

甬舟铁路施工队伍攻克一系列技术难题——

“一隧三桥”跨山海 甬舟同城向未来

本报记者 窦瀚洋

在浙江，一条铁路线从开工之初就备受瞩目，这就是连接宁波至舟山的甬舟铁路。它将改变舟山市不通铁路的历史，补齐浙江“市市通高铁”的最后一块“拼图”。

5月16日，金塘海底隧道宁波侧和舟山侧，两台超大直径盾构机刀盘同时转动，开启相向穿海之旅，标志着世界最长海底高铁隧道建设进入盾构掘进阶段。“甬舟号”和“定海号”

两台盾构机最终将在海底“会师”。

甬舟铁路是国家中长期铁路网规划中的重大项目，全长76.4公里，其中新建线路全长70.137公里，建设工期6年，中途跨越东海海域，因其施工难度大被称为“世界级跨海工程”。眼下，甬舟铁路全线重点工程“一隧三桥”全部开工建设，记者走进工程现场，看大国重器如何“钻天入地”、施工队伍如何攻关技术难点。

桥隧比超90%，施工难度大

在非山即海之地修铁路有多难？因地理环境复杂、施工难度大，甬舟铁路在开工前经历了10年前期研究。

舟山作为群岛城市，与宁波隔海相望，地理条件极其复杂。不到77公里的甬舟铁路线上，有大中桥梁36座、隧道17座，桥隧比超过90%，跨海段总长达10公里，施工难度不言而喻。

中铁第四勘察设计院甬舟铁路总体设计负责人程小平介绍，之所以桥隧比例高，一方面是因为项目所经之地非山即海的地形地貌条件决定的，另一方面是能减少铁路用地以及对周边环境的影响。

不仅如此，线路还依次跨越了金塘水道、西堠门水道、桃夭门水道、富翅门水道。“跨越这4个水道，富翅门水道、桃夭门水道、西堠门水道是东海有名的急流区，因流速急、海床呈裸岩形态导致洋流紊乱，因此当地流传有“船老大好做，西堠门难过”的说法，施工面临“风大、浪高、水深、流急”的挑战，加上海床基岩裸露，施工难度很大。

为达到通航需要，西堠门公铁两用大桥单跨设计必须达千米以上。综合考虑通航需求和海中复杂地形地质等因素后，设计团队结合柔性悬索桥大跨和斜拉桥刚性的优势，在国内首创“悬索+斜拉”及公铁同层设计，将跨海铁路桥单跨一举推至1488米，建立了大跨度“悬索+斜拉”协作体系的计算理论，填补了相关桥梁设计方面的空白。

金塘水道是宁波舟山港进出通道，每年有上万艘次的各类运输船途经此处，高速铁路建设如何寻找路径？施工团队把目光投向了隧道，这样不会影响10万吨级以上船舶自由出入。

“如果采用桥梁跨越，会大大降低其通航能力，给宁波舟山港带来损失。”中铁第四勘察设计院甬舟铁路金塘海底隧道设计负责人刘岩解释，由于地质条件复杂、隧道上方海运繁忙、海浪高且急，隧道设计面临“大断面、高水压、长掘进、强腐蚀”等一系列技术难题。

浙江义乌：组团结对 壮大村集体经济

“‘共富大棚’为我们农户提供了便利，既减少了资金投入，又提供了稳定的种植环境，让农户实现‘拎包入住’。感谢‘帮帮团’带来这么好的项目，为村里谋了一条致富路。”浙江省义乌市上溪镇董皇塘村村民吴卫根说。

皇塘村村民口中的“帮帮团”是义乌市供销社机关党支部组建的“助村帮帮团”。作为义乌市百个“助村帮帮团”之一，义乌市供销社响应义乌市发起的“百团结百村”共建共富行动，统筹供销社、村集体等各方资源，优化盘活村集体土地，先后在上溪镇、义亭镇、赤岸镇等6个乡镇15个行政村建设90个“共富大棚”，并将大棚所有权无偿交给村集体。

依托供销社为农服务综合平台和物流、电商等优势，“共富大棚”既可为村民提供科学种植、田间管理、病虫害防治、农技咨询等针对性技术指导服务，又能依托供销社现有农产品流通渠道，推动产销衔接，降低农户种植风险。

