

火炮在两次世界大战中立下赫赫战功，赢得“战争之神”的美誉。火炮能“封神”，还得看炮管。炮管有多重要？火炮的射程、精度和使用寿命等重要性能参数，都与炮管质量息息相关。

火炮炮管锻造流程复杂、技术难度大，是相关工业制造领域的“天花板”。目前，世界上只有少数国家具备独立锻造火炮炮管的能力。通常，锻造一根合格的火炮炮管要闯3道关。

一是选材关。炮管不仅要经得起3000℃以上的高温烧蚀和500-700Mpa的高压冲击，还要满足战场上连续快速发射的需要，这对炮管材料提出了很高要求。现代火炮炮管材料普遍采用特殊的合金钢，以碳锰铬钼系合金钢为主，具有良好的耐高温性、韧性和强度。

通常，一根炮管需要几百公斤合金钢，而冶炼这些合金钢的原料需要几十吨。这些原料被冲压锻造造成钢锭后，还要被3万吨级锻造机“捶打”上万次，加工成圆柱形的“大铁棒”。接下来通过电渣重熔技术去除钢材中的磷、硫等非金属杂质，最终才能打造出一根致密度很高的炮管粗坯。

二是工艺关。钢材炼好后，下一步是在粗坯上打孔。打孔用到的深孔加工技术是一门精细活。打孔不正，会影响到火炮射击精度。为了提高炮管强度，自紧工艺也必不可少。它可以使炮管由内向外产生一定的塑性变形，增大炮管的承压能力。

锻造火炮炮管有多难

刘诗扬 詹乾坤

自紧工艺完成后，接下来要对内膛进行精加工。比如，在为膛线膛制膛线时，拉刀顺着与炮管轴线平行的方向前进，而炮管则绕轴线进行旋转，这样拉出的膛线是螺旋膛线。这个操作过程是完全不可见的，一旦膛线有几微米偏差，整根炮管就得报废。

三是试验关。炮管锻造好后，还要进行严苛的大小型实弹射击试验。小型实弹射击试验主要检验基本质量，虽然能发现炮管的一些加工质量问题，但试验发射药数量较少，很难发现潜在问题；而大型实弹射击试验要发射所有配用的弹药，对炮管精度、强度、可靠性等方面进行全面“体检”，以发现深层次加工质量问题。过了试验关，炮管才能装配到火炮上使用。

那么，一根炮管的寿命有多长呢？火炮炮管的寿命其实很短，这里讲的“寿命”是指炮弹从发射到出膛在炮管内所停留的时间。比如，一枚射速为1500米/秒的炮弹，从5米长的炮管中“飞”出去只需0.003秒。如果一根炮管的寿命仅有3秒，在它“有生之年”至少可以发射1000发炮弹。从炮弹发射数量上看，这根炮管的寿命虽短，过得却很“充实”。

那么，如何让炮管“延年益寿”呢？炮管寿命主要取决于3个方面：一是火药燃烧温度，二是火炮发射时的膛压，三是弹头在炮管内的摩擦系数。

一般来说，科研人员通过改变发射药成分，降低燃燃时的温度。提升高压火药炮管强度，则需要在新材料工艺研究上下功夫——内膛镀铬工艺和膛面热处理技术可以增强膛壁耐磨性能。科研人员研制出专门修复炮管的炮弹，这种新型炮弹表面包裹着一层纳米材料，可以在发射过程中迅速填补膛壁内烧蚀出的坑槽，形成一层保护层，进而延长炮管寿命。

此外，火炮射击前可以在炮管内涂沫润滑油脂混合物，充当内膛保护层，减少摩擦磨损。射击完毕后，及时清理火药残留物，擦拭保养炮管，减缓膛壁腐蚀。

历史钩沉

在英国一家博物馆内，一架银色涂装的“蚊”式战机静静横卧。这款经典战机组过了漫长的服役生涯，二战期间，“蚊”式与“喷火”“兰开斯特”战机一并被誉为英国天空的“三驾马车”。

