

航空创新机构的创新基因

Innovation Genes of Aviation Organizations

■ 程鹤/中国航发 廖忠权/中国航发研究院

航空乃至国防领域的创新机构经验表明，建立一套适当且鼓励创新的、富有弹性的内在机制，选择具有高超技术和管理技能的富有创新精神的领导者，集中最精锐、最能干、最具创造能力的工程师和专业人才并充分发掘、培养、利用其创新技能，必将开出美丽的创新之花。

杰夫·戴尔在《创新者的基因》一书中，通过对大量创新型个人和组织的调查和研究显示，创新型公司/组织的基因主要体现在三个方面：人才、程序和宗旨。纯粹的创新型组织的领导者首先必须是创新者，要将自己的创新者基因融入公司，组建具有强烈创新意识的管理层。创新型组织需要寻找并吸引那些富有创新精神和渴望创新的员工，去发现、探索和创新的内在运作机制——程序，建立自己的宗旨并塑造一种创新的文化。这种创新的文化往往是由创始人建立的，反映其个性和行为习惯。

此外，在该书中，经过大量的数据统计研究得出，创新技能是可以后天习得的，与智商相比，后者基本上是先天的禀赋，但创造力不是，而更多是后天训练之功。根据对众多创新者的研究显示，创新者的基因包括5项共通的创新技能，分别是联系（将各种因素，甚至是不同行业的因素联系在一起）、发问、观察、交流、试验验证，不同的创新者或组织各有侧重。

众所周知，航空乃至武器装备

工业领域，是非常特别的，战略意义重大、技术尖端、开发难度大，有其固有的行业特性。但就创新而言，航空并不比其他领域更加特别，因为本质上每一个领域都是特别的。下面就以一些不同类别的航空创新组织为例进行简要解析，主要包括洛克希德-马丁（洛马）公司的臭鼬工厂、波音公司的鬼怪工厂、普惠公司的短吻鳄工厂，以及美国国防预先研究计划局（DARPA）等，前三者都是飞机和发动机公司的创新机构，后者则是一个负责管理项目的政府机构。除了普惠公司的短吻鳄工厂组建未久，其他三个都早已举世闻名。对这些机构的分析描述的资料不胜枚举，本文仅从创新组织共有的特征管窥一瞥。

臭鼬工厂

洛马公司的创新研发机构——臭鼬工厂以突破性的技术、有效的成本控制、精干的小团队而著称，已成为创新的代名词，是世界先进技术团队的代表，也是人们效仿的对象。美国空军司令部曾创建过类似臭鼬工厂的特殊项目办公室，以效仿臭鼬工厂工程师在研发SR-71侦察机

和F-117A隐身战斗机时所展现的创新能力和思维能力。在汽车行业，克莱斯勒公司也建立过类似臭鼬工厂的机构，以加速推进生产新型混合动力汽车的工作。

臭鼬工厂创造了一系列辉煌的业绩，SR-71、F-117A、F-22、F-35等享誉世界的名机都是其自己或与其他公司合作之成果。不仅如此，历史上臭鼬工厂曾多次拯救洛马公司于危难之中。臭鼬工厂由其第一任总裁凯利·约翰逊于1943年在加州伯班克创立。当时，美国陆军航空兵给了洛马公司一个执行合同，要求在180天内研制出XP-80喷气式战斗机，



臭鼬工厂标志



SR-71 “黑鸟” 侦察机



F-117A “夜鹰” 攻击机



F-35 “闪电” II 战斗机

约翰逊从公司各部门挑选了23名工程师（包括他自己）和80名技术人员，只用了143天就完成了XP-80原型机的研制，比合同要求提前了37天。自那以后，臭鼬工厂创造了一系列众所周知的奇迹。

人才

臭鼬工厂的历任总裁皆为技术高深的航空专家，同时又是卓越的管理者，特别是其创始人和首任总裁凯利·约翰逊更是技术天才，具有创新的思维和高度的执行力，在其之后的本·里奇、谢尔曼·穆宁、杰克·戈登、弗兰克·卡布奇诺等总裁莫不如此。其下属各个项目经理也都拥有优秀的创新能力和管理能力，能保证项目有效执行而不延期。臭鼬工厂对设计人员的要求是可以自由思考、富有创造力、不拘常规束缚的人，必须拥有广泛的技术经验和较好的团队沟通能力，是技术通才而不是专家，无须强势领导者来领导。正因如此，设计人员可在高度自治的方式下工作，几乎无须监管。

