

从“C”到“O” 长三角“跨海通道”大闭环 最关键的一块拼图在舟山

撰文 摄影
黄公山 赵高翔 等

中国经济最发达的长三角，其实有一个大短板——沿海一带的跨海通道，是一个有着缺口的“C”形通道，这个“C”形缺口，就在我国最大的群岛——舟山群岛。不过，近些年来，舟山群岛正在进行“疯狂”的“连岛工程”，最终要将南边的宁波和北边的上海连接起来，从而让长三角的跨海通道实现从“C”到“O”的华丽转身，形成一个超级大闭环。

这是施工中的浙江舟山市舟岱跨海大桥。大桥全长16.3公里，连接的是舟山群岛中的舟山本岛与岱山岛，计划于今年底建成通车。建成后的舟岱大桥与甬舟高速相连，使得舟山连岛工程的总建设里程达80多公里。舟山连岛工程跨越了8座岛屿，建造了10座大桥，拥有世界最长的连岛高速公路和最大的跨海桥梁群。在未来，舟山一旦与北面的上海通过跨海大桥连接上，最终将形成一个上海、舟山、宁波三地之间最短的陆路交通闭环，对完善地区交通网络、支撑国家产业布局规划、推进长三角一体化发展具有重要意义。摄影 / 邵阴军

曾经孤悬海外的舟山群岛，如今拥有了世界最长的连岛高速公路、规模最大的跨海桥梁群。

人们驾车从大陆去普陀山，有近50公里行程是在舟山跨海大桥上度过的

说实在的，作为一名在舟山群岛生活多年的本地人，当我看到朱家尖岛上的蜈蚣峙码头停车场，变成国内规模最大的停车场时，我的内心有一种不真实的魔幻感。

这是今年“五一”假期发生的事情：蜂拥而至的自驾游车辆，把蜈蚣峙码头停车场挤得满满当当。5月2日下午2时的最高峰时刻，进场停泊的车辆数达1.58万。这一数据，足以让蜈蚣峙码头停车场跻身国内最大规模停车场的行列中。

蜈蚣峙码头是进出“海天佛国”普陀山的主要通道。众多香客、游客驾着车辆，从宁波市区向东“入海”，依次经过5座跨海大桥，跨越了金塘岛、册子岛、富翅岛、里

钓岛、舟山本岛等，最后来到群岛东侧的岛屿——朱家尖。与朱家尖相距只有2公里多的北面，就是佛教圣地普陀山。朝圣者在蜈蚣峙码头停好车，然后从码头坐渡轮上普陀山。要是在过去，舟山群岛跨海大桥修建之前，人们去普陀山，只能先从宁波坐船去舟山沈家门，然后再倒船去普陀山，或者是在上海坐前往普陀山的海运航班。

由舟山市公安局交警支队提供的数据显示，今年整个“五一”长假期间，进出舟山本岛的汽车总量达32.84万辆，比2020年增加了215.8%，比2019年增加16.9%。小小舟山，一时车满为患。

自驾游的汽车“挤爆”海岛舟山，源自历经10年建设、于2009年12月25日全线通车的跨海大桥。金塘、西堠门、桃夭门、响礁门和岑港等5座跨海大桥，组成了全长48.16公里的舟山跨海大桥群。也就是说，



舟山连岛工程全面发力，将更多的高速公路“铺”在了东海上

上图为施工中的鱼山大桥（摄影/何仁岳）。鱼山大桥位于舟山市岱山县，是宁波舟山港主通道的支线工程，全长8.2公里，连接的是岱山岛和鱼山岛。下图为即将竣工的舟岱跨海大桥（摄影/徐金星），这也是宁波舟山港主通道的重要组成部分。舟岱大桥通车后，人们从舟山本岛到岱山岛驾车走高速，只需15分钟，而原先坐轮渡则需1小时。宁波舟山港主通道位于舟山群岛中部，连接富翅岛、舟山本岛、长白岛、岱山岛、鱼山岛等5座岛屿，按双向四车道高速公路标准设计，计划于2021年全线建成，并同甬舟高速连接。

