施工绿色细节多，尽量不打扰海洋生物、不干扰轮船通行

海底隧道这样穿越胶州湾

本报记者 李心萍

美丽中国

胶州湾，港阔水深。在这片海面下，一项超级工程正在紧锣密鼓地施工，这就是青岛胶州湾第二海底隧道。

前不久，青岛胶州湾第二海底隧道盾构掘进任务全部完成。这一深埋海底的工程，施工中藏着不少绿色细节。

隧道深埋海底，“躺下来”的通风塔保护海洋环境

青岛胶州湾第二海底隧道，主线全长17.48千米，隧道长14.37千米，采用双洞主隧道加中间服务隧道的布置方式。从空中俯瞰，这样一个庞然大物却没有任何踪迹。

作为青岛胶州湾第二海底隧道的建设方，青岛国信胶州湾第二海底隧道有限公司负责人李翔介绍：“方案策划之初，我们就希望尽量减少工程对胶州湾海洋环境的影响，因此整条隧道深埋海底。”

如何深埋？

隧道穿越位置水深20至46米，隧道所处的位置在海底海床下方。最浅处，隧道覆土（岩）11米；最深处，隧道覆土（岩）70多米。以隧道最大埋深点为例，其路面距离海平面115米，其中水域深度46米，隧道“头顶”海底岩石区深度60多米。因此，相比跨海桥梁、沉管隧道，藏入海底岩石的隧道，对胶州湾的海上日常运行、水域海洋生物的生活基本不会造成影响。

这样的设想，也带来一个世界级难题——通风。

大部分的道路隧道，每隔3千米到5千米就需要立起一座高大的通风塔，用于隧道内的空气更新。青岛胶州湾第二海底隧道海域段长9.95千米，这就意味着，采用传统方案，隧道需在海域中央建设人工岛，围海填陆才能竖起通风塔。而这，违背了青岛胶州湾第二海底隧道保护海洋环境的初衷。

怎么办？设计师将目光投向服务隧道。服务隧道不通行车辆，运营期主要用作检修及应急通道。“不通行车辆，正好可以作为新鲜空气流通的通道。”中铁第四勘察设计院集团有限公司胶州湾第二海底隧道设计负责人孙文昊介绍，“我们让服务隧道成为‘躺下来’的通风塔，利用风机将新鲜空气送入主隧道。”

这样一来，服务隧道配合隧道两岸的通风竖井，解决了超长距离导致的通风不畅问题。

不过，青岛胶州湾第二海底隧道面临的挑战远远不止通风。海域段隧道须穿越两类截然不同的岩层。靠近黄岛一侧，多是坚硬的花岗岩，靠近主城区一侧，则是岩性相对较软的凝灰岩和少量砂土层。此外，还有22条断裂在其中延伸，最大的一条断裂及其影响带宽度可达600多米。对此，设计团队提出“钻爆法+盾构法”的施工工法，针对不同的岩层对症下药。靠近主城区一侧，采用盾构机施工，另一侧，采用钻爆法施工。

盾构机前进，泥浆循环利用，渣料“吃干榨净”

10月2日，在胶州湾海平面下105米深处，随着“国信号”盾构机刀盘抵达分界里程，青岛胶州湾第二海底隧道盾构掘进任务全部完成。

负责本次盾构掘进任务的共有3台盾构机，总重超1万吨。盾构机前进，主要是依靠刀盘转动，“啃”下岩石，再通过泥浆将剥落的岩块带出。令人惊叹的是，挖掘一条3255米的盾构隧道，却只需要一小洼泥水。

“这背后的最大功臣，就是盾构机所采用的泥水循环系统。”中铁十四局青岛胶州湾第二海底隧道盾构经理陈宗凯说，泥浆裹挟着渣土被送至地面后，将通过泥水分离设备，经沉淀处理达标后的泥浆，将再次回到盾构机工作，周而复始。

数据显示，在3255米的主线盾构掘进过程中，产生超过130万立方米废浆、超60万立方米渣土。陈宗凯介绍，项目配备了6套压滤处理系统，设备日处理泥浆量可达4000立方米。通过该设备，分离出来的上百万立方米废浆，被压缩成含水量不超过30%的泥饼，作为骨料用于路基回填，把渣料“吃干榨净”。

除了泥水循环，隧道施工中还有不少绿色细节。

以管片为例，盾构机每向前推进一环，就要拼装一环管片。胶州湾主线盾构隧道，仅单洞就需要拼装1500多环、共计1.5万多块管片。

为了实现绿色施工，团队搭建了第五代绿色智能管片生产线，可实现隧道管片和下部箱涵结构的全工厂化预制。焊接机器人、模具清理抹面机器人、3D智能检测机器人等智能装备在智能算法的调度下高效精准作业，大大提高了生产效率。“在提升隧道安全品质的同时，有效降低生产过程中的碳排放和污染。工厂远离海岸，避免现场作业，保护海洋周边环境。”陈宗凯说。