袁京胜是上溪镇五塘村村民。今年，他租的“共富大棚”种上了丝瓜、辣椒、南瓜、玉米等农作物。他说：“原来种植瓜果蔬菜，满打满算可以种2季。有了大棚之后，可以种到3季，蔬菜品质也更有保障了，一年下来预计增收2.5万元。”

义乌市供销社“助村帮帮团”成员张睿介绍，“供销社目前累计建设完成的90个‘共富大棚’，总占地面积近12万平方米，总投资1100余万元，预计年产量超70吨左右，每年带动所在村集体经济增收超50万元，辐射受益农户1000户以上。”

近年来，为进一步动员社会各界力

量，共同助推强村富民，义乌市探索构建组团帮扶模式，自2022年起启动“百团结百村”共建共富行动，全市组建100个由1家机关事业单位（含国企）、1家企业、1名村“第一书记”、1名科技特派员、1名法律顾问、1名金融顾问组成的“助村帮帮团”新型帮扶团队，结对义乌市100个集体经济相对薄弱村。

因地制宜，工程建设忙

经过前期大量研究与考证，甬舟铁路最终确定在跨西堠门、桃夭门、富翅门水道上采用公铁两用桥方案上跨，在跨金塘水道采用隧道方案下穿。

“为节约通道资源并降低建设总费用，在修建跨海通道工程时，一般首选公铁合建桥梁方案，分别单建的成本要远大于公铁合建，这是典型的‘1+1>2’。”程小平说。

2020年12月，随着舟山市册子岛上挖掘机铲下第一抔土，甬舟铁路正式开工，随后进入火热施工状态。

今年4月，金塘海底隧道舟山侧，“定海号”盾构机开始下井。随着一声令下，一台800吨和一台400吨重的履带吊同时启动，将“定海号”盾构刀盘缓缓抬离地面。

“定海号”盾构机总长135米，总重约4350吨，是普通机型重量的8倍，可以说是盾构机中的“巨无霸”，由刀盘、主机、设备桥和4节拖车组成，刀盘直径达到14.57米。其刀盘涂装“东海龙王”图案，寓意着“定海神龙”，也表达了建设者挑战世界级工程难题的决心。

在司队长指挥下，800吨履带吊与400吨履带吊配合默契，一点点将水平放置的刀盘调整至“侧立”位置并保持刀盘稳定，随后紧贴工作井缓缓下放，刀盘与井壁的最小距离仅有约20厘米，多名司工通过绳索牵引进行微调，确保下放过程刀盘与井壁零碰撞。

在近40名作业人员的相互配合下，刀盘接连完成起吊、转身等工作，经过约2个小时的吊装，“定海

号”盾构机刀盘成功下井，与在井下的盾构机主机实现精准对接、合体。

据悉，要在海面下最大埋深78米的复杂地质地层里打隧道，单向掘进11.2公里至少需要7年，且单台盾构机使用寿命难以满足。为了甬舟铁路早日通车，两台盾构机分别从宁波和舟山方向朝海底掘进，预计将于2026年底在海底对接，实现“双向奔赴”，这种方法在国内尚属首次。

与此同时，其他施工段工程有序进行。3月16日，富翅门公铁两用大桥首根桩基灌注完成，标志着大桥建设进入全新阶段；3月26日，伴随着最后一方水下混凝土顺利灌入导管中，桃夭门公铁两用大桥5号主塔墩首根3.5米大直径钻孔桩基础浇筑完成，该桥进入全面建设施工阶段；5月15日，历经74天的紧张抛石嵌固施工，西堠门公铁两用大桥4号主塔墩首根嵌固式设置沉井正式就位，标志着大桥建设进入全新阶段……

目前，甬舟铁路全线“三桥一隧”四大重点工程全部进入主体结构施工阶段。

自主研发，技术亮点多

西堠门公铁两用大桥主跨1488米，桥面宽度达到68米，是目前世界最大跨度公铁大桥，也是世界最宽跨海大桥；富翅门公铁两用大桥是全球最大跨度的高低塔公铁平层斜拉桥，也是世界首座桥塔中穿臂式钢箱梁斜拉桥；全长16.18公里的金塘海底隧道，比港珠澳大桥的隧道还要长将近10公里，建成后将成为国内首条外海盾构隧道，也是世界长度最长、地层最复杂的海底高铁隧道……

