

内容目录

第一章 水电+AI 应用概述	3
第一节 AI 是什么?	3
第二节 AI 和水电行业有什么关系?	3
一、AI 给水电行业带来的变化分析.....	3
二、AI 给水电行业带来的冲击分析.....	4
三、AI 给水电行业带来的变革分析.....	4
第二章 2023-2028 年水电市场前景及趋势预测	5
第一节 吨水发电量与蓄水量——计算蓄能的两大指标.....	5
一、吨水发电量——水量和发电量的桥梁.....	5
二、水位库容方程——可完成从水位-蓄水量-发电用水的转换.....	6
第二节 蓄能测算——枯水期的电量保障.....	6
一、长江电力——10 月末蓄能同比偏高约 51 亿千瓦时.....	7
二、雅砻江水电——10 月末蓄能同比偏高约 35 亿千瓦时.....	7
三、全流域蓄能——流域联合调度视角下的广义蓄能.....	8
四、蓄能集中于枯水期释放，看好枯水期利润提升.....	10
第三节 水位恢复——高水头下的电量增发.....	10
一、测算 23M6-10 长江电力提高水头同比增发电量约 60 亿度.....	10
二、测算 23-24 年枯平水期长江电力水位提高同比增发电量约 73 亿度.....	12
第四节 重点公司分析.....	14
一、长江电力：来水好转业绩大增，蓄能恢复增发电量可期.....	14
二、华能水电：四川水电公司并表，来水好转 Q3 业绩大增.....	14
三、国投电力：水火风光盈利共振，三季度业绩超预期.....	14
四、川投能源：电价上涨促业绩高增，水位蓄能恢复电量可期.....	15
第三章 水电+AI 的应用现状及前景预测	15
第一节 为什么众多企业纷纷入局 AI.....	15
第二节 AI 的意义和作用.....	18
一、AI 对企业发展的实际意义.....	18
二、智能化改造需求.....	19
三、AI 为企业创造价值的模式.....	19
第三节 水电+AI 市场应用情况分析.....	20
一、人工智能开始发挥实际作用.....	20
二、人工智能渗透到整个企业中.....	20
三、借助人工智能快速推进自动化.....	21
四、利用人工智能获得更大收益.....	21
五、人工智能战略需要集体的转变.....	21
六、人工智能触发业务流程转变.....	21
七、机器学习操作 (MLOps) 成为现实.....	22
八、企业铺设人工智能通道.....	22
九、新的业务模式可能出现.....	22

第四节 2023-2028 年水电+AI 市场发展前景	23
一、AI 给水电行业带来的机遇分析	23
二、AI 给水电行业带来的挑战分析	23
三、2023-2028 年水电+AI 市场发展潜力	23
四、2023-2028 年水电+AI 市场发展前景	24
五、2023-2028 年水电+AI 应用前景预测分析	25
第四章 水电制定和布局+AI 的策略建议	26
第一节 企业如何建立人工智能战略	26
一、专注于战略业务目标	26
二、通过新的、支持人工智能的业务模型产生颠覆性影响	26
三、通过合适的人来执行人工智能战略	26
第二节 人工智能时代下的企业战略分析	27
一、现阶段企业战略管理存在的问题	28
二、人工智能时代下企业战略管理的策略	29
第三节 水电布局 AI 的发展思路及对策	31
一、构建全方位人工智能管理体系	32
二、健全治理制度:建立合规机制与规范行为	32
三、完善治理组织:明确责任归属与岗位分工	33
四、丰富治理能力:结合风险防范与前沿探索	35
第四节 水电+AI 切入模式及发展路径分析	37
一、企业快速部署 AI 的动力非常强大	39
二、AI 成熟度:如何衡量?	40
三、不同行业应用 AI 的差距正在缩小	42
四、以传统绩效指标评价, AI 领军者表现非凡	43
五、三一集团:从“聪明工厂”到智造生态	45
六、如何成为 AI 领军者? 五大成功因素	47
七、京东集团:探索 AI 前沿, 沉淀 AI 实力	49
八、从实践到实效, 驱动非凡价值	52
第五章 水电《+AI 应用前景及布局策略》制定手册	53
第一节 动员与组织	53
一、动员	54
二、组织	54
第二节 学习与研究	55
一、学习方案	55
二、研究方案	55
第三节 制定前准备	56
一、制定原则	56
二、注意事项	57
三、有效战略的关键点	58
第四节 战略组成与制定流程	61
一、战略结构组成	61
二、战略制定流程	61
第五节 具体方案制定	62
一、具体方案制定	62

