

★ 军工英才

★ 军工科普

那位参与建造中国首艘核潜艇的老人安详地走了。2021年3月22日，中国核潜艇第一任总设计师彭士禄院士因病去世，享年96岁。

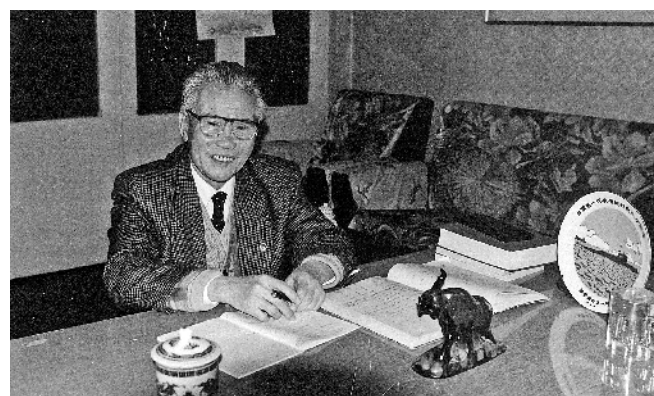
彭士禄院士出现在公众视野的次数并不多。有一次，接受媒体采访，当记者问到为什么要造核潜艇时，他激动地说：“核潜艇，一万年也要搞出来。”

此前数十年里，作为我国核潜艇事业重要奠基人之一，彭士禄一直都是隐姓埋名、默默奉献。

51年前，渤海湾水域，我国首艘核潜艇“长征一号”缓缓驶向碧波深处，彭士禄和战友们挺立码头，凝望大海尽情欢呼。

51年过去了，在同一片海空，彭士禄的骨灰撒入大海。他在生命的最后践行了自己的誓言：“永远守望祖国的海洋。”

“时代的印记，不会只记住你是谁，但一定记得住，你为这个时代做过什么。”彭士禄的人生，就像深海中的核潜艇，“深潜”一辈子，无声却有无穷的力量。



耄耋之年的彭士禄在家办公。

给导弹穿上“防护服”



高速、高机动性是导弹研发的重点方向。然而，高速飞行的背后，热障又是一个不可忽视的问题。

当导弹飞行速度接近3倍音速时，导弹表面温度会超过350℃，当飞行速度达到6倍音速时，表面温度将达到1600℃，这时绝大多数金属材料将会熔化。

一直以来，热防护是导弹设计的重要课题。为了让导弹穿上“防护服”，科学家在材料技术上下了不少功夫——

1955年，美国红石兵工厂组织了一场试验：用火箭燃气去烧灼用隔热条增强的三聚氰胺树脂。试验结束后，科学家惊喜地发现，在2000℃以上的高温下，尽管树脂表面严重烧蚀，但距表面6.4毫米以下的部位却完好无损。

这其实是一种烧蚀现象：速度极高的运动物体在炽热气体作用下，表面温度急剧上升，表面材料发生熔化、蒸发、升华等现象。表面材料通过损耗一部分质量将气动加热耗散在外部，阻止了热量向内传递。

发现烧蚀现象后，科学家便开始为导弹制作“防护服”，将防护材料覆盖在弹体表面，帮助导弹隔绝气动高温。

1956年，美国通用电气公司率先研制出陶瓷热防护材料，并应用于“大力神1号”导弹上，实现了轻质、中等导弹弹头的热防护。20多年后，美国多家公司又研制出以碳-碳复合材料为主的防护外壳，应用于导弹超音速飞行、火箭发射等领域。

近年来，随着材料技术的快速发展，科学家逐渐掌握了诸多多力热一体化材料，材料本体在2000℃以上的高温下依然能保持较强的力学性能，这意味着导弹外部隔热层可以被省略。科学家只需要对导弹内部关键部位、关键部件有针对性地进行采取隔热处理或者主动冷却措施。

新材料的发展对导弹整体减重、性能指标提升意义重大，科学家还在积极探索，为减轻每一克重量而努力，未来的导弹“防护服”将向着更轻、更薄、隔热性能更好的方向发展。

(葛志福)

