

作为世界上建设规模最大、长度最长海底道路隧道，身处变化多端的水文地质条件，具有“四极”环境突出特点

# 胶州湾第二隧道：全力攻克“世界级挑战”

□青島日报/观海新闻记者 周建亮



■技术人员正在开展隧道监控量测作业。

海天一色，碧波万顷。蔚蓝色的胶州湾海面之下，备受关注的胶州湾第二隧道（以下简称“二隧”）项目正在全力推进。

在山东省政府日前公布的2024年省重大项目名单中，二隧项目列入2024年省重大实施类项目。该项目也是青島市“十四五”规划确定的市政道路“15515+N”工程的第一个“1”工程和中心城区“七横九纵”高速公路网的重要组成部分，是青島城市更新和城市建设三年攻坚行动重点项目。

项目启动建设以来，在青島国信集团项目管理和建设团队的合力攻坚下，项目3大工区、6个施工标段、13个工作面、2个管片预制厂不断刷新“进度条”。目前，黄岛端隧道单洞掘进最长超3.2公里，已到达工程最深处——海平面以下115米；青島端盾构段服务隧道已掘进1公里。1月底前，三条“钢铁巨龙”将同时潜行胶州湾。

作为世界上建设长度最长的海底道路隧道，具有极其复杂的地质条件、极度敏感的建造环境、极高要求的建造质量、极端恶劣的服役环境等“四极”环境突出的特点，技术难度达到世界级水平……二隧工程建设规模之大、施工难度之高，将载入世界海底隧道建设史册。

“国信集团将进一步整合科研资源、凝聚各方智慧，全力攻克二隧项目建设过程中的诸多难题，努力将二隧项目建设成为新时代交通强国战略的标杆工程，为未来跨海通道的建设发挥示范和引领作用。”青島国信发展（集团）有限责任公司董事长刘鲁强表示。

## 历时十年谋划，落定“关键一子”

在35年的发展历程中，国信集团始终坚守“成就城市梦想”的初心使命，紧紧匹配城市发展大局，主动融入青島经济社会发展大局。胶州湾隧道就是其彰显国企担当、赋能城市稳健“成长”的一件精品力作。

作为一座环湾型城市，青島高度重视跨胶州湾交通，在我国跨海通道工程领域一直处于开拓和引领地位。2011年6月30日，胶州湾隧道和胶州湾大桥同日建成通车，“一桥一隧”进一步优化了城市路网格局，提高了胶州湾两岸交通效率，人流、物流等资源要素在胶州湾两岸间快速流动，成为青島一体化发展的强力引擎。迄今，由国信集团建设运营的胶州湾隧道已安全运营12年有余，2023年日均通行量达8.7万辆次，单日最高通行量达11.7万辆次。

2014年6月，国务院同意设立青島西海岸新区，大青島发展框架不断拉开，胶州湾东岸和西岸之间快速交通体系的需求更加迫切。另一方面，胶州湾隧道的通行能力已接近设计流量，胶州湾跨海快速通道亟需扩容，二隧项目的建设呼声日益走高。