鲜为人知的是，“蚊”式战机的服役并非一路坦途，其背后最强壮的推力，来自英国航空先驱德·哈维兰。

在英国航空工业发展初期，德·哈维兰踏上设计制造飞机、创办飞机制造厂的艰难探索之路。两次世界大战，他主导设计的战机组取得辉煌战绩，立下赫赫战功。

那个年代，德·哈维兰设计的飞机在世界上处于领先地位，并拥有广阔的市场；DH.4战机组性能出众，被美国“山寨”了近5000架；“飞蛾”教练机曾销往数

十个国家，开启轻型运动飞机的先河；二战后，德·哈维兰又敏锐地认识到喷气发动机的划时代意义，率先推出“彗星”喷气式客机，让人类飞越大西洋的时间缩短了一半。

在世界航空史上，德·哈维兰书写了浓墨重彩的篇章。

英国航空设计师德·哈维兰——

“预测未来不如设计未来”

■曾梓煌 艾孜孜江

逐梦蓝天，将制造飞机当作毕生事业

“命运不靠机缘，而是靠你的抉择。命运不是等来的，而是争来的。”英国前首相丘吉尔的这句话，曾激励无数英国人在创业的道路上奋发图强，也恰恰诠释了德·哈维兰逐梦蓝天之路。

“这是你挚爱的事业吗？”

“当然，我一定会造出自己的飞机。”

26岁那年，德·哈维兰找到祖父投资航空工业，面对祖父的质疑，他的回答十分坚定。

那个年代，莱特兄弟制造的“飞行一号”一跃而起，飞出人类的第一道航迹；法国航空先驱兰伯特伯爵驾驶飞机，轻巧掠过埃菲尔铁塔……飞行的优雅与激情，一次次震撼着德·哈维兰。

2年后，在祖父的帮助下，德·哈维兰驾驶着自己设计制造的飞机，在纽伯利南部的草原上空飞行了40分钟。对德·哈维兰而言，这既是征服蓝天的第一步，也是航空人生的肇始。他用实际行动向世人证明，热爱与努力，是托举飞机翱翔蓝天的双翼。

凭借这次精彩表现，德·哈维兰开始在英国航空工业圈崭露头角。这架飞机，被当时陆军气球工厂高价收购，成为军方采购的第一架固定翼飞行器。

没过多久，他又设计出BE.2型飞机，并创造了飞行高度3960米的世界纪录。1911年，德·哈维兰驾驶BE.2型飞机，拿到了英国皇家航空俱乐部颁发的驾驶执照。3年后，德·哈维兰应聘到一家航空公司，任总设计师和试飞员。在这里，他设计出多款“DH”飞机。其中，DH.4型飞机性能最好，得到不少海外客户的青睐。由于DH.4表现抢眼，美国还专门派遣代表团到英国“偷师学艺”，动员波音等公司参与仿制，最终生产了近5000架“山寨版”DH.4飞机。

一战后，世界航空工业进入“供大于求”的“买方市场”，英国政府对发展航空工业的热度下降，德·哈维兰供职的航空公司也经营困难。此时，德·哈维兰又到了人生的十字路口：继续当一名飞机设计师，还是个人收购公司。对德·哈维兰而言，选择后者意味着他将承担更大风险，但也能拥有更广阔的舞台。

追逐梦想，德·哈维兰最终买下了该公司，成为一名企业家。创业初期，他第一时间发布“求贤令”，招揽了一批志同道合的设计师和飞行员——设计出“蚊”式战机的罗纳德·毕肖普，二战时期王牌飞行员约翰·坎宁安……据统计，德·哈维兰公司共推出60多种机型，当时的英国天空也变得热闹非凡。不过，当时能够驾驶飞机飞天，是人类的奢侈梦想。德·哈维兰一直思考：“如何设计出一款简单易用的飞机，让更多人实现飞天梦想。”

1925年，DH.60“飞蛾”教练机诞生，成为英国当时唯一符合飞行俱乐部



图①：“蚊”式战机组。
图②：德·哈维兰中年时期照片。
资料照片

要求的机型——学员只需经过8小时的飞行训练即可放飞，完成3小时单飞后，再经过一次考核，就能取得飞行执照。

在“飞蛾”教练机的基础上，德·哈维兰又研制出DH.82“虎蛾”飞机，其优异性能，得到很多英国飞行员的好评。

创造“木头的奇迹”，提出快速轰炸机的设计理念

1943年1月30日，纳粹德国正在柏林筹备一次盛大的庆典，但被英国皇家空军轰炸了。

上午11时，英国皇家空军105中队战机掠过柏林上空，轰炸了德国国家广播公司，使德国空军元帅戈林的讲话泡了汤。下午，英国皇家空军139中队实施空袭任务，德国宣传部部长戈培尔灰头土脸地躲进了掩体。

