



MCR 嘉世咨询

2025

中国水力发电行业现状报告

Report on the Current Situation of China's hydropower industry

报告说明

本报告的全部内容版权归上海嘉世营销咨询有限公司（简称：嘉世咨询）。未经授权，任何单位或个人不得以任何形式复制、传播或用于商业用途。

调研方法

桌面研究：搜集整理政府公开数据、行业协会、权威期刊、券商研报及企业公开披露的行业数据。

专家建议：听取行业资深人士意见和观点，提升分析深度与可靠性。

免责声明

本报告结论基于当前可获得信息，不构成投资或决策的唯一依据。研究团队对因使用本报告引发的直接或间接损失不承担责任。

目录

摘要.....	7
第一章：中国水力发电行业发展总览.....	9
1.1 水力发电的战略地位.....	9
1.1.1 中国能源安全体系的基石.....	9
1.1.2 实现“双碳”目标的核心非化石能源.....	9
1.1.3 流域综合治理与水资源调控的关键工具.....	10
1.2 中国水力发电发展阶段.....	11
1.2.1 奠基与初步探索时期.....	11
1.2.2 规模化建设与高速增长时期.....	11
1.2.3 存量优化与高质量发展时期.....	12
1.3 宏观发展环境分析.....	12
1.3.1 政治与政策环境.....	13
1.3.2 经济与市场环境.....	13
1.3.3 社会与民生环境.....	14
1.3.4 技术与创新环境.....	15
1.4 行业核心规模指标.....	15
1.4.1 全国水电总装机容量变化.....	15
1.4.2 全国水电总发电量变化.....	16
1.4.3 水电在全国总发电量中的占比趋势.....	17
1.4.4 分省份水电装机容量排名.....	17
1.4.5 水能资源蕴藏量与开发程度评估.....	18
第二章：水力发电产业链深度剖析.....	19
2.1 上游：规划设计与工程建设.....	19

2.1.1 流域水电开发规划与勘测设计	19
2.1.2 核心水电工程总承包商分析	19
2.1.3 重大工程建设管理与技术实力	20
2.1.4 建筑材料与施工设备供应	20
2.2 中游：核心装备制造	21
2.2.1 水轮发电机组制造技术与水平	21
2.2.2 核心设备制造商市场格局	23
2.2.3 输变电设备与控制系统集成	23
2.2.4 关键零部件国产化进程	24
2.3 下游：电站运营与电力消纳	24
2.3.1 主要水电运营企业分析	24
2.3.2 “西电东送”工程的角色与挑战	26
2.3.3 电力市场化改革对水电上网电价的影响	27
第三章：市场竞争格局与区域发展分析	28
3.1 市场主体与竞争格局	28
3.1.1 中央企业的主导地位	28
3.1.2 专业化水电投资运营公司	28
3.1.3 地方政府能源投资平台	29
3.1.4 新进入者与潜在竞争	30
3.2 区域发展布局	31
3.2.1 西南水电基地群	31
3.2.2 金沙江流域水电梯级开发	32
3.2.3 雅砻江流域水电梯级开发	32
3.2.4 大渡河流域水电梯级开发	33
3.2.5 华中与其他区域存量水电站运营	33

3.3 重大项目案例分析：雅鲁藏布江下游水电开发	34
3.3.1 项目的战略意义与国家规划	34
3.3.2 投资建设主体与合作模式	35
3.3.3 技术难度与工程挑战	35
3.3.4 预期的经济与社会影响	36
第四章：重点细分领域发展态势	37
4.1 常规水电	37
4.1.1 新建大型龙头水库电站规划	37
4.1.2 已建电站的增效扩容改造	37
4.1.3 中小型水电站的绿色现代化升级	38
4.1.4 生态流量保障与环境修复措施	39
4.2 抽水蓄能电站	39
4.2.1 在新型电力系统中的功能定位	39
4.2.2 国家中长期发展规划解读	40
4.2.3 在建与拟建项目布局	42
4.2.4 投资模式与电价机制探索	42
第五章：技术创新与国际化战略	44
5.1 前沿技术发展与应用	44
5.1.1 筑坝技术：高坝、超高坝的设计与施工能力	44
5.1.2 百万千瓦级混流式水轮发电机组设计制造	44
5.1.3 复杂地质条件下高边坡处理技术	45
5.1.4 基于工业互联网的智能水电站建设	46
5.1.5 大数据驱动的梯级水库群联合优化调度	46
5.2 国际化发展战略	47
5.2.1 中国水电企业海外市场投资与布局	47

5.2.2 中国水电标准与技术的国际化输出	49
5.2.3 海外市场面临的风险与挑战	49
第六章：行业面临的挑战与未来机遇	51
6.1 核心挑战分析	51
6.1.1 生态环境保护的压力与要求	51
6.1.2 移民安置的复杂性与社会影响	52
6.1.3 未开发水能资源的技术经济约束	52
6.1.4 季节性发电波动与电力系统消纳	53
6.2 未来发展机遇展望	54
6.2.1 “水风光储”一体化综合能源基地建设	55
6.2.2 抽水蓄能市场的加速扩张	55
6.2.3 存量水电资产的价值重估与金融创新	56
6.2.4 电力市场化改革深化带来的红利	57
6.2.5 数字化转型提升运营效率与效益	57
第七章：总结与战略建议	59
7.1 报告核心结论	59
7.2 对政府与监管机构的政策建议	59
7.3 对水电开发与运营企业的经营建议	61
7.4 对产业链与投资机构的发展建议	62

摘要

本报告对中国水力发电行业进行了一次系统性、多维度的深度研究与剖析。水力发电，作为中国能源体系中历久弥新、无可替代的战略基石，其价值在新的时代背景下正被重新定义。它不仅是保障国家经济社会发展所需电力的中流砥柱，更是在“碳达峰、碳中和”宏伟目标下，支撑能源结构向清洁低碳转型的核心力量，是构建新型电力系统不可或缺的关键一环。

研究发现，中国水电行业的发展模式已实现深刻的迭代升级。曾经那种以规模扩张为主要特征的高速建设时期已步入尾声，取而代之的是一个以生态文明为根本引领、以存量资产优化与前沿技术创新为双轮驱动的高质量发展新纪元。截至 2025 年初，中国水电总装机容量已稳超 4.2 亿千瓦，持续领跑全球。尤为引人注目的是，作为电网“柔性稳定器”的抽水蓄能，其装机规模已突破 5500 万千瓦，并正以惊人的速度增长，这预示着整个行业的功能定位正在发生根本性的转变。

从产业链角度看，中国已锻造出一条从上游规划设计、中游核心装备制造到下游智慧运营与跨区消纳的、具备强大国际竞争力的完整闭环。在 300 米级特高坝建造、单机百万千瓦级水轮发电机组研制等尖端技术领域，中国已从追赶者变为引领者。

然而，辉煌成就的背后，行业亦面临着深刻而复杂的挑战。生态环境保护与生物多样性维持，始终是悬于水电开发之上的“达摩克利斯之剑”，其约束日益刚性。移民安置的长期性与社会影响的复杂性，持续考验着行业的治理能力与社会责任。同时，优质水能资源的开发殆尽，使得剩余资源的开发面临着更高的技术门槛与经济性约束。

展望未来，我们认为机遇远大于挑战。行业最大的发展动能，源于其在未来能源体系中的功能重塑。一方面，以抽水蓄能为代表的调节性资源将迎来井喷式增长，以服务于风、光等间歇性能源的大规模并网。另一方面，“水风光储”多能互补一体化基地，将成为清洁能源集约化发展的未来范式，水电的系统调节价值将被空前放大。电力市场化改革的深化与全行业的数字化转型，将共同为中国庞大的存量水电资产注入新的价值增长动力。基于此，本报告最终为政府、企业及投资者提出了具有前瞻性与可操作性的战略建议。

第一章：中国水力发电行业发展总览

1.1 水力发电的战略地位

1.1.1 中国能源安全体系的基石

在中国庞大而复杂的能源战略棋局中，水力发电始终占据着一个无可替代的基石性位置。其首要的战略价值，便是为整个国家的能源安全提供了一块坚实的“压舱石”。

与高度依赖国际市场、易受地缘政治风波影响的石油和天然气不同，水力发电根植于中国本土丰富的水资源，其高度的自主性赋予了国家在能源供给侧强大的战略纵深和回旋余地。这意味着，在面对外部不确定性时，我们能将能源的饭碗更牢固地端在自己手里。

更重要的是，水力发电，特别是那些拥有巨大调节库容的大型梯级水电站，是保障现代电网安全稳定运行的“定海神针”。它们不仅能够提供规模化、持续性的可靠电力，满足工业生产和居民生活的基础负荷需求；其卓越的启停速度和调节性能，更是风能、太阳能等间歇性能源在现阶段无法比拟的。当电网面临突发故障或用电负荷陡增的紧急状况时，水电能够在毫秒至分钟级别内快速响应，提供关键的调峰、调频和事故备用服务，从而有效避免系统崩溃，确保大电网的安全。

1.1.2 实现“双碳”目标的核心非化石能源

在全球共同应对气候变化的大趋势下，中国郑重提出了“3060 双碳”目标，这为水力发电的清洁属性赋予了前所未有的时代价值。

作为当前技术最成熟、度电成本最低廉、全生命周期碳排放强度极低的非化石能源，水电是推动电力行业脱碳、实现能源结构优化的最现实、最有效的路径之一。水电的每一度绿色电力，都直接意味着对化石能源的等量替代，以及相应污染物和温室气体排放的减少。

在构建以新能源为主体的新型电力系统的宏伟蓝图中，水电的角色更加关键。未来的电网将接入更大规模、更高比例的风能和光伏发电，其固有的间歇性、波动性和随机性，对电网的平衡调节能力提出了极限挑战。此时，水电，特别是抽水蓄能，凭借其无与伦比的储能和调节能力，能够像一块巨大的“海绵”，在新能源大发时吸收存储，在新能源出力不足时稳定释放，从而有效平抑波动，是实现高比例新能源可靠并网消纳不可或缺的支撑技术。

1.1.3 流域综合治理与水资源调控的关键工具

水力发电工程的战略意义，远远超出了电力生产的范畴，它是国家实施流域综合治理、优化水资源时空配置的关键性基础设施平台。

大型水库的建设，首当其冲的效益便是防洪。通过在汛期利用巨大的库容拦截和错蓄洪水，可以极大地削减下游的洪峰流量，从根本上提升沿江城市和安全保障水平。长江三峡工程的建成，使得荆江河段的防洪标准从十年一遇提高到百年一遇，其在历次洪水过程中发挥的决定性作用，已反复证明了这一点。

