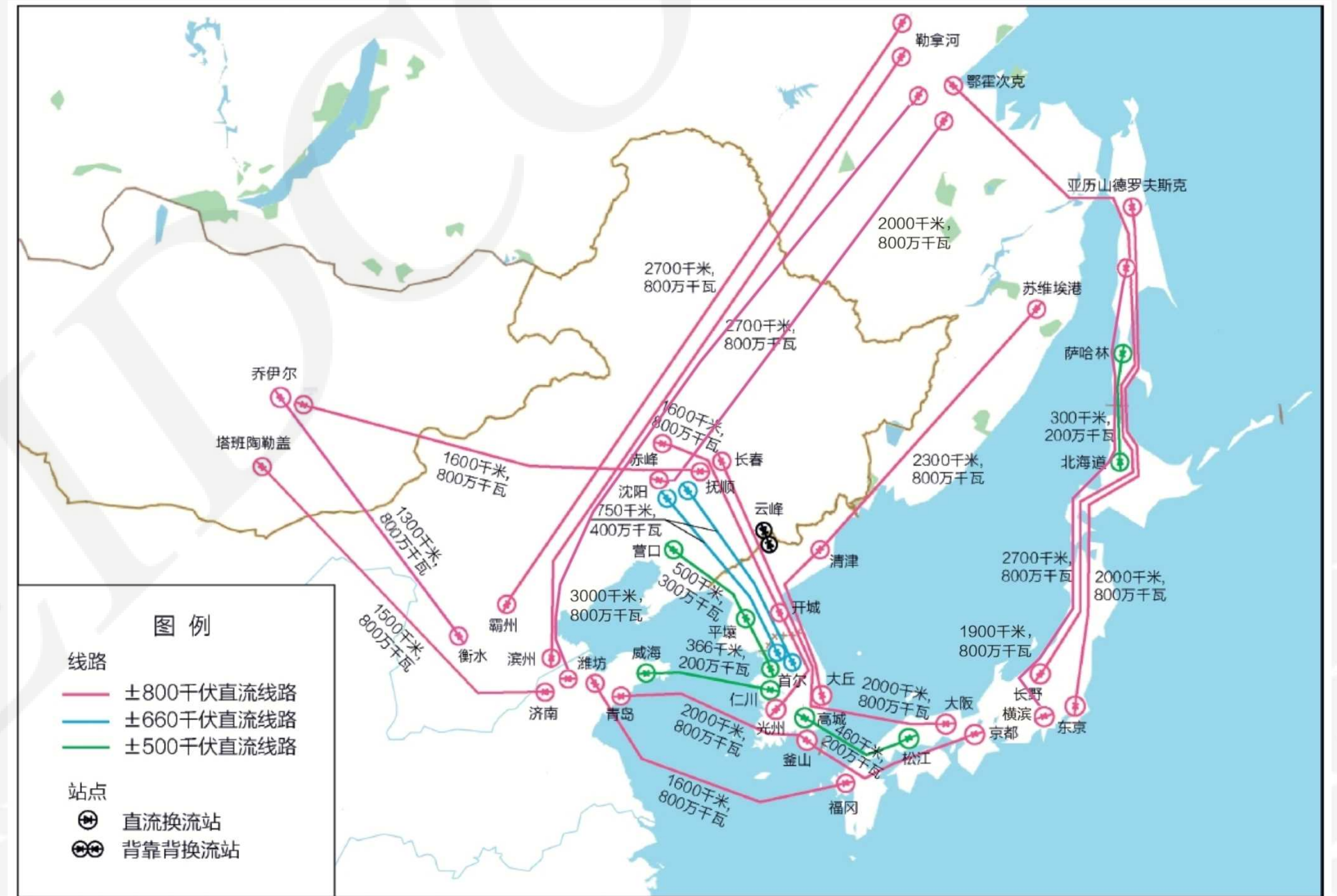
电网
互联

形成“三环一横”电力互联通道，向北连接俄罗斯远东水电和风电，向西连接中国华北东北风电、蒙古南部太阳能和风电，中部贯穿中国华北、朝韩及日本负荷中心。

