

› N.D.德朗斯： 一个巨大的蓄 电池

全球向可再生能源转型的一大挑战，是在没有太阳或风力的情况下发电。对一项百年技术的革新提供了一个优雅的解决方案。抽水蓄能水电站利用重力来存储大量的绿色能源并且按需发电。在瑞士阿尔卑斯山的N.D.德朗斯电站，钼合金化高强度钢对于电力输送至关重要。

根据国际能源署的数据，在可再生能源中，太阳能和风能被认为是减少温室气体排放（到2050年前）最可行的方式。然而，这两种能源可否被利用取决于自然环境，这使得太阳能和风力发电存在很大变数，不像化石燃料电厂那样稳定可靠。例如，如果某一天风力过强，产生的电力超过需求，如果不进行足够的存储，这些电力将被浪费。供应和需求不匹配使社区面临停电或电涌的风险。水电储能，也称抽水蓄能，提供了解决方案，并可替代电厂大规模的电池组。当电网中有多余电力时，可用其将水从低海拔的水库泵送到高海拔的第二水库，就像为巨型电池充电一样。当需要时，水被释放并利用重力驱动水轮机，产生电力。根据国际水电协会的数据，目前抽水蓄能是迄今为止最大的“电池”技术，占全球储能设施装机容量的90%以上。全球水力发电站存储的能源数量远远超过地球上所有传统电池包括电动汽车储能的总和。

在瑞士阿尔卑斯山建水电站

抽水蓄能并不适合任何环境：例如，干旱会严重损害系统的功能。水力发电技术也会影响敏感脆弱的生态系统。而且，水位必须有一个显著的落差：落差越大，能源效率越高。而在有大量空间、水和山脉、可以利用高度落差的地区，抽水蓄能具有补偿电力供求波动的巨大潜力。根据澳大利亚国立大学的数据，全世界有超过60万个场地可能适合安装抽水蓄能水电机组。

德朗斯水电站的一组数字

发电量：900兆瓦

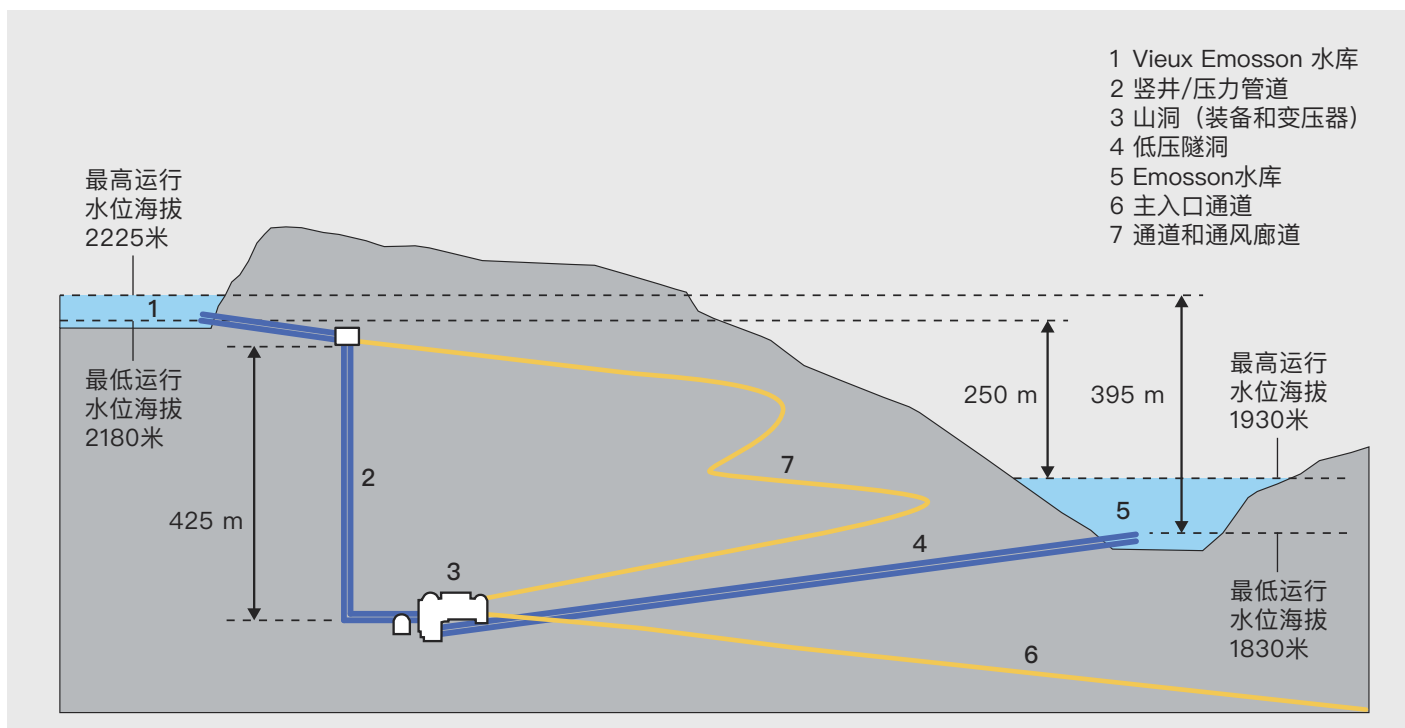
混流式水轮机：6台，每台容量150兆瓦

存储容量：2000万千瓦时，约40万电动汽车电池

地下水轮机室长度：194米

Vieux Emosson水库容量：2500万立方米，约20小时电力

抽水蓄能应用的一个很好的例子是瑞士，该国几乎所有的电力都是通过无碳的水力发电和核能发电产生的，大约60%来自水力发电，35%来自核电。该国是全球发电碳排放量最低的国家之一，而其从核能发电向可再生能源转型的能力取决于大规模的储能解决方案。N.D德朗斯的建造提供了存储容量，实施了低碳发电，并增加了系统灵活性。该电站不仅对瑞士电网的稳定至关重要，而且对整个欧洲电网的稳定也至关重要。例如，如果德国的一个风电场供电过剩，这些能量可以转移并储存在N.D德朗斯电站。