英国皇家空军驾驶的战机，正是德·哈维兰团队的杰作——“蚊”式战机组。

“蚊”式战机的诞生，要追溯到1936年。当时，英国皇家空军对中型轰炸机进行招标。在他们的设想中，战机组最大载弹量1400公斤，航程达到4800公里，最大飞行时速超过440公里。此外，机头和机尾处还得装上炮塔。

既要飞得快、飞得远，还能负重。这种严苛指标，显然不是中型战机组所能实现的，当时不少飞机厂商研制出来的战机组都是“四不像”。德·哈维兰并没有盲从军方要求，而是提出“快速轰炸机”的设计思路——去掉一些不必要的指标，比如取消炮塔、

减少载员等。

钢制架结构外附金属蒙皮，是当时飞机设计制造的主流。德·哈维兰却认为，新型轰炸机应当使用木头机身。原因很简单，战争中，铝和钢铁等金属材料极度短缺，唯一不受限制的只有木材；木制飞机的制造技术已经非常成熟，可以让新飞机降低成本、快速量产。

显然，一架缺乏自卫武器的木质战机组，很难说服英国军方。二战初期，英国被德军闪电战打得节节败退，英国皇家空军急需一批战机组夺取制空权，“蚊”式战机组也迎来了命运转机。

1941年的一天，英国皇家空军的试飞场座无虚席。随着一阵轰鸣声，“蚊”式战机组快速起飞，爬升、转向、平飞……快速灵活的飞行动作征服了现场观众，包括那些曾反对“快速轰炸机”理念的人。

“蚊”式战机组各项性能参数十分抢眼——实用升限超过10000米，最大载弹量1800公斤，6700米高空飞行时速高达630公里……这是一款无需护航的轰炸机，它的飞行速度足够快，敌机压根追不上。

在“蚊”式战机组生产过程中，德·哈维兰还采用了转包生产模式。一如他设计之初的构想，不少工厂加入了战机组制造行列——制造“蚊”式战机组的专用木板来自美国的一家家具公司；飞机翼梁由一家乐器厂制造；英国海威科姆的一些工厂包揽生产了5000多架“蚊”式战机组的零部件……

“蚊”式战机组服役后，受到飞行员的追捧。二战期间，“蚊”式战机组共生产了7000多架，出动近4万架次，投下10多万颗炸弹，自身仅有254架被击落，创造

了英国皇家空军轰炸机空战生存率的纪录，被飞行员称作“木头的奇迹”。

发现飞机金属也会“疲劳”，开创航空工业新学科

恩格斯说，当技术革命的浪潮正在四周汹涌澎湃的时候，我们需要更新更勇敢的头脑。

20世纪40年代，随着航空涡轮喷气发动机技术发展，航空工业从螺旋桨时代迈入喷气式时代。

这是一条崭新的赛道。当德国研发出第一架喷气式战机组Me262后，德·哈维兰敏锐地意识到喷气发动机的重要意义。

在德·哈维兰看来，如果客机使用喷气式发动机，不但可以缩短空中飞行时间，还能给人们带来更舒适的飞行体验。未来空中运输，喷气式飞机必然是主流。

“预测未来不如设计未来。”德·哈维兰立即组织设计团队，对喷气式飞机进行研究。不久后，DH.106“彗星”和DH.108“燕子”喷气式飞机相继诞生。德·哈维兰的长子、公司首席试飞员杰弗里驾驶“燕子”，创造了飞行时速980公里的世界纪录。同样，“彗星”飞机也赚足了世人眼球——机身采用铝制材料，机翼修长，略向后倾斜；客舱两边还装饰了矩形窗户，乘客可在飞行途中欣赏窗外风景……