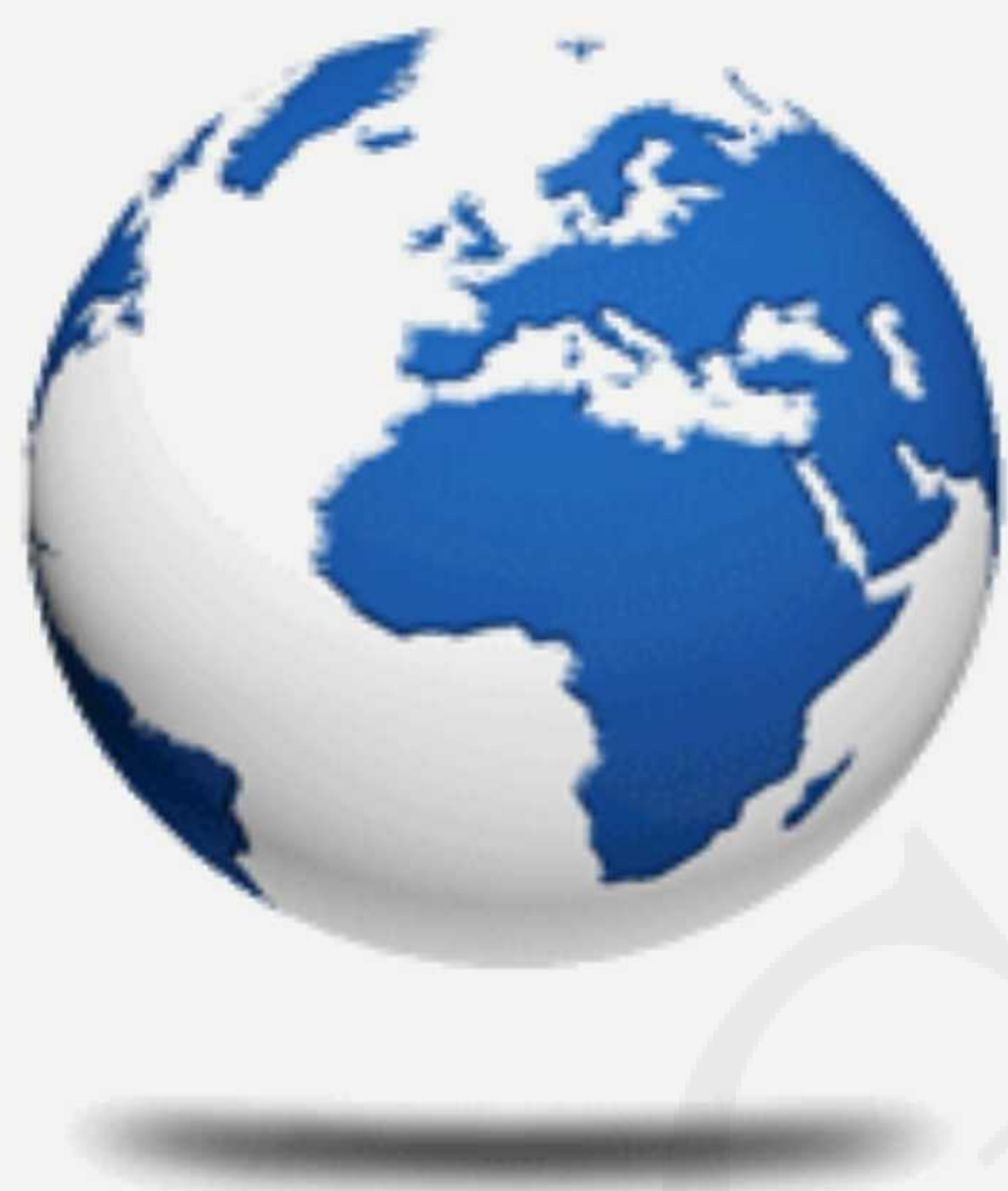


重点
工程

建设中国-韩国-日本±500千伏，蒙古-中国、俄罗斯-中国、俄罗斯-朝鲜-韩国以及俄罗斯-日本等多个±800千伏跨国互联工程。



2050年东北亚电网互联方案示意图



