

“老科学家学术成长资料采集工程”系列报道 ③⑨

1975 年，大连鲆鱼湾油港建设陷入困局。我国本计划斥巨资从日本引进“单点系泊”码头建设方案，然而日方拒绝为关键设备部件提供备用件，谈判破裂，工程濒临搁浅。

就在此时，一位科学家带领团队设计的那份曾被搁置的备用方案解了燃眉之急。这不仅使大连鲆鱼湾油港

启用备用方案

大连鲆鱼湾油港位于辽东半岛南端的大孤山东北麓、黄海岸边的大窑湾西南侧。鲆鱼湾油港是全国第一座 10 万吨级的现代化深水油港，由中国自行勘察、设计、施工，并全部采用国产材料。其中栈桥的设计与建造是鲆鱼湾油港建设的一个主要组成部分。栈桥连接陆地和岛式码头，从海岸直伸外海，全桥共 9 跨，长 954 米。栈桥上，铺设 4 条直径 720 毫米输油管和 1 条直径 720 毫米污水管，以及其他较小的管道、电缆和灯具等，还可通行车辆和行人。

钱令希便是这栈桥的总设计师。

20 世纪 70 年代初初期，我国开发了大庆油田，大连港成为重要的石油输出港。随着大庆原油出口量的不断增加，承担出口任务的大连港寺儿沟码头却因泊位不足、输油能力低下，经常造成压港压船，在大连建设大型深水油港刻不容缓。

1973 年 3 月，大连工学院（现大连理工大学）接受交通部（现交通运输部）和旅大市（1981 年改名为大连市）的委托，进行多学科协同作战，启动鲆鱼湾油港水工工程的设计及部分码头设备的试制工作，其中钱令希带领的数理力学系工程力学专业的师生负责全长近千米的码头钢栈桥设计任务。

“以柔克刚”巧设计

事实上，自 1974 年大连工学院全面承接鲆鱼湾油港主体工程的设计任务以后，钱令希就一直在做栈桥码头合理的备用方案。原因在于单点系泊方案虽然在国际流行，但成本高、输油量小，且技术完全掌控在日本人手中，钱令希感到不太托底。理论上，还可以通过移山填海造一个离岸码头。但是要填平从岸边到能够停泊 20 万吨巨轮的深水处，不仅所需的土石方数量惊人，资金数额巨大，工期也难以保证，所以移山填海造港的设想并不现实。钱令希认为，唯一的选择就是修建海上栈桥了，“虽然难度也不小，但是我们中国人对于造桥不陌生，有把握建造出来”。

钱令希带领设计小组的几位青年教师，夜以继日设计并对比不同的桥型方案。

他们在悬索桥、钢筋混凝土桥和大跨度钢结构桥三种方案中进行选择。考虑到材料、施工条件和工期等原因，再加上旅大市许多厂矿有较强的金属结构加工能力，他们最终选用了大跨度钢结构桥。采用这种方案组织会战，能够保证栈桥工期和质量，并有利于地方潜力的发挥。

而针对钢栈桥，钱令希领衔的设计小组做过 70 米、100 米、100 米以上三种跨度方案的比较。在权衡工期、总投资、施工和吊装条件以及水上水下的施工量之后，最后决定桥跨结构的跨度为 100 米。另外，他们选用了全焊结构工艺。这是因为旅大市的有关厂矿普遍使用焊接工艺，焊接技术和机具设备都有较高水平，故立足于本地条件选用焊接工艺是很理想的。全焊结构还省掉了铆钉、螺栓和拼接板等环节，使制造加工大为简化，易于采用自动化操作，减轻了桥重，节约了钢材，降低了造价，并且杆件不因钻孔而受到削弱，材料得到了充分的利用。

