

当我们谈论储能，大家通常会想到电池，对吧？就像我们海集能为通信基站提供的站点电池柜一样。但今天，我想带你探讨一个更宏大的、属于工程学与地质学交叉领域的储能构想——利用盾构机技术来构建抽水蓄能电站。这个想法听起来或许有些天马行空，但它实际上触及了现代能源转型中一个核心的物理与工程学挑战。

## 盾构机用于抽水储能的原理

当我们谈论储能，大家通常会想到电池，对吧？就像我们海集能为通信基站提供的站点电池柜一样。但今天，我想带你探讨一个更宏大的、属于工程学与地质学交叉领域的储能构想——利用盾构机技术来构建抽水蓄能电站。这个想法听起来或许有些天马行空，但它实际上触及了现代能源转型中一个核心的物理与工程学挑战。

让我们从一个现象开始。可再生能源，尤其是风电和光伏，具有显著的间歇性。太阳下山后，光伏出力归零；风静之时，风机叶片停转。电网需要稳定，这就产生了对大规模、长时储能的需求。抽水蓄能是目前技术最成熟、容量最大的储能方式，原理很简单：在电力富余时，用电把水从低处水库抽到高处；在电力短缺时，放水发电。其核心工程挑战在于，它极度依赖特定的地理条件——你需要找到合适的、有足够高差的两个天然水体，或者，投入巨大成本去人工建造它们。这就引出了我们的关键思考：能否像修建地铁隧道一样，在地下深处，人为地、高效地创造出这两个“水库”呢？

这时，盾构机登场了。这种为挖掘隧道而生的庞然大物，其原理或许能为地下抽水蓄能提供一种全新的工程路径。传统的抽水蓄能电站选址受制于地形，而盾构机的核心能力，是在几乎任何地质条件下，按照预设的直径和路径，精准、高效地掘进并构建出坚固的隧道结构。想象一下，我们不再完全依赖地表的山谷，而是利用盾构机，在稳定的岩层深处，挖掘出两个巨大的、水平或近似水平的“腔体”作为储水库，并用倾斜或垂直的隧道将它们连接，形成水位差。上水库可以是人工挖掘的深埋地下洞室，下水库也可以是另一个深层洞室或利用已有的地下空间。盾构机负责完成这些复杂地下空间的“骨架”构建，随后进行衬砌、防水等处理，使其成为密封的储水容器。

从数据层面看，这种构想并非空谈。根据国际水电协会（IHA）的报告，抽水蓄能提供了全球超过90%的已投运储能容量，但其进一步发展受限于合适站址的稀缺。地下化是拓展其潜力的重要方向。一些前沿研究已经开始评估利用废弃矿井或专门挖掘的地下洞穴建设抽水蓄能的可行性。虽然目前尚无完全由盾构机掘进的商业化大型抽水蓄能电站，但盾构技术在水利工程（如深埋排水隧道、跨流域调水工程）中已有成熟应用，其掘进直径可达十几米，完全有能力构建出足够容积的储水空间。其技术逻辑是成立的：用现代隧道工程技术的确定性和灵活性，去弥补自然地理条件的随机性和局限性。

我们海集能（HighJoule）在储能领域深耕近二十年，虽然我们的主营业务聚焦于电化学储能系统，例如为那些弱电弱网地区的通信基站提供一体化的“光储柴”微站能源柜，但我们对整个储能技术生态的发展保持着高度的关注和敬意。我们理解，能源转型需要多元化的技术解决方案。就像我们通过高度集成和智能管理，将光伏板、电池柜、控制器打包成一个可靠的站点能源解决方案一样，大型抽水蓄能电站也是一种“集成”，它集成的是势能、水轮机、发电机和庞大的土木工程。不同尺度的技术，服务于同一个目标：让能源更稳定、更绿色、更智能。

说到这里，或许可以看一个贴近我们业务的类比案例。在蒙古的草原地区，建设传统电网异常困难且成本高昂。我们为那里的物联网微站和安防监控站点，提供了集装箱式的光伏储能一体化解决方案。这个方案的核心思想是“集成化”和“环境适配”——将发电、储能、管理集成在一个坚固的箱体内部，适应极端寒冷与风沙气候。那么，放大到国家电网级别，“盾构机抽水蓄能”构想，何尝不是一种更宏大的“集成化”与“环境创造”？它不再被动寻找环境，而是主动利用工程技术，在缺乏自然条件的区域，“创造”出一个适合储能的地理环境。这需要跨学科的魄力，从地质勘探、盾构掘进，到水力机械、电网调度，形成一个全新的产业链条。

当然，这个构想面临巨大的挑战。地下工程成本、岩层稳定性、水体密封性、系统效率、对环境的影响评估，都是需要深入研究的课题。但技术的进步往往始于大胆的设想。当电池技术在努力提升能量密度和循环寿命时，土木工程领域也在思考如何为储能提供更广阔的物理空间。这两种路径并不矛盾，而是互补的。未来电网，很可能由遍布城乡的、类似海集能提供的分布式智能储能节点，与若干个深埋地下的、犹如“能源海绵”的大型抽水蓄能电站共同构成，一个应对日常波动和局部需求，一个平滑大规模、长周期的功率失衡。

所以，回到我们最初的问题。盾构机用于抽水储能的原理，其内核是一种工程思维的范式转换：将储能设施从“依赖地形”的土木工程，部分转变为“创造地形”的精密地下空间开发工程。它借助了现代隧道掘进技术的强大能力，试图突破抽水蓄能发展的地理瓶颈。这不仅仅是一个技术问题，更是一个关于我们如何运用已有技术工具，去重新塑造能源基础设施形态的经济学与社会学问题。我们海集能正在做的，是为全球数以万计的“站点”提供即插即用的绿色能源保障；而这项宏大的构想，则是在为整个区域的电网打造“压舱石”。两者尺度不同，但那份通过技术创新推动能源可持续发展的初衷，是相通的。

那么，下一个值得思考的问题是：如果这项技术未来变得可行，它最先会在哪些地区、与哪些可再生能源项目结合，发挥出最大的价值？是广袤的平原，还是沿海的都市圈？期待听到你的见解。

---

来源: <https://hjajiot.com>