

# 锻压行业的回顾与展望

——访中国锻压协会航空材料成形委员会主任委员曾凡昌

Retrospect and Prospect of Forging Industry

本刊记者 日 午



曾凡昌

自然科学研究员,中国锻压协会航空材料成形委员会主任委员。曾在中航工业北京航空制造工程研究所、北京航空材料研究院从事航空材料和锻压工艺研究工作 20 年。1978 年起在原航空工业部(总公司、集团公司)科学技术局从事航空材料、热加工工艺及理化测试技术方面的研发技术管理和行业冶金技术系统的技术管理工作,为我国航空材料、航空大型锻件实现国产化做出了重要贡献。

## 锻造大国 成就瞩目

锻压行业包括锻造、冲压和钣金制作行业,是重要的基础工艺产业之一。这里主要就航空锻造部分作些回顾与展望,同时也就整个锻造行业

【编者按】进入 21 世纪的 10 余年间,我国锻造行业呈井喷式发展,自由锻件和模锻件的总产量从 2009 年的 776 万吨发展到 2012 年的 908 万吨,稳居世界首位;锻造企业逾万家。从企业数量、设备台数、设备总吨位上看,我国是名符其实的世界第一锻造大国,但远不及强国。我国的锻压行业面临着什么样的难题?从经济政策角度分析,如何发展作为机械制造业基础行业的锻压行业应对全球性的经济疲软?为探索我国锻压行业的发展道路和方向,本刊记者采访了中国锻压协会航空材料成形委员会主任委员曾凡昌先生。

的现状作些宏观分析。

锻造行业是为机械装备包括军工武器装备提供关键基础构件用锻件毛坯的先行行业。所谓关键基础构件是指:(1)转动构件,如发动机叶片、承力环、轮盘、轴—轴颈、桨叶等;(2)传动构件,如传动齿轮、轴承、齿轮—轴承、扭力轴、连杆等;(3)主承力构件,如飞机起落架、接头、梁、框、动载螺栓等。它们决定了机械装备和武器装备的主要功能,失效将导致重大的或灾难性的后果,疲劳则是构件的主要失效模式。正因为关键基础构件在装备中的特殊作用,在装备的结构设计中采用综合性能优异、

优质的锻件成为首选,上述关键基础构件绝大多数都是用锻件制成的。

进入 21 世纪的 10 余年间,我国锻造行业呈井喷式发展,自由锻件和模锻件的总产量从 2009 年的 776 万 t 发展到 2012 年的 908 万 t,稳居世界首位。锻造企业逾万家,其中成为独立法人、有一定规模的企业约 4000 家,非公经济企业约占 70%。从企业数量、设备台数、设备总吨位上看,我国是名符其实的世界第一锻造大国,但远不及强国。

近来,中央电视台连续播出了“国之重器”专题节目,展示了国人在高端装备制造领域取得的振奋人心

的成就,其中就包括了锻造行业做出的贡献。如在大型自由锻件生产方面,我国拥有世界最大吨位 185MN 及其以下万吨级自由锻造液压机 24 台套,以及炼钢、机加工、热处理、检验检测等配套设施,相继制造完成了重量达几十吨至数百吨的核电反应堆压力容器和蒸汽发生器整套锻件、核岛锻件、百万千瓦级超超临界高中压转子等大型锻件;在大型模锻件生产方面,相继建成了 300MN、400MN 和 800MN 模锻液压机和引进 3.55 万 t 离合器式螺旋压力机各 1 台,拟建或正在建设的 150~600MN 模锻(或多功能)液压机共 6~7 台。这些大型模锻液压机目标民用航空航天器、海工装备、能源、石油化工等国民经济和国防建设领域,为其提供优质大型模锻件,对提升高端机械装