程序

臭鼬工厂能够高效快捷地完成新型飞机的研发，得益于其高度集中的飞机研制方法，这种极为独特的运作模式在臭鼬工厂之前未曾有

约翰逊制定的臭鼬工厂14条管理法则

管理法则	
1	项目经理应该有项目的全部管理权，他应该向部门总管或者以上的领导负责（项目经理必须有足够的权限能够快速做出决定，不论是技术方面、财务方面、时间周期方面、还是管理方面）
2	军方和供应商均应设立高效、精简的项目办公室（军方和供应商的项目经理须被授予同样的职权）
3	与项目有关的人的总数应该严格控制，使用少而优秀的人（与传统项目相比，只需10% ~ 25%的人），官僚主义带来的许多不必要的工作必须严格抑制
4	必须提供一个简单的图样设计和发布的机制，并且要能够灵活地通过它修改设计（这样能给工厂加工充分预留提前量，并且如果存在技术风险也可以预先准备，尽量减少损失）
5	报告数量越少越好，但重要节点和工作必须从始至终贯穿记录（负责任的管理并不意味着繁多的文档报告）
6	项目经理在不超出可利用资源的范围内，按期填写每月的费用审查表，每月针对已支出费用和已承担费用进行成本估算，包括预测项目完成时的经费情况，记账不能超过90天，不能让突如其来的超支使用户不知所措
7	供应商须设代表，承担比一般情况下更多的责任，应在可利用资源范围内利用优于军用投标程序的商业投标程序（在有限资源内充分寻找和利用最好的供应商）
8	臭鼬工厂现有的检验已经通过了空军和海军的认证，达到了现有军用标准，一定要沿用到新项目上。将基础的检验交给分包商做，不要重复做这么多检验（即使在商界大家都认可质量是来自于设计和负责任的操作而不是来自于检验）
9	供应商必须负责其所供应的产品在项目各个阶段的测试，直至试飞。供应商必须从项目最初阶段就进行测试，如果做不到，供应商将很快失去设计其他飞行器的资格（非常重要，如果有新的技术，那随之而来的风险必须合理转移安置）
10	硬件规范必须在签合同前达成一致。若出现有意不遵循某些重要军用规范的情况，臭鼬工厂将在规范中设立一个专门的章节对其加以说明，并阐明理由（标准规范会抑制新技术和创新，而且这些指标经常是过时的）
11	项目拨款和资金必须及时到位，以避免供应商为了政府的项目而经常跑银行（负责任的管理包括对先前承诺的资源自由支配）
12	军事项目管理机构和供应商之间必须相互信任。在合作基础上建立的信任可以将误解降低至最小（军方和生产商的目标应该统一为把工作完美地完成）
13	严格控制局外人接近项目及其人员，需要设定相应的安全权限
14	由于参与项目的工程师和其他方面的人员都比较少，支付奖金和薪水就要按照绩效而不是所管理人员的数量（负责任的管理人员、技术人员和操作人员必须奖励，负责任的管理不允许官僚主义的滋生）

过。此模式通过鼓励创造和革新，组织一支规模较小但极具创新精神和能力的精英工程师队伍，在较短的时间内以较低的成本设计出高度复杂的原型机。

臭鼬工厂的创新不仅仅是技术的创新，也是管理模式创新。更进一步说，是管理模式创新促成了技术的创新。凯利·约翰逊在高度凝练概括自己管理臭鼬工厂的措施和心得的基础上，制定了14条管理原则，其中蕴含的管理理念包括选择最优秀的员工，建立管理严格、组织清晰的团队，明确个人在团队中的地位和作用，允许个人失误，相信项目成员、用户与供应商的工作成果；无论项目团队、用户还是供应商，都需要小团队的工作形式，臭鼬工厂从创立之初就始终如此。