而在枯水季节，水库则化身为“解渴”的源泉。通过科学调度向下游实施生态补水，能够有效缓解干旱、保障农业灌溉和城乡供水，并显著改善内河的航运条件。可以说，一座大型龙头水库，盘活的是一整条江的生态、航运与经济。这种以发电收益反哺防洪、供水、航运等社会公益性事业的模式，是实现水资源可持续开发与流域整体利益最大化的中国智慧。

1.2 中国水力发电发展阶段

1.2.1 奠基与初步探索时期

中国现代水电的历史虽可追溯至 20 世纪初，但其真正的奠基与系统性的发展，则始于新中国成立之后。这一时期的核心任务是解决有无问题，主要特征是借鉴外部技术，并逐步探索自主设计和建设中小型水电站。

从浙江新安江水电站的自主设计，到黄河刘家峡水电站的成功建设，中国在摸索中积累了勘测、设计、施工和运行的宝贵经验。尽管当时的技术水平尚在起步，建设规模也相对有限，但这一时期的艰苦奋斗，为日后水电事业的腾飞培养了第一代骨干人才，奠定了不可或缺的实践基础。

1.2.2 规模化建设与高速增长时期

进入 21 世纪，中国经济的持续高速增长对电力产生了近乎饥渴的需求，水力发电由此迎来了其历史上最为波澜壮阔的“黄金二十年”。

这一时期的开启，以举世瞩目的长江三峡水利枢纽工程全面建成为标志。以此为起点，中国拉开了对西南地区金沙江、雅砻江、大渡河、澜沧江等水能资源宝库进行大规模、全流域梯级开发的序幕。“西电东送”国家战略的全面实施，则为西部丰富的清洁水电资源找到了广阔的东部市场出口，解决了生产与消费的地域错配问题。

正是在这一时期，溪洛渡、向家坝、锦屏、糯扎渡等一批装机容量、大坝高度、技术难度均位居世界前列的巨型水电站拔地而起。中国水电的总装机容量实现了历史性的跨越式增长，一举超越所有传统水电强国，成为无可争议的世界第一。在这一过程中，中国也成功攻克了 300 米级特高坝建造、

单机百万千瓦级巨型水轮机组研制等一系列世界性技术难题，工程建设与装备制造能力跃居世界之巅。

1.2.3 存量优化与高质量发展时期

随着国内主要江河的梯级开发日趋完善，加之全社会对生态环境保护的日益重视，“十三五”以来，中国水电行业的发展模式开始发生深刻的、根本性的转变，正式迈入以“高质量发展”为核心主题的新阶段。

发展重心的转移是这一阶段最鲜明的特征。行业焦点从“跑马圈水”式的规模扩张，全面转向对庞大存量资产的“精耕细作”和挖潜增效。通过实施技术改造、增效扩容和数字化升级，提升存量资产的运营效率与经济效益，成为行业新的增长点。

与此同时，生态文明理念被置于前所未有的优先位置。“生态水电”、“绿色水电”从过去的倡导变为行业的普遍共识和刚性约束。生态流量的保障、鱼类等水生生物的保护、栖息地的修复等，成为新建和已建项目都必须面对的课题。

更具标志性意义的是，为服务于国家能源结构的整体转型，抽水蓄能电站的建设被提升至国家战略高度，迎来了新一轮的建设热潮。这清晰地表明，水电的核心功能正在从传统的电量供应者，向服务新型电力系统的多功能、高弹性调节器深刻转变。

1.3 宏观发展环境分析

1.3.1 政治与政策环境

中国水电行业的发展，始终与国家的顶层设计和产业政策同频共振，具有鲜明的政策驱动特征。

在宏观政治层面，能源独立与供应安全是国家长治久安的根本性议题之一。水电作为一种清洁、自主、可再生的本土战略性能源，其地位长期以来都受到国家层面的高度重视和肯定。

在具体的产业政策层面，以“十四五”可再生能源发展规划为代表的一系列纲领性文件，为水电行业在新时期的发展指明了清晰的方向。当前的政策导向呈现出高度的结构化特征：其一，严格控制东中部地区的中小型水电开发，并对存量小水电进行全面的环境整改与绿色升级。其二，集中力量、高标准地推进西南地区大型水电基地的集约化、绿色化开发。其三，将抽水蓄能作为构建新型电力系统的关键一环和电网的“稳定器”，给予了前所未有的规划倾斜和政策扶持。最后，通过日趋严格的法律法规和监管措施，将生态环境保护贯穿于水电项目规划、建设、运营的全过程。

这些政策共同塑造了行业当前“优化存量、严控增量、主攻蓄能、严抓生态”的总体发展格局。

1.3.2 经济与市场环境

宏观经济的稳健与否，是决定全社会用电需求的基本盘，也为水电这种投资规模巨大、建设周期漫长的基础设施项目，提供了最终的市场空间和资金保障。尽管近年来中国经济增速有所放缓，但从能源消费总量控制和能源结构优化的长远角度看，对水电等清洁电力的需求仍在持续、稳定地增长。

电力市场化改革，则是影响水电行业经济效益最为核心的变量。随着“管住中间、放开两头”的电力体制改革不断深化，水电正越来越多地从传统的政

府定价（标杆电价）模式，转向参与省间、省内的中长期、现货以及辅助服务等多元化的市场交易。

这为水电企业带来了前所未有的机遇，也带来了严峻的挑战。机遇在于，可以凭借其极低的边际发电成本和灵活的调节能力，在市场竞争中发现价格、创造价值，尤其是在用电高峰时段，有望获得远高于传统标杆电价的收益。挑战则在于，市场电价的波动性、不确定性，对企业传统的经营决策模式和风险控制能力提出了全新的、更高的要求。

1.3.3 社会与民生环境

水电项目对社会环境的影响，主要聚焦于移民安置与公众参与这两大核心议题，其复杂性和敏感性日益凸显。

大型水库建设所涉及的人口搬迁和土地征用，是一项牵一发而动全身的社会系统工程。随着中国社会的发展进步和民众权利意识的提升，移民安置的标准早已超越了简单的经济补偿。如何确保移民群体能够实现长期的可持续生计、如何帮助他们更好地融入新的社会环境、如何保护和传承其独特的地域文化，成为衡量一个水电项目社会效益成败的关键。这些都极大地增加了项目的社会成本和前期的协调难度。

与此同时，公众、媒体以及各类环保组织对水电工程的环境与社会影响给予了前所未有的关注。公众参与和舆论监督在项目决策与实施过程中的分量越来越重。一个现代水电项目要想成功，不仅需要在技术和经济上可行，更必须在社会和环境层面具备高度的透明度和广泛的社会接受度。

1.3.4 技术与创新环境

技术进步是驱动水电行业不断突破边界、实现可持续发展的内生核心动力。经过数十年的不懈追赶和努力，中国在水电工程技术领域已经实现了从“跟跑”、“并跑”到在部分关键领域实现“领跑”的历史性转变。

在工程建设端，我们已经完全掌握了在青藏高原边缘等极端复杂地质条件下，设计和建造 300 米级特高拱坝和心墙堆石坝的核心技术体系。在装备制造端，我们成功地实现了单机容量高达 100 万千瓦的巨型水轮发电机组的完全自主化研制与规模化应用，站上了世界水电装备制造的顶峰。

进入新时代，大数据、物联网、人工智能、数字孪生等前沿技术正与传统的水电站生产运营管理进行深度融合。“智能水电站”和“智慧调度”成为行业技术创新的新高地，其目标是通过精细化、智能化的数字化手段，实现水电站运营的更安全、更高效、更经济。

1.4 行业核心规模指标

1.4.1 全国水电总装机容量变化

中国的水电总装机容量长期保持稳定增长，并持续巩固其作为全球水电第一大国的领先地位。截至 2025 年初，全国水电总装机容量已历史性地超过了 4.2 亿千瓦。

此轮增长呈现出显著的结构特征。一方面，以白鹤滩为代表的西南大型常规水电站项目相继全面建成投产，构成了常规水电装机容量的收官增量。另一方面，抽水蓄能电站的建设则全面提速，成为拉动总装机容量增长的全新核心驱动力。

表格 1：中国水电总装机容量及构成变化 (2020-2025 年)

年份	总装机容量 (万千瓦)	常规水电装机 (万千瓦)	抽水蓄能装机 (万千瓦)	总容量同比增 长 (%)
2020	37,016	33,596	3,420	3.9%
2021	39,100	35,300	3,800	5.6%
2022	41,350	36,450	4,900	5.8%
2023	42,154	36,954	5,200	1.9%
2024	43,000	37,200	5,800	2.0%
2025 (E)	44,200	37,400	6,800	2.8%

注：(E) 表示基于在建项目投产计划的预估值。数据来源：国家能源局、行业协会公开数据整理。

1.4.2 全国水电总发电量变化

水电的年发电量直接与全国主要流域的天然来水情况（即年度降雨量）挂钩，因此，其数值呈现出一定的年度间波动性，这是水电的固有自然属性。

近年来，受益于总装机容量基数的稳步增加，全国水电年发电量的中枢水平已经稳定在 1.3 万亿千瓦时左右。在典型的丰水年份，例如长江流域来水充沛的年份，水电总发电量可攀升至 1.4 万亿千瓦时以上，其在全国总发电量中的占比可接近 18%。而在枯水年份，则可能回落至 1.2 万亿千瓦时左右，占比约 15%。这种波动性，也正是考验电力系统调节能力和市场消纳能力的关键所在。

1.4.3 水电在全国总发电量中的占比趋势

一个有趣的现象是，尽管水电发电量的绝对值保持在高位，但其在全国总发电量中的相对份额，近年来呈现出“稳中略降”的态势。

这并非意味着水电重要性的下降，其主要原因在于，以风力发电和太阳能光伏发电为代表的其他可再生能源，其装机和发电量的增速更为迅猛，从而在总的发电结构中分食了更大的蛋糕。在某种意义上，水电占比的相对稳定，反而更加凸显了其作为大规模、高稳定性的基础电源和关键调节电源的核心价值，是支撑更高比例新能源并网消纳的“定盘星”。