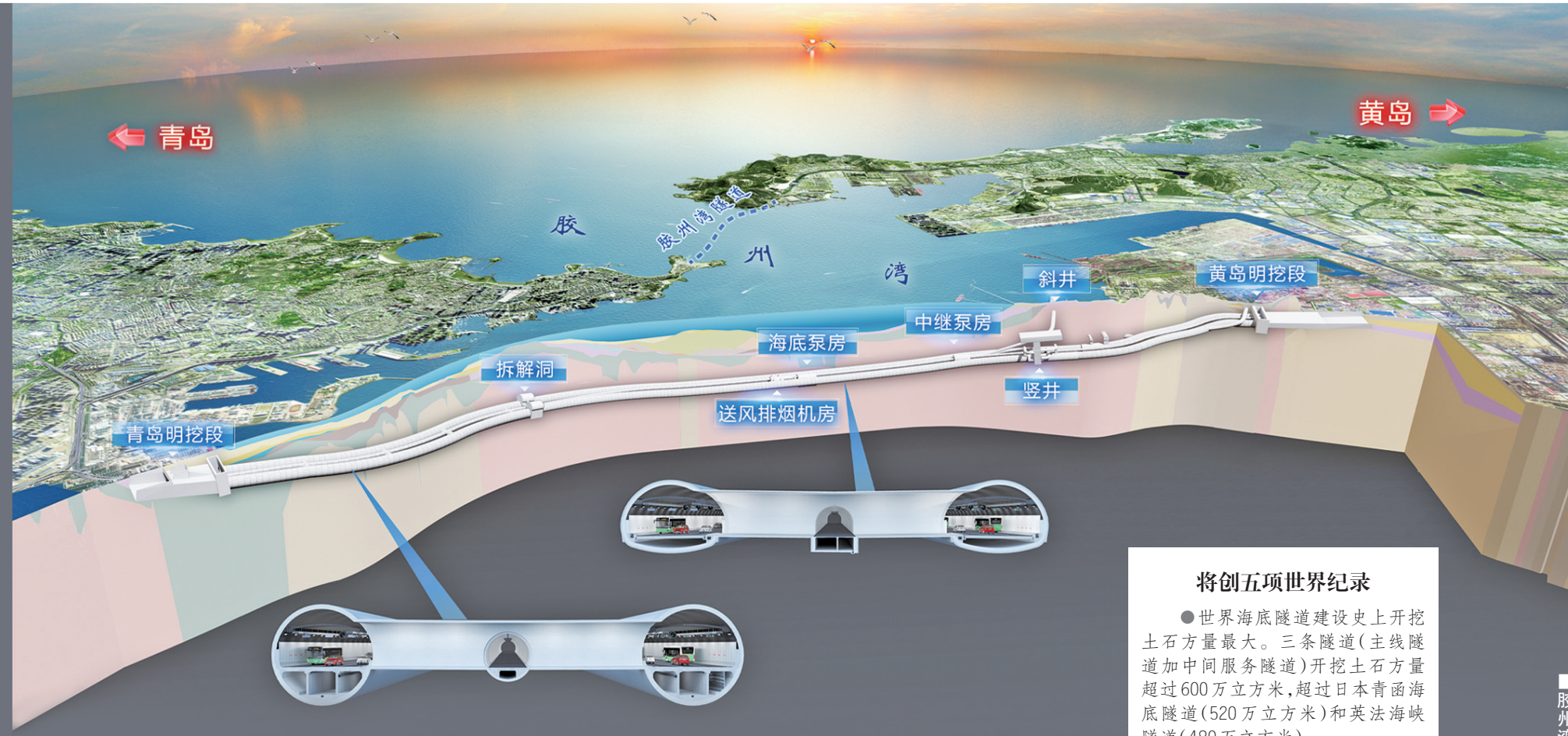
事实上，早在胶州湾隧道建成通车那一刻起，国信集团就主动作为、超前谋划，积极论证二隧项目，启动了预可行性研究。说起二隧项目，青島国信集团总工程师曲立清深有感触。作为我国海底隧道和跨海桥梁建设的引领者，他有着丰富的桥隧建设和管理经验，主持胶州湾高速、胶州湾大桥、胶州湾隧道等青島跨海通道的建设，是青岛构建“隧—桥—路”协同跨海交通体系的见证者、参与者。

“面对社会上关于桥隧已通车，青島有没有必要建设第二条海底隧道的争论，我们坚持站在未来看现在，科学研究审慎论证，为政府科学决策提供参考。”曲立清告诉记者，在尊重自然、尊重规律、尊重科学、尊重技术的前提下，集结两院院士及行业专家智慧，国信集团会同相关单位开展了大量艰苦卓绝的研究与准备工作，扎实推进项目设计及实施方案的研究论证，召开专家论证和评审会议160余次，完成30多项专题研究报告，进一步绘就起二隧工程的蓝图。

