

上世纪90年代以来，礮石大桥和海湾大桥两座跨海大桥的相继开通，结束了百年来人们轮渡过海的历史，密切了汕头内海湾南北两岸的联系。如今，这里即将迎来第三条过海通道。

近日，由中信集团投资、中铁隧道局设计施工总承包的超大直径越海盾构隧道——汕头海湾隧道，历经7年建设完成了一场贯穿海底的跨越之旅，即将于明日10时开通运行，与项目终点虎头山隧道同时开通，掀开我国跨江越海隧道建设的新篇章。



据统计，从地区上看，上海修建的大直径盾构隧道最多，其次就是广东省、浙江省和江苏省。截至2021年底，国内61项14米以上超大直径盾构隧道中，国产盾构占25项，达41%。占比偏低缘于在2008年前，我国项目大直径盾构主要依赖于进口，2015年后国产大直径盾构市场占有率大幅度提高。近几年，国内中铁装备、中国铁建重工、中交天和、上海隧道机械厂等综合占有率达85%以上。

值得关注的是，汕头海湾隧道泥水盾构(常压刀盘)就是由我国中铁工程装备集团有限公司自主研发制造的首台超大直径15米级盾构刀盘，相当于5层楼高。汕头海湾隧道西线盾构采用的就是首台具有自主知识产权的国产超大直径泥水盾构机。

该盾构机集合了超高承压能力系统集成设计、常压换刀技术、伸缩摆动式主驱动技术、双气路压力控制技术、智能化程度高五大创新点，对周边环境影响小、工厂化作业程度高、地面沉降控制精度高、安全高效，在我国一系列的穿江越海隧道施工中有着独特优势，堪称地下工程高端装备的“大国重器”。

中铁隧道局苏埃通道南岸工区土木副总工程师杨杰告诉记者，汕头海湾隧道作为国内首座最大直径泥水盾构过海公路隧道，具有“大、浅、高、硬、险”五大施工技术难点。依靠技术创新和管理创新解决了孤石群地层掘进、高黏度软土地层掘进、长距离浅覆土高水压掘进、海中高强度基岩凸起、淤泥地层带压进仓等工程重难点。

。

其中，“大”是指采用的泥水盾构机直径达15.03米，属于超大直径；“高”是指苏埃通道处于高地震烈度区，达到8度；“硬”是指岸上段孤石和海中基岩段，岩石的强度高；“浅”是指盾构机上方覆盖层厚度薄，没有达到通常要求的盾构机直径一倍以上；“险”是指海湾隧道地质复杂、施工难度大、安全风险高，尤其是海湾隧道处于软硬不均地层，有三段长达182米基岩突出段。

这是个里程碑式的工程，尤其是盾构机成功穿越了未经处理的高强度基岩段和孤石区。随着汕头海湾隧道工程的成功实施，其在超大直径泥水盾构刀盘刀具系统适应性设计技术、水下隧道极软极硬复合地层超大直径盾构掘进时的参数控制技术，以及超大直径泥水盾构开挖面稳定及姿态控制技术方面所取得的成果，提升了我国在极端工况条件下的超大直径盾构装备设计研发和应用能力，增强了国产超大直径盾构装备的性能和市场竞争力，带动了盾构装备研发、设计、制造、应用等环节的持续发展，打破了国外大型盾构长期垄断的局面。

业内人士指出，工程建设过程中形成的地震高烈度地区隧道抗震设计，将对未来隧道抗震设计施工起到指导作用。大量已验证过的基础数据的提供和积累下来的建设经验，也将对我国未来开工建设的琼州海峡隧道、烟大隧道等重大项目具有重要参考意义。“我国穿江越海隧道科技已达到世界先进水平。”项目曾获得中国工程院院士钱七虎的高度评价。



南岸风塔亮灯。南方+ 杨立轩 拍摄



隧道总工程师细数隧道施工“骄傲瞬间”

“有种说不出的幸福感”

城市畅动脉，出行越江海。7年来，一群来自五湖四海的技术工程师在潮汕大地默默筑潜龙，他们远离聚光灯，是承担着工程质量的后盾，撑起海底隧道的关键力量。近日，记者采访了来自汕头海湾隧道项目北岸、南岸、机电工程的总工程师们，讲述隧道施工过程中的骄傲瞬间。

创新盾构技术

突破极硬基岩凸起段

中铁隧道局苏埃通道南岸工区土木副总工程师杨杰来自重庆，2017年开始跟进汕头海湾隧道项目，他印象最深刻的是团队克服了隧道盾构机在掘进基岩过程中面临的^{最大}难关。

