

# 会爬坡的“永宁号”贯通了！ 这是全国首例TBM斜井施工



贯通现场

## 垂直落差超550米 施工难度国内罕见

对于重达1550余吨、一万多个零部件构成的“永宁号”，坡度每上升一度，对于施工安全、技术都是极大的考验，但最大的考验还是复杂的地质条件。

此次斜井施工的区域，地质以中风化新鲜斑状花岗岩等Ⅱ、Ⅲ类围岩为主，并穿越两条断层破碎带，施工环境复杂，施工难度国内罕见。

针对不良地质段及风险区域施工难点，项目通过加固撑靴作用区、回填砂浆、控制设备推进速度和推力等方式，确保在每次换步设备调向时，设备的掘进姿态和精度都处于可控范围，保证TBM的掘进效率。

据了解，“永宁号”施工的两条引水斜井，垂直落差超550米，项目技术团队围绕“安全、可靠、高效”的目标，充分调研、试验总结，设计出一套可载人载物的永磁电机内装式斜井提升运输系统，从而解决了大倾角、溜车、出渣堵塞、材料运输和支护困难等难题。

该系统在有效保障人员、混凝土料、耗材等物料运输安全的同时，还能快速整体拆移，提高了生产效率，降低了施工成本，对斜井TBM安全、快速施工具有重要的借鉴意义。

## 优化改进溜槽系统 解决渣土外运挑战

和平洞施工相比，斜井施工安全风险高，在TBM掘进过程中，开挖出来的渣土如何安全运到地面也是一个难题。运输过程中一旦有碎石沿着斜坡滚落，随着重力加速度，碎石会越来越快，将会造成难以估量的危险。

为此，项目部在原有的运渣基础上，对溜槽系统进行优化改进，不仅保证了掘进过程中的安全，还成功实现了渣水分离。分离后的废水经过污水处理池的过滤，最终达到安全水质标准进行排放，保证了绿色环保目标的实现。

在该工程建设中，项目完成专利申报48项、工法申报4项。经评定，大直径斜井TBM始发和拆机关键技术均已达到国际先进水平，在提升抽水蓄能电站工程本质安全水平、成洞质量、工艺水平、开挖进度以及显著改善施工环境方面积累了丰富经验。

洛宁抽水蓄能电站引水斜井TBM的顺利贯通，不仅打破了传统钻爆法施工的壁垒，也为后续国内TBM在复杂的大倾角环境中施工提供了重要的借鉴意义，将进一步推动抽水蓄能电站建设的机械化施工进程，为抽水蓄能电站工程建设管理转型升级注入新的动力。

9月9日下午3时18分，伴随着阵阵轰鸣声，“永宁号”TBM前端刀盘飞速旋转，犹如巨龙般穿山破土而出，水电六局承建的国网新源河南洛宁抽水蓄能电站2号斜井精准贯通，标志着国内首次采用TBM(硬岩掘进机)施工的大倾角、大直径抽水蓄能斜井顺利完工，开了我国使用TBM斜井施工的先河，为我国抽水蓄能电站全方位采用机械化施工提供了新方法、新思路，奠定了我国抽水蓄能电站机械化施工的世界领先地位。

□大象新闻记者 梁新慧  
通讯员 董超雯/文图

## 共同研制“永宁号”，创新改进32个系统

为了解决传统施工方法的局限性，水电六局、国网新源洛宁公司、中铁装备工程集团有限公司共同研发制造了“永宁号”TBM。

据悉，广义的TBM就是隧道掘进机(Tunnel Boring Machine)，是掘进、支护、出渣等施工工序并行连续作业，机、电、液、光、气等系统集成的工厂化流水线隧道施工装备，具有掘进速度快、利于环保、综合效益高等优点，可实现传统钻爆法难以实现的复杂地理地貌深埋长隧洞的施工，广泛应用于铁道、水电、交通、矿山、市政等隧洞工