没想到，“彗星”飞机投入市场后，却遭受了一连串打击。短短数年内，“彗星”飞机发生了3次飞行事故，震惊

世界。

此时，专家有诸多猜测。有人说，这是喷气式飞机飞得太快，已经超出飞行员身体所能承受的极限。也有人说，“彗星”飞机本身存在设计缺陷。

德·哈维兰决定查出飞行事故原因。他带领团队做了一个巨大水槽，将飞机置于水槽中，反复对水加压，以模拟飞机飞行中受力情况。

试验一段时间后，机舱窗户的金属框架出现裂痕。对照失事飞机，也是发生此类问题。金属零件在不断受力后，会产生局部永久性累积损伤，久而久之会出现裂痕甚至断裂，这种现象就是我们今天所熟知的金属疲劳。但在那个年代，人们对金属疲劳还没有充分认识。

德·哈维兰带领团队对这一领域进行攻关，并改进金属材料，研制出“彗星”4飞机，并顺利通过材料应力试验。与此同时，航空工业新学科——疲劳力学应运而生，为大型喷气式飞机发展奠定了基础。

1958年10月，“彗星”4飞机迎来首秀——跨越大西洋载客飞行。这次飞行仅用6个多小时，比以往活塞式飞机飞行时间缩短了一半。

“飞机就像灵魂，它们有一对翅膀，经久耐用。即便我离开这个尘世，它们依然可以翱翔蓝天。”航空先驱马塞尔·达索的这句名言，同样是德·哈维兰航空人生的真实写照。

1965年5月21日，83岁的德·哈维兰溘然长逝。按照他的遗嘱，家人乘坐他所设计的最后一架飞机DH.121“三叉戟”，将他的骨灰带上天空，撒向大地。直到今天，仍有不少以“DH”冠名的飞机在天空中翱翔。

“最严班长”伴我成长

■海军航空大学某团航电员 杨友桐

严格吗？我曾经吃过亏，不能让你犯同样错误……”回到宿舍，他与我分享起多年前的一次机务保障经历，叮嘱我一定要打牢基本功。

一段时间后，又一次理论考核，我得了满分。当我拿着成绩单向黄班长报告时，他说：“一次100分说明不了什么，要做到次次100分，机务兵时刻要把追求极致当成奋斗目标。”

在随后学习过程中，我反复研读书本，把每一个知识点牢记于心。周考、月考、放单考核……我都取得了满分成绩。一天傍晚，黄班长拍了拍我的肩膀说：“小杨，这才是干机务该有的状态。去了外场工作，你会更明白我的话。”黄班长的肯定，激励着我全力以赴投入外场工作。

然而，第一次外场实操训练，我就遇到了麻烦。面对错综复杂的电缆线，我有些手足无措，之前学习的理论知识也派不上用场。黄班长见状后，拿起工具上前排查，最终找到故障并顺利排除。那一刻，我的脸变得通红。

从那以后，我不断给自己加码。为了快速识别出电缆插头，我把各种插头上的排列序号都熟记于心；每次黄班长操作，我都会在他身后跟学，领悟技术要点。

付出总会有回报。一次夜航飞行训练前夕，战机组某部件突发故障。我与黄班长密切配合，快速找到故障点，并顺利排除。任务结束后，黄班长向我竖起了大拇指。

“锋利的刀刃，靠好的磨刀石打磨；匠心的磨砺，靠严苛的自我要求。”这些年，我谨记黄班长的教诲。作为机务兵，只有持之以恒地磨砺匠心、苦练本领，才能不辱使命，成长为维修领域的行家里手。

（本报特约通讯员倪帅整理）

左图：海军航空大学某团班长黄泽文（右一）为航电员杨友桐（左一）讲解技术维修难点。杨兴明摄

保障亲历



贴胶条、扎发光腰带、准备荧光棒……前不久，我与战友们顺利完成跨昼夜飞行保障任务。望着战机组在夜空中起飞，我心中倍感自豪。从维修“小白”到技术骨干，我的成长进步，离不开班长黄泽文的帮带。

在团里，黄班长是出了名的严格。

初次见到黄班长，他一言不发，那黝黑严峻的面孔，令人望而生畏。第一次理论考核，我考了90分，本以为会得到黄班长表扬。没想到，迎来的却是他的批评。我默默地低下头，感觉他是故意让我难堪。

“小杨，知道为什么对你要求这么