1.4.4 分省份水电装机容量排名

中国水电资源的地理分布呈现出极度的不均衡，具有鲜明的“西富东贫”格局。因此，水电装机容量的省份排名也高度集中于西部地区。

四川省，凭借其得天独厚的资源禀赋，对金沙江、雅砻江、大渡河这三座世界级的水能资源富矿进行了深度、系统的开发，其水电装机容量已率先突破 1 亿千瓦大关，装机规模和发电量均遥遥领先于国内其他省份，稳坐全国头把交椅。

云南省紧随其后，其在澜沧江和金沙江下游的梯级开发成果斐然，同样是国家“西电东送”战略的核心送出端。湖北省则因坐拥长江干流上的三峡和葛洲坝两大巨型水利枢纽，其装机容量亦位列全国第三。此三省，共同构成了中国水电版图的绝对核心。

1.4.5 水能资源蕴藏量与开发程度评估

根据最新的全国水能资源普查复查成果，中国大陆地区水能资源的技术可开发装机容量约为 5.4 亿千瓦，而考虑了环境、社会、经济等多种约束条件后的经济可开发装机容量约为 4 亿千瓦。

截至目前，全国已建成的常规水电装机容量已经接近 4 亿千瓦的规模。这意味着，从经济可行性的角度考量，适合进行大规模开发的常规水电站址资源已基本开发完毕。

未来的增量空间将极为有限，主要来自于少数剩余大型战略性项目的建设（如雅鲁藏布江下游）、部分中型水电站的开发、现有电站的增效扩容改造，以及被置于国家战略高度、正迎来建设高潮的抽水蓄能电站。可以说，中国水电行业发展的核心逻辑，已全面转向对存量资源的精耕细作和高效利用。

第二章：水力发电产业链深度剖析

2.1 上游：规划设计与工程建设

2.1.1 流域水电开发规划与勘测设计

水电产业链的起点，始于对一条河流、一个流域的整体规划与勘测设计。这是一个技术高度密集、知识极度密集的领域，其工作成果的科学性与否，从源头上决定了一个水电项目的成败优劣，也决定了其经济、社会与生态效益的平衡。

在中国，这一产业链的顶端环节呈现出高度集中的市场格局，主要由中国电力建设集团和中国能源建设集团旗下的数家王牌勘测设计研究院（如成都院、昆明院、西北院、中南院等）所主导。这些被誉为“水电摇篮”的机构，凭借其在水文、地质、工程、环境等领域数十年积累的深厚专业底蕴和顶尖人才储备，承担了中国所有大型江河流域水电开发的规划编制工作。它们运用最先进的遥感技术、地理信息系统（GIS）和复杂的数值模拟工具，为国家级的重大项目决策提供了核心的技术支撑。

2.1.2 核心水电工程总承包商分析

如果说规划设计是描绘蓝图，那么工程建设就是将宏伟蓝图转化为现实的关键环节。这是一个典型的资本密集型与劳动力密集型领域。

中国的水电工程建设市场，由两家中央企业巨头——中国电建（PowerChina）和中国能建（CEEC）——牢牢掌控。它们通过下辖的数十个

以“中国水利水电第 X 工程局”或“葛洲坝集团”命名的专业化施工企业，构成了水电建设领域的绝对主力，是名副其实的“国家队”。

这支队伍拥有世界一流的重型施工装备、经验最为丰富的项目管理团队和无与伦比的资源整合与调动能力，几乎包揽了国内所有大中型及以上水电工程的建设任务。其主流的商业模式是 EPC（设计-采购-施工）总承包，能够为项目业主提供从项目前期优化到最终竣工交付的一站式、一体化解决方案，展现了强大的系统集成能力。

2.1.3 重大工程建设管理与技术实力

在过去二十年波澜壮阔的建设历程中，中国水电建设行业锤炼出了全球领先的重大工程建设管理能力和无可比拟的技术实力。

面对西南地区高山深谷、地质条件极端复杂的严酷自然挑战，中国的工程技术人员展现出了非凡的智慧和勇气，成功攻克了一系列世界级的技术难题。例如，在 300 米级的特高拱坝和心墙堆石坝的建设中，已经形成了一套覆盖材料、设计、施工、监控全过程的完整自主技术体系。在高地应力、强地震区、巨型地下洞室群的开挖与支护技术，以及应对万年一遇洪水的巨量泄洪消能技术等方面，均走在了世界的最前列。

这种强大的工程能力，是中国水电得以持续向地球上地质条件最复杂、自然环境最富挑战性的地区进军的底气和根本保障。

2.1.4 建筑材料与施工设备供应

一座大型水电工程的建设，是名副其实的“材料消耗大户”，需要消耗巨量的特种水泥、高强度钢筋、粉煤灰等大宗建筑材料，并依赖于一系列大型、重型、特种的施工设备。

围绕这一巨大的需求，中国已经形成了一条成熟、稳定且高效的供应链体系。国内的大型水泥集团和钢铁企业，能够根据水电工程的特殊技术要求（如低热、抗裂、高强等），进行专用建材的定制化生产。在施工装备领域，以徐工集团、三一重工、中联重科为代表的国内工程机械巨头，已经能够提供绝大部分所需的起重、运输、挖掘和混凝土浇筑设备。这条高效协同的供应链，是保障一个个重大工程得以按期、保质、安全推进的坚实基础。

2.2 中游：核心装备制造

2.2.1 水轮发电机组制造技术与水平

水轮发电机组，是水电站将奔腾的水能精准地转化为清洁电能的“心脏”，其技术水平与制造质量，直接决定了一座电站的效率、稳定性、乃至整个生命周期的经济效益。

在这个产业链的中游核心环节，中国取得了堪称伟大的历史性成就，彻底实现了从“引进、消化、吸收”到“自主创新、全面引领”的伟大跨越。

哈尔滨电气集团（哈电）与东方电气集团（东电），作为中国水电装备制造并驾齐驱的“双子星”，如今已完全具备自主设计、制造、安装从数千瓦的微型机组到单机容量高达百万千瓦的巨型机组的全系列水轮发电机组的能力。

特别值得一提的是，在金沙江白鹤滩水电站上成功应用的、单机容量高达 100 万千瓦的混流式水轮机组，是世界水电装备发展史上的一座璀璨丰碑。其尺寸、容量、效率、稳定性等多项核心技术指标均刷新了世界纪录，标志着中国的水电装备制造业，已经昂首站上了世界之巅。

表格 2：中国国产大型水轮发电机组关键技术参数

机组类型	代表性应用电站	单机容量 (MW)	额定水头 (m)	转轮直径 (m)	最高效率 (%)	核心技术亮点
混流式	白鹤滩	1,000	219	8.62	> 96.5	全三维水力设计，长短叶片，低振动平稳运行，巨型转轮“零配重”安装
混流式	溪洛渡	770	197	9.70	> 96.1	高水头、大容量、高效率，优异的抗气蚀性能
轴流转桨式	三峡	700	80.6	10.43	> 94.5	超大尺寸转轮设计制造，多工况高效运行，桨叶调节灵活
冲击式	锦屏二级	600	540	~4.5	> 92.0	高水头、小流量、多喷嘴优化，高强度耐磨损材料应用
可逆式	丰宁 (抽蓄)	300	~430	~5.5	> 93.0 (综合)	宽水头高效运行，水泵/水轮机工况快速切换，高稳定性

注：本表数据为各类型机组的代表性参数，旨在展示技术水平。

2.2.2 核心设备制造商市场格局

中国水电核心装备制造市场，呈现出高度集中的“双寡头”格局。

哈尔滨电气与东方电气，凭借其强大的综合技术实力、深厚的历史积淀、以及与下游各大发电集团长期形成的稳固战略合作关系，合计占据了国内大中型水电机组市场超过九成的绝对份额。

这两家行业巨头在国内几乎所有的大型、特大型水电项目上都展开了激烈而充分的“同台竞技”。从某种意义上说，正是这种高水平的竞争，极大地促进了彼此的技术迭代与成本优化，共同将中国水电装备的技术水平推向了新的高度。

除两大巨头外，部分外资或合资企业（如 GE）在特定的技术领域或一些中小型项目上，也扮演着一定的补充角色。

2.2.3 输变电设备与控制系统集成

一座功能完备的现代化水电站，除了核心的水轮发电机组之外，还需要庞大而复杂的配套电气与控制系统。

在将发出的电力安全、高效地送出这一输变电环节，以中国西电集团、特变电工等为代表的设备制造商，能够提供从升压主变压器、高压组合电器（GIS）到支撑“西电东送”的特高压直流换流阀等全套顶尖设备解决方案，其技术水平已与世界巨头并驾齐驱。

而在确保电站安全、稳定、经济运行的“大脑”与“神经中枢”——自动化控制系统方面，以南瑞集团、许继集团为代表的国内供应商，其提供的励磁系统、调速器、计算机监控系统等，已经实现了全面的国产化和高度的智能化，完全可以满足现代化电站“无人值守、少人巡视”的先进运维需求。

2.2.4 关键零部件国产化进程

在实现主机装备自主化的波澜壮阔的进程中，关键核心零部件的国产化，同样是不可或缺的重要一环，它决定了整个产业链的安全与韧性。

例如，制造巨型水轮机转轮和主轴所需的、重达数百吨的高等级、超大型铸锻件，曾一度是制约行业发展的“卡脖子”环节。如今，以中国一重、中国二重为代表的重型装备企业已经能够稳定地生产出满足百万千瓦级机组极限工况要求的合格铸锻件。

同样，在高端绝缘材料、精密液压元件、核心控制芯片（DSP/FPGA）等领域，国产化替代的进程也在稳步、坚定地推进。实现全产业链的自主可控，是保障中国水电行业长期、健康、安全发展的根本基石。

2.3 下游：电站运营与电力消纳

2.3.1 主要水电运营企业分析

水电站建成之后，如何进行长期的、高效的运营、管理并最终实现其价值，是产业链下游终端环节的核心任务。

该环节的参与主体，同样以资金实力雄厚、管理经验丰富的大型国有发电集团为主。其中，中国长江电力股份有限公司（简称“长江电力”），无疑是全球水电行业的绝对领航者。作为中国三峡集团的上市旗舰，它统一运营管理着长江干流上的三峡、葛洲坝，以及金沙江下游的乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝这六座世界级巨型电站，形成了全球最大的清洁能源发电走廊，其规模和技术实力无出其右。

其他市场主角还包括：中国华能集团旗下的华能水电（深耕云南澜沧江流域）、国家电力投资集团旗下的国投电力（雅砻江流域的唯一开发者）、以及中国大唐集团、中国华电集团等。这些企业凭借其专业的运维能力、雄厚的资本实力和世界领先的梯级水库群联合调度技术，致力于将每一滴水资源的潜在价值都转化为清洁的电能。

