**青岛国信胶州湾第二海底隧道有限公司2023年度重大**

**科研创新揭榜挂帅项目榜单(第一批)**

**项目统一按榜单的研究方向申报。每个榜单方向拟支持数为1项，采用揭榜挂帅制，鼓励优势单位联合申报，实施周期原则上不超过3年。申报项目的研究内容必须涵盖榜单所列的全部研究内容和考核指标。**

#### 课题一 超长跨海隧道穿越大规模断层抗震韧性设计方法

1、研究内容

针对沧口断裂等大规模断层构造，研究精细化地质建模方法；研究强震与断层错动作用下海底隧道结构的灾变模式，研究扰动区和注浆加固体在水-力-化学耦合作用下的劣化机理与灾变规律；研究海底隧道新型减隔震体系机理与抗震韧性设计方法；研发新型抗震韧性结构及材料，建立面向海洋与地震环境性能要求的断层韧性结构体系。

2、考核指标

隧道断层地质信息重构模型，整体精度达到米级；提出水-力-化学耦合作用下衬砌结构长期可靠度预测方法；研发隧道减隔震材料，弹性模量6-50MPa，平均抗压强度介于1-12MPa之间；揭示超长跨海隧道结构在非一致地震动和围岩错动下的响应和灾变规律，突破隧道结构的高效隔减震抗断技术瓶颈，建立超长跨海隧道的抗震韧性设计理论和方法。研发缓冲吸能新材料的体积压缩率＞70%，泊松比＜0.05，抗断位移大于0.5m。

#### 课题二 超长海底隧道结构体系耐久性技术研究

1、研究内容

提出多场耦合与动力作用下跨海隧道水压力计算模型，研究跨海隧道渗流场长期演化与灾变规律，构建跨海隧道全范围全生命周期防排水系统的设计方法、结构型式、稳定性和可靠性的评价方法；研究海底隧道多因素耦合服役环境下，隧道初支与二次衬砌的混凝土损伤机理与性能劣化规律，研发耐腐蚀初期支护喷射混凝土和高抗裂二衬混凝土材料；研究隧道现浇混凝土抗裂耐久与外观质量协同提升技术；建立超长海底隧道耐久性设计方法与性能提升技术体系。

2、考核指标

构建适应于海底隧道的防排水系统，实现运营期排水量降低50%以上，结构水荷载降低80%。实现隧道二次衬砌C50混凝土对应胶凝材料的7d水化热≤260kJ/kg，混凝土28d总收缩<150×10-6，结构混凝土不开裂保证率≥95%；注浆材料能灌入渗透系数≤10-8cm/s，低渗性基层承载力提高2倍，抗变形能力提升1.5倍；初支喷射混凝土的抗硫酸盐腐蚀等级≥KS90，抗钙溶蚀系数pDe≥11.0；二衬混凝土模拟孔溶液中钢筋临界氯离子浓度提升3倍以上，盐水干湿循环环境中钢筋锈蚀面积比≤5%；实现海底隧道韧性结构的工程服役寿命达到150年。

#### 课题三 大断面隧道穿越极端敏感区围岩稳定性与爆破扰动控制技术

1、研究内容

黄岛主线下穿石化区、居民区等敏感区，研究胶州湾第二海底隧道陆域段浅埋大断面隧道稳定性的影响机制，建立超大断面浅埋隧道多洞近接施工影响分区标准；研发超大断面浅埋隧道多洞协同的主被动支护技术体系；建立隧道施工过程爆破振动监检测技术、动态爆破参数优化及减振技术，构建海底隧道爆破智能设计与优化控制系统，实现爆破参数设计-监控-优化的一体化，实现保障围岩稳定、隧道快速安全施工的目标。

2、考核指标

提出超大断面浅埋隧道多洞施工影响分区标准；形成静动力耦合作用下的超大断面隧道施工工法1部。建立海底隧道爆破智能设计与优化控制系统1套，实现爆破智能设计、爆破参数智能优化，编制相关标准1部。

#### 课题四 胶州湾第二海底隧道涌水量预测预警与主动控制技术

1、研究内容

研究海底隧道施工过程中裂隙岩体涌水量综合预测方法；研究断层破碎带隧道突涌水致灾机理与模拟方法，构建突涌水灾害多元前兆信息的高精度监测技术；提出突涌水灾害时间与空间倾向性的综合预警方法；基于不同开挖面与施工工法，形成富水裂隙岩体成套超前帷幕注浆治理方法；研究开挖扰动影响的隧道渗水特征变化规律，以封堵渗水量为评价指标，形成全封堵径向注浆治理方法；提出以综合注浆效果为标准的评价方法，形成注浆关键指标评价体系，形成指导海底隧道安全高效建设的规范标准。