让涡轮叶片“冷”下来



航空发动机由成千上万个涡轮叶片组成，发动机开车后，高速旋转的叶片将高温高压气流吸入燃烧器，这时候叶片将经受上千摄氏度的高温考验。

早期，涡轮叶片并没有采用冷却技术，严重制约了航空发动机的发展。后来，工程师们在叶片外形、内部构造及材料上“动脑筋”，以期解决叶片冷却这一复杂难题。

他们尝试在保证叶片强度的前提下，在叶片内部打通数条横向小通道，使冷却气流通过，但冷却效果并不让人满意。

随着材料科学发展，叶片强度得到了保证，内部小通道越凿越多，直到叶片内部被“掏空”。工程师又在空心叶片的内部设计了一个壳体，再钻取一定数量的小孔，冷却气流就会通过这些小孔冲击叶片内壁，达到冷却目的。

我们知道，人在淋浴时，如果站立不动，水流就不会均匀流过人体各个部位。受此启发，工程师在叶片壳体上装入扰流装置。扰流装置不仅可以增强气流扰动，还可以将叶片表面的热量传出去。

为了进一步提高散热效率，工程师尝试将叶片由“内部冷却”向“外部冷却”转变。就像毛孔及时排汗给人降温，冷却气流会在外部形成一层“气膜”，将其与高温气体分开。

气膜冷却设计难点在于如何降低冷气的穿透率，当穿透率逐渐减低，冷却气流会在叶片表面形成低温隔热气膜，像是给叶片披上了一层“隔热外套”。

现代涡轮叶片常常使用多种冷却技术，不同冷却技术会产生不同效果。所以，复合冷却技术并不是简单的组合，需要综合考量多种因素。

(陶杰汉、李泽晖)

