

集高速公路、城际铁路、普通公路为一体，常泰长江大桥
刷新多项世界纪录——

毫厘之间跨长江

本报记者 史志鹏

跨山越海中国桥



在江苏泰兴七圩渡口，车辆排队等待乘坐轮渡前往江对岸的常州。常州和泰兴隔江相望，平均距离仅约3公里，但若不乘轮渡，只能绕行泰州大桥或江阴大桥。建桥，是当地百姓的真切期盼。

5年时间，长江中下游，泰州大桥与江阴大桥之间，一条新的“钢铁巨龙”横卧江面，蔚为壮观。这条“巨龙”就是常泰长江大桥。大桥全长10.03公里，主航道桥采用主跨1208米斜拉桥，天星洲和永安洲两个专用航道桥采用主跨388米钢桁梁拱桥，均刷新同类桥梁世界纪录。目前，全桥合龙在即，大桥建成通车后，常州至泰兴车程将缩短至半小时左右，对推进“一带一路”交汇点建设、服务长江经济带发展和长三角一体化发展战略、促进扬子江城市群协调发展等具有重要意义。

常泰长江大桥有何特殊之处？大桥设计与建设背后有哪些故事？日前，记者探访了常泰长江大桥建设现场及相关工厂。



“焊接时要全神贯注”

在中铁工业旗下的中铁宝桥扬州公司生产基地，两块钢桁梁大节段静置地面，等待从码头启运，拉往桥位吊装。这一步骤后，常泰长江大桥将拉开全桥合龙序幕。

从下往上看大桥，并未觉察其中一节段有多大，但真正站在未出厂的节段面前，记者不禁被其庞大身躯所震撼。“建桥就像搭积木，对于常泰长江大桥主航道桥来说，就是把一块块大节段拼接起来。”中铁宝桥扬州公司常泰长江大桥项目副经理秦勋介绍，大节段好比积木，别小看这块“积木”：标准长度28米，宽35米，高15.5米，最大单重达1866吨。

大节段由板单元及不同类型杆件组成，板单元由板材切割后的零部件拼焊出来，大桥的质量和安全性与此直接相关。“跟做衣服类似，用什么料子，领子、袖子缝得结不结实，都会影响衣服的耐久性。”秦勋说。

在基地钢桁梁智能制造示范线，记者看到围绕板单元加工制作的诸多工艺，目标只有一个：焊得更牢固。“这叫‘U肋’，在板单元中扮演重要角色，是提高桥面强度的关键。”走到一块船位焊的板单元旁，秦勋介绍，桥面板单元的一面过车，有车时就有压力，车通过后压力消失，这样反复作用会导致疲劳载荷，路面易开裂。这就需要要在另一面焊上一根根U肋，在一定区域形成箱体结构，大大提升路面承载力。

“这个焊缝焊得光滑，外观好，内部也没啥缺陷。”中铁宝桥扬州公司常泰长江大桥项目副总工曹林说，以前U肋焊到板上主要靠人工，常泰长江大桥建设过程则采用了焊接机器人。激光传感器就像“眼睛”，扫一下就知道点焊位置在哪儿，精度和效率明显提升。

来自河北的曹林是90后，大学毕业就来到中铁宝桥扬州公司技术研发部工作。常泰长江大桥对零部件精度的追求和把控，给他留下深刻印象。“桥面板单元U肋的熔深必须控制在80%。换句话说，U肋厚度8毫米，单面焊接的坡口部分熔透角焊缝焊根未熔透的最大尺寸不超1.6毫米。”曹林说，“焊接时要全神贯注，熔深低于80%达不到标准要求，可如果电流电压稍微大一点或设备抖动一下，就会直接焊穿，因此必须格外精准。”

“我们还引入了破坏性试验。”曹林介绍，项目随机抽取板单元成品，将其焊缝切割来验证焊接质量，为提高板单元疲劳性能及耐久性提供可靠保障。

中铁工业旗下的中铁山桥南通公司也承担了常泰长江大桥钢桁梁大节段的制作。老家安徽的马浩鹏是公司工程技术部部长，虽为95后，却是工作9年、参建20余座大桥的“老司机”。现在，他的脑海里仍不时浮现当时大节段装船发运的场景。

“大节段尺寸大、重量大，码头的吊机根本吊不动，只能采用滚装上船的方式。发运要密切关注当天水位，那时江面水位较低，经常凌晨启运，把大节段从厂区运往船上的时间很紧张。节段一上船，船一边就翘起来，然后赶快往另一边船舱注水，保持船的平衡，整个过程需要各方紧密配合。”马浩鹏说，“一块大节段，从板材运来，经下料、组焊、涂装，再到发运，周期约半年。眼睁睁看着一个个节段被拎上去，那叫一个激动！”



图①：常泰长江大桥一瞥。 邵旭摄
图②：焊接机器人对U肋板单元进行焊接。 张孝远摄
图③：施工人员对沉井承台进行第二次混凝土浇筑。 孙璐摄
图④：大桥南主塔封顶。 邵旭摄
图⑤：大节段从码头滚装上船。 陆严苏摄
图⑥：对大节段进行吊装。 陆严苏摄



扫码观看视频

曹林告诉记者，两侧脚下踩的路面材质也不同。铁路侧是更厚的复合钢板，由碳钢和不锈钢采用爆炸工艺结合而成，之后放道岔；而公路侧使用的只有碳钢，上面将铺沥青。

大桥两侧的弦杆上，分布着密密麻麻的螺栓与孔群。从工厂运来的大节段，正是采取先检后焊的方式拼接起来。中铁山桥常泰长江大桥项目经理李福生带领团队，连续几天在现场测量钢桁梁的拼装精度，其中就包括弦杆箱口栓孔的同轴度。