2、考核指标

提出的基于实测涌水量的深度学习掌子面涌水预测方法准确率≥85%；开发地下水运移与灾变模拟软件1套；研发涌水视频异常行为监控装备，异常图像识别响应时间≤3min；构建隧道突涌水智能预警系统1套；提高注浆材料在裂隙岩体中的可注性及抗动水分散性，裂隙可注入0.15-0.3mm，1.2m/s动水环境中浆液留存率≥85%，收缩率≤1%，明确适用于材料的注浆工艺与配套施工参数；形成了海底隧道开挖围岩径向补充注浆技术，注浆后隧道渗流量降低>90%，形成海底隧道围岩涌水注浆封堵关键技术行业标准及施工工法各1项。

#### 课题五 超长海底隧道辅助通道（服务隧道）快速施工与安全质量保障体系

1、研究内容

研究超长海底隧道施工辅助通道（服务隧道）的功能定位、建设标准及适用规范；研究海水对岩体力学行为的影响规律，揭示隧址区岩体特性及力学响应机制，提出多场耦合作用下围岩变形机理及预测方法；提出渗流效应下围岩结构层的动态分析模型，建立海底隧道支护刚度设计方法，提出辅助通道（服务隧道）支护体系优化设计方案，实现地层荷载与水荷载的协同控制；揭示海底隧道突水模式及其形成机理，研究针对典型突水模式的控制性注浆工艺；研究辅助通道（服务隧道）施工力学响应特征，提出隧道开挖与支护快速施工组织方案；研究辅助通道（服务隧道）突水灾害危险性特点，提出辅助通道（服务隧道）施工开挖与支护配套方案及安全、质量控制标准。

2、考核指标

建立辅助通道（服务隧道）支护结构体系刚度协同设计理论与技术体系，变形控制可靠度达80%以上，支护体系协同效率≥80%；提出辅助通道（服务隧道）控制型注浆工艺，实现服务通道渗水量降低95%，加固体取芯率达80%；建立辅助通道（服务隧道）施工灾害预测模型，提出辅助通道（服务隧道）安全质量评估方法、控制标准及应急处置技术；形成辅助通道（服务隧道）快速施工配套工法，编制适用于超长海底隧道辅助通道（服务隧道）的设计及施工规范。

#### 课题六 基于掌子面稳定性解析的大断面海底隧道全工序机械化配套施工关键技术研究

1、研究内容

研究全工序机械化配套施工条件下隧道掌子面地质信息自动化采集装备与技术，建立隧道掌子面岩体结构及属性模型重构与可视化方法；研究隧道掌子面岩体失稳模式及破坏机理，建立隧道掌子面岩体稳定性评价方法与分级标准；研究隧道掌子面掉块垮塌的定位预测与控制技术，实现隧道掌子面局部垮塌风险的超前控制；研究隧道掌子面岩体变形及掉块失稳的靶向化监测及反馈技术，建立基于监测信息的施工动态调整技术体系；研究隧道掌子面稳定性级别与开挖工法、支护措施、施工步距之间的映射关系，建立大断面海底隧道全工序机械化配套施工工法技术体系及安全控制标准。

2、考核指标

开发隧道掌子面地质编录自动化装备 1 套，结构面识别精度达到mm级；建立适用于机械化快速施工的工法技术体系，开发隧道掌子面施工辅助决策系统 1 套，实现隧道掌子面岩体级别-支护措施-施工步距的智能化匹配设计；开发隧道掌子面掉块垮塌预测与控制系统1套，实现1m3以上块体的定位控制；开发隧道掌子面变形及局部掉块的监测系统1套，实现隧道掌子面亚毫米级变形的实时监测与智能反馈。编制大断面海底隧道全工序机械化配套施工技术指南1部。