表格 3：中国主要水电上市公司核心经营指标概览

公司名称	控股股东	核心流域资产	控股总装机 (万千瓦)	年均发电量 (亿千瓦时)	年营业收入 (亿元)	特点分析
长江电力	三峡集团	长江、金沙江	~7,180	~2,700-4,300	~780	全球最大水电上市公司，资产优质，现金流极其稳定，调节能力强
华能水电	华能集团	澜沧江、金沙江	~2,500	~900-1,100	~220	云南省最大发电企业，深度参与“西电东送”，电价市场化程度高
国投电力	国家电投	雅砻江	~2,100 (水火并济)	~900 (水电)	~500	“一个流域一个业主”典范，拥有锦屏、两河口等多年调节水库

国电电力	国家能源	大渡河等	~1,600 (水电)	~750 (水电)	~1,800 (综合)	水火风光多元化布局，大渡河资产为重要水电基地
桂冠电力	大唐集团	红水河	~1,200 (水火并济)	~500 (水电)	~250	深耕广西及红水河流域，兼具清洁能源与区域龙头属性

注：本表数据为近年公开财报概数，旨在对比规模与特点，非精确财务数据。

2.3.2 “西电东送”工程的角色与挑战

由于中国的水能资源集中在西部，而电力消费的负荷中心却在千里之外的东部沿海，这就催生了规模宏大、举世闻名的“西电东送”国家战略工程。

该工程的核心，是通过建设一系列横贯东西的±800千伏、±1100千伏特高压（UHV）直流输电大通道，以及1000千伏特高压交流输电网络，将四川、云南等西部省份的丰富水电，以极低的损耗、跨越数千公里的距离，源源不断地输送到广东、浙江、江苏等经济发达地区。

“西电东送”不仅从根本上解决了西部水电的消纳问题，避免了宝贵清洁能源的浪费，也为东部地区的经济发展和环境质量改善提供了强大的、可持续的清洁能源支持。

然而，这一宏伟工程也面临着持续的挑战，包括高昂的输电通道建设与维护成本、复杂的跨省区电价制定与利益协调机制、以及在面临冰冻、山火等极端自然灾害时，如何保障超长距离输电网络的安全可靠运行，始终是电网公司面临的重大课题。

2.3.3 电力市场化改革对水电上网电价的影响

在传统的计划经济体制下，水电的上网电价由政府相关部门直接核定，价格长期稳定，但也缺乏对市场供需变化的灵敏反应。

随着新一轮电力体制改革的深入推进，这一格局正在被彻底改变。水电正越来越多地参与到省间、省内的电力中长期合同交易、现货市场交易以及调频、备用等辅助服务市场中。

市场化带来了“价格发现”的重大机遇。运营灵活的水电企业，可以利用其精准的来水预测和快速的调节能力，在用电高峰或新能源出力低谷时段，通过市场竞价的方式，获得远高于传统标杆电价的售电收益。

但硬币的另一面是，市场电价的剧烈波动性也给企业的经营带来了前所未有的不确定性。特别是在丰水期，如果本地及外送消纳能力不足，就可能出现“水满为患”的局面，导致水电企业为了争夺发电空间而被迫报出极低的、甚至接近于零的价格。因此，如何构建强大的市场分析能力、制定科学的报价策略、有效管控市场风险，已经成为所有水电运营企业在新时期的核心竞争力之一。

第三章：市场竞争格局与区域发展分析

3.1 市场主体与竞争格局

3.1.1 中央企业的主导地位

中国水力发电行业的市场竞争格局，呈现出一种典型的、由国有资本特别是中央企业占据绝对主导地位的鲜明特征。

以“五大四小”为代表的中央发电企业（国家能源、华能、大唐、华电、国家电投；三峡、中核、中广核、华润电力），凭借其无与伦比的资本实力、强大的政策执行能力以及在全国范围内的战略性布局，掌控了中国绝大部分大中型水电资源的开发权与最终的运营权。

这些央企巨头不仅仅是单纯的电站投资方，更通过上下游一体化的经营模式，深度介入到电力输配、终端销售乃至综合能源服务等多个产业链环节，形成了强大的市场控制力和行业影响力。这种高度集中的格局，从国家层面确保了对关系国计民生的关键能源基础设施的有效管控，有利于高效地执行国家能源战略，在关键时刻保障国家能源供应的绝对安全。

3.1.2 专业化水电投资运营公司

在实力雄厚的中央企业阵营中，随着行业的发展和资本市场的深化，逐渐分化出了一批以水电为主营业务、实施高度专业化、集约化运营的旗舰型上市公司，它们构成了当前市场竞争的核心力量。

其中最杰出的代表，无疑是中国长江电力。作为三峡集团的资本运作核心平台，它通过对长江干流及金沙江下游的世界级巨型梯级电站群实施统一、高效的运营管理，已经成长为全球水电行业的绝对领导者和价值标杆。

与之类似，华能水电专注于云南澜沧江流域的深度开发，是中国第二大水电上市公司。国投电力则在雅砻江流域成功实践了“一个流域、一个业主”的科学开发模式，其流域梯级联合调度的效益最大化实践，成为行业典范。这些专业化公司通过对单一流域的“全流域、梯级、联合、滚动”开发，能够实现水资源的最高效利用，其精细化的运营管理水平和盈利能力，通常优于业务更加多元化的综合性发电集团。

3.1.3 地方政府能源投资平台

在央企主导的市场格局之外，各个拥有丰富水电资源的省份，也通过组建地方性的能源投资集团（例如四川省的川投集团、云南省的云能投集团等），积极地参与到本区域内的水电开发浪潮中，旨在将本地的资源优势，更直接地转化为地方的经济优势。

它们通常采取与中央企业合资、参股的形式，共同开发大型的水电项目，或者独立主导一些地方性的中型水电项目的开发。这些地方国企在协调地方政府关系、处理征地移民等复杂社会问题上，具备央企难以比拟的天然优势，是水电开发过程中不可或缺的“润滑剂”和重要的参与力量。由此，也形成了央企与地方企业之间既有紧密合作、又有利益博弈的复杂共生关系。

3.1.4 新进入者与潜在竞争

尽管常规水电开发的市场格局已经基本固化，但在部分新兴领域和一些特定的重大战略性项目中，我们依然可以看到新的竞争力量和竞争模式的出现。

一个极具标志性的事件，是为了统一开发雅鲁藏布江下游这一中国最后的世界级水电宝库，国家层面协调，由华能、三峡、国电投等几大水电巨头联合出资，在 2024 年组建了全新的“中国雅江集团有限公司”。这种“国家队联合体”的模式，预示着未来中国在开发此类投资空前、难度极高的世纪工程时，将采取国家统筹下的股份合作制，以整合最强的资源、分担巨大的风险。

此外，在发展势头迅猛的抽水蓄能领域，市场竞争格局则更加开放和多元。除了传统的发电企业，两大电网公司（国家电网、南方电网）正凭借其在电网侧的独特优势，以前所未有的力度投资建设抽水蓄能电站，成为越来越重要的市场参与者。该细分市场的竞争格局，正在加速地演变和重塑之中。

表格 4：中国十大水电站排名 (按总装机容量)

排名	水电站名称	所在河流	省份	总装机容量 (兆瓦 MW)	主要运营商/股东
1	三峡水电站	长江	湖北	22,500	中国长江电力
2	白鹤滩水电站	金沙江	四川/ 云南	16,000	中国长江电力

3	溪洛渡水电站	金沙江	四川/ 云南	13,860	中国长江电力
4	乌东德水电站	金沙江	四川/ 云南	10,200	中国长江电力
5	龙滩水电站	红水河	广西	6,426	桂冠电力(大唐集团)
6	向家坝水电站	金沙江	四川/ 云南	6,400	中国长江电力
7	糯扎渡水电站	澜沧江	云南	5,850	华能水电
8	小湾水电站	澜沧江	云南	4,200	华能水电
9	锦屏一级水电站	雅砻江	四川	3,600	国投电力(雅砻江公司)
10	两河口水电站	雅砻江	四川	3,000	国投电力(雅砻江公司)

注：本排名基于已投产机组容量，部分电站有后续扩建规划。

3.2 区域发展布局

3.2.1 西南水电基地群

中国水电的区域发展，呈现出一种高度集中的不均衡态势。其核心的开发区域和未来最具潜力的增长点，都毫无疑问地指向了由四川和云南两省构成的西南水电基地群。

该区域地处中国地形的第一、二级阶梯的剧烈过渡地带，高山耸立，大江奔流，切割出深邃的峡谷，形成了巨大的、集中的天然落差。其水能资源的理论蕴藏量，占据了全国总量的七成以上。因此，国家的能源开发战略也自然地聚焦于此，通过实施大规模、集约化的基地式开发，并通过特高压输电网络，构筑起联通东西的“西电东送”战略大动脉，将清洁能源源源不断地输往东部负荷中心。

3.2.2 金沙江流域水电梯级开发

金沙江，作为长江的上游河段，其水能资源的富集程度和巨大的开发价值，在全球范围内都无出其右，是名副其实的“世界级清洁能源宝库”。

仅在其下游河段，就密集布局了乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝这四座世界排名前十的巨型梯级电站。这四座电站的总装机容量高达 4646 万千瓦，年设计发电量约 1900 亿千瓦时，规模相当于两座三峡工程，共同构成了由三峡集团主导运营的、举世无双的“金沙江下游清洁能源走廊”。

而金沙江的中游和上游河段，则主要由华能集团、华电集团等其他电力央企进行梯级开发。整个流域的科学、有序开发，实现了水资源的充分、高效利用和发电效益的最大化。

3.2.3 雅砻江流域水电梯级开发

雅砻江是金沙江的最大支流，同样是一座蕴藏量惊人的清洁能源宝库，全流域规划开发 22 座梯级电站，总装机容量约 3000 万千瓦。

雅砻江开发模式的独特之处在于，由国家电力投资集团控股的雅砻江流域水电开发有限公司，作为单一的业主，对整个流域的开发进行统一的规划、投资、建设和运营。这种“一个流域、一个业主”的模式，被证明是科

学、高效的，它极大地减少了不同主体之间的协调成本，有利于从全流域的视角实现水资源的整体优化调度，从而获取最大的综合效益。

以其上游的龙头水库两河口，和中游的锦屏一级、二级水电站群为核心，雅砻江流域拥有中国最为强大的多年调节能力，是保障“川电外送”在枯水季节依然能够稳定输出的中坚力量。

