

周末人物·中国新闻名专栏

沙场秋点兵，集结

小时候的张连钢一是喜欢车，二是喜欢船。他自幼在海边长大，只要看到大船，就偷偷溜进码头看个半天。1979年，他参加高考，填报了武汉水运工程学院（武汉理工大学前身）船舶电气自动化专业。毕业后，分配到当时的青岛港安技处工作。

“领导，我要求到一线项目去！”进港工作不到10个月，张连钢就放弃机关岗位，报名参加青岛港第一个集装箱泊位——八码头52泊位建设。从此，与集装箱码头结下了不解情缘。1985年，他参与了“六五”国家重点技术攻关项目——国内第一台采用全可控硅直流调速集装箱桥吊的安装、调试工作；20世纪90年代，又参与开发“青岛港三期智能生产控制系统”。2006年，主持完成大型轮胎式起重机移动供电技术创新，实现了轮胎吊“油改电”这一重大技术突破，使之在全国港口推广。

时光流逝，青岛港曾以“振超效率”蜚声世界，但决策者清醒地意识到，过去的“人海战术”，已经走到尽头。

“变”字当头，时不我待！
“我们有着世界最大的码头，也干出了辉煌的成绩。但是，只有再建成先进的自动化码头，才能真正摘取世界码头高科技‘皇冠’上的那颗明珠！”听到集团领导宣布建设自动化码头的重大决定，张连钢激动不已，这可是他梦寐以求的大事情！领导环视会场后，把目光定格在张连钢身上，放缓了语速，说：“这是青岛港前所未有的超级工程，连钢，得由你来牵头。”张连钢，既有30年的机械、电气专业技术功底，又有10多年的集装箱码头管理经验，此次自动化码头筹建小组组长一职，非他莫属。

2013年10月23日，沙场秋点兵。这一天，青岛港自动化码头项目组（“连钢创新团队”）吹响了“集结号”。“这里，就是自动化码头的起点。我今年53岁，你们也大都30多岁，如果这件事干成了，那既是青岛港的骄傲，也是我们一辈子的荣光！”在青岛港综合楼会议室，张连钢指着墙上的港口俯瞰图说。

一场历时数年、冲击世界港口科技制高点的艰难跋涉，自此拉开序幕。

挑灯奋战夜，抉择

起初，公司股东想把西方成熟的自动化码头模式直接“复制”到青岛港。这么做，风险最低。

听说有“大生意”，许多国外专业咨询公司纷至沓来，兜售其设计理念和方案。在他们看来，中国港口根本不具备独立规划设计这样先进和复杂项目的的能力。

美国电气巨头资深专家Simon，得知青岛港项目组有20多人负责系统集成时，头摇得像拨浪鼓：“人太多了！”他说，国外同类码头通常先聘请四五名咨询师分专业作出咨询，每位咨询师费用约40万美元；然后再分别请专业公司进行咨询方案论证、审核；审核通过后，再进行方案细化设计，开始集成。张连钢仔细一算，按照这个节奏，规划设计至少要3年，而从项目立项到建设完工则需要8-10年。

“等码头建成的时候，市场机遇早已失去，我们等不起！我们在项目组织上采取的是规划设计、建设集成和商业运营‘三位一体’模式，项目组每个人都全流程参与设计、建设和运营，项目的演进路径不是‘串行分步’，而是‘并行协同’，人人都要担当咨询师、设计者和经营者等角色，人人都要学会‘弹钢琴’。这样算，我们的人不是多了，而是太少了！”始终保持头脑清醒的张连钢，没有被老外“唬”住。

“没吃过猪肉，但总归要见猪跑。”他带领团队奔赴荷兰、英国、德国、西班牙等国家的自动化码头考察“取经”。看看无人驾驶自动导引车究竟是个啥模样。没想到，国外同行却以“技术壁垒”为借口连语带蔽，参观时不准下车、不准拍照，更拒绝提供任何数据和技术规范，团队只能走马观花地老远看几眼。

“他们私下说，凭咱们的水平，干成这个码头至少要10年，希望我们直接购买他们的现成技术！”随行翻译板着脸，低声告诉张连钢。

回国不久，一家世界航运巨头企业派来一个专班。外方带队的叫约翰，“这是我们最完美的软件，你们照搬就行了。”约翰冷冷地说。负责推销自动导引车的名叫费兰克，腔调如一辙：“用他的，自然也得用我的。”两项费用，合计7900万美元！