人们驾车从大陆去普陀山，有近50公里的行程，是在跨海大桥上度过的。

海岛舟山，从此摆脱了与大陆“舟楫往来”的历史，与对岸的宁波通过桥梁紧紧地连在了一起。

多少舟山人特意绕道宁波火车站，为的是坐一趟到上海的火车

修建跨海大桥，通上汽车和火车，曾是几代舟山人的梦想。在国人的认知中，舟山群岛是祖国“鱼仓”，舟山带鱼名闻全国，舟山渔场是中国最著名、最大的渔场。年纪大一些的人，或许还记得舟山是海防前线，驻扎着新中国第一支人民海军部队；年轻人可能只知道这里的普陀山是著名景区，四大佛教名山之一。





长三角建有中国最密集的跨海通道群

项贻强

浙江大学建筑工程学院
桥隧工程资深教授、博士生导师
绘图 / 郭鼎一

目前，长三角建有中国最密集的跨海通道群（包括大桥与隧道）。其背后原因，可以从以下几个方面来解读：

首先，从区域定位看，长三角是“一带一路”与长江经济带的重要交会带，在我国现代化建设大局和全方位开放格局中，具有举足轻重的战略地位，是我国参与国际竞争的重要平台，经济社会发展的重要引擎。

其次，从地理环境看，长三角东临东海，有很长的海岸线及良好的天然海岛、港口码头。这里既是水网地带、鱼米之乡，又是水运、海运交通发达地区。

第三，从人口密度、GDP看，长三角是除粤港澳大湾区、京津冀城市群之外，中国常住人口最密集及经济最活跃的区域之一，需要更发达的公路和铁路交通干线，为区域经济和人员活动提供支撑，并通过海运交通促进对外贸易。

目前，在长江流经的下游地区——安徽、江苏、上海，修建了20余座跨长江或跨海的大桥、隧道，正在修建和计划修建的还有多个跨长江桥隧通道。在上海，建成了连接上海与洋山港集装箱码头的东海大桥；在浙江，先后建成了沟通嘉兴、慈溪、宁波等地的杭州湾大桥，连接海宁与绍兴的嘉绍大桥，连接宁波至舟山群岛的舟山连岛工程，以及舟山本岛至岱山的舟岱大桥。目前正在建设的，还有宁波至舟山的公路铁路第二通道（甬舟高速复线）、杭州湾公铁第二通道及六横公路大桥等跨海通道。