# “深潜”一生：永远守望祖国海洋

——缅怀中国核潜艇第一任总设计师、中国工程院院士彭士禄

■ 邢哲 郑欣

## “核潜艇，一万年也要搞出来”

一缕阳光透过窗帘缝隙，照到病床上，把雪白的床单映成了金色。

这间病房，记录了彭士禄院士生命最后的时光。2020年11月18日，彭士禄在这里度过了95岁的生日。这一天，饱受病痛折磨的老人，脸上始终洋溢着笑容。

这一天，彭士禄特意戴上海军官兵送给他的海军帽，帽子上用金色丝线绣着“中国海军核潜艇部队”9个字，字的下面是一幅核潜艇劈波斩浪的画面。

对彭士禄来说，这顶海军帽是最有纪念意义的生日礼物。从事核动力事业一辈子，核潜艇早已成为他一生的牵挂——

20世纪50年代末，中国人期盼着造国产核潜艇。那时候，国内造船工业底子薄、技术弱，毛主席作出指示：核潜艇，一万年也要搞出来！

斗转星移。10多年后，中国第一艘核潜艇“长征一号”下水。至此，中国成为继美国、苏联、英国、法国之后世界上第5个拥有核潜艇的国家。

往事如烟，涌动着彭士禄的心头。回看之前的采访视频，他用风轻云淡的语气，谈起惊天动地的过往——

1958年，一纸命令传来，彭士禄调入核潜艇总体研究所，从事核潜艇研制工作。从此，彭士禄选择了“深潜”人生。

匆匆告别家人，彭士禄义无反顾地踏上征途。试验场建造在大山深处，那里冬天气温很低，生活条件异常艰苦，彭士禄毫不在意。

比起生活上的挑战，最令彭士禄记忆犹新的，是跋涉在核潜艇技术“无人区”的艰难。

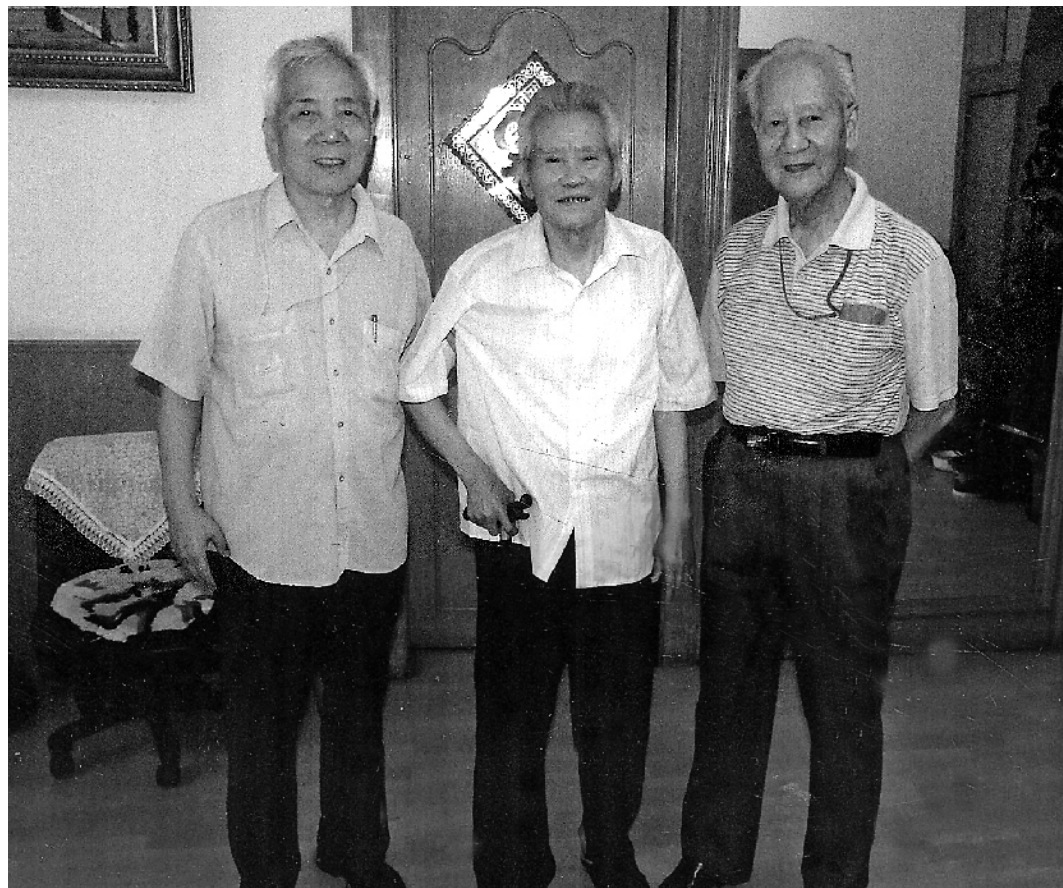
那时候，中国对核潜艇的研究是从几张模糊不清的照片和一个玩具模型开始的。“没有人见过核潜艇，大部分人也说不出国，都是‘土包子’。”

怎么办？一万年太久，只争朝夕！没有现成的图纸和模型，科研人员就一边设计、一边施工，用传统设备算出了首艘核潜艇数十万个数据；为了控制核潜艇的总重量和稳定性，边角余料都要过磅称重……

为了同一个梦想，彭士禄和所有科研人员开启了加速奔跑的攻关模式。对彭士禄来说，时间是一种特殊的存在。同样的时间，放置在不同环境，会呈现出不同的流动速度。

时间之“快”，让他分秒必争。不到3年时间，彭士禄和科研人员计算出10余万个数据，建立起中国核动力装置主要参数的计算方法，成功确定了100多个参数，最终完成了潜艇核动力装置的基本设计方案。

时间之“慢”，让他负重前行。研制



图①：研制核潜艇的3任总设计师（左起：张金麟、彭士禄、黄旭华）。

图②：彭士禄（右二）与同事进行业务讨论。

作者供图

初期，彭士禄带领的研发团队大多是刚毕业的大学生，对核潜艇建造方面的知识几乎为零。为了培养专业人才，他当起老师，开设了多门专业课，向大家传授“核知识”。

一次次试验、测量数据，又一次次试验失败、苦苦求索……彭士禄带领团队向前迈出的每一步，都与核潜艇建造进度息息相关，他们的研发经历，注定成为核潜艇建造故事的一部分。

1970年12月26日，中国第一艘核潜艇成功下水。看着这壮观的一幕，彭士禄和战友尽情欢呼。“核潜艇，一万年也要搞出来”的誓言，新中国用了不到一代人的时间就实现了。