“要干成项目，只能靠我们自己！”张连钢下定决心，既然碰到“铁壁”，那就改变方向。项目组决定与国内顶级的港机制造商——上海振华集团联手，打造国内自主的AGV技术。

设计开始后，项目组办公室的灯，晚上十点多就没熄过，通宵达旦也是家常便饭。一个“土专家”团队，硬是把国外三年的设计工作在一年内完成了。10个月后，Simon再次来到青岛港，看到项目组一次成型整体方案时，大为震惊：“真是不可思议！但我必须说，你们的方案才是最符合自动化码头建设方向的模式！”

“中国人能干出世界第一的装卸效率，也一定能建成世界最好的自动化码头！”张连钢变得越发自信。

张连钢：点亮世界目光 用『中国方案』



“

丁秀胤

2025年1月1日，随着“东方澳洲”轮最后一个集装箱顺利装船，山东港口青岛港自动化码头桥吊平均单机作业效率达60.9自然箱/小时，第12次刷新装卸效率世界纪录。

青岛港，再次点燃世界的目光。

“全自动化码头不是外国人的‘专属’，他们能做到的，中国人也一样能做到，而且做得更好！”张连钢这辈子都不会忘记，自己守着“连钢创新团队”成员立下的铁血“誓言”。

“

攻坚克难时，爬坡

青岛港自动化码头的对面，有一座海拔115米的小山，叫陡山。站在山顶，可以俯瞰整个码头。山如其名，不高但很陡。在码头建设中，为了观测地形，“连钢创新团队”的成员多次爬上这座山。“这座山，就好比团队前行路上跨过的一个小坡，更高的险峰还在后面。”张连钢给大家鼓劲，也捎带着打预防针。

他所说的“险峰”，是指自动化码头建设路上的技术“拦路虎”。

如何给自动导引车极速充电的难题，横在了项目组面前。张连钢想起自己当初进行“油改电”时的思路，他大胆设想：可不可以给自动导引车给轨道吊送箱的间隙，进行极速充电，充电量只要略高于车辆运行一个循环的耗电量。可这个设想怎么实现呢？这个技术是中国的首创，外国人到现在也没有。待精确算出车辆跑一圈的耗电量和极速充电量两组重要数据，张连钢带领大家钻研搭建起了自动导引车运行模型。这时，新问题又出现了——车队模型测试中，多台车辆耗电量与预期不符，在运行中提前耗尽电量。这又是什么原因呢，难道模型搭建中遗漏了什么信息？

那些天，张连钢带领团队白天搜集测试信息，晚上一起商讨修改设计模型。1个月后，接近200页的测试文档出炉，新模型涵盖了自动导引车全部关键参数，统筹考虑了码头设备的整体运作，从车辆安全避让、异常状态到系统优化、海关查验等细节，都进行了超前考虑。

验收时，设计一次性获通过。经过作业验证，理论计算值与实际误差仅为0.5%。更令人振奋的是，中国人自己造出的自动导引车，比国外同类减重12吨，电池寿命可达10年以上，遥遥领先。

自动化双小车桥吊是个自重2600多吨、轮压超过100吨的“超级大胖子”，选型初期，大家发现，桥吊是按常规码头承

载能力设计建造的，而青岛港全自动化码头的桥吊承载梁在2008年就已完工，承载能力不匹配，双小车桥吊的轮压已经接近码头承载的上限。

“土建改造成本太高，只有从降低桥吊轮压入手”，张连钢发问，“如果主小车后大梁减少3个与AGV的交互车道，会对装卸作业产生多大影响？”设备组王延春和同事沿着这个思路反复论证，证明桥吊后大梁减少车道的方案不仅对作业没影响，还能降低系统对车道任务分配计算的工作量。

项目组与设备制造商上海振华联手进行仿真模拟设计，制订的“桥吊后伸距减少12米”的全球首创桥吊设计方案，桥吊自重降了50余吨，节省制造成本60余万元，还推进了系统连锁优化，避免了上千万元的土建投入。