“螺栓孔群的精度决定了大节段能否顺利拼接、大桥能否成功合龙。两个节段吊上来后，在弦杆间放置拼接板，打上螺栓固定，下一步就是焊接了。如果连栓孔都对不齐，节段根本拼不起来。”李福生说，“我们使用了大型龙门三维数控钻床，实现双机精密联动，一次性完成杆件两端栓孔的钻制，同时在实体拼装前，进行模拟预拼，保证栓孔精度。”

在中铁山桥南通公司的工厂，记者见到了李福生说的钻床设备，钻床正在进行下一座桥梁的弦杆作业。

“常泰长江大桥的栓孔就是这台机器打出来的，我们先打定位孔。3个定位孔，能控制这一区域的孔群位置。”马浩鹏介绍，“两侧同位置孔的圆心间距偏差不得超过0.5毫米”。

定位孔钻制后，工人将一块样板放到弦杆位置，和3个定位孔重合，操作摇臂钻床开始钻其余位置的栓孔。“样板是特殊材质做的，钻头钻上去也不会损坏。”马浩鹏介绍，孔群钻好后由质检工程师对栓孔直径、极边孔距、螺栓孔间距等项点进行检查，合格后方可进入下道工序。

“只有控制好总体倾斜度，塔顶才不会偏”

整座常泰长江大桥，最引人瞩目的要数桥塔。南北两座“钻石型”主塔耸立长江，直指蓝天。

两座主塔高度均为350米，分上、中、下塔柱三部分。桥塔采取分节段施工，建塔的过程就像串糖葫芦。此时，南塔已封顶，北塔封顶在即。“常泰长江大桥桥塔是目前世界最高斜拉桥桥塔，也是整个桥梁的核心工程。”中铁大桥局副总工程师于祥君介绍，一般桥塔是两塔肢，而这座桥的中、下塔柱设计成四塔肢、正八边形截面的形式，且塔肢尺寸不固定，做了收窄、内倾设计，“这对精度要求很严格，只有控制好总体倾斜度，塔顶才不会偏”。

换乘两趟施工升降机，记者来到北塔顶部，一部分工人正在吊装斜拉索。往下看，宽阔的江面上，偌大的船只也变得渺小。接着，记者进入桥塔内部，一排排孔洞映入眼帘。

“这是斜拉索的一个锚固端，另外一个位于钢桁梁的锚箱上。”曹林介绍，大桥首创了“钢箱—核芯混凝土”组合索塔锚固结构，利用的正是钢和混凝土两种不同材料的力学性能差异。混凝土抗压性能好，但抵抗弯矩产生的拉应力能力较弱，而钢结构抗拉、抗压性能均较好。将混凝土布置在上塔柱中性轴附近，钢结构布置在远离中性轴的外围，便能实现索塔锚固体系局部受力和整体受力的协调统一。

两座桥塔如人之两腿，稳立江中，靠双脚有力。双脚就是在水下的“沉井”。常泰长江大桥主航道桥桥塔基础沉井采用钢结构，一个沉井的面积相当于13个篮球场大小，高度差不多有24层楼高。将这样的“大块头”平稳放入江中，不是一件容易事。

“我们将沉井基础在船坞内整体制造，然后用拖轮浮运至桥位。施工期间，接高两次，下沉分了三次。”于祥君介绍，为了减少下沉施工风险，团队采取了“上小下大”结构，让沉井减轻自重的同时又有效限制了水流对沉井周边河床土体的冲刷，减少冲刷深度。

沉井的每次下沉，都意味着向下不断取土，然而特殊的地质情况让施工人员犯了难。“沉井下沉区域分布着不同厚度的粉质黏土，这种黏土黏度极高，在水下好似橡皮泥，一旦把钻头糊住就很难把土吸出来。”于祥君告诉记者，建设团队研发了双头绞吸机、履带式绞吸机器人、龙门绞吸机器人、高压射流钻机等“利器”对付黏土。同时，在沉井安装土压力传感器，在关键点监测应力，自动采集沉井姿态和结构受力数据，实现取土的精准控制。

看着即将合龙的大桥，曹林很感慨。“越到最后，越怀念大家一起攻坚克难的日子。大桥就像我们的小孩，一点点长大，能参与这个超级工程本身就是一种幸福。”曹林说，“等大桥通车后，我一定带家人来跑一圈，向他们讲讲造桥的故事。”

“两侧同位置孔的圆心间距偏差不得超过0.5毫米”

常泰长江大桥所处位置，深水航道宽900米，往来航船如织。繁忙的航道如一条车辆川流不息的高速路。为了减少对航道通航影响，大桥设计者选择了斜拉桥桥型，并将跨度做到极大。

走在下层桥面，工人正加紧安装防抛网、防撞护栏等附属设施。“上层桥面为双向六车道高速公路，咱们在这层，这边是两线城际铁路，那边是四车道普通公路。”中铁大桥局常泰长江大桥项目副经理赵政说，这是大桥最特殊的地方之一。

有啥特殊？赵政介绍，按照传统做法，一般将两线铁路放中间，两边各布置两条公路车道，这样结构是对称的。而现在铁路和公路分列桥梁两侧，是一座“偏心桥”，这对于设计者和建设者而言，是亮点，也是难点。

据介绍，铁路与公路的恒载差异很大。荷载不平衡，将导致主梁横偏变形，桥面一边高一边低，威胁行车安全。为了解决荷载非对称问题，大桥设计者一方面尝试采用轻型化铁路桥面系结构，减轻铁路侧重量；同时，调整斜拉索索力，使铁路侧的张力大于公路侧，保证两侧桥面一样高。