世界主要跨海通道分布图

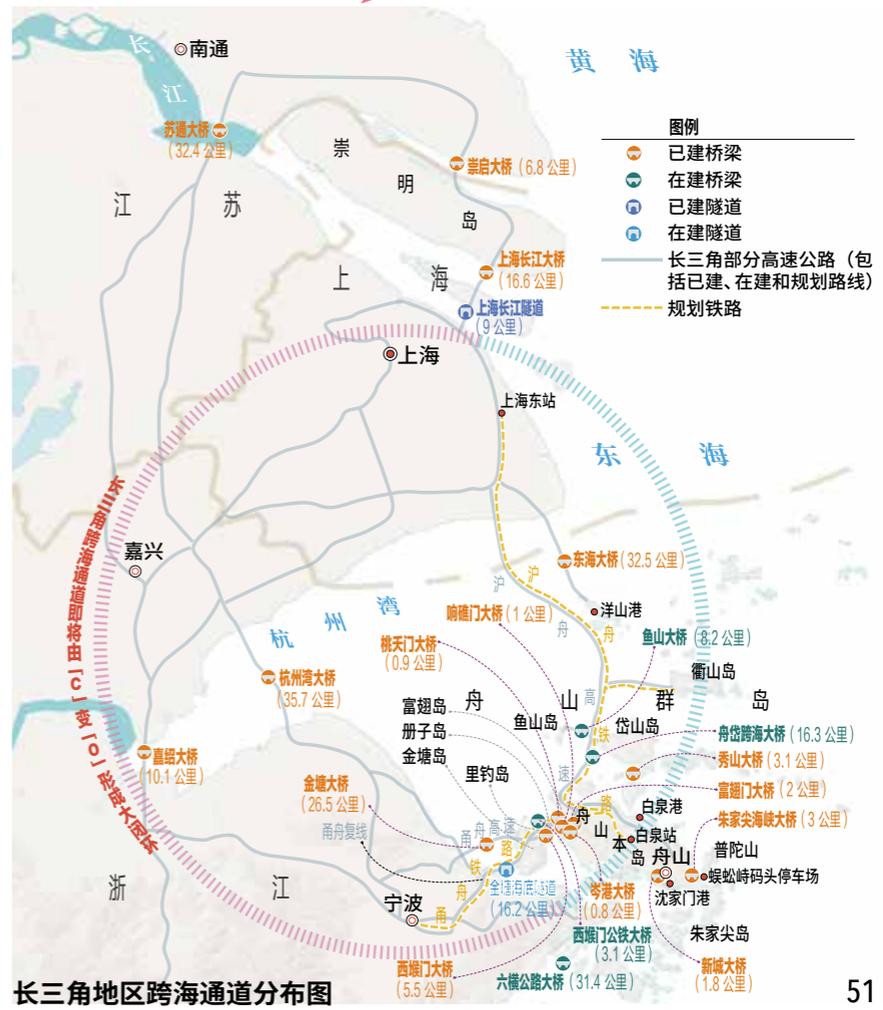
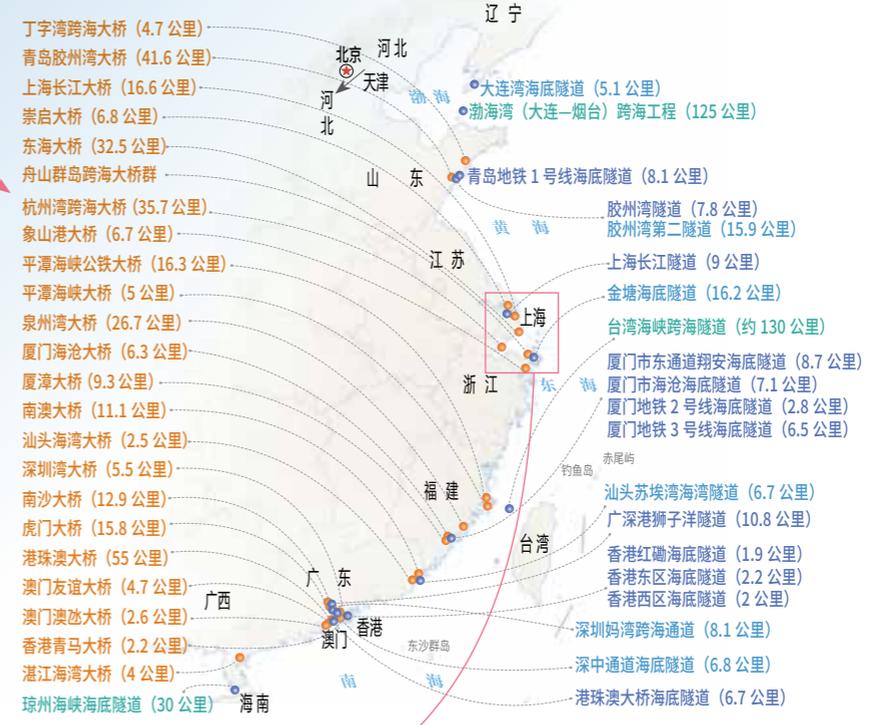
长三角跨海通道将实现从“C”到“O”的重大突破，形成跨海通道大闭环

近百年以来，国外已建的越江跨海的水下交通隧道和桥梁已逾百条（座）。目前我国已建成的水下隧道和跨海桥梁有多条（座），但跨海隧道则不多，集中在东部沿海地区。长三角是目前已建和规划建设跨海通道最密集的地区。未来，舟山一旦与上海通过跨海大桥连通，整个长三角的跨海通道就将实现从“C”到“O”的重大转变，形成一个跨海通道的大闭环，这将对长三角的发展产生重大影响。