程施工。

此前的TBM施工，隧洞是直的，TBM只需直线向前掘进即可。而此次抽水蓄能电站的两条斜井，则需要TBM呈倾斜方向施工，是全国首例采用大倾角斜井TBM施工的项目，首创将引水上斜井、中平洞和下斜井优化成一级斜井方案，开创了国内抽水蓄能电站建井的新模式。

为此，科研人员针对“永宁号”的技术难题开展了针对性设计。制造过程中，他们多次提出优化改进意见和建议，对32个系统进行创新性改进。

## 巧思解决组装难题，达到国际领先水平

据了解，洛宁抽水蓄能电站斜井开挖直径7.23米，其中1号引水斜井927米，2号引水斜井878米，倾角分别为36.236度和38.742度。

而“永宁号”TBM全长120余米，重达1550余吨，相当于10架波音747加在一起的重量，是常规平洞施工使用的TBM重量的两倍。

自重越重，施工难度就越大。作为全国首例斜井施工科研项目，大倾角“永宁号”TBM不断“爬”出新速度，2号引水斜井历时4.5个月完成掘进，创下了日进尺22.75米、月进尺331.065米的国内新纪录。

由于国内没有相关经验可以

借鉴，在施工起步阶段，他们就经历了难以想象的困难。

原来，在TBM组装时，整个操作平台十分狭小，TBM全部组装完成有120余米，可供组装作业的场地长度仅有50米。面对难题，项目团队不断探索与试验，确定了先组装一部分、再掘进一段、然后再组装一段的方案，最后顺利组装完成。

在项目部全体人员的通力配合下，仅用了20余天就完成了整机全部组装，与在宽阔的平洞TBM场外组装速度(26天左右)相差无几。在不足整套设备一半长度的空间内完成组装的成果，达到了国际领先水平。

## 洛宁抽水蓄能电站 后年全部投产发电

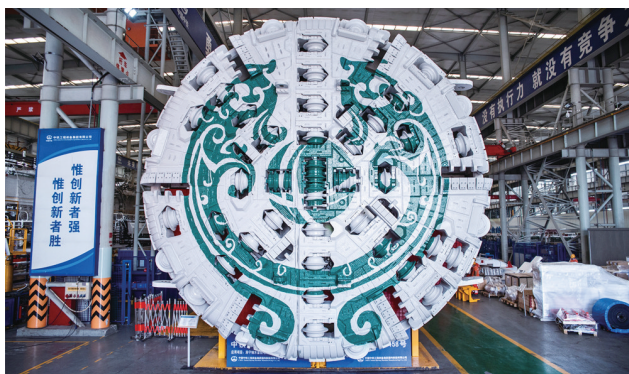
国网新源洛宁抽水蓄能电站位于河南省洛宁县涧口乡，总装机容量140万千瓦，安装4台35万千瓦可逆式水泵水轮发电机组。

作为国家可再生能源发展和水电发展“十三五”规划重点开工项目、河南省“十三五”能源发展规划和在省的省重点项目、华中地区目前在建装机最大的抽水蓄能电站，洛宁抽水蓄能电站工程总投资88.8亿元，计划于2025年首台机组投产发电，2026年全部投产发电。

该电站属清洁能源项目，建成后主要承担河南电网的调峰、填谷、调频、调相、电网运行安全及紧急事故备用等任务，能够极大优化河南及洛阳地区电源结构。同时，蓄水后的库区水体还将显著改善区域生态微环境，稳定保障山涧生态径流及生态资源抚育，极大促进区域生态和谐发展。

抽水蓄能电站要想正常运转，必须建设两条引水斜井，连接上、下游库区。

此前，抽水蓄能电站引水斜井施工，一般采用反井钻导井开挖和人工钻爆扩挖法，该工艺施工质量控制难度大、人工投入多、安全风险高，制约着工程质量与进度。



在总装车间内的“永宁号”