

單台機組轉一圈
足夠一家用電30天

鑄百萬千瓦「心臟」 中國登水電珠峰



扫一扫有片睇

中國水電設備 尖端科技結晶

頭髮絲雕花

在哈電電機生產現場，國內單機容量最大的天台抽水蓄能機組球閥順利通過驗收，技術人員在公稱直徑2.2米、重達142噸的鋼構件上尋找比頭髮絲更細微誤差，球閥上下游和其活門加工精度達0.05毫米，關鍵加工精度小於1根頭髮絲直徑。

安靜地發電

哈電團隊顛覆沿用百年的傳統結構，創新研發整體鍛造磁軛，配合智能溫控系統，將轉子擺度從0.5毫米降至0.03毫米，機組振動值比歐洲標準低40%，真正實現「安靜地發電」。

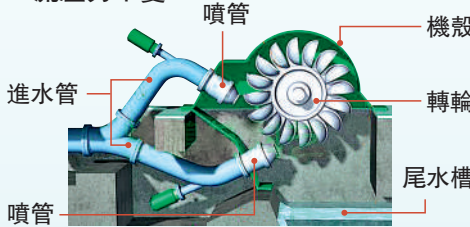
航天級技術

將航天材料技術應用於水輪機航空蝕塗層，壽命延長3倍；借鑒高鐵振動控制技術，研製出納米級時柵傳感器。

水輪機教室

衝擊式水輪機(雙噴管水斗式水輪機)

- 受到噴射水流衝擊而旋轉，過程中水流壓力不變。

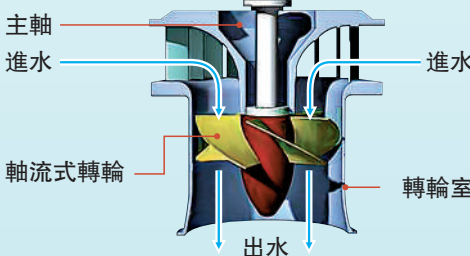


反擊式水輪機

水流充滿整個轉輪空間，在轉輪葉片約束下改變流速與方向，從而對轉輪葉片產生反作用力，驅動轉輪旋轉。反擊式水輪機可分為軸流式、混流式、斜流式和貫流式。

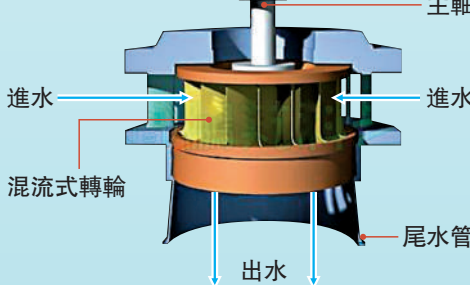
① 軸流式水輪機

- 原理與風力機相似，水流從水輪機四周水平方向向中心流入，然後轉為向下方向推動轉輪葉片做功。



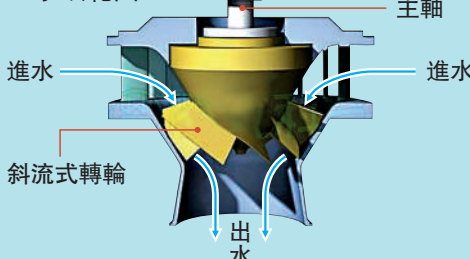
② 混流式水輪機

- 水流進入轉輪內在向軸芯方向通過葉片時推動轉輪，同時在向下通過葉片時也推動轉輪。



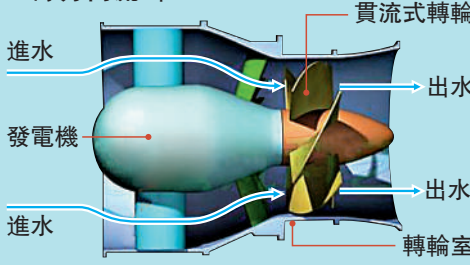
③ 斜流式水輪機

- 通過葉片的水流傾斜於軸向，是軸流式水輪機的變種，其水流能量損失小，通過調節葉片角度可適應較大的水頭範圍。



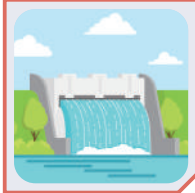
④ 貫流式水輪機

- 轉軸是水平方向或略有傾斜，水流是沿水輪機軸線方向進入，沿水輪機軸線方向流出。



▲白鶴灘水電站位於四川省寧南縣和雲南省巧家縣交界的金沙江幹流河段上，總裝機容量208萬千瓦，是我國實施「西電東送」的國家重大工程，共安裝16台，總機組容量最大功率百萬千瓦水輪發電機組。新華社

中國水電新跨越·電機篇



「全球單機容量最大百萬千瓦白鶴灘機組的成功研製，意味着中國水電裝備已全面超越國際同行，我們登上了水電領域的『珠穆朗瑪峰』。」早前，白鶴灘水電站核心裝備研製者——哈電集團首席科學家、國家卓越工程師覃大清於訪談中這樣評價。據了解，白鶴灘水電站單台機組轉輪每轉一圈，就能發出150度電，相當於一戶普通家庭一個月的用電量。