2020年4月，二隧项目正式获得立项批复。2020年7月，国信集团中标特许经营权，全面负责二隧项目的投资建设和运营。如果从2011年开始谋划算起，二隧项目从谋划到落地，历时整整十年。

## 施工环境复杂，直面“世界级挑战”

有了第一条隧道的建设经验“打底”，国信集团项目团队对第二条隧道建设充满信心。



### 施工环境更为复杂

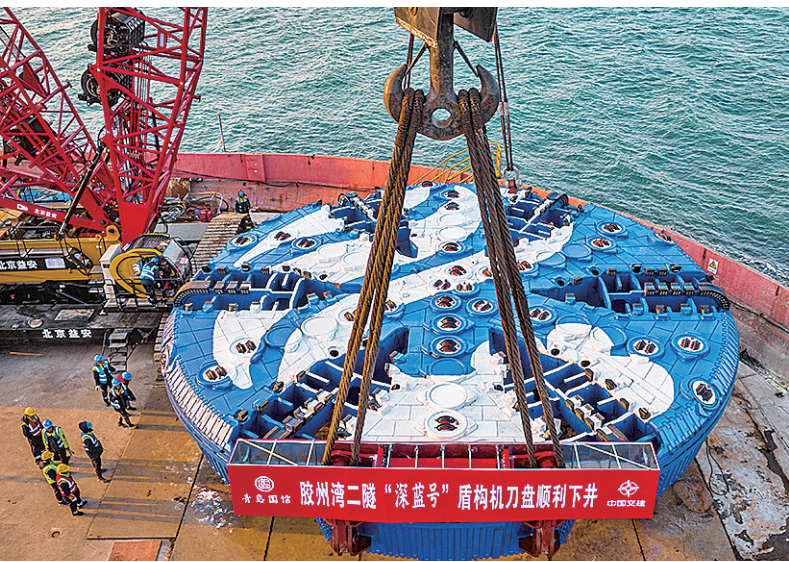
从技术指标看，二隧项目海域段全长9.95公里（是一隧的2.5倍），最深处距海平面115米（较一隧深33米）。与一隧相比，二隧工程建设条件更加复杂，具有“四极”环境突出的特点，即极其复杂的地质条件、极度敏感的建造环境、极高要求的建造质量、极端恶劣的服役环境。

### “海底巨龙”加速掘进

目前，二隧项目计划投入的三台盾构机均已到位。用于服务隧道的盾构机“国信号”正在海底破岩，运行平稳，计划每天掘进5到6米。青島目前最大的盾构机——两台15.63米的超大直径盾构机“海天号”“深蓝号”将服务于主线隧道。其中，“海天号”已于2023年底始发，“深蓝号”正在开展最后调试，预计1月底前始发。届时，茫茫胶州湾将有“三条巨龙”同时在海底潜行。

### 将创五项世界纪录

- 世界海底隧道建设史上开挖土石方量最大。三条隧道（主线隧道加中间服务隧道）开挖土石方量超过600万立方米，超过日本青函海底隧道（520万立方米）和英法海峡隧道（480万立方米）
- 世界长度最长的海底道路隧道。超过挪威已建成的吕菲尔克隧道（14.3公里）
- 世界上穿越活断层的最大断面海底隧道
- 世界上水压最高的超大直径盾构隧道
- 世界上首座超大直径盾构与大断面钻爆法隧道对接的海底隧道



■2023年12月18日，“深蓝号”超大直径泥水平衡盾构机刀盘顺利吊装下井。



■2023年12月26日，胶州湾第二隧道项目黄岛海域段南线与陆域段隧道顺利贯通。

心。但相比一隧，二隧面对的压力和挑战远超想象。

二隧工程主线全长17.48公里，西起西海岸新区淮河东路，向东沿刘公岛路下方敷设，穿越胶州湾，至青島港附近登陆，在海泊河口以高架桥梁形式衔接青島东岸城区。其中，隧道长14.37公里（海域段9.95公里），最深处距海平面115米，采用双向六车道的隧道加中间服务隧道的布置方式。整条隧道工程按城市快速路标准建设，设计使用年限100年，设计行车时速80公里，兼具客运与货运车辆跨海通道的功能。