3.2.4 大渡河流域水电梯级开发

大渡河，同样是位于四川省内的另一大国家级水电基地，整个流域规划的总装机容量超过 2300 万千瓦。

与雅砻江的单一业主模式不同，大渡河的开发格局则呈现出更多元的局面，主要由国家能源集团旗下的国电大渡河流域水电开发有限公司，和中国华电集团等共同主导开发。其下游的瀑布沟、深溪沟等大型梯级电站群，同样是“西电东送”国家战略和保障四川省内电力供需平衡的重要组成部分。

3.2.5 华中与其他区域存量水电站运营

相较于西南地区持续至今的大规模开发热潮，中国的华中、中南、华东和西北等其他区域，其具备经济开发价值的常规水电资源，在此前几十年已经基本开发完毕。

因此，这些区域当前以及未来的发展重心，已经全面转向对规模庞大的存量水电资产进行精细化的运营管理和现代化的技术改造。主要的工作包括对上世纪建成的老旧电站实施增效扩容改造，更新其自动化与信息化系统，提升其调度管理水平，以“向存量要效益”。

与此同时，这些靠近东中部负荷中心的区域，正成为中国发展抽水蓄能电站的绝对主战场，以满足区域电网日益增长的调峰、调频和储能需求，为更高比例的新能源接入提供保障。

3.3 重大项目案例分析：雅鲁藏布江下游水电开发

3.3.1 项目的战略意义与国家规划

雅鲁藏布江下游水电开发项目，被业界誉为中国水电开发的“终极梦想”与“最后一块战略高地”。它蕴藏着中国水能资源中，无论从规模还是从战略意义上衡量，都最为宏大的开发潜力。

该项目计划利用雅鲁藏布江在著名的“大拐弯”处形成的、落差高达近 2000 米的世界级天然高水头，规划的总装机容量预计将超过 6000 万千瓦，年发电量可达近 3000 亿千瓦时，其规模相当于三座三峡工程的总和。

该项目的战略意义是多维度、深层次的。首先，它将为我国实现“双碳”目标提供一个超大规模的、无与伦比的清洁电力支撑。其次，作为一项世纪工程，它的建设将从根本上带动西藏地区的经济社会实现跨越式的、历史性的发展。再者，从国家水资源安全和地缘战略层面来看，对这条重要的国际性河流下游进行有效的、科学的开发和管理，具有不言而喻的重大主动性。正因如此，该项目已被作为战略性工程，明确地写入了国家的“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要。

3.3.2 投资建设主体与合作模式

考虑到该项目空前巨大的投资规模、极高的技术实现壁垒、以及异常复杂的内外协调关系，国家层面为此创新性地设计了“强强联合、央企抱团”的组织模式。

2024年，由中国华能集团牵头，联合了中国三峡集团和国家电力投资集团这两大在水电领域技术实力最强、经验最为丰富的巨头，共同注册成立了全新的“中国雅江集团有限公司”。该公司将作为统一负责雅鲁藏布江下游水电资源开发的主体平台公司。

这种集合国内最顶尖的技术、资金、管理和运营优势于一体的“国家队联合体”模式，旨在形成最强大的合力，共同承担起这一历史性工程的开发建设重任。这也为未来中国在开发类似的、超出单一企业承受能力的超级工程时，树立了一个全新的合作范式。

3.3.3 技术难度与工程挑战

雅鲁藏布江下游水电开发所面临的技术挑战，堪称是世界级的，甚至在很多方面是人类水电工程史上前所未有的。

项目所在地位于青藏高原的东南缘，是全球地质构造活动最为强烈的区域之一。高地应力、高地震烈度、大型深部活动断裂带等地质问题，给大坝的选址和巨型地下洞室群的施工带来了极高的不确定性和安全风险。

其次，该区域是全球34个生物多样性热点地区之一，生态系统独特而极其脆弱。如何在工程建设的巨大扰动下，最大限度地保护好当地珍稀的动植物和原始的生态环境，是对工程技术和智慧管理的终极考验。

此外，当地交通极为不便、高寒缺氧、气候瞬息万变等恶劣的自然环境，也对工程的施工组织、物资运输和后勤保障提出了人类从未有过的极限要求。

3.3.4 预期的经济与社会影响

毫无疑问，该项目一旦建成，其产生的经济与社会效益将是极其深远的。

巨量的清洁电力，将通过为此新建的特高压输电网络，源源不断地送往中国中东部的负荷中心，有力地支撑国家的能源结构转型和经济社会发展。

对于西藏自治区而言，项目的建设和未来数十年的长期运营，将史无前例地创造海量的就业机会，催生一个规模庞大的现代产业集群，从根本上提升地方的财政实力和人民的生活水平，推动西藏社会实现现代化的历史性跨越。

然而，如何科学、公正、人性化地处理好可能涉及的移民安置问题、如何保护好当地独特的民族文化遗产、以及如何建立起一套长效的利益共享机制，确保当地的社区和民众能够真正地、持续地从资源开发中受益，将是项目未来需要面对的、同样艰巨的重大社会课题。

第四章：重点细分领域发展态势

4.1 常规水电

4.1.1 新建大型龙头水库电站规划

尽管中国的常规水电总体开发已近尾声，但这并不意味着所有建设都已停止。在部分水能资源依然富集的河流上游，国家依然规划了少数具有重大流域调节功能的龙头水库电站。

这些新建项目的核心战略目标，已经不再是单纯地为了增加装机容量，而是为了通过构筑巨大的水库库容，获得强大的径流调节能力，特别是年调节乃至多年调节能力。其价值在于，能够系统性地优化整个流域下游已经建成的梯级电站群的发电效益。

例如，雅砻江上的两河口水电站、大渡河上的双江口水电站，它们的建成投产，能够将各自流域下游梯级电站的枯水期保证出力和年发电量整体提升 15% 以上。这种“建好一座龙头、盘活一条江”的模式，是未来水电高质量发展的核心体现。规划中的雅鲁藏布江下游项目，同样是以获取巨大调节能力作为其首要目标之一。

4.1.2 已建电站的增效扩容改造

中国目前拥有规模极为庞大的存量水电站资产，其中有相当一部分是上世纪七八十年代设计和建成的中小型电站，甚至一些大型电站的服役年龄也已超过三十年。这些老旧电站普遍存在着设备老化、效率衰减、技术标准偏低等一系列问题。

因此，对这些存量资产进行现代化的技术改造，已经成为水电行业“向存量要效益”的一个重要途径和新的增长点。

增效扩容改造的技术路径是多方面的，主要包括：利用现代计算流体力学（CFD）技术，为老旧机组重新设计和制造高效率的水轮机转轮；将陈旧的控制系統更新换代为更智能、更可靠的数字化、自动化控制系统；对电站的引水和泄水建筑物进行结构优化，以减少不必要的水头损失等。通过这一系列的综合技术改造，通常可以在不改变大坝主体结构的前提下，将电站的综合出力和发电效率提升 5%至 20%，这不仅显著提升了资产的盈利能力，也有效延长了电站的经济和安全服役年限。

4.1.3 中小型水电站的绿色现代化升级

历史上，部分中小型水电站的开发，确实存在规划不善、标准偏低、“重开发、轻保护”等问题，对所在河流的局部生态造成了一定的负面影响。

近年来，国家以前所未有的决心和力度，在全国范围内推动了一场深刻的中小型水电站分类整改和绿色现代化升级行动。

其核心举措包括：强制要求所有保留的电站必须安装生态流量下泄设施，并接受监管部门的在线实时监控，以确保下游河道在任何时候都“不断流”，维持河流最基本的健康生命体征。此外，还因地制宜地要求电站建设鱼类增殖放流站或过鱼通道，以修复和补偿大坝对水生生态系统的阻隔影响。同时，对电站周边的水土流失进行全面治理，恢复植被。

对于那些环境影响巨大、不具备改造价值的“小、散、乱”电站，则被坚决予以清退和拆除。这一轮深刻的绿色革命，旨在系统性地纠正历史欠账，推动存量的小水电站实现与生态环境的和谐共生。

4.1.4 生态流量保障与环境修复措施

确保下游河道的生态流量，已经从过去的行业倡导和软性要求，转变为所有水电站运行都必须遵守的法律红线和刚性约束。

水利和生态环境部门通过建立覆盖全国的在线监测网络，对各个水电站的下泄流量进行 7x24 小时的实时监控与严格考核。这从根本上改变了传统水电站的调度运行逻辑。电站的运营商，必须在追求发电效益最大化的同时，将保障生态用水的需求置于一个更高的、不可动摇的优先地位。

此外，更高标准的环境修复措施也日益成为水电工程的“标配”。例如，在项目建设前，对淹没区内的珍稀动植物进行详细调查并实施抢救性的迁地保护；在项目运营期，对水库消落带进行生态治理，以减轻水位周期性变化带来的影响；开展长期的、覆盖全流域的生物多样性监测与评估，并根据结果动态调整保护措施。这些措施无疑都增加了电站的建设和运营成本，但它们是行业获得社会可持续发展许可的必要投入。

4.2 抽水蓄能电站

4.2.1 在新型电力系统中的功能定位

抽水蓄能，是当前所有储能技术中，技术最为成熟、经济性最优、且唯一具备进行超大规模开发的条件的电力储能方式。

在以新能源为主体的新型电力系统中，抽水蓄能电站的功能定位，已经发生了一次根本性的、革命性的跃迁。它不再仅仅是过去电网辅助性的“调峰填谷”工具，而是升级为保障整个电网安全稳定运行的“定海神针”，和促进大规模新能源消纳的“巨型充电宝”。

其核心价值具体体现在多个层面。首先，在夜间或风、光发电大发而用电负荷较低的时段，它能够利用电网的富余电力抽水，将廉价的电能高效地转化为水的势能储存起来，从而有效地避免“弃风弃光”，极大地提升了新能源的利用率。其次，在白天的用电高峰时段，或者遭遇无风、无光的极端天气时，它又能迅速地放水发电，提供快速、可靠的顶峰电力，弥补电力缺口。

最为关键的是，它能够为电网提供毫秒级的快速频率和电压响应，是维持电网“生命体征”稳定的关键。此外，黑启动、调相、旋转备用等多种关键的电网辅助服务，抽水蓄能都是最理想的提供者。