二、配套方案制定	65
第六章 水电《+AI 应用前景及布局策略》实施手册	65
第一节 培训与实施准备	65
第二节 试运行与正式实施	66
一、试运行与正式实施	66
二、实施方案	66
第三节 构建执行与推进体系	67
第四节 增强实施保障能力	68
第五节 动态管理与完善	68
第六节 战略评估、考核与审计	69
第七章 总结：商业自是有胜算	69

第一章 水电+AI 应用概述

第一节 AI 是什么？

人工智能（Artificial Intelligence），英文缩写为 AI。它是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。

人工智能是计算机科学的一个分支，它企图了解智能的实质，并生产出一种新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器，该领域的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。人工智能从诞生以来，理论和技术日益成熟，应用领域也不断扩大，可以设想，未来人工智能带来的科技产品，将会是人类智慧的“容器”。人工智能可以对人的意识、思维的信息过程的模拟。

第二节 AI 和水电行业有什么关系？

一、AI 给水电行业带来的变化分析

人工智能是制造业迈向工业 4.0 和工业互联网时代的重要新兴技术能力。制造业对于人工智能技术的使用正在稳步上升。

在制造业中人工智能不断丰富和迭代自身的分析和决策能力，以适应不断变化的工业环境，帮助企业产生大量结构化和非结构化数据的复杂生产环境中更为快速、准确地梳理参数之间的相关

性，提高生产效率，优化设备产品性能，具有自感知、自学习、自执行、自决策、自适应等特征。制造业中的人工智能的本质是实现复杂工业技术、经验、知识的模型化和在线化，从而实现各类创新的工业智能应用。

人工智能还能提升用户体验做出贡献，诸如智能客服、智能推荐、精准营销等场景深入落地到各行各业；企业有意在数字人、虚拟 NFT 等数字化营销内容创作领域布局，以创造差异化的营销体验，升级品牌形象。

二、AI 给水电行业带来的冲击分析

从技术的行业应用而言，创新应用场景逐步增多。过去一年，中国人工智能应用保持快速发展的势头，行业应用场景较去年也更加深入和细化。除了相对成熟的应用场景之外，物流、制造、能源、公共事业和农业等在人工智能的应用方面得到快速发展，创新应用场景逐步增多。

未来五年，随着人机交互、机器学习、计算机视觉、语音识别技术达到更为成熟阶段，人工智能应用将呈现出如下发展趋势：从单点技术应用迈向多种人工智能能力融合、从事后分析迈向事前预判和主动执行、从计算智能和感知智能迈向认知智能和决策智能，以知识为主要生产工具的创作型工作（如文字、视频、图像和音频创作，软件开发，IP 孵化等）将实现更大程度的智能化；行业企业也将持续创新，拓展数字孪生与人工智能技术的融合应用，推进在能源电力、制造、建筑等行业发展，构建虚拟工厂、数字孪生电网、数字孪生城市，加强数字与现实世界的连接，优化流程，实现全域管理，决策智能。

人工智能正在加深对实体经济的支持，产生一批成熟应用的场景，包括但不限于人员设备管理、行为预测、供需销售预测等。另外，科学家们越来越多地利用人工智能技术和方法，从数据中建立模型，重点围绕新材料研发等领域加速对前沿科学问题的探究。例如，在材料领域，科学家基于人工智能网络模型和大规模分子数据集，提升分子动力学模拟的极限，以快速、准确的方式预测新材料的特征