备和武器装备的综合性能、寿命、可靠性和经济可承受性奠定了物质基础,基本上突破了关键基础构件用锻件受制于外人的被动局面,为我锻造行业迈向强国跨出了坚实的一步。我国已经能够生产可与世界锻造强国媲美的大型整体钛合金模锻件(隔框包容体投影面积达  $5.4\text{m}^2$ ,为世界上最大的整体隔框锻件)、起落架整体模锻件、整体叶盘模锻件和粉末涡轮盘模锻件等(图 1)。为 C919 大型商用飞机、CJ1000A 发动机的研制和大型军用运输机 Y20、舰载机 J15 等的研制和定型批产提供锻件保障。

特别值得一提的是,由中国二重自主设计、制造、安装并于 2013 年 4 月 10 日正式投产的 800MN 模锻液压机,既是“中国之重器”,也是目前世界上规模大、技术先进、锻造能力

最强的模锻设备(图 2)。800MN 模锻液压机的建成投产,征服了我国大型模锻装备极限制造的技术难题,打破了制约我国航空航天和装备发展的瓶颈,对改变我国大型模锻件依赖进口,实现大型模锻产品自主化、国产化,变锻造大国为锻造强国均具有十分重要的战略意义。



图2 800MN模锻液压机



(a) 整体叶盘



(b) 加强框



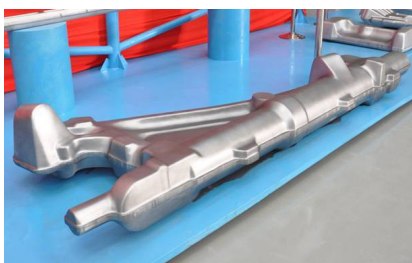
(c) 涡轮盘



(d) 整体隔框



(e) 支柱



(f) 主起外筒

图1 我国生产的大型航空模锻件

## 航空锻造技术及其内涵

锻件广泛应用于航空飞行器的关键结构件和重要结构件。如飞机机体的加强框、接头、梁、起落架、旋翼桨毂、襟翼滑轨、转动轴等,所用材料主要为钛合金、高强或超高强合金结构钢,以及铝合金;航空发动机的轮盘、轴、叶片、环等,所用材料主要为钛合金和高温合金。锻件制成的零件约占飞机机体结构重量 20%、约占航空发动机结构重量 40% 以上。为确保飞机(发动机)长寿命、高可靠性、结构减重和经济可承受性,就锻件而言,以抗疲劳制造技术为核心,大力发展“精密整体制坯技术”是锻造技术的主攻方向。制坯技术是将金属原材料通过锻造成形为毛坯件,提供机械加工制成零(部)件。锻造既要完成接近零(部)件轮廓形

状的“成形”，又要完成毛坯件的“成性”，即控制毛坯件内部无损伤，内在组织、性能与冶金质量得以改善，并符合零件的设计要求。我们将这种内外二者必须同时兼顾且均应满足设计要求的锻造技术，归属于特种工艺基础技术，不仅因为它是用于制造关键基础构件的锻件，还因为它的性能和质量在相当大的程度上决定着关键基础构件的使用性能（包括经久耐用的抗疲劳性能）和服役行为。

“精密整体制坯技术”能够做出的贡献在于使锻件在确保组织、性能优异可靠的前提下，一要精密化，二要整体化。“精密化”是指锻件的近净成形，实现少或无余量机械加工，提高材料利用率和经济可承受性。但主要是控制锻件的表面完整性，形成无损的与构件主应力方向一致的或相适应的细观组织，如锻件表层形成包络流线等。“整体化”是指锻件适应关键基础构件抗疲劳设计，保持整体结构，或以整体锻件推进整体结构设计，减少或取消构件之间的连接，降低构件结构应力集中水平，提高构件疲劳强度和寿命。实现“精密整体制坯技术”，有赖于多种学科和工程技术的发展和支撑，涵盖了结构力学、材料学、冶金物理化学、精密成形、工艺模拟与仿真技术、数字化可视环境控制、组织性能预测和表征等综合技术，以及制坯过程涉及的各类先进的机械装备和检测设施。