预计在不远的将来，长三角将形成一个跨江越海通道的大闭环。这个环线的形成，将使得当地高铁行程缩短至1小时左右，高速公路行程缩短至2.5小时，为区域一体化发展和经济腾飞提供更好的基础性支撑。

正在建设的，还有宁波至舟山的公路铁路第二通道（甬舟高速复线）、杭州湾公铁第二通道及六横公路大桥等跨海通道。

我国主要跨海通道分布图



长三角地区跨海通道分布图



舟山群岛跨海大桥群航拍图

舟山连岛工程建有多座世界级桥梁，这里成了我国攻克桥梁高端技术的试验场。



舟山群岛由大小1390余座岛屿组成，散落在长江口南侧杭州湾口2万多平方公里的东海海域上。过去，舟山人依海而居，浮海而生，出门便乘船，颇有古越人“以船为车，以楫为马，往若飘风，去则难从”之风。

面对滔滔东海潮，古人有“石米舟山、斗米舟山、升米舟山”的说法，意思是从宁波出发坐船，顺风顺水的话，带上一升米，途中吃个午饭，当天可到舟山；万一不顺，也许得带上一斗米或一石米，才不会饿死途中。视蹈海为畏途，古今皆如是。

南宋淳熙年间，诗人王阮出任昌国（今舟山）县令，心念舟山百姓之苦，愤而赋诗：“蛟门山下须臾死，肉食诸公知不知？”诗中提到的蛟门是指大、小黄蟒山，位于宁波市镇海区甬江口海域，是宁波至舟山必经之地。翻遍历代舟山史志，没有不提蛟门之险的。

尝尽海路之苦的舟山人，建起的第一座跨海桥梁，是在舟山最偏僻的嵎泗县壁下、安基两岛间。那是1958年，为方便搬运鱼货，两座小岛间用木材架设了第一座跨海桥梁，全长42米，宽3米。1963年，木桥改为水泥混凝土结构。两座岛都很小，没有机动车，小桥只供人通行。

在传统的农（渔）业经济时代，坐拥渔盐之利的舟山，小日子过得还算不错。但改革开放之后，受困于孤悬海外、交通不便的地理环境，舟山社会经济发展一下子落到浙江省的后面。“要想富，先修路”，人们开始思考在舟山与宁波之间架设跨海大桥。有了大桥，才能通上汽车和火车。

我深深知道，舟山人对于汽车、火车有着一一种怎样的特殊感情。

11年前，一列230多米长的绿皮火车，从万里之外的嘉峪关，搬进了定海区干览镇

西堠门大桥是舟山连岛工程中一座具有标志性的跨海大桥

舟山连岛工程建有多座世界级的桥梁，西堠门大桥是其中一座极具标志性的跨海大桥。该大桥在桥梁发展史上具有重要意义——是世界首座分体式钢箱梁悬索桥，抗风性能很强，主跨1650米，跨径世界第二、国内第一。为抵抗一年数次的超强台风，西堠门大桥采用了抗风能力最强的设计，采用了能极大降低颤振的分体式钢箱加劲梁，在世界尚属首次。舟山建成的多座跨海大桥，将舟山的海岛与大陆连接起来，使得舟山实现了从“孤岛”到“半岛”的蜕变。

新建社区的南洞景区（当时还叫太阳谷）。尾部一个无遮无拦的小平台上，眺望绿树田园的江南，切身体会到郁达夫笔下的《杭甬线上》风光。也有多少舟山人，曾特意带着孩子，绕道宁波火车站，为的是能坐一回火车去上海。南洞景区慧眼识宝，让其来舟山安家，担纲景区的“主演”，满足了海岛人对火车的向往。

像我一样，很多舟山人都曾有一个梦想：有朝一日，不用舟楫劳顿去宁波，在家门口就可以坐上汽车和火车，一路风驰电掣，通达世界。

舟山群岛跨海大桥群的修建，使得我国最大群岛变成了与大陆紧密相连的“半岛”。



世界规模最大的岛陆连接工程，让群岛变成了半岛

因着这个梦想，舟山人开始勒紧裤带，进行“疯狂”的连岛工程——修建跨海大桥。那是上世纪90年代中叶，舟山全市一年的地方财政收入加起来，只有区区一两亿元，却要花费数百亿元资金，建造长达数十公里的跨海大桥。