降低爆破振动幅度，数字建造平台进行精益管理

“从项目主线工程开工至今，我们已累计安全爆破2000多次。”中铁二局青岛胶州湾第二海底隧道TJ—04标项目总工程师侯建文说。

侯建文所在的项目部，负责青岛胶州湾第二海底隧道西侧北线隧道及服务隧道的施工。侯建文介绍，加上南线隧道，工程已在海底进行安全爆破作业近4000次。这样的爆破，航行的船只几乎感受不到。这得益于钻爆技术的升级。

凿岩台车，一种隧道施工装备，可以于3小时内、在160平方米的施工掌子面上钻出260个洞眼。

“孔多，意味着每个孔的炸药剂量可以减少，尽量减少爆破造成的扰动。”中铁二局青岛胶州湾第二海底隧道TJ—04标项目经理陈耀说。

凿岩台车作业完毕后，工人们会将数码电子雷管、炸药塞入刚钻好的孔洞中。“数码电子雷管可做到精准控制，尽量将爆破振动的幅度和分贝降到最低。”陈耀说。

实际施工中，震感有多小呢？当北线主隧爆破时，记者在12米之隔的服务隧道，只闻其声、未感其震。

在国信胶州湾第二隧道工程安全生产调度指挥中心，指挥大屏上，施工进展、人员数量等指标清晰可见。“依托5G、北斗定位、智能机器人等技术，青岛胶州湾第二海底隧道构建起一个数字建造平台，做到精益管理。”李翔介绍，即使是在海平面以下115米，每一名工人的位置、行动轨迹、进出隧道时间都能被精准记录，让工地管理更加数字化、精细化、智慧化。不仅如此，平台还将地质预报、监控量测、安全管理、质量管理等通过建筑信息模型与计量支付挂接，确保安全质量管理行为全过程数字化闭环管控。

挖掘机、装载机、运输车等主要设备均采用新能源车辆；隧道开挖的石渣近乎完全再利用；充分利用地下空间，节约施工用地……在青岛胶州湾第二海底隧道，这样的绿色举措还有很多。工程师们正着手创建绿色隧道示范工程并编制评价标准，填补国内绿色隧道建设标准的空白。

青岛胶州湾第二海底隧道通车运营后，将为青岛城市空间结构优化、环胶州湾一体化发展、胶东半岛城市群整体竞争力提升等提供助力。

把自然讲给你听

植物能『听』会『说』，你知道吗？

史军

植物不仅会发出声音，还能“听见”声音，声音对其生长会产生影响

正是赏景好时节，不少人走进植物园，身边喧闹的世界瞬间安静下来。有人会有疑问，植物天生是安静的吗？它们会不会发出声音？

研究发现，植物会发出超声波。实验人员在没有背景噪声的地下室中放置番茄的植株，在距离植物约10厘米的地方利用超声波扩音器帮助记录声音，结果分析显示，植物发出了频率在4万赫兹至8万赫兹的声音；科研工作者还发现，当植物缺水时，发出声音的次数会明显增多，从每小时1次上升到每小时数十次。只不过，由于人类能听到的声音最高频率约为2万赫兹，因此，植物发出的声音，我们的耳朵听不见。

其实，植物不仅会发出声音，还能“听见”声音，声音对其生长会产生影响。

研究发现，声音刺激可以调控相关基因的表达，并促进花青素的积累，进而调控果实的成熟过程。比如，在频率为1000赫兹、响度为90—95分贝的声音刺激下，葡萄成熟得更早，而且外形更漂亮。这是因为，特定频率的声音影响了细胞内的特殊蛋白质——酶。不管是合成果实成熟需要的乙烯，还是合成让果实“上色”的花青素，都需要相应酶的辅助。适当的声音刺激可以促进植物细胞生产足够的酶，并提高它们的活性，进而促进乙烯和花青素的合成，帮助果实成熟，同时促使果皮上积累大量的花青素，还能让果实看上去更漂亮。

另一项研究也发现，适当的轻音乐刺激可以提高浮萍的生长速率和蛋白质的含量。由此可见，声音刺激会影响植物的生理代谢过程。

了解植物发声与环境的关系，有助于人们更好地监测农作物的健康状况，并且根据发声情况调节水和肥料等的供给，对于发展生态农业具有重要意义。

实际上，我们对于植物如何感知外部世界仍然知之甚少，人类的感官所感知的范围是非常有限的。未来，借助各类仪器来研究生物的感知，将会不断拓展我们的认知领域，也能更好地理解植物中蕴藏的奥秘。

（**作者为中国科普作家协会会员**，本报记者**施芳**采访整理）

《生态产品总值核算规范》印发

本报北京11月17日电 （记者**刘志强**）国家发展改革委、自然资源部、国家统计局会同有关部门对《生态产品总值核算规范（试行）》进行了修订，新修订的《生态产品总值核算规范》近期正式印发。