三、AI 给水电行业带来的变革分析

制造业在人工智能的主要应用场景包括：交互界面智能化、质量管理及推荐系统、维修及生产检测自动化、供应链管理自动化、产品分拣等。IDC 预计，到 2023 年年底，中国 50%的制造业供应链环节将采用人工智能，从而可以提高 15%的效率。这将使企业能够更好地预测市场变化、消费趋势和习惯的变化，甚至是气候变化，进而将预测结果与库存管理相联系，帮助企业努力使库存水平贴近市场需求，促进销售，同时降低成本，把控风险。此外，诸如媒体和娱乐、游戏、建筑等行业也在加速元宇宙技术的落地和应用，基于人工智能、物联网、智能边缘等技术，满足市场对于多元

化、定制化、共情化的体验，改善运营流程，加速学习、分享、创造，产生更大的经济和社会价值。实现元宇宙构想以及物理与数字世界间的互联，需要创建更多的数字资产/数字人，这对计算性能与计算资源提出新的要求。目前元宇宙基础设施的搭建已经开始起步，通过构建能够支持应用落地的人工智能算力基础设施，提升基础平台的支撑力度，为将来满足企业和用户在虚拟环境中的应用需求夯实基础。

第二章 2023-2028 年水电市场前景及趋势预测

第一节 吨水发电量与蓄水量——计算蓄能的两大指标

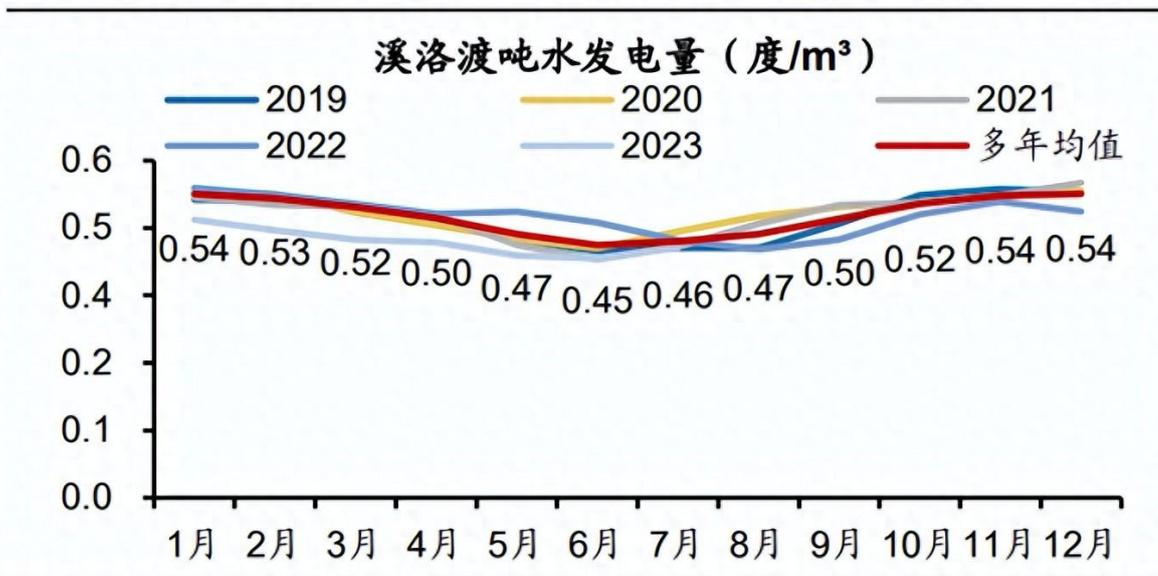
蓄能=吨水发电量×发电用水。长江电力近日发布公告，称 10 月 20 日已完成年度蓄水任务，蓄能达 338 亿千瓦时。那么何为蓄能呢？蓄能是指水库静态状态下，囤积的水的发电能力，可以理解为库存电量的概念。因此在计算蓄能之前，我们首先要明确吨水发电量和发电用水的计算方法。