在修建跨海大桥众多线路的方案讨论中，最终北线方案胜出——从舟山本岛西门户岑港出发，架桥连上里钓岛，是为全长793米的岑港大桥（1999年开工，2006年通车）；从里钓岛到富翅岛，是全长951米的响礁门大桥。响礁门是桥梁跨越的水道，一名“响礁”，源自此处潮急水深（水深超30米，流速为每秒3米），海水流淌时拍打礁石“哗哗”作响。



响礁门的水道潮水湍急，对海底冲刷作用强烈，导致海底岩石上的泥沙覆盖层很薄，传统的钻孔灌注桩技术无法实施。这是因为，钻杆在给海底打钻时，要先钻透泥沙覆盖层，然后继续往下钻岩石层。在钻岩石层的时候，上面的泥沙覆盖层可以起到防护套的作用，保护钻杆免受海洋潮流冲击而正常作业。现在的泥沙覆盖层很薄，就对钻杆起不到保护作用。

施工人员想了一个办法：先给钻杆“穿上”一件钢铁盔甲——直径2.74米的钢护筒。这个钢护筒就起到了泥沙覆盖层的作用，防护钻杆被湍急的潮水冲击，然后在钢护筒上搭设钻孔施工平台。

如果说岑港大桥是舟山跨海大桥的“开胃菜”，响礁门大桥是工程第一只拦路虎的话，那么接下来连接富翅岛和册子岛的桃夭

门大桥，算是真正碰到了造桥技术的世界级难题——大桥全长888米，跨度世界第二（主跨580米）。

岑港大桥、响礁门大桥、桃夭门大桥连起来，为舟山跨海大桥一期工程。其后的金塘、西堠门两桥投资超百亿元，是舟山连岛工程的核心。尤其是西堠门大桥（2005年开工，2009年通车），直接创造了世界造桥史纪录。该大桥主跨1650米，建成时是世界最大跨度的钢箱梁悬索桥，全桥长度在悬索桥中居世界第二、国内第一。2010年，在第27届国际桥梁大会上，西堠门大桥摘取了号称“桥梁界诺贝尔奖”的古斯塔夫·林德萨尔奖。

以数量多达7座（包括先期连接朱家尖岛及情人岛的大桥）来看，舟山跨海大桥这一连岛工程，堪称世界规模最大的岛陆联络工程。

从渔船摆渡到驾车进香，跨海大桥彻底改变了舟山群岛的出行方式

早在1979年，那时的舟山群岛居民习惯乘坐渔船，去往周边不同的岛屿（上图 摄影 / 叶文清）。在舟山群岛修建通往宁波的跨海大桥之前，人们从大陆去普陀山，是先从宁波坐船去舟山的沈家门码头，然后再倒船去普陀山，或者从上海乘坐前往普陀山的海运航班。舟山群岛跨海大桥修建后，一切都发生了改变：今年5月1日上午10点多，摄影师航拍的位于朱家尖岛上的蜈蚣峙码头停车场，已经停满了私家车（左上图 摄影 / 沈磊）。高峰期，该停车场停有上万辆汽车。自从舟山修建连岛工程后，人们驾车可从宁波经数座跨海大桥，一直开车到蜈蚣峙码头，然后再换船前往近在咫尺的普陀山进香。

东海大桥一头连着世界最大深水港—— 洋山港，一头连着长三角龙头城市—— 上海

全长32公里的东海大桥，是我国第一座外海跨海大桥。它跨越了杭州湾北部海域，连接起上海浦东新区的芦潮港与浙江舟山的小洋山岛。画面中间的码头，就是位于小洋山岛的世界最大深水港——洋山港。在未来的规划中，沪舟高速公路与沪舟高铁，还将从洋山港南侧的大洋山岛一直往东南延伸，修建到岱山岛，再从岱山岛向南与长白岛、舟山本岛相连，从而形成一个连接上海、浙江的海上跨海通道大闭环。这个闭环一旦形成，舟山群岛优良的深水岸线资源，也将在整个长三角地区发挥更大的作用。