4.2.2 国家中长期发展规划解读

中国政府已经深刻认识到抽水蓄能在未来能源体系中的极端重要性，并将其发展提升至国家能源安全的战略高度。

根据国家能源局正式发布的《抽水蓄能中长期发展规划（2021-2035年）》，这份纲领性的文件明确地提出：到2025年，全国抽水蓄能投产总规模要达到6200万千瓦以上；而到2030年，投产总规模更是要达到惊人的1.2亿千瓦左右。

这一宏伟的规划蓝图，意味着在“十四五”和“十五五”期间，中国将迎来抽水蓄能发展史上前所未有的、最为迅猛的建设高潮。这不仅仅意味着一个巨大的投资市场，更标志着中国电网的调节能力将发生质的飞跃。该规划还系统性地在全国范围内筛选并布局了数以百计的、具备开发条件的站点，为行业的健康、有序发展提供了清晰的路线图和项目库。

表格 5：中国抽水蓄能发展规划及区域布局

区域	2025年规划容量 (万千瓦)	2030年展望容量 (万千瓦)	重点布局省份	区域发展特点
华北	~800	~1,500	河北、山西、内蒙古	靠近京津冀负荷中心，服务大规模风光基地并网
东北	~500	~1,000	辽宁、黑龙江	消纳东北地区丰富的风电资源，保障电网稳定
华东	~2,000	~4,000	浙江、安徽、福建、江西	经济发达，负荷中心，核电与新能源协同发展需求强劲
华中	~1,200	~2,500	湖南、河南、湖北	承东启西，贯通南北的电网枢纽，灵活性需求巨大
西北	~400	~1,000	新疆、甘肃、青海	配套大型“风光”基地开发，解决外送通道的稳定性问题
西南	~300	~800	四川、云南	利用现有常规水库进行改造扩建，实现水水联合调节
南方	~1,000	~1,200	广东、广西	服务粤港澳大湾区，消纳海上风电及核电
合计	~6,200+	~12,000	全国	构建支撑新型电力系统的调节体系

注：本表数据基于国家能源局规划文件整理，具体数值将动态调整。

4.2.3 在建与拟建项目布局

在国家宏伟规划的强力驱动下，全国范围内的抽水蓄能项目建设呈现出如火如荼的态势。

从目前已经开工和正在进行前期工作的项目布局来看，呈现出两大清晰的趋势。一是在东部、中部等传统的电力负荷中心区域，利用当地的丘陵山地地形，加快建设一批“常规式”的纯抽水蓄能电站，其主要功能是直接服务于本地电网的调峰和安全稳定。二是在西部、北部等新能源资源极端富集的地区（如内蒙古、新疆、甘肃等地），规划建设一批与大型“风光”可再生能源基地相配套的抽水蓄能项目，它们将作为“水风光储”一体化项目的重要组成部分，解决大规模清洁能源的打捆外送和跨区消纳问题。

此外，依托现有的、已经建成的大型常规水电站的上下游水库，通过增建地下厂房和可逆式机组，来改造或扩建“混合式”抽水蓄能电站，也成为一种投资省、建设周期短、见效快的建设模式，在西南地区拥有巨大的潜力。

4.2.4 投资模式与电价机制探索

抽水蓄能电站具有投资巨大、建设周期漫长、且具有显著公共产品属性和自然垄断性的特点。因此，其商业模式和电价机制的设计，对于行业的健康、可持续发展而言，至关重要。

目前，抽水蓄能项目的投资主体，已经日趋多元化。除了传统的五大发电集团等发电企业，两大电网公司（国家电网、南方电网）也正以前所未有的力度，深度地参与到抽水蓄能电站的投资和建设中来。电网公司的加入，更有利于从电网整体运行最优的角度来规划和运营这些关键的调节资源。

在最为核心的电价机制方面，国家发改委已经正式确立了市场化的“两部制电价”模式，为行业的长远发展奠定了坚实的商业基础。其中，“容量电价”

部分，旨在回收项目的固定资产投资，保障其能够获得一个长期、稳定、合理的投资回报，这部分成本由全体电力用户共同分摊，体现了其作为公共产品的属性。而“电量电价”部分，则通过抽水蓄能电站参与电力现货市场、辅助服务市场等竞争性方式来形成，以反映其在不同时间、不同场景下的实际发电和抽水价值。这一清晰、稳定的定价机制，极大地疏通了项目的投资回报路径，为吸引各类社会资本积极参与抽水蓄能的开发建设，铺平了道路。

第五章：技术创新与国际化战略

5.1 前沿技术与应用

5.1.1 筑坝技术：高坝、超高坝的设计与施工能力

在水工筑坝这一核心技术领域，尤其是在应对极端复杂地质条件的超高坝建设方面，中国已经实现了从追赶者到全球引领者的历史性跨越，并积累了世界上最为丰富的工程实践经验和技術储备。

以雅砻江上的锦屏一级水电站（305米高的混凝土双曲拱坝，世界最高）和两河口水电站（295米高的心墙堆石坝，世界同类型最高）等一系列杰出工程为代表，中国已经全面、系统地掌握了300米级大坝的设计理论、新型材料研发、先进施工工艺和全生命周期安全监测的核心技术。

更进一步，在智能建造方面，通过深度应用建筑信息模型（BIM）技术进行三维可视化设计和施工模拟、采用基于北斗导航的无人驾驶智能碾压设备集群、以及建立贯穿施工全程的大坝温控仿真与反馈系统等前沿数字化技术，中国水电建设行业已经能够实现大坝建设全过程的精细化、标准化和智能化管控，这不仅大幅提升了工程的质量和安全性，也显著提高了建设效率。

5.1.2 百万千瓦级混流式水轮发电机组设计制造

金沙江白鹤滩水电站全部16台单机容量高达100万千瓦的巨型水轮发电机组的成功投产发电，是中国高端装备制造业发展史上的一座光辉夺目的里程碑。

它以无可辩驳的事实雄辩地证明，中国在特大型水力发电机组的自主研发、设计、制造和安装调试方面，已经完全具备了世界顶尖的水平。

单机容量 100 万千瓦，意味着其转轮直径近 9 米，总重量超过 300 吨，而运行转速高达每分钟 111 转。其研发过程，成功攻克了在超大容量和高水头下的水力设计、结构强度、材料科学、振动控制、以及加工制造工艺等一系列极限技术挑战，最终实现了在超大负荷下的高效率、高稳定性，以及巨型转轮吊装“零配重”的世界级精密安装。这项技术的全面掌握，不仅为国内后续的重大工程建设提供了坚实的技术保障，更成为中国水电装备走向国际市场的最亮丽的“金字招牌”。

5.1.3 复杂地质条件下高边坡处理技术

中国西南地区的水电工程，普遍位于地势陡峭、山高谷深的高山峡谷之中。工程的开挖，不可避免地会形成数百米甚至上千米级的高陡边坡，其长期的、可靠的稳定，是确保整个工程安全的生命线。

针对高地应力、岩体卸荷松弛、大型深部断裂带等一系列极端复杂的边坡地质难题，中国的工程技术人员经过数十年的艰苦攻关和实践总结，发展出了一整套成熟、可靠的高边坡稳定性分析与综合加固技术体系。

通过综合运用三维地质精细建模、微震实时监测网络、大型非线性数值模拟分析等先进的科学手段，可以相对精确地预测边坡在开挖和长期运行过程中的变形趋势和潜在失稳风险。并在此基础上，灵活地、有针对性地运用高强度预应力锚索、排水廊道、抗剪洞、混凝土格构等多种工程措施，进行立体式的综合加固处理，成功地解决了多个世界级高边坡的稳定难题。

5.1.4 基于工业互联网的智能水电站建设

将大数据、云计算、物联网、人工智能、数字孪生等新一代信息技术，与传统的水电站生产运营管理流程进行深度融合，是全行业进行转型升级、提质增效的核心方向。

近年来，中国各大水电企业均在不遗余力地全力推进“智能水电站”的建设。其核心内涵是，通过在电站的各类关键设备上部署数以万计的、各种类型的传感器，实现对机组运行状态和环境参数的“全息感知”；利用后台强大的大数据分析平台和预先训练好的故障预测模型，对采集到的海量数据进行实时分析，从而实现对潜在设备缺陷的“提前预警”和预测性维护；通过引入具备自主导航和多传感器融合功能的智能巡检机器人和无人机，来替代人工在高风险或人力难以企及的区域进行日常的巡视检查。

智能水电站的最终目标，是实现水电站的“无人值守、少人巡视”，从而达到更安全、更经济、更高效的现代化运营水平。

5.1.5 大数据驱动的梯级水库群联合优化调度

对于在同一条大江大河上建有多个、甚至数十个梯级电站的流域而言，如何对这个庞大的水库群进行联合优化调度，以实现全流域水资源利用效率和总发电效益的最大化，是一个极其复杂的、多维度、多目标的系统工程难题。

基于大数据和人工智能技术的“智慧调度”系统，正是在这种需求下应运而生。

该系统能够整合长、中、短期的气象水文预报数据、各个电站的实时运行工况数据、以及下游的用水需求和电力市场的实时交易价格数据。通过建立精密的流域水文演算模型和复杂的最优化算法，系统能够以小时甚至更短

的时间尺度为单位，动态地计算并下达未来一段时间内每个水库的最优蓄水和泄水计划。

目前，长江电力对其管理的长江、金沙江梯级水库群，以及雅砻江水电对其管理的雅砻江流域水库群，都已成功应用了此类智慧调度系统，并取得了显著的成效，据测算可将流域的水能利用效率在原有基础上再提升 1-2 个百分点，对于一个大型流域而言，这意味着每年数十亿元的经济效益增量。

5.2 国际化发展战略

5.2.1 中国水电企业海外市场投资与布局

随着国内适合大规模开发的水电站址资源日渐稀少，市场渐趋饱和，中国那些在激烈市场竞争中成长起来的、实力雄厚的水电企业，早已将目光投向了更为广阔的海外市场，并开启了深度的、系统性的全球化布局。

中国水电企业的国际化战略，已经成功地实现了从早期的、单纯作为施工方的工程承包（EPC）模式，向更深层次的、涵盖项目全生命周期的投资、建设、运营一体化模式（如 BOT、BOO 等）的转型升级。

其业务布局的重点，主要聚焦于那些水能资源丰富但自身开发能力和资金不足的广大发展中国家，特别是在非洲、南美洲和东南亚的“一带一路”沿线国家。中国三峡集团、中国电建、中国能建等行业巨头，目前已在全球数十个国家投资或承建了上百个大中型水电项目，在为自身发展开辟新空间的同时，也为东道国的经济社会发展和民生改善，做出了重要的贡献。