甬舟铁路线创下诸多“全国第一”“全球第一”，更展现出中国技术、装备的实力：超大直径盾构机“定海号”最大开挖直径14.57米，总重量达4350吨；重达7600吨、平面尺寸1.3万平方米的自浮式钻孔平台，完全国产……

在西堠门公铁两用大桥施工现场，由中铁大桥局技术团队研发的“复杂海洋环境下风、浪、流实时监测系统”以及设置的现场气象站，



▲世界最宽跨海大桥西堠门公铁两用大桥施工现场，中铁四局项目技术人员在检查墩身钢筋安装间距。



▲富翅门公铁两用大桥舟山侧施工现场。



▲金塘海底隧道工程盾构机刀盘下井。

(受访者供图)

可精准预判施工区域未来7天的天气、潮位、流速、波高等信息，给桥梁施工和结构安全验算提供资料。

对此，中铁大桥局西堠门公铁两用大桥常务副经理李永旗深有体会，2022年台风“轩岚诺”和“梅花”经过舟山区域，施工区域瞬时实测为台风12级，“正是得益于监测系统的精准预判，团队提前对设备进行保护，有序应对台风，极大降低了损失，保障了人员安全。”

刷新多项世界纪录的西堠门公铁两用大桥给装备和施工带来新挑战。为了托起呼啸而过的高铁，承受湍急水流的冲击，大桥采用18根直径6.3米的钻孔桩基础——这是世界直径最大的桥梁钻孔桩基础，如

何让它们在海涛汹涌间稳稳扎根？李永旗说：“我们提出采用适应海洋深水裸岩条件的自浮式钢架钻孔平台，将水上施工转化为陆地施工。”

为了给大功率钻机搭建一个稳定的施工平台，2023年初，一个重达7600吨的自浮式钻孔平台抵达5号墩位。这个全新研发的钻孔平台，平面尺寸超过1.3万平方米，相当于31个标准篮球场大小，定位误差却控制在30厘米以内，角度偏差小于1度。这在世界桥梁建设中属于首次尝试。

技术人员介绍，在汪洋大海上作业，传统的测量工具难以快速读取和量测平台位置、姿态的实时变化，而数字孪生技术的全面运用，使测量效率远高于人工测量方式，实现了对平台的智能定位和远程调度。

不仅如此，大桥工地现场还安装了PM2.5、PM10、风速、温度、噪音等监测设备，实时采集环境参数，一旦发现超阈值指标就会及时报警。

“100+X”助推美丽乡村建设

陈直 阮晓霁

村容村貌干净整洁、家风乡风文明和谐、乡村产业蓬勃发展……近年来，浙江省杭州市余杭区闲林街道西溪源村探索实施“100+X”模式，让乡村焕新颜，推动乡村全面振兴。

“100+X”模式中，100为基础分，X为加分项。村党委、网格支部、党小组、党员、村民5个考评层级设定不同的分值标准，平安建设、乡风文明、庭院整治等多项工作被纳入基础分，参加志愿服务、积极建言献策等内容则为加分项。

在美丽乡村建设过程中，西溪源村二组曾因庭院卫生状况不佳而遭考核扣分。党小组书记郑悦带领党员，

上门服务，为村民打扫整理庭院，带动原本庭院脏乱的村民主动改善自家环境。后来，二组庭院卫生得到显著提升，成为村里的样板。

西溪源村党委书记、村委会主任郑立表示，“100+X”模式建立初期，村民的配合度并不高，随着“100+X”模式的深入实施，村民们看到了村情村貌的明显变化，逐渐支持“100+X”模式。

在“100+X”模式的引导下，村民们开始逐渐改变观念。“美丽乡村，不是一家一户的事，需要大家共同参与。”刚刚参加完志愿打扫活动的村民龚玉女指着院落中的一株盆栽笑着说。

美丽乡村带来了“美丽经济”。今年，浙江外国语学院艺术学院实践基地、“洞见未来·艺术乡建”工作室等陆续落户西溪源村，推动乡村文旅产业发展。



近年来，浙江省绍兴市上虞区上浦镇以拓展村级集体经济增收和农民致富渠道，不断为上浦镇“花堡”共富工坊玫瑰种植带来大丰收。

共富工坊助农增收

潘徐浩 董炯摄影报道