从技术指标看，二隧项目海域段长度9.95公里（是一隧的2.5倍），最深处距海平面115米（较一隧深33米）。与一隧相比，二隧工程建设条件更加复杂，具有“四极”环境突出的特点，即极其复杂的地质条件、极度敏感的建造环境、极高要求的建造质量、极端恶劣的服役环境。

头顶是浩瀚汪洋大海，前方是较难准确预测的海底，身处变化多端的水文地质，在世界海底隧道史上都是巨大挑战。从实践看，海底隧道突涌水、岩层失稳、坍塌等灾害具有“强隐蔽性、强复杂性、强突发性、强破坏性”的突出特点。具体到二隧，根据前期勘察成果和已开挖段实际情况，二隧的钻爆段基岩呈现出与一隧不同的水文地质特性，一隧海底全是火山喷出岩，未曾遇见花岗岩，二隧海底却是以花岗岩为基岩，中间穿插着众多侵入岩，分布着导水性较好的张性裂隙，加之隧道埋深深、与头顶海水贯通、水压高、水量无限，建设过程中要面对长距离、不间断的涌水挑战。

解决好涌水现象，筑牢施工安全防线，成为项目建设推进中要突破的一道难题。2022年4月18日晚上9时许，超前水平探孔揭露掌子面前方7米处围岩极为破碎，

单孔涌水量高达550升/分钟，远远超过了胶州湾隧道及其他类似工程，现场形势极为严峻。由于提前打了探孔，二隧项目管理团队立即启动应急响应并确定采用“由下向上、由外到内的分段前进式全断面帷幕注浆技术”进行注浆堵水。在方案实施过程中，项目管理团队24小时轮流驻扎掌子面作业一线，历时14天，注浆水泥达900吨，成功处理了突涌水，并顺利穿越了该断层破碎带。

在二隧项目建设过程中，类似“有惊无险”的场景经常发生。安全质量是工程的“生命线”。国信集团始终牢固树立“万无一失、一失万无”的理念，坚持安全第一，以抓本质安全为核心，以技术安全为支撑，确保工程安全和质量。着眼于工程的高质量发展和高水平安全良性互动，统筹考虑安全、质量、工期、运营效率，将超前地质预报工作纳入工程工序管理，采用海底隧道综合超前地质预报和重大灾害智能化安全控制技术，并根据监测结果及时调整和优化隧道设计参数，确保复杂地质条件下坍塌和突涌水的风险可知、可控。通过体系化措施的实施，前期已成功穿越7条断层破碎带，实践检验了采用超前地质预报技术、注浆堵水、超前支护等应对措施的有效性，也积累了较为丰富的现场操作经验。

“二隧项目是一项世界级的超级工程，我们要怀着对工程的无限敬畏，聚精会神倾力投入，一切以工程为核心，努力为城市、为人民建设一个百年精品工程。”曲立清说。

## 强化自主创新，凝聚行业顶尖智慧

勇者不避难，智者不失时。越是难干，越要抓紧干；越是硬骨头，越要用力啃。创新是引领发展的第一动力。针对二隧

项目面临的地质条件复杂、作业空间有限、工序衔接复杂等挑战，国信集团充分发挥大项目平台优势，强化自主创新和科技攻关，努力打造一条经得起历史和人民检验、对国内乃至世界海底隧道领域起到示范引领作用的高品质隧道。

应对世界级难题，需要依靠顶尖行业专家的智慧。国信集团高标准选择了国内顶尖、世界领先的专业施工队伍，并组建了由钱七虎院士担任名誉主任、李术才院士担任主任，汇集业内顶尖专家的专家委员会，联合建立了岩土和隧道工程灾害防控与智能建养国家重点实验室、博士后创新实践基地和青島市海底隧道韧性建造技术专家工作站。