据他介绍，由于基岩段掘进时因上部土体极软、下方基岩极硬，强度差异大，进度慢、风险高，对人的心理和身体都有较大的考验。基岩段施工过程更换了大量的工具，得益于项目有预见性地配备常压刀盘的泥水平衡盾构机，可以在常态气压情况

下进行刀具抽检更换，极大地降低了施工风险、提高了施工效率。针对不同地层配置不同刀具，在软土地层掘进时少装滚刀、多装撕裂刀，提高掘进速度;在基岩凸起段时换掉撕裂刀、多装滚刀。

杨杰告诉记者，当时西线隧道第三段基岩凸起长度达71.8米，岩石主要为中微风化花岗岩，地勘揭露岩石最高强度达216兆帕，是东、西线盾构隧道六段基岩凸起中岩石强度最大、施工风险最高的一段。为更有效应对超强硬岩，汕头海湾隧道项目部根据西线基岩掘进实际情况，并结合东线盾构过基岩凸起段的经验进行了一系列管理和技术上的探索创新。

项目部以盾构及掘进技术国家重点实验室的智慧盾构TBM工程大数据平台为依托，指定专人24小时对渣样中的岩石进行统计分析，实时掌握刀具破岩状况。根据项目研发的掌子面声音采集系统，在主控室内对中心锥破岩的声波进一步分析，确定基岩起伏范围。全过程实时对掘进参数、刀具监测参数进行匹配分析，科学设定掘进参数，保证安全有序可控掘进。

“我还记得，当时盾构机每分钟推进1—3毫米，”杨杰告诉记者，盾构机正常掘进速度在30—40毫米，如此缓慢的掘进速度也反映了基岩段掘进之困难，“我们在主控室内盯着数据，这是非常煎熬的过程，需要我们精神高度集中。”杨杰分享了一个小细节，当时掘进一环更换了12个刀筒，可见施工强度之大。

奋战一线上下一心

提前完成施工任务

在今年4月底，有一个令中铁隧道局苏埃通道北岸工区总工程师任玉龙印象深刻的节点。“粤东城际下穿节点工程施工技术难度大、风险高，存在基坑失稳及承压水突涌风险，需拆除已经施工完成的隧道结构，再回填基坑。”

据其介绍，城际下穿节点段主要难点和风险在于粤东城际下穿节点工程原设计隧道结构基本施工完成，基坑受力体系已由支撑受力转换至主体结构上。拆除已施工主体结构，破坏了基坑受力体系，结构拆除过程中存在基坑失稳的安全隐患。

前期围护结构已多次存在扰动的情况下，二次开挖基坑重建主体结构，围护结构易出现渗漏水、基坑失稳风险，并且施工区域位于汕头市城区，环保要求高。同时受疫情影响，施工作业人员、材料等组织难度大。“为确保安全、优质、快速完成施工任务，项目精心组织、多措并举、注重落实、上下一心、全力组织，相比原计划4月30日封顶工期提前了4天，圆满完成了既定目标。”任玉龙骄傲地说。

临近隧道通车，汕头海湾隧道项目部一众工作人员夜以继日地开展验收、调试工作。“连续3天都只睡几个小时，”中铁隧道局集团有限公司汕头海湾隧道工程项目部机电工区总工程师石伟龙说，“但看着自己辛苦了几年的项目呈现出的成果，我的心情十分激动。”

石伟龙来自河南周口，他从2018年元旦开始跟进汕头海湾隧道项目，2020年11月机电工程正式实施，他带领机电团队成员奋战在一线。他告诉记者，机电工程项目中最难的主要是两个方面的内容。第一难点是海湾隧道机电系统的联调联试，调试涉及系统多、时间短、任务重，最后在监控中心搭建综合监控一体化应用软件平台，实现对各子系统内和系统之间输入、输出的闭环控制，实现各种预案程序和自动联动控制功能。“这是一个复杂的过程，需要无数次调试。”

第二个是海湾隧道的两个通风塔，石伟龙介绍说，隧道南北岸的两个通风塔是隧道空气流通的关键，被称作隧道的呼吸系统，风塔将新鲜空气送入隧道内，并将隧道内汽车废气排出隧道。但由于通风塔采用钢筋混凝土核心筒加钢结构加幕墙的设计，属于异型空间结构，精度要求高、安全风险大，是项目的技术和安全管理重点。今年6月，南岸风塔正式亮灯，石伟龙内心油然而生一股自豪感。“南北岸风塔能有今天的效果展现，是广大市民的专业选择，我能参与其中把它真切地屹立于苏埃湾两岸，有种说不出的幸福感，好像与汕头人民同梦想，共奋斗。”石伟龙表示，下一步将继续做好对相关人员的运营培训，确保机电系统的日常运行。

【记者】 吴利婷 余丹

【制图】 肖俏

点击图片，一键报料↓↓↓