一、亚洲能源互联网

二、亚洲各区域能源互联网

三、投资与效益

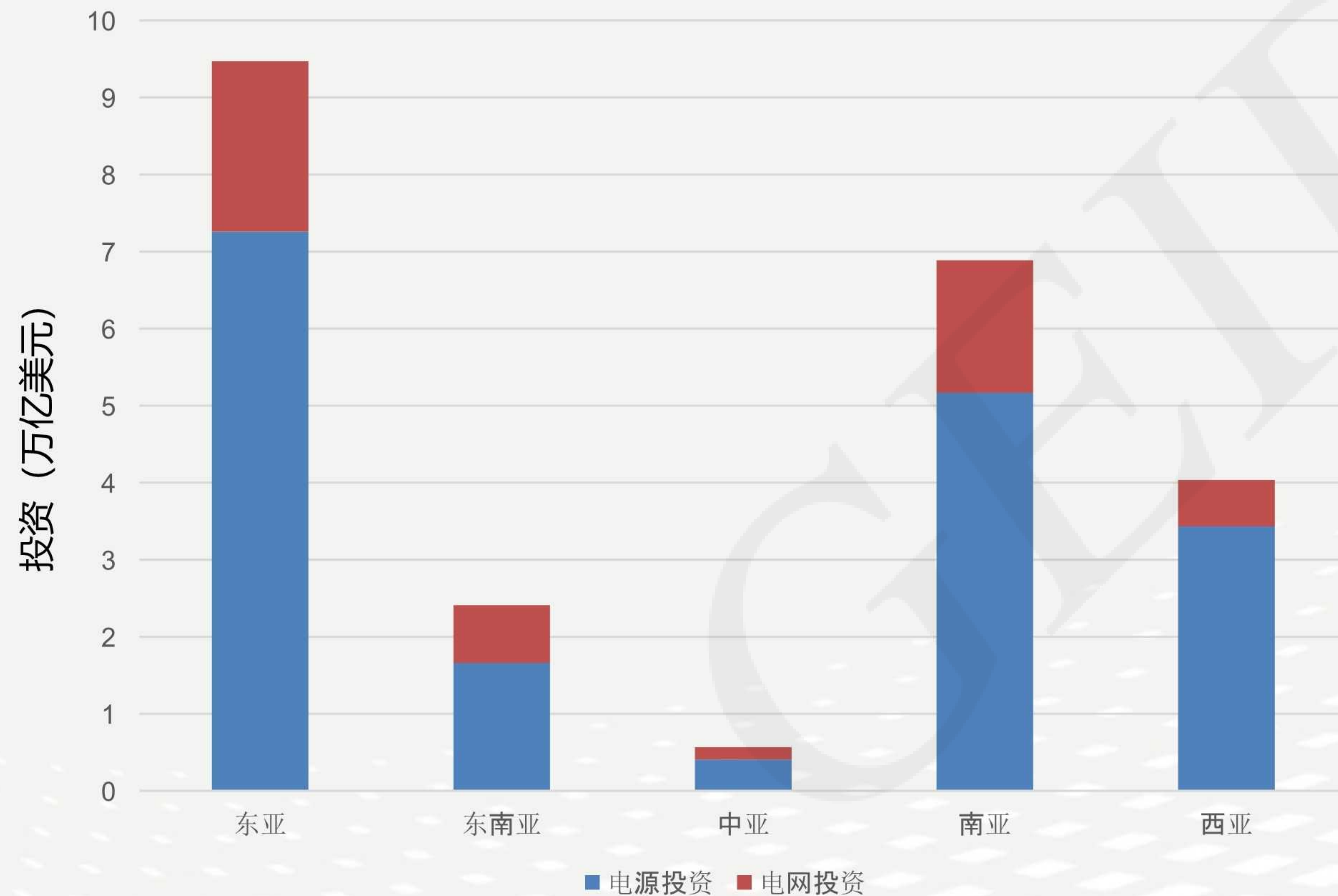
(一) 投资估算

(二) 综合效益

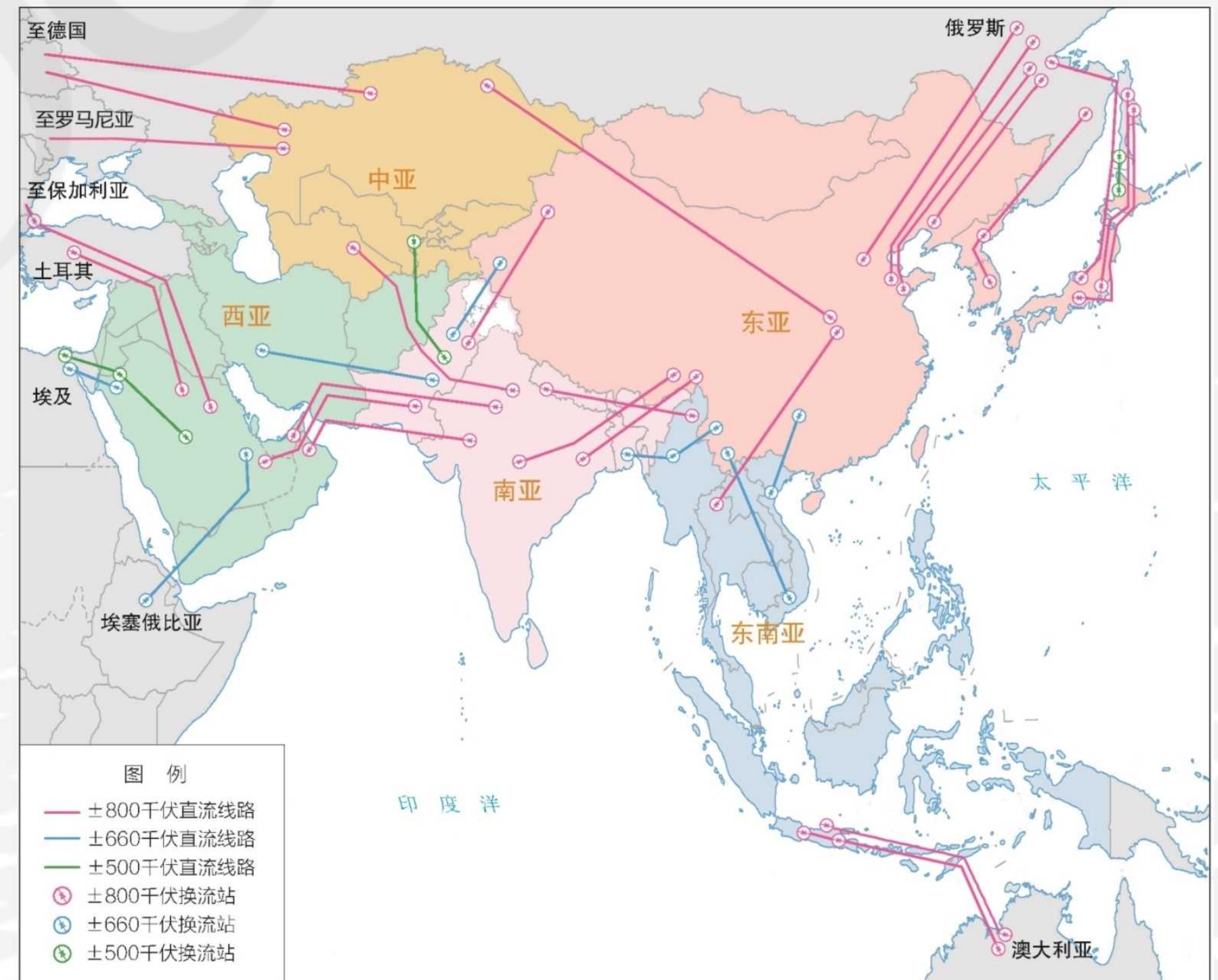
(一) 投资估算



- 到2050年亚洲能源互联网总投资23万亿美元，其中电源投资17.6万亿美元，电网投资5.4万亿美元。
- 跨洲互联工程16项，输电容量约1亿千瓦，投资约820亿美元。跨区互联工程31项，输电容量约1.8亿千瓦，投资约930亿美元。