一、吨水发电量——水量和发电量的桥梁

吨水发电量是计算蓄能的中间指标，既可以计算发电量，还可以用来对比水电站的发电效率。我们有两种方法可以计算吨水发电量，分别是直接法和间接法：（1）直接法：吨水发电量=9.81×水头×发电效率，其中水头是动态变化的，发电效率变化较小可视为定值，由于计算水头需要的下游水位和发电效率均不易得，直接法较难计算吨水发电量，但我们此前发布两篇报告搭建了水电发电量的测算模型，可以实现水头和发电效率的误差相互抵消，从而可计算吨水发电量。（2）间接法：吨水发电量=发电量/发电用水量。我们可以用公司实际披露的发电量和对应时间内的出库流量计算吨水发电量。

因此，吨水发电量与水头高度正相关。我们观测到调节性越强水位变化越大的电站吨水发电量的波动幅度越大。我们统计调节性电站溪洛渡 2019 年至今吨水发电量并取均值，其范围在 0.45-0.54 度/m³之间波动，而非调节性电站的锦屏二级的吨水发电量多年维持在 0.7 度/m³左右。

图 3: 调节性电站——溪洛渡吨水发电量变化



数据来源: 长江水文网, 长江水利网, 广发证券发展研究中心

结合以上两种计算方法, 我们计算长江电力和雅砻江水电各电站的吨水发电量。长江电力的六座电站中, 溪洛渡、向家坝、三峡、葛洲坝运营时间较长, 我们计算 2019-2022 年四年时间内每个月的平均吨水发电量, 代表其季节性水头变化导致的吨水发电量差异; 由于乌白投产时间较晚, 加上 2022 年来水异常偏枯情况, 两者吨水发电量的变化与正常年份略有不同, 以白鹤滩为例用直接法计算吨水发电量, 白鹤滩上游水位 765~825 米, 下游水位 595~600 米, 其水头变化在 175~225 米之间, 则吨水发电量约为 0.453~0.582 度/立方米。同理我们可以计算雅砻江水电各电站的吨水发电量。

二、水位库容方程——可完成从水位-蓄水量-发电用水的转换

水库的水位可以衡量当前来水的恢复程度, 水库的蓄水量也代表着未来的发电能力。以三峡电站为例, 其水位在 175 米 (正常蓄水位) 到 145 米 (死水位) 之间周期性变化, 蓄水量在 393 亿 m^3 到 171 亿 m^3 之间起伏, 即可建立水位和蓄水量的转换方程, 类似的, 对于部分水位数据缺失的电站, 也可以将蓄水量转换为水位 (例如云南省水电站)。通过带入数据, 我们可以拟合得出水电站的库容方程, 进而通过水位的绝对变化, 即可得到发电用水。

第二节 蓄能测算——枯水期的电量保障

一、长江电力——10 月末蓄能同比偏高约 51 亿千瓦时

水库当前水位至死水位之间的蓄水量能转化为的电量即为蓄能值，代表水电站在当 前时点的“电量库存”。自上而下看电站的蓄能，电站的蓄水在放出后可以依次流 经下游电站发电，以长江电力六座水电站为例：

乌东德的蓄能=乌东德可调节蓄水量×乌东德及以下 6 座电站吨水发电量之和

白鹤滩的蓄能=白鹤滩可调节蓄水量×白鹤滩及以下 5 座电站吨水发电量之和

溪洛渡的蓄能=溪洛渡可调节蓄水量×溪洛渡及以下 4 座电站吨水发电量之和

以此类推...

10 月 18 日长江电力发布公告称“预计 10 月 20 日完成 2023 年度蓄水任务，总可用水量（指 水库死水位之上的水量）达 410 亿立方米，蓄能 338 亿度。”由于蓄能公告并非 定期发布，而我们 日度跟踪长江电力六座电站的水情数据，以水位数据为起点，可 以计算吨水发电量和蓄水量，从 而计算蓄能。我们计算长江电力 10 月 20 日可调蓄水 量为 411.42 亿 m³，对应蓄能 337 亿度，与公 司披露的可用蓄水量和蓄能基本一致。基于此，我们可以获得高频连贯的蓄能数据，对于跟踪和 研究更有参考价值。