长三角跨海通道大闭环一旦形成，舟山群岛的深水岸线资源也将发挥更大的作用。

跨海大桥群的建设，为舟山带来了天翻地覆的变化：从西到东，金塘岛、册子岛、富翅岛、里钓岛、全国第四大岛的舟山本岛，以及之前就已建成跨海大桥与本岛相连的朱家尖岛及情人岛，虽然在自然地理上，它们海岛的性质未变，但在社会属性上，它们已变为与大陆相连的“半岛”了。

用高铁把舟山与宁波、上海连起来？这不是梦想！

在10年前，要是有人说用高铁把舟山

与宁波、上海连接起来，无异于痴人说梦，估计没人会相信。现在，这个梦想已经在一步步变为现实。

去年12月22日，连接宁波与舟山的甬舟铁路正式开工。这条总长76.4公里的跨海铁路，设计时速为每小时250公里，工程主体由金塘海底隧道、西堠门公铁大桥、桃夭门公铁大桥、富翅门公铁大桥四部分组成。

其中，金塘海底隧道、西堠门公铁大桥为两大主要控制性工程，前者全长16.2公里，建成后将成为世界最长、盾构横断面规模最大的海底高铁隧道。

西堠门公铁大桥，邻近连岛工程中的西堠门大桥。舟山当地有句俗语：“老大（船长）好当，西堠门难过”，意思是西堠门水道风大、浪高、水深（最深95米）、流急，船舶过此颇费力气。公铁大桥全长3.1公里，主跨1488米，建成后将是世界上跨度最大的公铁合建桥，比第二名的土耳其伊斯坦布尔三桥还长80米。

甬舟铁路计划工期6年，金塘海底隧道、西堠门公铁大桥这两大工程，预定于今年9月前开工。

除了甬舟铁路，未来还要用高铁把舟山和上海连起来——这就是沪舟铁路，上海经洋山至舟山的铁路，已被列入了铁路远景规划。

在甬舟铁路开工的那一天，我特意写下了那一刻我的心情：“生活不只眼前的苟且，还有诗和远方的田野。这是跨越百年的梦想。就在当下，梦想熠熠发光，照进现实。星辰大海的征程，由此起步。”

连岛后的舟山成了长三角地区经济发展的一块热土

舟山跨海大桥的建成通车，深刻地影响了舟山社会经济的发展。这一影响，甚至远超连岛工程规划者最初的预计。

比如说，设计跨海大桥时预计，通车10年后日均通车量达到8000辆。不过这个数字不到5年就被超了。10年后的2019年

金塘海底隧道将成为世界最长、国内首条海底高铁隧道

修建金塘海底隧道前，人们需要在海上搭建平台（右页上图），通过钻取海底地层岩石，来分析隧道所穿越的海底地质情况。右页下图为在海底钻探取回的岩石柱（摄影 / 姚峰）。金塘海底隧道计划于2021年开工，工期60个月，是整个甬舟铁路（宁波至舟山的高铁，设计时速250公里）的一部分。它西起宁波北仑区青峙化工码头，东至舟山金塘岛木岙区间水域，全长16.2公里，最大埋深78米，建成后将成为世界最长、国内首条、承受水压最大的海底高铁隧道，比港珠澳大桥越海隧道还要长近10公里（见本页金塘海底隧道剖面图）。本页下图为甬舟铁路所经路段剖面绘图。这条跨海高铁建有多座跨海大桥和多条陆上隧道，修建难度极大。绘图 / 郭鼎一