现有的两个水库具有显著的高度差，这给位于瓦莱州阿尔卑斯山的该项目以启示。水库由一对2公里长的大型平行管道连接，叫做“引水渠”，其中包括425米高的竖井，直径约7米。通过引水渠输水的两条管道称为“压力管道”，采用混凝土衬里并在应力较高的区域采用高强度钢进行加强。承受最高应力的部件使用含钼调质钢S690 QL1，这包括进出竖井的管道弯头、法兰以及为六台水轮机供水的竖井底部的加固分配器。一些应力最高的区域采用厚度达130 mm的S690 QL1钢板，含钼量高达0.7%。帮助控制引水渠两端水流进出的闸门外壳也由这种钢制成。水倾泻而下的力量是巨大的，但重型钢板可以承受，尤其当它们钼合金化之后。



➤ 加固的分配器内部。它将每个大直径压力管道分成三个分支，每个分支为一个水轮机提供水力。

是什么使钢变得坚固？

当要求钢板的屈服强度超过500MPa时，钼变得重要，尤其是对于较厚的钢板。在高温热处理后对钢板进行淬火处理时，钢板中心的冷却速度比表面慢，这一现象随着钢板截面变厚而变得更加明显。冷却速度的差异

会带来问题，因为它会导致钢在整个厚度上强度不一致。钼对于较厚的钢板很有价值，因为它帮助钢板沿厚度方向的强度均匀分布。

➤ 大型压力管道在最高应力区域（如弯头）采用高强度钢加固。



因此，钼是高强度压力管道的关键硬化元素。抽水蓄能电站所用的钢材是厚板，需要具有特别高的硬度、强度和韧性，但也可焊接。钼有助于重型钢在硬度和韧性之间获得理想的平衡。强度和韧性常常不可兼得，韧性是衡量材料吸收冲击能力的指标。想象一下，一块很硬的玻璃，也需要像橡胶一样具有高减震特性。高强度钢可以回火（一种热处理形式）以提高韧性，但随后材料通常会失去部分所需的强度。而钼在很大程度上防止了回火过程中强度的过度损失，并保持了韧性。在回火过程中，钼自身或与其他元素（如铬和微合金）一起析出，形成所谓的“纳米碳化物”，其金相组织是非常坚硬的显微颗粒。这些分散在显微结构中的微观颗粒导致了二次硬化。当钢按照精心设计的时间-温度进行加热和冷却时，其显微结构可以根据各种不同的相成分、晶粒尺寸和其他结构特征进行调整，从而产生完全不同的特性。钼在控制相形成特别是促进高强度微观结构形成方面起了主要作用。

N.D. 德朗斯水电站： 卓越的能源效率

N.D.德朗斯电站装机容量为900兆瓦，大约相当于一个典型的核反应堆，是欧洲最强大的电站之一。其运行效率超过80%，是抽水蓄能电站所能实现的最高效率之一，远远高于传统的火力发电厂。例如，燃煤电厂的平均效率仅超过33%。它们也可能需要数小时才能满负荷运行。而N.D.德朗斯电站可以在两分钟内启动，在不到五分钟的时间内从抽水到发电，因此它几乎可以立即对任何需求激增或供电不足做出反应。

由于N.D. 德朗斯水电站将大大提升瑞士电网对电力供需快速变化的响应能力，瑞士著名的铁路系统公司SBB成为该项目的股东。SBB的列车完全电气化，所需要的电力与瑞士最大城市苏黎世需要的电力一样多。然而，铁路系统的电力需求在一天之中变化很大，当凌晨时分全国各地的机车几乎同时通电启动时，电力需求达到几百兆瓦。当列车按照同步的列车时刻表离开车站时，电力需求也会每半小时激增一次。

但是，隐藏在瑞士阿尔卑斯山原始山峰中的这些大型设备到底在哪里？整个工厂都建在一座山上。将如此多的蓄能设施装备隐藏在山中，不仅可以保护阿尔卑



水泵水轮机的安装。水轮机叶片由马氏体不锈钢制成，钼含量为0.3–1.0%

斯山的壮丽景色，还可以减少其对当地生态系统的影响。用一台巨大的隧道掘进机挖掘了超过17公里长的隧道。一条5公里长的隧道通向一个敞开的地下发动机室，水轮机放于此处。虽然它在地下600米，但房间如此巨大，甚至安放比萨斜塔都绰绰有余！大部分大型钢管和其他部件的焊接都是在洞穴中进行的。水电站的建设历时14年，于2022年7月开始运营。

世界向清洁能源的过渡将充满挑战。能源供应固有的变化不定的特点要求大量的储能装置。而解决方案正在开发之中，有些方案已经实施，比如水电蓄能。N.D. 德朗斯水电站是实现大规模储能的一个成功范例，它通过钼合金化高强度钢的特殊性能，使储能更加可靠和持久。在这项更可持续地满足世界能源需求的技术中，钼再次发挥了重要作用。
(Karlee Williston)