例如，臭鼬工厂在开发F-117A隐身战斗机时，最初的研发团队只有30人，验证机阶段的团队也只有340人，一切都力求简洁，摒弃公司内部繁杂的审批程序。项目的研发工作由团队决定而不是一些官僚化的程序或标准，也很少受到上级管理层的各种干预，整个团队保持良好的创新氛围和工作环境。

事实上，臭鼬工厂有无数有关自由宽松的创新氛围的案例，在这种

环境下，员工内在的创新渴望与自豪感得到很好的激发，人人渴望建功立业。凯利·约翰逊创立的这些管理原则是臭鼬工厂自创建以来高效运作的基础，涉及用户（主要是军方）、供应商、员工等，而特别难能可贵的是，用户、供应商、员工等各方，特别是用户，均认同并愿意遵守这些原则，这是一切成功的关键。

宗旨

臭鼬工厂的第三任总裁穆宁曾在《这是洛克希德公司》手册里提到臭鼬工厂的基本哲学：以绝对的真实与真诚去对待你的客户、同事、供应商和你自己；服从凯利·约翰逊的14项管理原则，这些原则是恒久不变的；建立一套最高的道德标准和作业效率，而此制度将延续至永远。让员工放手做事，可惊喜地发现他们的成果将是多么辉煌。整个臭鼬团队的成员都为自己的集体和所从事的创新性工作而自豪。穆宁表示：“我们臭鼬工厂的全体人员扮演着捍卫国家的重要角色。我们设计、发展、制造和驾驶世界上最先进的飞机……在过去的50年里，我们已经研制生产了许多出色的飞机……”

鬼怪工厂

鬼怪工厂是波音公司的创新研发部



鬼怪工厂标志

门，是一个实体机构。在1997年被波音兼并以前，鬼怪工厂曾是麦道公司的研究发展部，其存在可以追溯到20世纪50年代，当时是麦道公司专门开发新产品的机构。鬼怪工厂的名称来源于麦道公司的F-4“鬼怪”II战斗机。

鬼怪工厂也和臭鼬工厂一样，创造了辉煌的业绩，开展了各种先进飞行器的研究，例如，X-37B轨道试验飞行器，X-43A、X-51A高超声速飞行器，X-48A/B翼身融合体无人验证机等，目前在役的先进战斗机F-15E“攻击鹰”、F/A-18E/F“超级大黄蜂”也都是鬼怪工厂的优秀作品。

鬼怪工厂和臭鼬工厂虽然都是创新研发机构，但两者的侧重点不尽



F-4“鬼怪”II战斗机



F-15E“攻击鹰”



F/A-18E/F“超级大黄蜂”舰载战斗机

相同：臭鼬工厂的目的是为了以最少的人力物力、最高效的方法设计开发原型机，开发团队由人数较少的精英人才组成，采用高度集中的管理方式；鬼怪工厂则是偏重测试新技术、新概念是否能应用于生产，缩短技术和工艺从研发到生产之间的距离，以显著降低产品和服务的周期，同时改善质量和性能，奉行以创新的思维为波音公司各业务部门解决技术难题，进而提供创新的解决方案；同时关注未来7~20年的技术领域，这些前沿技术通常不涉及具体产品，而是作为未来发展的技术储备；鬼怪工厂比臭鼬工厂人数相对更多，而且采取分散管理的方式。

人才

鬼怪工厂有4000余人，在波音公司分布在各地区（包括海外）的主要业务附近设立分支机构，通过共享的网络系统完成项目研究工作。鬼怪工厂的员工并不是长期固定聘用的，每年大约有10%的人员不断从外部循环流进又流出。鬼怪工厂还是一个项目管理人员的太学习平台，每年有数百个小项目，每个项目仅有2~4人，参与者在从事技术开发的同时也得到了项目管理的经验。因为不论项目大小，项目管理流程都是一样的，所有这些技术人员在鬼怪工厂里可能是从事技术工作，但离开时已可从事项目管理工作。

鬼怪工厂的总裁都是有着丰富的先进项目管理经验的、兼具技术和管理的、行业公认的资深专家，而且几乎都由波音公司高级技术管理人员出任。例如，鬼怪工厂第一任总裁戴维·斯温，同时也是波音主管工程和技术的资深副总裁；第三任总裁罗伯特·克里格是波音公司的首席技术