关于桥形的选择，钱令希等人在初步设计中考虑过抛物线形空腹桁架、抛物线形普通桁架、柔拱劲梁和平行弦桁架 4 种方案，并最终选用了抛物线形空腹桁架。抛物线形空腹桁架，就是没有斜腹杆，而把节点制作成刚性节点的抛物线形刚架，最适用于全跨受均布荷载的情况。大连新港栈桥承受的荷载 84% 是全跨均匀分布静载荷，活载荷只占 16%，且这种由管道中流体的重量所构成的活载荷基本上是局部均匀分布的。

选定方案后，钱令希引导设计组成员讨论设计中可能出现的问题，鼓励大家查阅资料。大连工学院科技情报资料室也集中最优势的人力，在很短的时间内为设计组提供了国内外相关文献。钱令希与设计组成员根据对文献资料的分析，共同寻求对策，最后基于工程结构设计方案优选的思路，选择“百米跨度空腹桁架全焊钢栈桥”的方案。

事实上，该设计方案从一开始提出

建设如期进行，更给国家工程建设提振了信心——中国人完全有能力自己建设大规模的现代化深水油港。

这位科学家就是工程力学家、中国科学院院士钱令希。渤海湾畔，他主导设计的那座“百米跨度空腹桁架全焊接钢栈桥”至今已屹立在大连鲆鱼湾油港近半个世纪。



钱令希“临危受命，铺就海上通途”

王细荣

钱令希（1916—2009）

江苏无锡人，工程力学家、教育家。1936 年毕业于中法国立工学院（现上海理工大学），以土木工程系总评第一的成绩获中比度款资助赴比利时留学，1938 年获比利时布鲁塞尔自由大学“最优等工程师”学位。1955 年被选聘为中国科学院学部委员（院士）。长期从事结构力学、板壳理论、极限分析、变分原理、结构优化设计等研究，在我国大力倡导建立计算力学学科。主张力学为工程服务，并身体力行，推动力学在桥梁、水坝、港口、造船和国防等工程中发挥重要作用。

本版组稿负责人：张佳静



1976 年，竣工后的鲆鱼湾栈桥。

1975 年 4 月，栈桥桥跨结构设计完成。钱令希虽胸有成竹，但为稳妥起见，希望征求著名桥梁工程专家、同济大学教授李国豪院士的意见。“百米跨度空腹桁架全焊接钢栈桥”的方案得到了李国豪的肯定和认可。李国豪为此特意叮嘱“施工要特别注意细节”。随后，设计组便着手进行栈桥的组装和实桥满负荷实验。

栈桥正式组装前，为确保原材料与施工团队的优质可靠，钱令希在大连逐一走访 10 余家大型工厂。他直奔一线，与早已选定的每位技术工人当面沟通，诚邀各路“技术大王”与经验深厚的老工人坐在一起讨论。他牵头开展严格培训，不仅亲授焊接实操技巧，还将复杂的力学原理拆解细化，用由浅入深的方式为工人们耐心讲解，为栈桥施工筑牢基础。

1975 年 7 月，以旅大市机械局为主的 25 家单位共计 3000 余人投入了组装钢栈桥的工程。在栈桥设计、组装、吊装施工的那段日子里，钱令希带着设计小组，除偶尔跑几趟工厂外，基本上在海边的工地与工人们同吃同睡，一起研究设计方案。

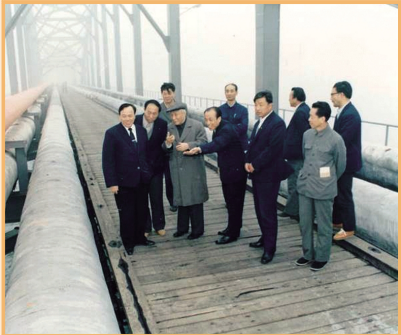
栈桥第一跨钢桥是在经验不足、准备不充分的情况下上马的。组装第一跨



1975 年，钱令希（左二）在鲆鱼湾栈桥工地上。



1976 年，钱令希（左六）与设计组成员在鲆鱼湾栈桥竣工后合影。



耄耋之年的钱令希（前排左三）赴鲆鱼湾了解栈桥的现状。

钢桥吊装“惊险记”