## “关键时刻不拍板怎么办，拍错了谁负责”

英雄是什么形象？“高大、伟岸，甚至有点帅气……”在很多人心中，都有过对中国核潜艇第一任总设计师这一英雄角色的无限遐想。

“他就是一位爱笑的老人。”90岁的中国工程院院士周永茂和彭士禄是同学，在他眼中，生活中的彭士禄和普通人没有什么区别。

一副黑边眼镜，一头银发向后梳拢，整洁的衣服上搭着一条已经磨起球的紫色围巾，脸上挂着温和的微笑。彭士禄简单朴素的衣着，跟大家想象中的英雄形象不太一样，但这确实是他最真实的出场。

对彭士禄来说，默默无闻是人生常态。他曾对身边人说：“别计较有名无名，要踏踏实实做一个‘无名英雄’。”

相比于生活中的“安静”，彭士禄在工作中却格外“高调”。

在核潜艇研发设计阶段，科研人员都是“摸着石头过河”，遇到重大问题很难决断。但彭士禄敢拿主意，因此大家都叫他“彭拍板”。

敢拍板，源于对专业知识的自信——彭士禄总是对下属说：“我敢做决定，是有根据的。”他的“根据”就是数据，并且坚信一手数据。他总是教导科研人员要相信科学，用实验数据说话。

敢拍板，源于舍我其谁的魄力——有人曾多次提醒彭士禄：“拍板次数太多了，当心拍错了。”他笑着说：“关键时刻不拍板怎么办，拍错了谁负责。”

周永茂院士至今仍记得，彭士禄在确定某项设备安全系数时的大胆拍板。当时，周永茂负责元件设计，安全系数与材料、水温、流速和功率等参数密切相关。

“没有实验，就无法确定参数。”当时，核潜艇事业刚刚起步，科研人员都没有工作经验，没人会做实验，只能靠计算获得数据。

各专家都拿出各自计算的安全系数，而且都是按照最大值计算的。这时候，在他眼中，生活中的彭士禄和普通人没有什么区别。

不知该如何定夺的周永茂第一时间找到彭士禄。“当未知数很大时，数据不一定会偏大，有些可以往小偏。”

说完这话，彭士禄眉头紧锁，伏在案头认真推算数据。

斟酌片刻，彭士禄顶着巨大压力拍板签字，实验方案就此确定。最终经过

验证，实验取得成功。

深海，遨游着中国核潜艇，也深藏着彭士禄的功与名。

“我这一辈子只做了两件事：一是造核潜艇，二是建核电站。因此获得了一些奖项，这些成绩与荣誉不属于我个人，它更属于核潜艇人，属于核电人，属于核事业人。”