官；第四任总裁马修·甘茨则是波音下属休斯实验室的总裁，还担任过新兴公司、风险投资公司以及实验室的技术带头人，是一位名副其实的极具创新精神的技术专家和管理专家。

程序

鬼怪工厂发展了一种I2I（Ideas to Innovation）创新方法，鼓励并收集全体员工提出创新的想法和解决方案。这是一种类似于头脑风暴的创新方法，被鬼怪工厂广泛用于包括防务业务的内部管理。鬼怪工厂成立了一个由公司内部资深专家和工程师组成的团队，了解限制技术创新的相关问题，并负责挑选和培养好的创意，这其中鼓励了包括优秀专家在内的各级员工充分利用包括联系、发问、观察、交流、验证在内的创新技能。例如，针对客户提出的招标书，应用I2I创新方法征集全体员工的创意，择优选取，可以在非常短的时间为客户给出反馈意见。不仅如此，鬼怪工厂希望从各种渠道获得创意，包括员工、客户、大学和供应商。鬼怪工厂还通过对外风险投资扩展其研究和创新能力。例如，鬼怪工厂曾向风险投资公司TechnoCap投资1000万美元，因为这家公司主要业务就是促进高技术公司的发展，经由这家公司可以接近大量高技术公司。

宗旨

鬼怪工厂奉行“永远开创新的领域”的创新文化。波音公司原首席执行官詹姆斯·迈克纳尼曾说过，“我们全球商业战略的核心，是要去领导创新，这也是保持竞争力的源泉”。正如鬼怪工厂第四任总裁马修·甘茨所说，“真正的创新不仅具有发明性，而且也能通过为客户提供产品和

服务，显著降低成本，改善性能，从而解决真实的问题”。这些都很好地诠释了鬼怪工厂的创新兼具发明和实现，以服务于波音公司的商业成功。

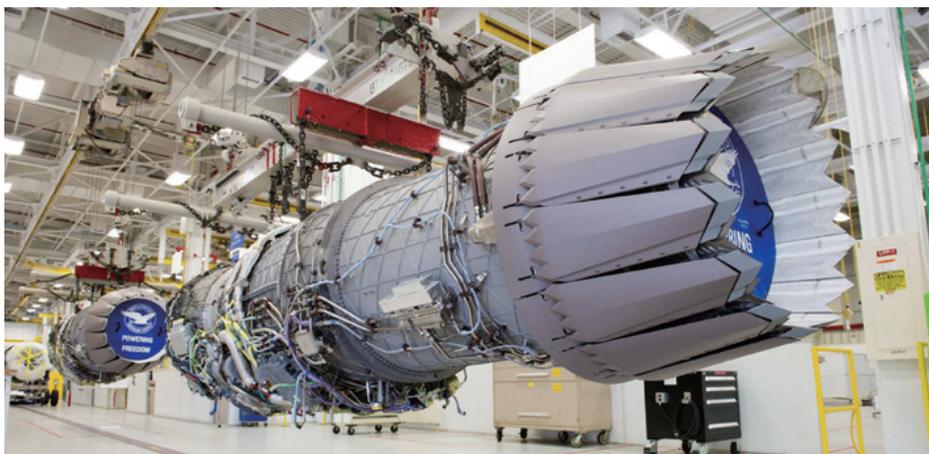
体现这种创新思想的典型案例是C-17战略战术运输机的尾翼改进研制，工程师们重新设计了尾翼，零部件减少了85%，紧固件减少了82%，成本减少了50%，质量减轻了20%。

短吻鳄工厂

臭鼬工厂、鬼怪工厂都是飞机制造商旗下久负盛名的创新机构，它们的成就有目共睹，它们在人才、程序和宗旨三方面的特点亦正如前所述，各有不同，但都成效显著。如今，开发了先进的F119、F135发动机的普惠公司也追随他们的足迹，建立了类似的创新研究机构。2018年6月，普惠公司在佛罗里达州西棕榈滩附近的测试和制造厂区成立了一个新的原型机设计部门——短吻鳄工厂。普惠公司直言不讳地表示，成立该机构的灵感来自于臭鼬工厂，普惠军用航空发动机事业部总裁马修·布朗伯格对此表示：“我们阅读凯利·约翰逊和他工作的故事，并