1975 年 8 月 5 日，是第一跨钢桥吊装的日子。虽然钱令希已经把海上整体吊装的架桥方案制定得很详尽了，但毕竟是第一次，他要万全的准备。吊装的前几天，他和设计组在一起，趴在图板上反复地画图示范。在吊装的头一天晚上，钱令希一宿未眠，蹲在工地上与工人一起做准备工作。

吊装当日上午恰逢天文大潮。借助这一高潮位，大幅降低了现场组装的施工难度，为作业创造了有利条件。当天清晨，钱令希与现场众人怀着同样的期盼，一同守候在海边，静



20 世纪 90 年代中期的钱令希。

待吊装启动。然而，天亮之后，海面突然刮起大风，此时已悬挂在吊装船浮吊上的钢桥，在强风作用下左右剧烈摇摆、难以控制。现场所有人都紧绷神经，心提到了嗓子眼，无不担忧吊装过程中出现意外状况。

让他们担心的事情还是发生了，一根承担吊装的辅助钢柱“咔嚓”一下切断了，吊装立刻暂停。好在那根钢柱与钢梁的受力无关，可是如此庞然大物在风中摇摆，稍不小心就会撞到桥墩上。刚才那根断了的钢柱只是个小问题，如果撞坏桥墩，整个工程就要停工了。

怎么才能让钢桥在空中不再摇摆？钱令希向工作在生产建设第一线的工人请教。工人们想出了屡试不爽的笨办法——实行千绳战术，在钢梁上拴无数根绳子，靠人力稳住钢梁，再使浮吊将钢梁落在桥墩之上。采用这种战术，钢梁一点一点地移到了桥墩上，在接近中午的时候，才稳稳地落实。当时，钱令希的心情也像大海的波涛一样起伏，他甚至忘记自己站在了海中桥墩上危险的地方，当时如果稍不小心，就有被撞伤或掉入大海的危险。然而，他那时已把危险置之度外了。后来，他谈起这一段情景时，风趣地说：“今天想起来还有点后怕哩！”

第一跨钢桥成功吊装，9 月 4

把栈桥当孩子，时刻关心

自己的孩子，时刻关心着。早些年，他常去鲆鱼湾了解栈桥的工作状态，油港出现什么问题也去解决处理。

在一次栈桥考察中，钱令希从管理方处得知，小汽车行驶至桥面时会产生“噔噔”异响。实地排查后发现，横向铺设的木板间存在间隙，汽车车轮碾轧时就会引发“噔噔”声响，并会对栈桥钢结构造成持续冲击。桥面采用横向铺设木板的设计，是因为建设时以运油输油为栈桥主要任务，未将车辆和行人通行充分考虑在内。

而减少冲击频率，就可以减轻桥梁疲劳程度，延长栈桥的使用寿命。于是，钱令希建议栈桥管理方将横放的木板改为竖放。果然，问题迎刃而解，“噔噔”的响声没有了，“小方法”解决了“大问题”。

钱令希特地在鲆鱼湾过生日。例如，1994 年的生日，他就是在那里度过的。80 多岁时，他还亲赴现场，并提醒有关方面时常检测。

2006 年，栈桥整整运营了 30 年，钱令希已 90 岁高龄，且身患重病，无法成行，可他仍挂念着栈桥。当他得知桥墩发现裂纹时，很着急，几次让曹富新传话给鲆鱼湾大连新港的领导，要赶快组织检测和维修。当曹富新告诉钱先生，老师们已经在做这件事时，他才露出了笑容。

如今，钱令希已经离开我们十六载。他当年倾注心血建造的这座栈桥历经岁月洗礼，在新时代的浪潮中继续书写着属于它的光荣篇章。这正是对钱令希最好的告慰。

（作者系上海理工大学特聘研究员）