#### 课题七 超大直径盾构刀盘刀具配置优化与开挖面稳定性控制技术

1、研究内容

研究刀盘冲刷系统结构参数、环境参数及布置参数等设计变量对刀盘中心面板泥浆流动特性的影响，提出针对黏土地层可降低刀盘结泥饼风险的冲刷系统设计方案。研究滚刀转动下狭小空间内的渣土运动规律，明确刀筒内部堵塞原因；研究不同对刀筒内部流场结构的影响，以增强浆液流动性为目标对常压刀筒内部流场进行优化，提出常压刀筒内部冲刷管路设计方案。刀具摩擦、磨损特性及机理研究。研究长距离穿越坚硬花岗岩、凝灰岩、软硬复合及密集穿越破碎带地层等情况下，不同刀具材料与土岩相互作用过程中的刀具摩擦、磨损特性及机理，指导盾构刀盘刀具配置优化。研究加压状态等典型边界条件、开挖面土体力学特性等对开挖面稳定性的影响规律，明确超大直径盾构开挖面的典型破坏模式，揭示超大直径盾构开挖面的失稳机理，建立超大直径盾构穿越海底破碎开挖面稳定性控制技术。

2、考核指标

形成适用黏土地层的刀盘冲刷系统设计方案；形成常压刀筒内部冲刷管路设计方案指南；形成超大直径盾构刀盘刀具配置技术指南；建立一套超大直径盾构穿越海底破碎开挖面稳定性控制技术。

#### 课题八 超大直径泥水盾构的智能高效安全掘进技术

1、研究内容

研发盾构前方地层智能实时识别技术，建立特定地质条件与掘进参数间的映射关系，提升盾构掘进效率。研究高温环境对海水泥浆性质劣化影响机制，优化抗海水与高温的高效添加剂，提出膨润土与添加剂全组分性能方案。基于盾构机短螺旋+破碎机新型设计，研发超大直径泥水盾构防滞排关键技术。研发大粒径渣石冲击靶材模型试验装置，建立基于CFD-DEM-FEM耦合的泥浆-渣石-管路多场计算模型，提出管路减振降磨关键技术。基于机器视觉和点云融合技术搭建盾构泥浆和渣土智能识别与检测基本框架与算法，研发盾构泥浆和渣土成套智能检测设备。建立地质参数和掘进参数精细化分析模型，开展硬岩地层和上软下硬地层盾构原位掘进动力响应实验，探明复合地层滚刀-岩体冲击滑移动态响应，明确刀具偏磨及断裂机理，研发大直径泥水盾构安全高效掘进技术。

2、考核指标

研发地质智能实时识别装备1套；编写大直径泥水盾构防滞排技术指南1部；提出刀盘及常压刀筒冲刷系统设计方案1套；建立排浆管路减振降磨成套技术；研发盾构泥浆和渣土成套智能检测设备1套；建立一套超大直径泥水盾构的高效掘进与安全控制技术。

#### 课题九 超长海底隧道建设质量保障与智能检（监）测技术

1、研究内容

构建适用于超长海底隧道等超大型工程的创新质控模式，完善全面质量管理和精准质量控制标准化体系；研发“四新”配套质量保障技术，在结构病害快速识别和缺陷定量、定位、可视化等领域实现突破；研发隧道“点-线-面-体全时空域”检（监）测技术体系，为创新支护结构推广应用提供全过程、全方位质量控制技术保障；建立海底隧道智数融合云端质量管理平台，实现全过程质量数据智能分析、综合评估、隐患溯源和辅助决策，助力工程“质量成果”向“品牌效益”和“经济效益”的转换，工程质量“建-检-评-诊-治-养”全面提升。

2、考核指标

构建适用于超长海底隧道工程的质量管理模式和管理标准1套，大幅提升工程质量管理广度和精度；编制海底隧道施工质量管控与验收相关标准及技术指南1套，全面推进材料检测、验收管理标准化；针对“四新”技术应用开发配套检测技术和评价标准1套，为其推广应用提供技术支撑；研发隧道衬砌、仰拱质量（注浆层质量）快速检测系统和评价标准1套，实现10km/h扫查速度下分米级缺陷辨识；研发混凝土结构三维成像检测系统和评价标准1套，实现厘米级探测精度和极限650mm深度可视；研发基于影像分析技术的自动化检（监）测系统和评价标准1套，非接触条件下实现毫米级变形数据自动监测；建立云端质量综合管理系统1套，实现全过程质量数据智能分析、综合评估、隐患溯源和辅助决策。