普惠公司标志



普惠公司开发的F135发动机

了解了为什么要在洛马公司早期发展中创建臭鼬工厂”。该机构主要负责发动机预先研究。

人才

普惠公司为短吻鳄工厂精心挑选了一小批精英员工，组成小团队开发4个未公开的航空发动机原型项目。这和臭鼬工厂非常相似，都是组建规模较小的精锐小团队开展原型机研制。

程序

短吻鳄工厂不遵循普惠公司正常的运行流程，而是采取新的运作程序，只需遵循“使用普惠公司所有的知识产权”“不伤害他人”“不违法”三条简洁的原则，目的就是让航空发动机工程师们摆脱公司繁琐的程序，将研发新型大型飞机发动机的周期和费用缩减一半，正如马修·布朗伯格所言：“在普惠这样的公司，我们有很多规则和很多流程，事实上，我们还有管理流程的流程。”从中可以看出，普惠公司正常的流程显然名目繁多。

宗旨

短吻鳄工厂目前运作的许多细节都处于保密状态，但正如马修·

布朗伯格所说，该工厂是要研发最先进的航空发动机，而且要在奔跑之前，先试着走两步。

DARPA

DARPA是美国国防部下属的一个机构，专注于国防科技，从事前瞻性高科技关键技术研发，重在感知军方未来潜在需求而不是去验证军方提出的现实需求，致力于探索研究前沿基础新概念、新技术，推动基础研究向军事应用转化，为解决中远期国家安全问题提供技术储备。DARPA用了不到1%的美国国家研发（R&D）资金，以及不到4%的国防部研究、开发、试验及评估（RDT&E）预算，引领和推动了美国国家科技甚至世界科技的发展，互联网、半导体、激光器、全球定位系统（GPS）等项目都曾是DARPA资助的项目。

人才

DARPA是一个研发管理机构，自身并不开展研究，员工也不多，只有约240人，其中一大半都是各学科的一流专家学者。DARPA其实是一个相对较小的机构，但管理

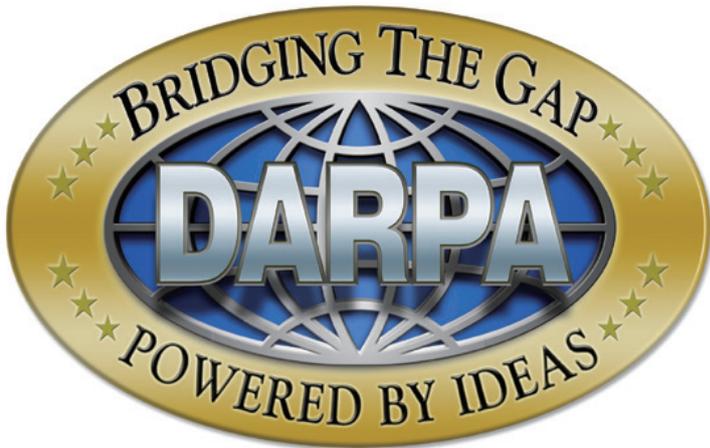
的项目、取得的成果却是相当显赫，是一个名副其实的由精英团队组成的特种机构。

DARPA设有正副局长各一名，作为创新机构的舵手，国防部对局长和副局长的要求很高，总体来说就是既要有创新能力，又要有管理能力：多为学者型官员，拥有深厚的专业背景和从业经验；优先考虑在DARPA有成功任职经历或成功完成DARPA项目的人员；管理经验丰富，工作经历与国防部科技发展密切相关。历任局长都是国际公认的优秀科学家和专家。

DARPA项目研发团队通常由5~10个承包商和大学构成，以完成特定的项目。但不管项目规模大小，无论是100万美元级的小项目，还是数亿美元级的大项目，项目管理流程都相同，而且DARPA都只有一位项目经理全权管理项目研发工作。因此，这些项目经理都是顶尖的科技与管理人才，是DARPA最核心的资产。为了保持DARPA的活力，人才一直在不断流动，项目经理任期一般为3~5年，不断有人离开，又不断有新人进来，为DARPA注入新鲜的血液和思想。