我国发展先进锻造技术，硬件（主锻设备）已是今非昔比堪称一流，但软件仍然奇缺。我国要从锻造大国转变为锻造强国，从凭经验锻造转变为创新锻造，必须改变“以产品（型号）牵引技术发展”的旧思维，转变为夯实基础技术，以“技术推动产品发展”的新思维；必须针对上述方方面面强力抓好应用基础研究工作，形成以技术为主、以满足飞机（发动机）结构设计需要为宗旨的核心竞争力，

探求锻件既“成形”又“成性”的科学规律，形成一批有实用价值的锻造新工艺、新技术、新方法、新设备。只有这样，航空锻造技术才能助推我国航空工业更上一层楼，实现航空产品同强国同台竞技的目标。

### 直面问题和差距 迎难而上

回顾我国锻造行业的发展历史，大致可以分为改革前后的各30年：前30年国家实行高度集中的计划经济，锻造作为为主产品（主机）配套的专业，隶属于各个主产品（主机）所在的工业部门，如机械、冶金、铁道、交通、电力、石化、煤炭、农机、船舶等民用工业部门，以及航空、航天、兵器、舰船等军工部门。锻造企业基本上是在封闭于部门之内的状态，所生产的锻件只为本部门主产品（主机）配套服务，技术、信息仅限于部门之内交流。“重复建设、大而全、小而全”问题屡见不鲜且习以为常，商品锻件少、专业化程度低，企业性质是清一色的“国”字号。

改革开放30年以来，在从计划经济向市场经济转变的变革过程中，“国”字号锻造企业开始逐步从主机所在的工业部门分离出来，还有改制为民营性质的。此间，最大的变化是民营锻造企业雨后春笋般地发展和中外合资或外方独资企业进入中国市场，国有、民营、中外合资或外方独资锻造企业达万家，形成了多种经济成分并存和互相竞争的格局。中国已成为锻造企业数量、装备数量及其总吨位数量世界第一的国家。当前，最为突出的问题：一是锻造行业存在结构性缺陷；二是技不如人。

在经济不确定性等诸多因素影响下，我国锻件生产能力增幅过快而产品等级和产业自主化程度低表现在：一方面低端产能重复投入，传统市场过于饱和，产品供大于求，引发市场恶性竞争；另一方面，对技术含量和材料组织性能要求高的锻件尚

未形成产能或尚未研发成功，不少高档锻件仍然依靠进口。究其原因，在政府层面上久已存在的“重项目、轻基础”，“重主机、轻配套”，“重冷加工、轻热加工”的发展思路，导致对包括锻造在内的基础工艺行业的发展重视不够，投入乏力，生产方式粗放，技术基础单薄；在政策层面上，国有资金只“按项目”而不是“按总体规划和夯实基础原则”，投向了不同工业部门的多个国有骨干企业，重复建设难以避免；地方政府为追求投资业绩和地区GDP总量，图经济总量增速快，以地方政府力所能及的优惠政策大举招商引资，大量吸引民间资本投向本地区的制造产业，是导致民营企业盲目竞相扩张锻造产能的一个重要原因。锻造行业结构失稳、中低端产品产能严重过剩和高端产品自主化程度低于50%，这是我们锻造行业面临的重大课题，也是锻造行业得以持续健康发展必须解决的问题。

在技术层面上，同发达国家的差距主要表现在：工艺技术创新能力不足，远未达到自主创新、自主发展、掌握核心技术的程度；传统技术与“经验锻造”沿袭至今；锻件技术含量和含金量不高，中低端锻件产品居多；生产效率和经济效益低下；能耗大、排放高；锻造企业的规模化、专业化、商品化程度低。以航空工业为例，第三、四代战机大量采用新材料、新结构，一大批高强高韧合金结构钢、铝合金、钛合金和高温合金的应用，在应用基础研究不到位的无奈下，给锻造技术带来了一系列前所未有的新课题。航空大型锻件“肥头大耳”，锻件制成零件的材料利用率仅5%~25%，按相似件比较，先进国家的材料利用率是我们的3倍。此外，锻件组织性能和冶金质量不稳定，废品和超差处理件时有发生。迄今，符合适航要求的转包生产的商用航空发动机涡轮盘等高档模锻件仍