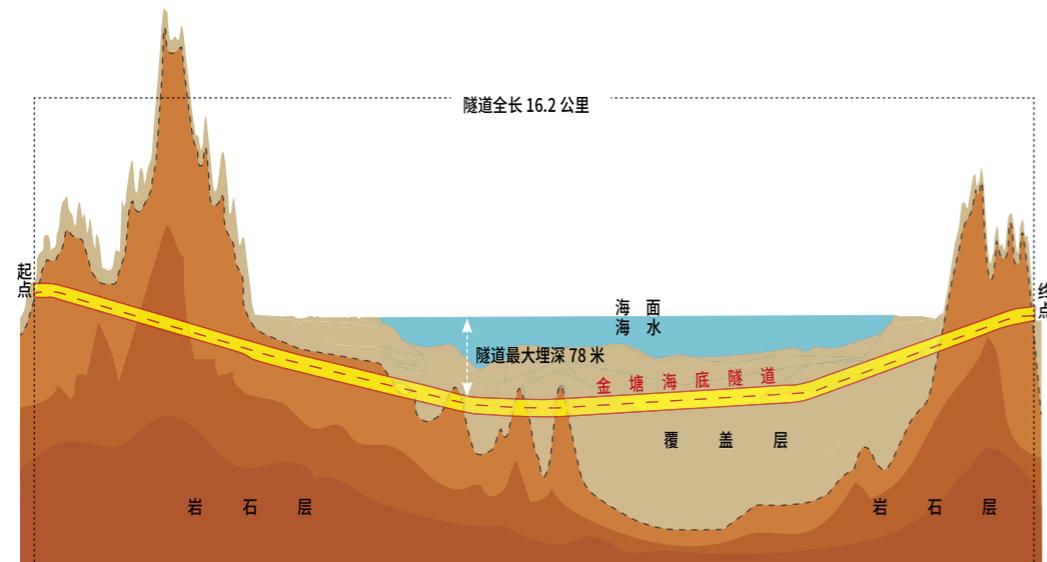
“五一”第一天，进出岛的总车次达74672辆，接近设计之初预计的10倍，创下进出岛汽车流量历史新高。

“以船为车，以楫为马”的舟山迅速进入汽车时代，年接待游客量超7000万人次。民宿、海鲜夜排档，在各岛屿上四处开花；高档度假酒店也相继落户海岛；“海天佛国”普陀

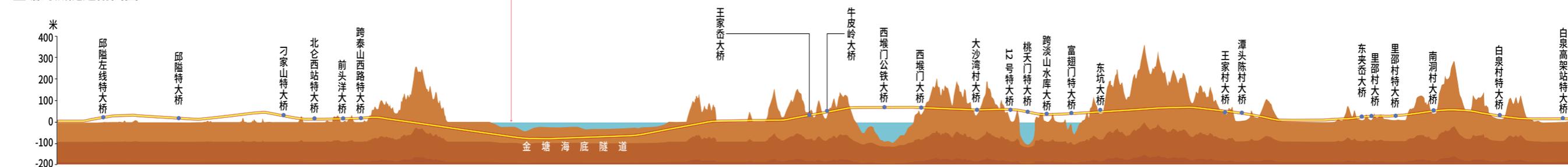
山香火旺盛，影响力持续上升；“绿野仙踪”嵛山后头湾爬山虎铺天盖地的荒废渔村等一批新景点，成为年轻一代游客争相打卡的网红旅游目的地……

跨海大桥给舟山带来的更大变化是，一系列国家战略政策落户舟山，极大推动了地方经济发展：2011年，继浦东新区、滨海新区、两江新区后的第4个国家级新区——舟山群岛新区获批；2017年，国务院正式批复在舟山群岛新区设立中国（浙江）自由贸易试验区，一大批项目和企业落户舟山，舟山的经济结构正在发生根本性的变化。

舟山群岛拥有丰富的深水岸线、优越的国际航道以及锚泊资源。多年来，就货物吞吐量来说，宁波舟山港和上海洋山港，分别



金塘海底隧道剖面图



规划中的甬舟铁路(长76.4公里)所经路段剖面图

隧道与桥梁造价对比(单位:亿元/公里)