#### 课题十 海底岩质隧道主动支护体系与关键技术研究

1、研究内容

研究多场耦合作用下超长海底隧道主被动支护结构协同承载机制，建立海底隧道“支护—围岩”系统协同受力动态演化及稳定性分析模型；研究不同形式主、被动支护结构承载性能，提出钢筋网、型钢钢架、格栅钢架的设计使用原则；提出以主动支护承载为核心的不同围岩级别下海底隧道单层衬砌结构设计形式，建立主动支护体系强化与被动支护体系优化方法；研究锚杆预应力定量施加技术；研究基于主动支护承载的海底隧道单层衬砌设计方法，提出结构计算模型和荷载传递规律；研究海域情况下高性能纤维喷射混凝土材料，提出海底隧道单层衬砌纤维喷射混凝土性能指标要求、配合比设计方法；研究海底隧道裂隙水处理技术和排水技术，提出单层衬砌对渗水量控制指标和排水系统设计方法；研究海底隧道纤维混凝土喷射施工关键参数；研究海底隧道单层衬砌服役状态检测及评价体系。

2、考核指标

建立海底岩质隧道支护体系协同控制理论，提出主-被动支护体系设计方法与围岩稳定性评价方法；研发出高预紧力定量高效施加技术，预紧力施加值大于100kN，损失率小于10%；研发出纤维混凝土喷射施工技术及长期性能保持技术，补充喷射混凝土的性能指标；形成海底岩质隧道主动支护强化与被动支护优化设计指南，提出不同围岩条件下支护优化方案不少于3套, 主动支护强度提高30%以上，被动支护施工效率提高20%以上；提出适合于海底隧道单层衬砌的设计方法及关键参数；提出纤维喷射混凝土的性能指标及配合比；形成纤维混凝土喷射施工工法；提出喷射混凝土质量验收标准；形成海底隧道单层衬砌实施方案并成功应用。总体研究成果达到国际领先水平。

#### 课题十一 超高水压破碎岩层海底盾构隧道结构设计与钢纤维混凝土管片施工关键技术研究

1、研究内容

研究海底破碎岩层泥水盾构隧道围岩压力形成机制，探明隧道荷载分布规律，提出海底破碎岩层盾构隧道设计荷载计算方法；研究岩石地层泥水盾构施工过程中复杂荷载作用及对管片结构影响，分析多荷载耦合作用下脱盾管片结构稳定性，提出超高水压下超大直径盾构结构稳定性分析方法；开展钢纤维-钢筋混凝土管片力学性能与耐久性研究，形成钢纤维-钢筋混凝土管片结构设计方法与管片预制技术规程。

2、考核指标

建立适用于海底破碎岩层的管片结构设计荷载计算方法，提出钢纤维钢筋混凝土管片长期耐久性能水准-裂缝宽度小于0.15mm，结合适当防腐措施，耐久性达到100年以上；编制钢纤维混凝土管片设计技术规程1部。

#### 课题十二 海底隧道盾构同步注浆新材料及检测装备技术研究

1、研究内容

研究泥水盾构壁后充填层关键性能需求与材料设计原则，研发海底隧道泥水盾构专用高抗渗韧性同步注浆材料；研究硫酸盐类的侵蚀对注浆料长期稳定性影响规律；建立新型材料与关键技术配套注浆与施工参数，形成以早强速凝与韧性增强为核心的盾构同步注浆材料与应用技术。研究同步双液注浆在海水影响下浆液配合比、浆液性能指标、注浆参数控制、注浆设备控制工艺要点。研究弹性波频率、偏移距及空间采样点距等参数对壁后同步注浆质量检测的影响特征，研发适应于盾构狭小封闭空间内弹性波检测模式与整环自动化智能检测装备，开发集数据采集、数据处理、数据识别与解释于一体的壁后注浆实时检测控制软件平台，实现对壁后注浆体的三维实时感知。

2、考核指标

研发同步注浆材料1种，抗渗等级≥P4，减少隧道长期渗漏问题；材料化学胶凝≤45s，物理初凝≤1h，解决目前存在的大直径盾构管片上浮诱发的错台和开口问题；材料折压比≥0.3，压缩韧性指数≥5，减少盾构隧道在长期环境、车辆荷载作用下充填层材料碎裂诱发的病害问题。申请发明专利2项，在胶州湾第二海底隧道进行应用示范1处。开发壁后注浆实时检测控制软件1套；研发盾构搭载同步注浆实时监测装备，单环检测时间≤20min，提出海底岩石地层大环宽管片环间连接优化设计方案，并在胶州湾第二海底隧道工程成功应用。

#### 课题十三 海底隧道洞砟资源化利用与耐久性技术研究

1、研究内容

试验研究海底隧道花岗岩洞砟加工粗集料可行性，研发花岗岩洞砟关键指标的快速评价设备及方法，开发花岗岩高质量粗集料加工的关键设备；研究海底隧道耐久混凝土的配制及施工控制技术，提出海底隧道混凝土拌合物控制指标体系，开发海底隧道混凝土流动性、匀质性、黏聚性、体积稳定性、水化放热等性质的综合调控技术，构建基于混凝土拌合物性质和硬化混凝土性能需求的施工控制技术，实现海底隧道实体混凝土高匀质、高耐久、低收缩和无贯穿性裂缝的建设目标。