这是公开出版的《彭士禄传》里的一句话。这句话，既是他一生创新攻关的感言，也是他一生淡泊名利的自画像。

## “只要为他们铺好路，到时候我不在也没关系”

2021年3月22日，彭士禄溘然长逝。6天后，彭士禄的遗体告别仪式在北京八宝山举行。

清晨，空气中弥漫着一股悲伤的气息。礼堂内庄严肃穆，巨大的挽联竖立在礼堂中央，人们怀着悲痛的心情前来吊唁。

追悼仪式现场，人群自动排成3排——

站在第一排的是白发苍苍的长者，他们当中大多是跟彭士禄并肩战斗过的“战友”，共同开辟出中国核潜艇事业前进的道路。

站在中间的是两鬓微霜的中年人，彭士禄是他们的领导、老师，他们亦师亦友，奋战在科研一线，共同见证了中国核潜艇事业的蓬勃发展。

最后一排是朝气蓬勃的年轻人，他

们的人生轨迹追随着彭士禄的足迹，勇敢地投身于核潜艇事业，这里有他们的梦想和使命。

这样的“大场面”是彭士禄生前从未经历过的。从他选择这份职业开始，他的一生便与鲜花和掌声无缘，那些属于他的高光时刻只能在史料中供人追忆。

在《彭士禄传》里，有这样的记载：中国核潜艇第一任总设计师，中国科学院首批资深院士，国家科技进步奖特等奖、全国科学大会奖获得者……

比这份“成绩单”更打动人心的，是彭士禄在生命最后的旅程，依然奋战在他挚爱的核动力研究事业，他希望祖国的核动力事业薪火相传。

已过耄耋之年的彭士禄退居二线后，依旧坚持每天上班，大院里经常能看到他步履蹒跚的身影。

工作，成为彭士禄的一种习惯。上午9点来到办公室，整理资料。对彭士禄来说，这是他一辈子的财富，他希望把这些珍贵的资料保存好，一代代传下去。

看到父亲如此辛苦，女儿彭洁很心疼，多次劝他“少工作、多休息”，可彭士禄回答说：“只要为他们铺好路，到时候我不在也没关系。”

即使住院期间，彭士禄也没有停止工作，他撰写了多篇论文，在业界引起了强烈反响。

生命无法永恒，精神却能不朽。《彭士禄传》中记录了主人公的“3个心愿”：一是盼望祖国早日拥有更强大的核潜艇力量；二是盼望祖国早日成为核电强国；三是盼望祖国早日实现中华民族伟大复兴的中国梦。

法动弹。

此外，履带还有一个特殊功能：采取潜渡方式过河时，坦克能在河底行走。在浮渡时，水陆两栖坦克使用带浮渡功能的履带划水，可以产生推力，驱动坦克前进。

采用履带行驶，像是为坦克铺设一条“移动钢轨”，使它能够通过平稳、快速、安全地通过各种复杂路况。近年来，一些国家军工企业着手研发动力传输功率强、使用寿命长、维护成本低、轻量化的新型坦克履带。相信在不久的将来，随着一系列更先进坦克问世，我们能一睹新型履带的风采。

左上图：马克I型坦克。

资料照片



一战索姆河战役，英法联军阵地突然冒出几个钢铁“怪物”，横冲直撞、刀枪不入，杀得德军惊慌溃逃。

这些钢铁“怪物”便是“陆战之王”坦克的雏形。首战成名后，坦克逐渐走进世人视野，它凭借强大火力、可靠防御力和出色的越野性能，受到各国军方青睐。

早期，西方国家制造出装载炮台和

## 一战初期，英国工程师从拖拉机上找到灵感，成功研发坦克履带——

# “陆战之王”的“利爪”这样诞生

■ 杨绍先 王林林

机枪的轮式车辆，可在陆地作战中为步兵提供火力支援，但这种轮式车辆只能在交通条件较好的区域通行，面对前线纵横交错的战壕和坑洼不平的弹坑却无能为力。

一战初期，英国工程师们意外发现，采用履带行走的拖拉机，具有良好的越野机动性，可以轻松通过多种复杂路况。受此启发，他们突发奇想，将拖

拉机上的履带应用到坦克制造中。经过多轮技术改进，世界上首款坦克——马克I型坦克问世。这款坦克可以配合步兵直插敌方阵地。此后，随着坦克技术发展，履带逐渐成为现代坦克冲锋陷阵的“利爪”。

坦克履带主要由履带板、主动轮、诱导轮和前后负重轮等组成。履带是推进装置的主要构件，一般由100-200多块

500毫米宽的履带板组成。动力传动装置工作后，坦克自身重量经10个负重轮传递给履带，履带运动时与地面产生摩擦力，在地面反作用力驱动下，带动坦克向前行驶。

由于接地面积大，履带板将坦克重量平均分散于地面，降低了坦克在松软、泥泞路面上的下陷量，使坦克能够在泥泞路面行驶，而不至于深陷其中无

★ 历史钩沉