DARPA特别注意吸收那些有实际经验的专业人员和高级研究人员做项目经理，项目经理主要来自工业界、高等院校或其他政府部门，这些项目经理要么拥有极高的工程和学术经历，要么同时精通科学、各种系统及其功能，都是知识渊博、涉猎广泛、充满自信、有创新意愿、希望有所作为的人才。

当然，DARPA待遇优厚，平均薪资9~10万美元，在全美平均薪资处于中等偏上水平，在全美所有职业平均薪资中也居于前列，这也是其



DARPA 标志

能吸引优秀人才的一个重要原因。

程序

DARPA 在管理严格的美国国防部是一个特殊存在，在某种程度上摆脱了官僚体系的束缚，在官僚体制内创建了一个相对灵活宽松自由的氛围，力求鼓励各类人才的创新精神，发挥人才的创造性和积极性。DARPA 也认为这种宽松自由的氛围是其成功的重要原因之一。

DARPA 的组织机构非常扁平化，而且经常变化，会根据不同时期、新兴技术发展的需要进行调整，目的是保持工作灵活性和对新技术发展的快速反应能力，印证了“兵无常形，水无常势”的说法。

因为 DARPA 着眼的是满足美国军方中远期的潜在需求，因此获取需求就显得非常重要，DARPA 会通过专业支撑机构经由头脑风暴之类的方式广泛讨论或辩论，或是借助调研和交流来获取需求，然后利用被人称为“DARPA 模式”——包括人员招募、构想规划、项目界定、多方案组合管理、技术转移等 5 个阶段的项目运作模式开展项目，充分

发挥了项目参与者创新技能中的联系、发问、观察、交流、试验等 5 项技能。

宗旨

DARPA 秉持“跨越鸿沟”(Bridging the Gap)和“创新驱动”(Powered by Ideas)两条格言。坚持创新管理理念，给予美国国防部内外的技术团体较大的自由，使他们突破传统的机构限制，以实现更多创新。DARPA 鼓励研究者以不同的思维方式思考，不在近期项目上与军方科研机构竞争，而是致力于基础研究与尖端科技项目攻关，开展颠覆性探索与研究工作。

启示

航空创新的路径和方式有许多，例如，可以通过与外部机构合作，借助“外脑”；可以通过对外收购创新企业、创业公司等，直接获得创新成果；可以在公司正常体制开展研发和创新；当然也可以突破正常流程，成立创新研发机构专门开展创新等，不一而足，创新没有固定的模式。本文重点探讨了突破正常程

序的创新机构的创新基因。

通过对臭鼬工厂、鬼怪工厂、短吻鳄工厂和 DARPA 这四家不同来源创新机构的简要剖析可以发现，这些创新研发组织虽然因为各自面临的情况不同而在内在创新机制上各有特色，但确实都具有类似的创新基因，即会聚优秀的人才、建立适当的创新机制、鼓励创新的文化，三者缺一不可，差别只在于各个行业的不同创新机构因为各自的特点而在这三大方面有不同的发挥和创造，只是具体的细节不同而已。此外，要充分调动、促进、培养员工的创新技能，正如前述，员工的创新技能不全是天生的，完全可以通过后天训练进行加强。创新组织的基因叠加创新者基因，技术创新叠加管理创新，这便是所有创新研究机构的成功基因。

此外，通过研究发现，创新研发机构的领导必须是拥有强大的创新意识，是兼具技术和管理才能的优秀创新型领导，臭鼬工厂、鬼怪工厂、短吻鳄工厂和 DARPA 无不如此，而且数十年来一直如此，因为领导是创新机构的发动机，这一点对创新研发机构尤为重要。而且一个公司或组织负责先进产品和技术创新机构，人数不在多而在精，用以攻坚克难，打开突破口，在一个适当且鼓励创新的机制下，高效、低成本开发新技术和新产品，甚至是颠覆性的技术和产品。

国际上这些成功的创新研发机构已经取得的经验为后来者铺平了道路，后来者可以在前人的基础上更加卓越并超越前者，因为“一切的先行者都是用来超越的”。**航空动力**

(程鹤，中国航发，高级工程师，主要从事航空发动机综合管理)