水电的发电量对应动态时段，蓄能则对应静态时点。从可调蓄水量来看，截至 10 月 20 日， 测算长江电力六座电站可调蓄水量共计 411.42 亿 m³（死水位以上的水量），2022 年同期为 238.95 亿 m³，同比增长 72.2%。其中三峡电站的增幅最为显著，同比 增加 164.1%，彰显第三季度的 来水改善，不仅体现在已完成发电量上，同样体现在存 量的蓄水量上。蓄能方面，10 月 20 日， 长江电力六座电站蓄能共计 336.92 亿度，2022 年同期为 247.29 亿度（同比+89.64 亿度/同比 +36.2%），保障了四季度及明年上半年的发电量。10 月末六座电站蓄能共计 333.25 亿度，2022 年同期为 282.08 亿度（同比+51.18 亿度/ 同比+18.1%）。进一步地，若六大电站均蓄满水，长江 电力蓄能有望达到 365 亿度，较 10 月末蓄能再增加 31.29 亿度（增幅 9.4%）。后续在关注水电 发电量的同时，亦 应将其蓄能，即“电量库存”的同比变化作为参考指标。

二、雅砻江水电——10 月末蓄能同比偏高约 35 亿千瓦时

雅砻江调节性较强的主要是三大电站，两河口、锦屏一级和二滩，在计算蓄能时基 本我们暂 时仅考虑这三大调节电站。截至 10 月末，测算雅砻江水电三大调节电站可 调蓄水量共计 118.94 亿 m³（死水位以上的水量），2022 年同期为 115.05 亿 m³，同比 增长 3.4%，其中两河口电站增加 28.10 亿 m³，锦屏一级和二滩电站可调蓄水量分别 减少 18.75、5.46 亿 m³。测算雅砻江水电三大 电站 10 月末蓄能共计 238.30 亿度，2022 年同期为 202.91 亿度（同比+35.38 亿度/同比+17.4%），

保障了雅砻江水电四季度及明年上半年的发电量。两河口电站当前蓄水分位点为 95%，若三大电站均蓄满水，雅砻江水电蓄能有望达到 294 亿度，较当前时点蓄能再增加 55.64 亿度（增幅 23.3%）。

表 8：月度跟踪雅砻江水电可调蓄水量及蓄能

	蓄水量/亿 m ³		可调蓄水量/亿 m ³		蓄能/亿度	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
1 月	127.50	165.07	39.47	77.04	67.37	144.53
2 月	108.53	149.94	20.50	61.91	33.57	103.62
3 月	95.34	122.85	7.31	34.82	12.53	54.10
4 月	99.87	98.55	11.84	10.52	17.85	13.80
5 月	105.63	97.14	17.60	9.11	26.54	13.06
6 月	156.18	109.35	68.15	21.32	104.75	41.73
7 月	163.39	137.92	75.36	49.89	107.79	98.11
8 月	152.61	173.65	64.58	85.62	81.17	170.37
9 月	183.28	195.39	95.25	107.36	159.22	211.95
10 月	203.08	206.97	115.05	118.94	202.91	238.30
11 月	198.25		110.22		194.54	
12 月	188.66		100.63		179.03	