從研製出世界單機容量最大的白鶴灘百萬千瓦發電機組，到今天舉世矚目的「超級工程」雅魯藏布江下游水電項目正式開工……新中國水電工業在一窮二白的基礎上艱難起步，用70多年趕超西方國家130多年的歷程，帶領全球將水電技術推向新高度。

大公報記者 張寶峰

2021年6月28日，在四川省寧南縣和雲南省巧家縣交界的金沙江下游幹流河段上，白鶴灘水電站首批機組正式投產發電。這座水電站大壩為混凝土雙曲拱壩，最大壩高289米，相當於100層樓高。白鶴灘水電站也是當時世界在建規模最大、技術難度最高的水電工程。

以「中國創造」攻克「世界難題」

彼時，白鶴灘水電站就擁有世界規模最大的兩個地下廠房。每個地下廠房長438米、寬34米、高88.7米，開挖量2500萬立方米，體量足夠建起10座胡夫金字塔，可以寬鬆停下13架大型客機，或者放進去一艘航空母艦。作為水電站的「心臟」，發電機組就深埋於地下廠房內。如果站在「水輪機層」，人們就可以感受到：金沙江水流衝擊水輪機，讓源源不斷的水流轉化為電能。據測算，這裏的單台機組轉輪每轉一圈，就能發出150度電，相當於一戶普通家庭一個月的用電量。

覃大清是白鶴灘水電站右岸機組研發團隊負責人。他曾在回憶文章中表示，「在白鶴灘項目中，我們攻克了水力設計、電磁設計、發電機絕緣和通風、機組總體設計及結構設計等一個又一個技術難題，突破了多項世界性技術極限。白鶴灘水電站正式投產發電是我國水電

領跑世界的標誌，完成了從「中國製造」到「中國創造」的歷史性跨越。百萬千瓦是世界水電機組的『珠穆朗瑪峰』，代表着我國水力發電裝備技術登頂世界水電之巔。」

今年7月，全球首台單機容量最大500兆瓦、轉輪尺寸最大6.23米的衝擊式水輪機核心部件——轉輪研製成功並發運，這也標誌着我國在高水頭、大容量衝擊式水輪機組核

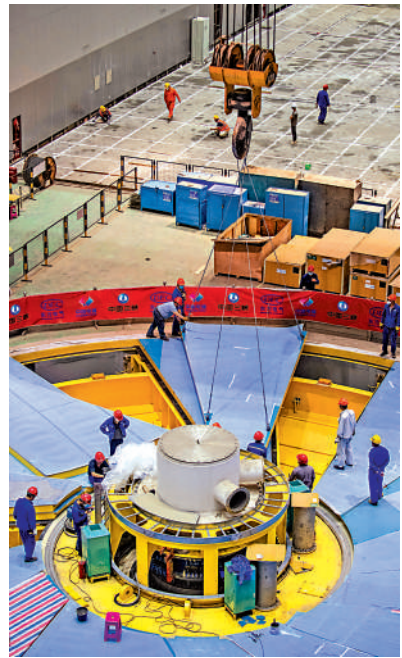
心裝備領域實現歷史性突破。甚至有網友形容：這項水電技術直接幫助中國實現了從「被卡脖子」到「卡世界脖子」的超級轉變。

衝擊式水輪機的水斗式轉輪承擔着將水流動能轉化為機械能的關鍵作用，堪稱水電機組「心臟」。這一轉輪將應用於西藏扎拉水電站。扎拉水電站不僅是國家「藏電外送」的骨幹工程，也是世界在建綜合難度最大的衝擊式水電項目。

用70多年趕超西方130多年歷程

該機組的技術成果也為雅魯藏布江下游水電項目的成功推進奠定重要基礎。有業界分析指出，隨着智能控制系統和新材料的持續迭代，未來衝擊式機組有望在效率、壽命和環境友好性上實現新突破，為我國達成「雙碳」目標提供核心裝備支撐，並繼續引領全球高水頭水電開發新範式。

從1951年的800千瓦開始，到1959年自主研發的新安江7.25萬千瓦，從1972年的劉家峽30萬千瓦，到2007年與國外同台競技設計製造的三峽右岸70萬千瓦，從研製出世界單機容量最大的白鶴灘100萬千瓦，到今天令世界驚嘆的「超級工程」雅魯藏布江下游水電項目……新中國水電技術艱難起步，用70多年的時間趕超了西方國家130多年的歷程。