规范完善了核算方法，增加了基于生态产品分类的生态产品总值核算方法有关章节，并明确了统计口径、规范了数据来源，有效解决了不同地区不同单位核算参数、因子不同的问题；优化了核算流程，删除了试行规范流程中编制生态产品清单环节，略去了参数参考值、系数调查方法等内容，降低了核算操作难度，有利于各地区各部门自主开展常态化核算；强化了统筹衔接，充分衔接国民经济核算体系和国际标准，建立生态产品总值统计制度和核算结果定期发布制度，促进核算结果应用与国际互认。

本版责编：张 晔 杨笑雨 赵德馨



11月的广东省深圳市草木葱茏。前海国际会议中心前，如大鹏展翅的“APEC CHINA 2026”标识静静伫立，2026年APEC工商领导人峰会如约而至。亚太工商界代表相聚深圳，共商开放议题，共谋亚太发展。

立足粤港澳大湾区，前海深港现代服务业合作区（简称“前海合作区”）持续深耕开放合作，以规则互通筑牢合作根基，以畅通链路加速要素流转，以开放生态集聚全球伙伴，打造亚太区域经贸往来的重要门户枢纽。

链通内外，提速双向循环

深圳前海综合保税区内货车穿梭，深圳港西部港区岸桥昼夜作业，深圳宝安国际机场货运区一批批货物装机待发……前海陆海空通道畅通运转，拉紧粤港澳大湾区与亚太市场的流通纽带。

今年1—10月，前海合作区货物进出口规模首次突破1万亿元，达10680.8亿元，同比增长73.9%；前海综保区外贸进出口5932.4亿元，规模居全国综合保税区前列。

前海创新推行“一线直通、智联监管”模式，货物到港即可提离，物流时间缩短30%以上。粤港澳大湾区首单“TIR+保税”业务、首票GMS国际公路运输业务相继启运，“全球中心仓”“MCC前海”等有序运行，不同来源和流向的货物在区内重新集结、拼箱出海。目前，前海供应链集聚区有规模以上企业385家。

“深圳出海e站通”与32个国家和地区的55家境外园区运营商建立合作，深圳国际仲裁院受理案件当事人覆盖148个国家和地区，微众银行以数字科技服务海内外超4.5亿个人客户。物流、商流、资金流、信息流在前海协同联动，前海正为亚太产业链供应链稳定畅通提供枢纽支撑。

接轨国际，创新开放机制

在今年7月举办的APEC人工智能高级别论坛上，中方宣布将在前海设立“促进APEC数据跨境流动合作中国中心”，打造集政策研究、规则对接、国际交流、产业服务于一体的合作平台。

深港跨境数据验证平台累计完成超5万笔业务，2026年新增业务量是过去两年总和的17倍，服务跨境融资累计超24亿港元，并链接新加坡、中国澳门节点。

前海正依托区域实践，参与探索亚太数字贸易规则和全球跨境数据流动路径。

全国首单超轻型电动垂直起降飞行器（eVTOL）跨境保险落地，开创“深圳承保、香港出单、跨境分回”新范式；前海自由贸易账户（FT账户）试点银行增至9家，跨境收支规模超1.9万亿元；锂电碳足迹跨境互认实现深港“一次核查、两地发证”；深圳海事部门放宽国际船舶登记、外籍船员任职等限制，“中国前海”籍船舶可享“内外贸兼营”政策，现有登记在册船舶32艘。

深港携手构筑先行试验场，APEC提供更大的交流坐标系。一批可复制、可推广的“前海经验”得以积累，以高水平开放服务亚太区域合作。

海纳百川，共筑交流高地

2026年APEC工商领导人峰会前夕，前海博物馆、“前海激浪”湾区会客厅等新文化地标陆续开放，环前海湾的慢行步道一路连通，多语种导视牌、绿化景观悄然焕新。

前海已有4处国际街区、9所国际学校、15家国际化医疗机构。前海国际人才服务大厅配备外币兑换机、多语种翻译设备，数百项事项实现一处办结。2026年6月，前海出台“国际化支付服务十条”，打通“卡路、码路、币路”，境外人员支付体验实现“无感升级”。

2026年前三季度，前海实际使用外资292.8亿元，同比增长91.8%。在前海就业生活的香港居民超1.4万名，港资企业超1.1万家。前海国际人才港、青年创业谷等空间承载常态化国际交流，上海合作组织青年科技创新论坛、大湾区—东盟经济合作（前海）论坛连续多年举办。

围绕数字治理、绿色发展等议题，APEC各经济体代表走进前海合作区，实地观察城区建设实践，在交流中凝聚共识。

前海正以国际化城市新中心的开放底色，承接亚太区域的往来对话，让交流从一次参会变成长久的互动。

数据来源：深圳市前海深港现代服务业合作区管理局

·广告·