数据来源：四川省水文水资源中心，四川省水利厅，国投电力经营公告，广发证券发展研究中心

三、全流域蓄能——流域联合调度视角下的广义蓄能

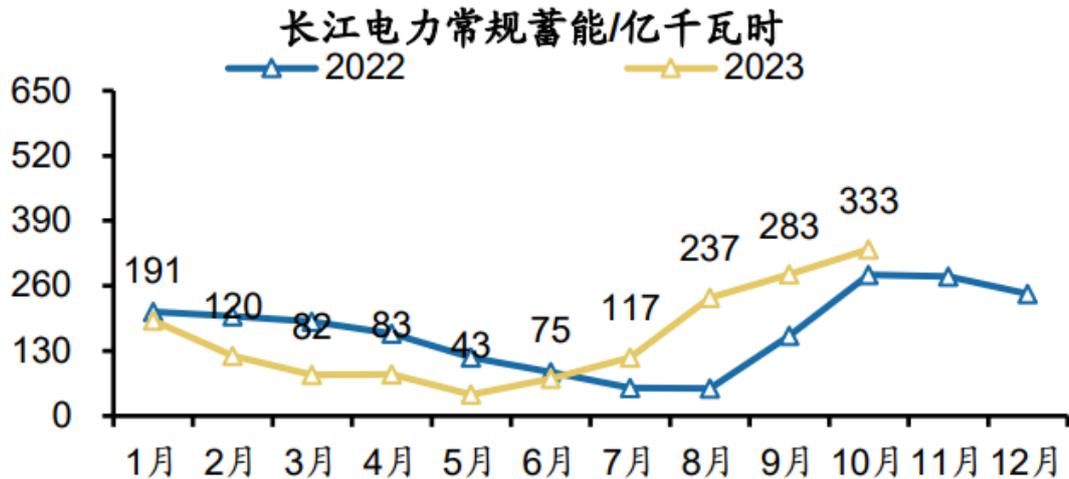
第二部分我们从蓄水角度计算蓄能，衡量其未来可发电量的多少，还可以从水电站的角度出发，对于单一水电站来说，其上游所有水库的蓄水都将在未来放出流经该电站，转换为该电站的发电量即为该电站蓄能。而上游投产的电站越多、蓄水量越大，该电站的蓄能值越高，发电量更有保障。以三峡电站为例，上游包括金沙江中游、雅砻江、金沙江下游、岷江（含大渡河）、嘉陵江、乌江等，我们在计算三峡电站的蓄能时，可理解为将上游所有电站（尤其是调节电站）从当前水位放水至死水位（比如乌白溪向四座电站从正常蓄水位放至死水位后能向下游补水 208 亿 m³），累计的补水在当前的吨水发电量下能转化为的电量就是蓄能值，也代表着三峡电站未来的发电能力。

以乌东德电站为例，可调度蓄水量等于上游的金沙江中游以及雅砻江流域 9 座电站的可调度蓄水量之和，2023 年 10 月末乌东德可调度蓄水量为 158.76 亿 m³，同比增加 10.68 亿 m³，以此类推计算长江电力六座电站 2023 年 10 月末的蓄能为 624.83 亿度，同比+11.1%，各电站蓄能都有不同程度的增幅。在计算长江电力的蓄能时，全流域蓄能计算考虑了其余电站对长江电力的影响，例如两河口电站今年蓄水量同比增幅较大，也将增加长电六座电站的蓄能。

至此，我们用两种方式计算了长江电力及雅砻江水电的蓄能（雅砻江水电两种方式结果一致），两种方式的蓄能的走势基本一致，都可以用来判断蓄能同比的情况。区别有两点，一是第一种方式仅考虑公司自有的电站，第二种方式涵盖了流域其他电站的影响，蓄能的变动更大且涵

盖的信息更全面；二是第一种方式更具备时效性，只需要长江电力六座电站的水位数据（同时可以获得日频数据），而第二种方式需要长江水文网月度披露的蓄水量数据，计算结果会有滞后性。

图 15: 常规蓄能: 23年10月长江电力蓄能为333亿度



数据来源：长江水文、水利网，广发证券发展研究中心

从多年同期来看，2018-2020年长江上游年末可调蓄水量均值为438亿 m^3 ，2021年由于多座电站投产蓄水，新增可调蓄水量约65亿 m^3 ，2021年末长江上游的可调蓄水量达488亿 m^3 。2022年长江流域来水偏枯，三峡电站可调蓄水量同比减少100亿 m^3 ，溪洛渡同比减少30亿 m^3 ，在白鹤滩新增可调蓄水54亿 m^3 的情况下，长江上游可调蓄水仍仅413亿 m^3 。但我们同时看到，在乌白投产后长江电力年末蓄能大幅提升，乌东德和白鹤滩属于上游电站，上游电站的所有可调蓄水均可依次流经下游电站，转换为发电量，因此乌白除自身发电外，能提升长江电力六座电站整体的蓄能，弥补22年其余电站自身蓄水不足的劣势，22年末长江电力六座电站的蓄能达479亿度。