2、考核指标

开发花岗岩洞砟关键指标快速评价设备及方法；研发花岗岩粗集料混凝土拌合物性质调控技术；研发高耐久混凝土及无贯穿性裂缝的海底隧道施工控制技术。利用海底隧道洞砟制备的混凝土，其材料成本较同地区同质量要求的混凝土降低10~20元/m3；配制的隧道二衬混凝土，标养条件下，混凝土56d龄期抗压强度应满足规范耐久性指标；与实体结构温度匹配的养护条件下，混凝土28d，56d龄期抗压强度分别不低于55MPa和65MPa；56d氯离子扩散系数≤3×10-12m2/s，抗渗等级不低于P12；开发的施工控制技术，确保二衬混凝土无贯穿性裂缝。

#### 课题十四 超长海底隧道通风防灾与事故救援关键技术

1、研究内容

研究基于性能化的超长海底隧道通风排烟设计方法与管控技术，提出适用于超长海底隧道的新型通风排烟模式；研究连续V型及组合坡型多门洞分流情况下的超长安全通道加压送风量预测模型，提出超长距离安全通道压力保障技术；研究多源多流疏散救援技术，建立基于动态风险的海底隧道高效疏散救援方法。鉴于新能源汽车飞速发展，研究提出超长海底隧道新型灭火系统及灭火救援技战术。

2、考核指标

形成适用于超长海底隧道的新型单向大间距点式通风排烟方法1套，减少排烟口数量不低于30%；提出基于动态风险的超长隧道多源多流疏散救援优化方法1套，保障救援车辆在15min内到达火场；研发基于多门洞分流情况下的超长安全通道加压送风量预测模型1套。

#### 课题十五 超长海底隧道火灾应急处置能力提升技术与智能装备

1、研究内容

研究隧道火灾事故灾情实时监测及挖掘技术，构建公路隧道火灾烟气态势预测模型；研究基于态势预测的受困人员智能引导疏散技术，研发超长海底隧道突发事件智能快速疏导机器人装备；研究基于态势预测模型和机电设施服役状态的应急处置协同作业技术，研发基于交通特性的隧道洞口柔性阻拦交通管控装备，实现应急设施自主精细化协同联动。

2、考核指标

形成隧道火灾事故灾情实时侦测系统装备，火灾侦测响应时间不大于30s，建立海底隧道火灾烟气运动超实时预测模型，模型响应时间不超过10s；研发海底隧道主动式引导疏散智能机器人装备1套，应急抵达事故点的速度不低于15km/h；形成隧道突发事件应急协同策略自主推演模型，协同策略自主推演时间不超过30s，开发隧道火灾事故应急决策系统软件1套；研发隧道洞口柔性阻拦交通管控装备1套，收到指令后形成基于风速-照度-水压的自适应柔性阻拦且时间不超过10s。

#### 课题十六 海底隧道长距离行车环境舒适性与交通安全保障新技术

1、研究内容

研究超长水下隧道交通事故与行车环境相关规律，基于驾驶心理学原理以及海底隧道沿线线形条件与美学设计,构建安全、舒适、具有区域特色和当地文化特色的海底隧道景观评价体系与设计方法。提出针对自由流/大流量背景下海底隧道运行环境优化思路及管控方法，实现海底隧道路段行车环境精准管控；开展海底隧道出入口区域遮光棚、景观、照明及诱导系统光过渡研究，提出海底隧道出入口光环境评价体系与设计方法，实现海底隧道出入口区域的交通安全与照明节能协调统一；开展海底隧道中部多种光环境优化技术集成（照明、装饰色彩、诱导设施等），提出基于舒适性的海底隧道中部光环境设计方法，降低海底隧道长距离行车下驾驶人疲劳感；开展隧道路段声环境研究，提出隧道路段广播系统评价体系及优化设计方法，利用定向声波系统实现行程提醒及应急救援。

2、考核指标

提出胶州湾第二海底隧道景观设计方法；编制《海底隧道长距离行车环境舒适性与交通安全保障技术指南》；提高驾驶安全相关指标（车速、车道及车距保持稳定性）10%，降低隧道出入口区域交安及照明设施全寿命周期建养费用10%。