三年来，国信集团还积极开展各项科研创新工作，实施一系列具有针对性的科研课题专项研究。《海底隧道建造与韧性增强技术》相关内容已被科技部列为国家重点研发计划重点项目专项支持。《超长跨海隧道的灾害规律和施工控制》入选国家自然科学基金委重大项目、成功获批2022年度山东省新旧动能转换重大产业攻关项目，“青島国信胶州湾海洋地质勘探成果”荣获青島市科技进步一等奖，该成果突破海面勘察技术，探明以“沧口断裂”为代表的主要断裂的特性和空间展布，为工程顺利推进提供了重要参考。

2023年10月，针对二隧工程的重难点和关键技术问题，国信集团特邀第16届国际隧协主席严金秀和4位挪威专家亲临项目现场深入调研。此外，国信集团联合中国中铁股份有限公司举办了首届海底隧道高质量发展大会，展示了海底隧道领域最新研究成果与发展趋势。如何实现超大直径盾构与大断面钻爆法隧道的对接，如何解决大水压海域环境下的大断面海底隧道施工的排水问题，如何攻克世界海底隧道最大错断量的抗震难

题，如何在海底隧道智慧建造与施工控制理念与技术方面实现突破……围绕这些工程技术难题，与会专家就二隧项目隧道施工安全保障技术、隧道长距离掘进关键技术、隧道功能材料制备技术等方面提出了多项合理化建议，为项目高质量推进“把脉问诊”。

“在恶劣环境下，海底隧道快速智能建造技术及装备等创新成果亟待发展。”曲立清介绍，建造技术创新方面，项目将应用新技术、新工艺、新设备、新材料，突破海底隧道智慧建造与施工控制的技术难题。特别是开展海底隧道的智能施工装备与防灾减灾技术研究，应用大型机械化配套施工，将是确保海底隧道安全智慧建造与施工控制的关键。

基于此，与一隧“钻爆法+明挖法”的施工工艺不同，二隧项目采用了“盾构法+钻爆法+明挖法”组合施工工法，分别从胶州湾东西两岸向胶州湾掘进，并在海中对接。目前，二隧项目计划投入的三台盾构机均已到位。用于服务隧道的盾构机“国信号”正在海底破岩，运行平稳，计划每天掘进5到6米。青島目前最大的盾构机——两台15.63米的超大直径盾构机“海天号”“深蓝号”将服务于主线隧道。其中，“海天号”已于2023年底始发，“深蓝号”正在进行最后调试，预计1月底前始发。届时，茫茫胶州湾将有“三条巨龙”同时在海底潜行。

## 开启“双隧时代”，创五项世界纪录

一条新隧道，开启新未来。从世界范围看，二隧项目建成后，将创下五项世界纪录：三条隧道（主线隧道加中间服务隧道）开挖土石方量超过600万立方米，超过日本青函海底隧道（520万立方米）和英法海峡隧道（480万立方米），为世界海底隧道建设史上规模最大；世界长度最长的海底道路隧道，超过挪威已建成的吕菲尔克隧道（14.3公里）；世界上穿越活断层的最大断面海底隧道；世界上水压最高的超大直径盾构隧道；世界上首座超大直径盾构与大断面钻爆法隧道对接的海底隧道。

对这座现代化国际大都市而言，二隧项目建成后将开启“双隧时代”，使胶州湾机动车通道由“日”字形升级为“目”字形，进一步加强胶州湾东西两岸交通联系，有效缓解西海岸新区与青島主城区跨海通道的交通压力，对青島环胶州湾一体化发展、优化城市空间结构布局、在青島都市圈中更好发挥辐射带动作用具有重要战略意义。

“胶州湾第二隧道项目的建设将极大提升我国海底隧道修建的技术水平，完善理论体系及技术标准，为我国建设规模更大的海底隧道和穿越海下的地下通道提供示范引领作用，并将引领世界超长海底隧道未来。”中国工程院院士、石家庄铁道大学教授杜彦良对二隧项目寄予厚望。

胶州湾第二隧道工程示意图。