2016年初，项目组对ECS研发成果进行阶段评估后，发现功能根本不达标。“如此，码头几十个亿的投资，可能就运转不起来，开工时间也将拖后数年。”碰头会上，所有人都低头不语。

“做不好，我们排队跳海就行了”，张连钢打破沉默，“我第一个跳！”那段时间，每个人的心情都异常压抑。

在上海长兴岛一间封闭的会议室里，ECS攻关小组吃吃喝喝撒不出方圆100米。100天的日夜奋战，经历了近百次失败，终于有了初步进展。在10月份的一次测试中，无论是模拟仿真系统还是现场，6辆车终于能够流畅运转了，现场40多人，一齐欢呼雀跃！

“还是不对！”一个清晨，团队成员李永翠又干了个通宵，揉了揉酸涩的眼睛，对AGV“死锁”原因还未能完全破题，“死锁”现象频现，必须迅速查明原因、优化软件。李永翠和同事用了几个月时间，分析了上万条工作日志，从中归纳了几十种“死锁”类型，最终成功“解锁”。

艺高胆更大，创新

张连钢大胆提出，在AGV上使用钛酸锂电池。这在世界范围内尚属首例。

外国设备制造商断言，不采用他们的铅酸电池方案，中国的自动化码头绝不可能成功。

张连钢白天逐个走访模组代工厂，晚上拿来一套早期研究过的动力电池系统模型，潜心琢磨。他要求团队成员分工合作：王伟着重研究不同种类电池的特性，确定电芯的选用方向；唐立辉开发电池管理系统功能，光程序版本就搞出数十个，优化的检测逻辑数不胜数……在电池系统设计建设的近3个月里，团队共提出设计修改154项，涵盖了从电池模组设计、工艺到装配、测试的方方面面。经过严苛的实际检验，电池系统长期运行后，最大温差仅为0.5℃，保障了电池组的充放电性能和稳定性，完全达到了与特斯拉新能源车相媲美的水平。

“因为我们从零开始，有些问题要虚心向外国专家学习，但决不盲从！”张连钢不断给大伙儿鼓劲。

一次，股东方专家Paul到项目组了解进度。和其他外国专家一样，Paul居高临下地对项目指手画脚。听张连钢说，开业效率要达到20个自然箱/小时，Paul连连摇头：“根据我的经验，你们不会达到这个数字！”张连钢反驳：“你们做不到，不代表我们也做不到。咱俩今天打个赌，我们不但要超过20个，还要做到25个，谁输了谁请吃饭！”“好，如果我输了，请你们喝茅台！”Paul痛快接受“赌约”。

第二天开会，张连钢临时决定加码——把开业效率提升到25个自然箱/小时，目标郑重下达给团队。

青岛港自动化码头开港当天，在首船作业中完成3858个自然箱，桥吊单机效率达26.1自然箱/小时，船时效率达161.2自然箱/小时，创世界自动化集装箱码头商业运营首船作业效率之最！全球港航界为之讶然。

软件是自动化码头的“大脑”。项目组从浩瀚的业务中规划设计出100多个清晰的实施流程，自主构建了符合青岛港特色的全自动化码头系统架构，并承担了60%以上的软件开发任务。仅流程测试案例，IT工程师和业务分析师就编写了5000多个，反复测试达十几万次。一次，软件项目经理窦亮、张华等在测试中发现某处系统功能出现异常，但疑点有数百个，他们像大海捞针一样，按流程一点点回溯上找，连续一周每天干到凌晨，最终找到了问题源。设备组用创新设计降低成本，大胆采用先进的钛酸锂电池替代铅酸电池，设计制造了世界首台不用换电池的AGV，大大提高了工作效率，核心设备比欧洲同类码头节约成本数亿元，可实现10年免维护……

3年并肩奋斗，他们推出了一连串耀眼的“全球首创”：全球首次研制成功了机器人自动拆装集装箱扭锁；全球首次研制成功了大型机械“一键锚定”装置；全球首创了自动导引车循环充电技术；全球首创非等长后伸距双小车桥吊……

“关键核心技术要不来、买不来、讨不来，只有坚定不移地走高水平科技自立自强之路，才能实现从跟跑到并跑直至领跑的梦想！”采访的最后，张连钢铿锵有力地表示。



张连钢（右一）与团队骨干研究改造方案。（资料图）