亚洲能源互联网投资估算



2050年亚洲跨洲跨区重点工程示意图



清洁能源发电量
2050年占总量
91%



1 实现清洁永续可靠的能源电力供应

满足亚洲经济社会发展的能源电力需求，摆脱对化石能源的依赖，实现能源清洁永续供应。2050年亚洲清洁能源发电量比重达到91%，清洁能源占一次能源消费比重约84%。

对经济增长
年均贡献率约
2%



2 拉动地区投资，带动相关产业发展

有力带动新能源、电动汽车、储能、信息通信、电力装备等各产业的全方位发展，有效推动产业转型升级，加速新旧动能转换。亚洲能源互联网总投资23万亿美元，对亚洲经济增长的平均贡献率可达2%。

平均发电成本
2050年比目前降低
40%以上



3 降低发展成本

通过大规模开发利用清洁能源发电，扩大优质资源配置范围，可以有效降低能源供应成本。

(二) 综合效益——社会方面



Global Energy Interconnection
Development and Cooperation Organization
全球能源互联网发展合作组织

电力普及率
2050年可达
100%



1 提高电力普及性

可再生能源大规模开发和电网互联互通，有助于拓宽能源供给渠道，提高洲内电力普及率。到2050年亚洲电能占终端能源比重将达到67%，消除无电人口。

实现社会
全面发展



2 促进社会全面发展

带动基础设施建设和技术创新，解决能源供应问题，满足人民生产生活需要，实现脱贫致富和全面发展。

创造就业岗位
2050年累计超过
1.8 亿个



3 带动就业

构建亚洲能源互联网，将有效增加电力能源、基础设施建设、材料开发与制造等相关领域就业岗位。2050年亚洲能源互联网建设将拉动上下游产业累计新增就业约1.8亿个。



减少CO₂排放
较2010年下降
71%



1 减少CO₂排放，促进温控目标实现

有效减排二氧化碳，是应对气候变化关键。构建亚洲能源互联网，以集约化开发和大范围配置，大幅度提高清洁能源开发效率，加速对化石能源替代。2050年能源系统年二氧化碳排放降至31亿吨以下，较2010年下降71%以上。

降低污染物排放
2050年可达
SO₂ 3700 万吨/年
NO_x 4050 万吨/年



2 减少大气污染

推动工业、交通、生活部门使用的煤炭、石油和天然气被清洁电能替代，减少工业废气、交通尾气、生活和取暖废气等排放，深度挖掘和释放各行业减排潜力，实现终端用能联动升级、空气污染联动治理。

实现海水淡化
2050年可达
1000 亿立方米



3 促进固碳减碳，实现生态修复

减少化石能源开发、使用等过程带来的地下水污染、陆地和海洋生态破坏。在荒漠等人类未利用土地上开发清洁能源，利用清洁电力淡化海水，支持生态修复植树造林，增加林业碳汇，实现经济社会发展与环境保护有机结合。



能源与
经济合作



1 增强政治互信

通过构建亚洲能源互联网，建立能源、投资、人文、经贸、安全等多层面、多领域的交往与合作机制。通过实现各国清洁能源共享、电力互联互通和跨洲跨国交易，有力加强能源、经济合作，进一步深化亚洲各国间的政治往来和政治互信。

减少矛盾与冲突
促进和平与发展



2 促进和平发展

强化各国共同利益，改变长期以来以化石能源为中心形成的能源治理格局，减少国家间冲突和争端，形成合作开放、互联互通、互利共赢的能源治理新局面。

服务区域
一体化发展



3 推动区域合作，服务区域一体化发展

通过构建亚洲能源互联网，在各方之间建立牢固的伙伴关系，推动各国政府间相关政策协同。秉承共商、共建、共享、共赢的理念，加强各国电力互联互通，促进亚洲和平和谐，助力区域一体化发展。



**携手创新发展
共创美好未来**

谢谢!