表格 6：中国企业承建/投资的海外代表性水电项目

项目名称	所在国家	总装机容量 (MW)	主要中方企业	参与模式	项目状态
默拉维大坝	苏丹	1,250	中国电建 / 三峡集团	EPC 总承包	已投产
科卡科多-辛克雷	厄瓜多尔	1,500	中国电建	EPC + 融资	已投产
夏洛特水电站	巴基斯坦	720	三峡集团	投资-建设-运营 (BOT)	已投产
吉布3水电站	埃塞俄比亚	1,870	中国电建	EPC 总承包	已投产
杰瑞水电站	巴西	3,750	三峡集团	股权投资 / 运营	已投产
卡库洛-卡巴萨	安哥拉	2,172	中国能建	EPC 总承包	在建
巴塘水电站	印度尼西亚	510	中国电建	EPC + 融资	在建
下西塞项目	几内亚	450	三峡集团	投资-建设-运营 (BOT)	在建

注：本表仅列举部分代表性项目，以展示中国水电企业的全球足迹。

5.2.2 中国水电标准与技术的国际化输出

伴随着一个个水电项目的成功“走出去”，中国的水电技术标准（如国标 GB、行标 DL 等）和先进的工程管理模式，也开始大规模地走向世界，并赢得了越来越广泛的国际认可和采纳。

在众多由中国企业主导的海外项目中，从前期的勘测设计、中期的施工建设，到后期的设备采购、运行维护，都越来越多地开始部分甚至全部采用中国的技术标准。这种“标准输出”，其意义是深远的。它不仅能够有效地降低项目的设计和沟通成本、提升工程的执行效率，更重要的是，它极大地提升了中国在全球水电行业技术领域的话语权和影响力。

此外，中国企业在海外项目管理中所展现出的高效、严谨和强大的执行力，也使其先进的项目管理体系和方法，成为许多发展中国家学习和借鉴的蓝本。

5.2.3 海外市场面临的风险与挑战

尽管成就斐然，硕果累累，但必须清醒地认识到，中国水电企业的国际化之路并非一片坦途，而是充满了各种复杂、多变的风险与严峻挑战。

首当其冲的，是政治与安全风险。部分项目所在国政局长期动荡、恐怖主义威胁、社区武装冲突等，都可能对项目的正常建设运营和中方人员的生命财产安全构成直接威胁。

其次，是经济与金融风险。这包括东道国政府的财政困难可能导致的支付违约风险、所在国货币剧烈贬值带来的汇率风险、以及全球性通货膨胀导致的成本失控风险等。

第三，是日益突出的社会与环境风险。海外项目同样要面对复杂的移民、环保、劳工关系等问题，且由于文化背景、法律体系和宗教信仰的巨大

差异，处理起来往往更为棘手，稍有不慎就可能引发严重的社区冲突或国际舆论危机。

最后，日益复杂的大国博弈和地缘政治冲突，也给中国企业的海外经营带来了更多的不确定性。因此，建立一套健全、高效、专业的海外风险评估与动态管控体系，是中国水电企业在国际化道路上行稳致远的关键所在。

第六章：行业面临的挑战与未来机遇

6.1 核心挑战分析

6.1.1 生态环境保护的压力与要求

生态环境保护，是水力发电行业与生俱来、且在可预见的未来将日益严峻的根本性挑战。建设大坝，不可避免地会对一条河流的自然水文情势和水生、陆生生态系统，造成长期的、甚至是永久性的改变。

其主要影响体现在多个方面。其一，大坝的物理阻隔，会切断鱼类等水生生物的回游通道，对其正常的繁衍生息造成严重影响，甚至可能导致一些珍稀、特有物种的种群数量急剧下降。其二，水库的蓄水，会改变河流原有的水流速度、水深和水温等水文特征，从而对依赖于特定水文条件的下游水生生物栖息地造成影响。其三，水库的淹没，会直接导致大面积的陆生植被和生物多样性的损失。其四，大坝对江河泥沙的拦截，则可能引起下游河床的冲刷和河口三角洲的演变，产生一系列长期的、链式的影响。

随着中国将生态文明建设提升到前所未有的战略高度，以及最严格的环保法规和督察制度的实施，水电项目的环境影响评价越来越严苛，用于生态保护和环境修复的投资在项目总成本中的占比也持续攀升，这直接对项目的经济可行性构成了现实的挑战。

6.1.2 移民安置的复杂性与社会影响

大型水电工程所带来的另一个巨大而复杂的挑战，便是移民安置。一座大型水库的形成，往往需要搬迁成千上万、甚至数十万的当地居民，这是一项极其复杂、敏感且成本高昂的社会系统工程。

其挑战的艰巨性，已远不止于在项目建设期提供一次性的、充足的经济补偿。更在于，如何确保数量庞大的移民群体，能够在搬迁之后，真正地实现“搬得出、稳得住、能发展、可致富”的长期、可持续生计。

这涉及到土地的重新公平分配、非农就业技能的系统性培训、社会保障体系的有效衔接、新社区的社会资本重建、以及对当地独特的民族和地域文化的保护与适应等一系列深层次的、盘根错节的问题。这些问题中的任何一个处理不当，都极易引发尖锐的社会矛盾，甚至影响到项目的顺利实施和所在区域的长期社会稳定。随着开发的不断深入，优质的安置地资源越来越稀缺，移民安置的难度和成本也在持续攀升。

6.1.3 未开发水能资源的技术经济约束

经过中国水电人数十年高强度的开发建设，国内那些地质条件好、淹没损失小、靠近负荷中心、综合开发成本低、经济性优越的水能资源，可以说已经基本开发完毕。

剩余的、尚未开发的绝大部分水能资源，都集中分布在青藏高原的边缘地带，例如西藏的雅鲁藏布江、怒江，以及四川西部的部分河流。这些地区普遍具有“三高—远”的典型特点：海拔高、地质条件极端复杂、生态环境极其脆弱、远离东中部的负荷中心。

对这些剩余资源的开发，面临着巨大的技术和经济双重约束。极高的工程技术难度和难以预知的地质风险，导致了单位千瓦的投资成本急剧上升。

超长距离的特高压外送通道，同样需要耗费惊人的建设成本。与此同时，当地脆弱的生态和复杂的社会问题，也进一步推高了项目的非技术成本。所有这些因素共同作用，构成了水电继续进行规模化扩张的、难以逾越的“经济天花板”。

6.1.4 季节性发电波动与电力系统消纳

水电出力直接取决于流域内天然来水量的多寡，因此，其发电量天然地具有“丰多枯少”的显著季节性波动特征。

在丰水期，通常是每年的夏季，江河来水充沛，水电站往往能够满负荷甚至超负荷发电。此时，如果遭遇用电负荷的低谷期，就可能导致区域性的电力供大于求，产生“弃水”现象，造成宝贵的清洁能源的浪费。

而在枯水期，通常是冬季和春季，江河来水锐减，水电的出力也会随之大幅下降，甚至不足额定容量的三分之一。此时，又可能加剧区域性的电力供应紧张局面，需要依赖火电等其他可控的电源来顶峰保供。

这种固有的、与生俱来的出力不稳定性，对电力系统的实时平衡和调度运行，提出了极高的要求。尤其是在未来新能源占比越来越高的电力系统中，如何协调水电的季节性波动与风电、光伏的日内、瞬间波动，实现多种能源的“水风光”互补优化运行，是整个电力系统需要面对的、一个极其重大的技术和体制挑战。

表格 7：水电开发面临的关键环境与社会挑战及应对策略

挑战类别	具体表现形式	潜在负面影响	主流应对策略与措施
------	--------	--------	-----------

生态环境	鱼类通道阻隔	珍稀、特有鱼类种群数量下降，遗传多样性受损	修建分层取水设施以适应不同水温需求；建设大规模增殖放流站；在适宜条件下探索修建过鱼设施（如鱼道、升鱼机）。
	水文情势改变	下游河道生态系统退化，水生生物栖息地萎缩	严格执行生态流量下泄调度，安装并联网在线监控系统；在特定时期模拟天然洪水过程，进行“生态调度”。
	陆生生态影响	水库淹没导致植被损失和陆生动物栖息地破碎化	开展详细的生态背景调查和抢救性保护（如珍稀植物的迁地保护）；实施严格的水土保持方案和淹没区植被恢复工程。
社会民生	大规模移民安置	移民生计转型困难，社会融入度低，可能引发长期社会问题	坚持“开发性移民”方针，提供多元化补偿安置选择（货币、资产、股权等）；加强后期扶持，重点开展就业技能培训和产业帮扶。
	区域利益共享	开发红利未能有效惠及项目所在地和当地居民	探索并完善利益共享机制，如设立库区发展基金、提高资源税费、探索电价分成模式，推动水电开发与地方经济协同发展。
	公众参与不足	项目信息不透明，易引发公众疑虑和舆论争议	建立贯穿项目全周期的多层次沟通协商机制；依法主动公开环境影响评价、移民安置规划等关键信息；引入第三方独立监督评估。

6.2 未来发展机遇展望

6.2.1 “水风光储”一体化综合能源基地建设

在未来的能源版图中，水电的角色正在发生一次深刻的、极具价值的质变。其最大的发展机遇，不再仅仅是作为一种独立的发电形式，而在于其能够为其他新能源的大规模发展进行“赋能”。

由此，“水风光储”一体化开发模式应运而生，并已上升为国家层面的能源发展战略。

该模式的核心，是依托大型水电站（特别是那些拥有巨大调节库容的龙头水库），将同一区域内丰富的风能和太阳能资源，进行统一的规划、捆绑式的开发和打捆式的外送。利用水电站快速、精准的调节能力和已经建成的送出通道，可以完美地平抑风电、光伏发电的间歇性和波动性，将原本不稳定的“垃圾电”，高效地转化为稳定、可靠、高质量的绿色电力，然后再通过特高压网络送往负荷中心。

这种多能互补的模式，能够最大化地发挥出各种清洁能源之间的协同效益，显著降低新能源的并网成本和对电网的冲击，同时还能大幅提高输电通道的利用小时数和经济性。可以预见，这将是未来中国清洁能源开发的主流形态，尤其在水、风、光资源均十分富集的西南地区，其发展前景不可限量。