隧道	桥梁
5-10	3-4
钻爆法	浅水 (<10米) 通航 (1万吨以下)
10-12	5-10
盾构法	中等水深 (20-40米) 通航 (1万-5万吨)
12-15	10-15
沉管隧道	深水 (>40米) 通航 (5万-20万吨)

资料来源: 项海帆
《对跨海工程建设中“桥隧之争”的思考》



长三角跨海通道群的成功建设， 为我国未来攻克更为宏大的跨 海工程积累了宝贵经验。

是世界排名第一、第二的深水港；有意思的是，如果就集装箱吞吐量来说，这两个港口掉了个儿，洋山港排第一，舟山港排第三。其实，洋山港的核心港区也在舟山（洋山港是舟山租给上海的）。连岛工程建设更使舟山如虎添翼，摆脱了不利的地理因素制约，将海运和陆运连为一体，舟山因此一跃成为长三角地区经济发展的一块热土。

跨海通道从“C”变“O”之时， 杭州湾将成为长三角的“内海”

在舟山建成跨海大桥、通上汽车之前，人们从舟山去往近在咫尺的上海，有两种选择：一种是先坐渡轮到宁波，再从宁波坐汽车或火车到上海。另一种选择是从舟山坐海上轮

渡到洋山岛，过东海大桥后再到上海。

从地图上看，长三角地区的上海、杭州与宁波等几个核心城市之间，构成了一个英文字母“C”形的交通网络。在这个网络中，舟山孤悬海外，是网络中的一个缺口和断点。

这些年来，舟山的连岛工程，不仅将自身分散的岛屿连了起来，更重要的是直接连上了大陆一端的宁波。在未来的规划中，舟山的连岛工程还将继续向北延伸，通过跨海大桥与上海、江苏连接。

这样，长三角就将形成一个从“C”到“O”、完整的跨海通道大闭环。

这个跨海通道大闭环，始于由上海浦东新区芦潮港直达舟山市嵊泗县小洋山岛、全长32.5公里的东海大桥，这是本世纪建设

的第一座跨海大桥，2005年投用；连接嘉兴和宁波、跨越杭州湾海域、全长约36公里的杭州湾大桥，比东海大桥晚一年建设，2008年通车；全长约10公里的嘉绍大桥，2013年建成通车，是第二条跨越杭州湾的大桥。再加上数条舟山跨海大桥，众多造型各异、长短不一的跨海大桥，最终在长三角地区形成了一个通畅而闭合的环路。

而甬舟铁路的修建及未来规划的沪舟铁路，让长三角的跨海通道大闭环有了公路和高铁的双重“加持”，无疑将深刻影响长三角的发展格局，进一步提升长三角在世界湾区的竞争能力：跨海大通道彻底扭转了以往该地区沿海通道的不畅，被视为是推进长三角区域一体化、建设世界级港口群的重大支撑性工程，也是长三角打造环太平洋先进制造

高铁已修到福建平潭岛， 离台湾岛只有130公里

福建东部的平潭岛，是离台湾岛最近的一个大陆岛屿，直线距离只有130公里。2020年12月26日，福（州）平（潭）铁路正式开通运营，结束了平潭岛不通铁路的历史。画面中航拍的，是施工中的我国首座公铁两用跨海大桥——平潭海峡公铁大桥，正是这座跨海大桥把高铁首次送上了平潭岛。在我国的高铁路线规划中，就有修建经平潭岛跨越台湾海峡到台湾岛的路线。因此可以说，平潭岛是未来修建台湾海峡跨海通道的大陆起点。而长三角跨海通道群的成功建设，为我国未来攻克更为宏大的跨海工程，如台湾海峡跨海通道等，积累了极为宝贵的经验。摄影 / 陈星

业与物流枢纽的关键性通道。最终，依托这个跨海通道闭环强大的连接作用，一个世界级的长三角自由贸易港，将冉冉升起在我国东部。

摊开长三角区域地图，我在查看时，又有了一个发现：当长三角跨海通道从“C”变成“O”之时，沪舟、甬舟高速公路和铁路线，就像一条弧形的微笑曲线，将杭州湾包在了里面。那时的杭州湾，看起来更像是长三角的“内海”……