▲白鶴灘水電站安裝有百萬千瓦混流式水電機組長短葉片轉輪。圖為2022年4月22日白鶴灘水電站左岸8號水輪發電機總裝現場。新華社

從「受制於人」到「世界標桿」

1994年

三峽工程論證會上，外國專家斷言：「中國至少需要30年才能獨立製造70萬千瓦水電機組。」其時，我國最大水電機組容量僅32萬千瓦，巨型水電機組的關鍵技術被歐美壟斷。

1997年

哈電集團首席科學家、國家卓越工程師覃大清帶領團隊開始三峽右岸水利開發。經過20多個優化方案和上百次試驗，終於研製出了L型葉片轉輪。

2003年

國慶節剛過，北京水科院的首次國際同台對比傳來喜訊，「混流式水輪機高部分負荷壓力脈動」世界性難題，被覃大清研發團隊攻克。

2008年

四川省宜賓市以上230公里（公路）金沙江河段處的溪洛渡電站，實現77萬千瓦機組國產化，水輪機效率突破95%。

2014年

位於雲南省水富市與四川省宜賓市交界金沙江峽谷出口處的向家壩電站，其80萬千瓦機組投運，是當時世界單機容量最大水電機組。

2021年

在三峽集團建設的世界第二大水電站——白鶴灘水電站的百萬千瓦機組問世，創造「水輪機轉輪零配重」「機組全負荷安全穩定運行」等15項世界紀錄。

2022年12月20日

哈電電機研製的全球單機容量最大百萬千瓦白鶴灘水電站右岸8台機組全部投產發電，世界最大清潔能源走廊宣告建成。

2023年

中國水電能源裝備自主化率已經達到100%，出口覆蓋30多個國家和地區。

國產水輪發電機組「長子」沙袋堆中誕生

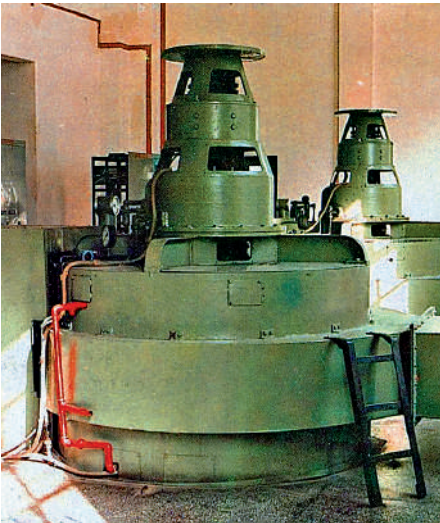
特稿

新中國成立伊始，國家工業基礎十分薄弱，很多人都沒有見過水輪發電機組是什麼樣子。但中國工程師們克服困難、自力更生，終於在1951年設計製造成功新中國第一台水輪發電機組。作為新中國水輪發電機組的「長子」，這台水輪發電機組的誕生，實現我國發電設備製造業「零」的突破，揭開我國電力裝備工業發展史的序幕。

1951年初，東北電工局第四廠收到了中央指示，為使被國民黨特務炸毀的四川下碕水電站盡快恢復發電，需要搶製一台800千瓦立式水輪發電機組。儘管困難重重，中國電機工程技術專家們經過不懈努力，還是逐一克

服了扇形沖片、定子和轉子等部件的生產難題。1951年12月，最後的轉子超速總裝試驗進入關鍵時刻。高速旋轉的電機如果出現故障，可能會像一枚重磅炸彈一樣四散濺射碎片，後果不堪設想。於是，人們用沙袋在外圍堆起一圈1米多厚、2米多高的圍牆。

看着負責水輪發電機設計的工程師吳天霖爬上發電機的頂端，周圍人都緊張地握緊手心。當吳天霖細心查看運轉情況，測量完風速，發電機緩緩停轉了。他起身擦掉一頭汗水說：「成了！」那一瞬間，周圍爆發出長久不息的熱烈掌聲。試驗成功的機組，馬上被安裝在四川下碕電站，為西南地區經濟發展提供了源源不斷的動力。



▲1951年，哈爾濱電機廠成功製造中國第一台水輪發電機組，安裝在四川下碕水電站。

中方：雅江電站有利減災 不會對下游產生不利影響

綠色工程

中國外交部發言人郭嘉昆於23日例會上回應美媒提問時表示，雅下水電工程建設是中國主權範圍內的事，旨在加快發展清潔能源，大力改善當地民生，積極應對氣候變化。中方在跨境河流開發上始終秉持高度負責任的態度，也有豐富的水電工程開發經驗。雅下水電工程規劃設計和建設，嚴格按照中國行業最高標準，全方位開展工程建設，生態環保，避讓多處重要生態環境敏感區，最大限度保留原始生態系統。「雅下水電工程建設有利於全流域防災減災，不會對下游地區產生不利影

響。中方同有關下游國家開展了水文報汛，防洪減災等合作，也就雅下水電工程進行了必要溝通，將繼續同下游國家加強合作，造福流域人民。」郭嘉昆說。

今年4月19日，印度主流英文大報《印度時報》刊登對中國駐印度大使徐飛洪的書面採訪。徐飛洪採訪中談到，中方從不謀求「水壩權」，不會利用水資源正常開發「脅迫」下游國家。雅下水電工程項目不會對下游國家生態環境、地質、水資源權益造成不良影響，反而一定程度上有利於下游防災減災和應對氣候變化。中通社