6.2.2 抽水蓄能市场的加速扩张

如前文所述，为了给以新能源为主体的新型电力系统，配备足够、可靠的“稳定器”、“减震器”和“储能器”，抽水蓄能行业正迎来一个前所未有的、历史性的黄金发展机遇期。

国家规划中明确提出的、到 2030 年全国抽水蓄能装机要达到 1.2 亿千瓦的宏伟目标，意味着在未来的数年之内，将有超过 6000 万千瓦的巨大新增装

机需求等待释放。这将直接催生一个规模高达数千亿元的庞大投资市场，并强有力地带动上游的勘测设计、中游的装备制造、下游的工程建设等全产业链的持续繁荣。

更为关键的是，清晰透明的“两部制电价”政策，为社会资本投资抽水蓄能项目，提供了可预期的、稳定的长期投资回报机制，极大地激发了各类市场主体的投资热情。抽水蓄能市场的加速扩张，是水电行业在能源转型时代背景下，最为确定、最为核心的增长点。

6.2.3 存量水电资产的价值重估与金融创新

经过数十年的高速发展，中国已经形成了规模极为庞大的存量水电资产。这些资产，是名副其实的“优质核心资产”，普遍具有现金流极其稳定、运营成本极低、永续经营、不受燃料价格波动影响等类债券的优良属性，长期以来都受到资本市场的青睐。

随着电力市场化改革的不断深入，这些存量资产的“调节价值”和“容量价值”，将得到更充分的体现和更科学的市场化定价。通过更多地参与调频、备用等辅助服务市场，存量水电站有望获得可观的额外收益，从而带来其整体内在价值的重估。

此外，利用这些现金流稳定的优质资产，进行金融创新的空间也十分广阔。例如，稳步推进优质水电资产的公募 REITs（不动产投资信托基金）的发行试点，不仅可以有效地盘活庞大的存量资产，为企业开发新的水电和新能源项目提供新的融资渠道，也能够为广大的公众投资者，提供一个新的、分享水电行业发展红利的优质投资工具。

6.2.4 电力市场化改革深化带来的红利

电力市场化改革的持续深化，对于那些运营管理水平高、技术实力强、市场应变能力快的水电企业而言，将是一个巨大的、长期的制度性红利。

在未来的电力现货市场中，水电企业可以凭借其对未来水情况的精准预测能力、对市场价格的敏锐洞察力、以及机组启停的灵活调节能力，通过“丰蓄枯发”、“峰发谷弃”以及跨省区、跨周期的套利等高级交易策略，来获取远超传统计划电价模式的收益。

此外，随着调频、备用、爬坡、黑启动等各类电力辅助服务市场的逐步健全和价格形成机制的理顺，水电作为最优质、最高效的辅助服务提供者，其“服务价值”将得到公平的、市场的量化与补偿。这将极大地激励企业不断提升其数字化、智能化运营水平，从单纯的“发电者”向“发电+服务”的综合价值创造者转型。

6.2.5 数字化转型提升运营效率与效益

全行业的、深刻的数字化转型，正在为传统的水电行业提质增效，开辟一条全新的路径。

通过深度应用“云、大、物、移、智、链”（即云计算、大数据、物联网、移动应用、人工智能、区块链）等新一代信息技术，水电企业能够实现从项目的前期规划设计、中期的工程建设，到后期的生产运营和市场交易的全生命周期数字化管理。

例如，智能化的无人机集群，可以携带高清和红外摄像头，对高耸的大坝、陡峭的边坡、绵延的输电线路进行自主巡检，其效率和安全性是人工巡检的数十倍。基于设备健康管理和故障预测诊断模型，可以从过去的“计划性

维修”或“故障后维修”，转变为更科学、更经济的“预测性维护”，从而大幅减少机组的非计划停机时间，提升设备的综合可用率。

这些看似微小的效率提升，对于一座动辄数百万、上千万千瓦的巨型水电站而言，都意味着每年数千万甚至上亿元的直接经济效益增量。

第七章：总结与战略建议

7.1 报告核心结论

本报告通过对中国水力发电行业的系统性审视，提炼出以下核心结论：

首先，水电的战略地位稳固，但其核心功能正在发生深刻演进。它依然是保障国家能源安全的“压舱石”，但在新的能源体系下，其角色正从传统的电量供应者，向以抽水蓄能为代表的、服务于电网稳定和新能源消纳的灵活性调节资源提供者转型。

其次，行业的发展阶段已经换挡。高速的规模扩张期已基本结束，行业全面迈入以生态优先、存量挖潜、创新驱动为核心特征的高质量发展新纪元。常规水电开发已近尾声，抽水蓄能则驶入了历史性的发展快车道。

第三，中国已在水电领域构建起覆盖全产业链的、强大的自主创新能力和国际竞争力。尤其在特高坝建造和超大型机组研制等尖端技术领域，已达到世界领先水平。市场格局由大型央企和地方国企主导，高度集中。

第四，行业面临的挑战客观而刚性。生态环境保护和移民安置是制约行业可持续发展的两大核心挑战。优质资源的稀缺，也使得剩余项目的开发面临显著的技术经济双重约束。

最后，未来的机遇广阔且确定性高。最大的机遇在于“水风光储”一体化开发模式的推广，以及抽水蓄能市场的爆发式增长。电力市场化和数字化转型，将共同推动庞大的存量水电资产实现深刻的价值重估。

7.2 对政府与监管机构的政策建议

第一，强化顶层规划与跨部门的流域统筹。我们建议国家发改委、能源局、水利部、生态环境部等关键部门，进一步加强协同与联动。在制定“十五五”及更长期的能源发展规划时，应从全流域、全生命周期的视角，对水电的能源、生态、水安全、经济等多重价值进行综合、科学的评估，并进行统筹规划，特别是在大型一体化能源基地的规划上，应建立更高效的跨省区协调机制。

第二，持续完善电力市场与价格形成机制。应加快推进全国统一电力市场体系的建设，重点是完善能够真实、公允地反映灵活性资源价值的辅助服务市场和容量市场机制。对于抽水蓄能，应科学核定并建立与电网发展需求、燃料成本变化相联动的动态调整的容量电价机制，为社会资本的进入，提供清晰、稳定、合理的长期投资回报预期。

第三，大力创新生态补偿与利益共享机制。应积极探索建立市场化、多元化的流域生态补偿机制，鼓励通过水权交易、发行绿色电力证书（GEC）等金融工具，让生态保护的价值得到市场的直接体现。同时，进一步完善水电开发的利益共享模式，推动发电收益通过税收、股权、基金等多种形式，更有效地反哺移民群体的长远发展和项目所在地的经济社会建设。

第四，前瞻性支持关键技术研发与标准的国际化。建议设立国家级的科技研发专项，持续支持在智能水电技术、水下巡检与维护机器人、先进生态修复技术、极端地质条件下的工程技术等“卡脖子”领域的研发攻关。在“一带一路”倡议的框架下，应更有意识、更主动地推动中国先进、绿色的水电技术标准和环境管理标准，去成为更多国家的行业标准，乃至成为国际标准，从而提升中国在全球能源治理中的话语权和软实力。

7.3 对水电开发与运营企业的经营建议

首先，企业必须主动拥抱能源转型，进行深刻的自我革命和战略重塑。传统的水电企业，应果断地从单一的“发电企业”身份，向“综合能源服务商”和“灵活性资源提供商”进行战略转型。应将未来的投资重心，从继续寻找所剩无几的常规水电项目，转向大力投资和开发抽水蓄能以及“水风光储”一体化项目，积极抢占能源转型时代的新赛道。

其次，全面、系统、深入地加速自身的数字化转型。应将数字化、智能化，视为企业未来生存和发展的核心竞争力，而不是可有可无的点缀。必须加大在智能感知体系、智慧调度决策系统、设备健康管理系统、以及市场交易决策支持系统等关键领域的投入，通过技术创新来驱动生产力的全面提升，从而在日益激烈的市场竞争中构筑起坚实的“护城河”。

第三，将 ESG 管理提升至企业战略的核心高度。必须将环境、社会和公司治理（ESG）的理念，深度地、有机地融入到企业的核心价值观、发展战略和日常运营的每一个环节中去。建立与国际一流标准接轨的 ESG 管理和信息披露体系，主动、透明地与包括政府、社区、投资者、环保组织在内的所有利益相关方进行沟通，努力树立负责任、可信赖的现代化企业形象，这既是应对日益严格的国内外监管的要求，也是赢得资本市场长期青睐的关键。

最后，在国际化道路上，必须坚持稳健经营，并严控海外风险。在“走出去”的过程中，应从过去的机会驱动型，转向更为审慎的战略驱动型，聚焦重点国别和核心区域，优先选择那些政治稳定、法律健全、市场潜力大的目标市场。必须建立和完善一套覆盖政治、经济、社会、环境、安全等所有维度的、动态的、全流程的海外项目风险评估与管控体系，确保海外资产的安全与合理回报。

7.4 对产业链与投资机构的发展建议

对于装备制造企业而言，未来的市场需求将发生结构性的重大变化。应将研发和生产的重心，从传统的常规大容量机组，转向更适应抽水蓄能需求的、需要频繁启停、快速变工况、能够在宽水头范围下高效运行的高性能可逆式机组。同时，应大力发展与智能电站相配套的、高附加值的传感器、控制芯片、工业软件等产品，努力开辟新的增长曲线。

对于工程建设企业，则需要努力提升自身的综合服务能力。应力争从传统的、利润微薄的施工承包商，向能够提供覆盖项目全生命周期的“投资-建设-运营”一体化解决方案的综合服务商升级。尤其是在竞争激烈的海外市场，提供一揽子综合服务能力，将是赢得项目的关键。

对于金融投资机构，则应敏锐地捕捉水电行业内部的结构性机会。我们认为，未来几年最具吸引力的投资机会包括：一是确定性最高、增长最快的抽水蓄能全产业链；二是那些拥有优质流域资产、具备强大调节能力、且深度参与市场化交易的头部水电上市公司的长期配置价值；三是水电公募 REITs 等新兴金融产品的投资机会。在进行投资决策时，应将目标企业的 ESG 评级和管理水平，作为与财务指标同等重要的核心考量因素。

上海嘉世营销咨询有限公司

作为中国专业市场研究与战略咨询机构之一，自 1998 年创立以来，已深耕行业近 30 年。公司一直致力于为企业提供精确的竞品调研、行业分析及战略规划服务。作为竞品调研领域的标杆，嘉世咨询运用其模块化研究模型，深入分析行业领先企业的市场策略、销售体系和运营动态。同时，通过动态监控模块，实时追踪竞争对手的扩张计划、重大决策和新品发布，为客户提供具有前瞻性的洞察。

业务范围

行业研究、企业研究、竞品研究、消费者研究

业务邮箱

mcr@chinamcr.com