蓄能计算的核心逻辑在于上游电站的放水能流经下游所有电站依次贡献发电量，2022年三峡水库的自身可调蓄水仅78亿 m^3 （18-20年均值为210亿 m^3 ），仅考虑三峡电站，这部分蓄水与18-20年的差值对应的蓄能减少32亿度，但由于上游乌东德投产、白鹤滩新增蓄水抵消部分影响，2022年末三峡电站累计上游可调蓄水413亿 m^3 ，蓄能仅同比减少18亿度。2022年末长江电力蓄能的同比提升也使得公司在一季度发电量同比增长，但后续来水偏枯仍然会导致发电量下滑。

四、蓄能集中于枯水期释放，看好枯水期利润提升

根据四川省水文水资源勘测中心数据，雅砻江 2018-2022 年年均来水量约 590 亿立方米，在锦屏一级和二滩的调节下，雅砻江在 1-4 月份的来水量基本稳定在 30-40 亿立方米，2022 年 3 月两河口完全投产，其调节库容达 65.6 亿立方米，约为枯水期两个月来水量，近两年两河口增加的蓄水量成为雅砻江各电站在 1-4 月的来水增量。从雅砻江各月的来水量来看，2018-2022 年枯水期 12 月-次年 4 月的总来水量为 165 亿立方米，丰水期 6-10 月总来水量 360 亿立方米，两河口 65.6 亿立方米的调节库容可以平滑丰枯水期 131 亿立方米的差值，使雅砻江丰枯水期的发电量更加平衡。

若观测雅砻江流域各部分的来水量，呈现越下游流量越大的趋势，中游龙头水库两河口 22 年的来水量为 213 亿立方米，下游二滩的来水量为 453 亿立方米，两者差值超两倍，对比四川省水利厅公布的雅砻江来水量数据，仍大于二滩的来水量，表明该数据所代表的来水量是雅砻江最下游的来水量。两河口 65.6 亿立方米的调节库容可完全调节其自身的来水，平衡各月的发电量，对下游亦有较强的调节能力。

以过去一年长江电力和雅砻江水电的蓄水量及蓄能变化为参考，可以发现，9 月和 10 月是一年中主要的蓄水时间，从 11 月到次年 5 月是放水时间，在 2022 年 11 月份到 2023 年 5 月这 6 个月时间里，长江电力共释放蓄水量 205 亿方，释放蓄能 240 亿度，各月分别释放蓄能 3.91、34.58、52.47、70.94、38.28、-1.13、40.50 亿度，从占比来看，11-12 月份占比 16.1%、23Q1 占比 67.5%、4-5 月占比 16.4%。

从雅砻江的情况来看，在 2022 年 11 月份到 2023 年 5 月这 6 个月时间里，三大水库共释放蓄水量 106 亿方，释放蓄能 190 亿度，各月分别释放蓄能 8.37、15.51、34.50、40.91、49.52、40.30、0.74 亿度，从占比来看，11-12 月份占比 12.6%、23Q1 占比 65.8%、4-5 月占比 21.6%。

第三节 水位恢复——高水头下的电量增发

一、测算 23M6-10 长江电力提高水头同比增发电量约 60 亿度

与蓄能恢复相伴而生的，是水电站水位的同比提升，在同等流量的情况下具有更高的发电效率。今年汛期三峡水位同比偏高已有体现，与往年不同的是，今年三峡在汛期的最低水位提高至 150 米，较往年的 145 米高出 5 米，偏高的约 5 米水头带动三峡发电量提升。本文我们是以吨水发电量和蓄能为核心，使用吨水发电量测算增发电量。由于 $\Delta \text{吨水发电量} = 9.81 \times \Delta \text{水头} \times \text{发电效率}$ ，将水头的提高对应到吨水发电量的增加上，再乘以发电用水就可以得到增发电量。23M6-10

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/367055110106006111>