然需要从国外指定的合格供应商进口,燃气轮机行业热端部件中的锻件也是如此。我国在材料和锻造设备的硬件上不逊色于强国,但技术、管理甚至企业文化等方面存在软肋。锻造行业必须沉下心来反思各自企业或单位在为实现“中国梦”的拼搏中“应当做和不应当做什么”,以振兴行业、实现锻造强国为共同目标,迎难而上,形成合力,健强我们的软实力,我国锻造行业跻身于世界强林之中将指日可待。

### 应对挑战 转变发展模式

全球性的经济疲软和复苏缓慢,以及我们锻造行业存在的产能过剩、自律欠缺、恶性竞争和劳动力成本优势不再的现实,使以出口中低端锻件为主的大量的民营企业举步维艰,不少企业濒于破产边缘。而高新机械装备和军工武器装备急需的高档锻件又因技不如人,或技术质量不达标增加废品率,或求助于高价进口。加大行业改革力度、整合社会资源、以技术进步促产品质量和品位提升、以行规行约规范企业行为,应当是我国锻造行业面对世界经济浪潮起伏不平的求发展生存之道。

加大行业改革力度,整合社会资源:面对我国锻造生产能力和锻压装备数量迅速扩张,低端锻件产能过剩而高端锻件还不能完全自给的事实,必须创新思维,以强盛中国、放眼全球的视野,遵照党的十八届三中全会关于“市场在资源配置中起决定性作用”和“更好发挥政府作用”的方针政策,必须对现有的锻造企业进行复查考核。在政府主导下,“用政策调控规模”,按其规模、质量与效益、节能减排等硬性指标奖优汰劣,形成一批鼓励企业转型、兼并重组的利好政策和转移产能海外发展的扶植政策、锻件产品替代进口的奖励政策等;对新增的锻造企业实施严格的准入制度,对节能减排制订出可

“一票否决”的强制性量化指标。以此推进锻造行业转变经济发展方式,控制住规模,淘汰落后产能。与此同时,要完全放开锻件市场,发挥市场机制对资源配置的决定性作用,而不是依靠“行业壁垒、政策保护、市场垄断、资源独占”等外部带有特权色彩的因素求得企业的发展,让国有锻造企业和民营锻造企业同台共舞,享有同等的国民待遇。

以技术进步促产品质量和品位提升:努力掌控高端产品的核心技术,减少或避免资源、能源型和留下污染的锻件的生产和出口。在全球经济一体化的新形势下,世界制造业格局发生了变化,发达国家在倾全力发展高新技术、掌控制造技术的核心价值的同时,将不属于核心技术的零部件转移到中国生产,中国成为发达国家生产供应链低端上的加工制造大国。沿海经济发达地区的民营锻造企业以“薄利多销”的理念承接大量的小型钢制锻件的外贸订单,以此作为企业经济的增长点。中国是个资源、能源紧缺的国家,我国从澳大利亚、南美洲等地区高价进口铁矿石、耗费能源成为钢材,锻造成模锻件出口,人家做成名牌汽车后又进口到中国来。在这条境内境外相结合的生产链上,我们的锻造企业仅是其中的无足轻重的“打工仔”,实质上我们成为了西方发达国家的资源、能源的供应者和污染排放的接受者。而与此形成强烈反差的事例是:我国的航空发动机公司为国外著名公司生产了数以千计的民用航空发动机盘类转动零件,机械加工品质等同于他们。但属于热加工、决定盘件组织性能的材料和模锻件则必须从外方所指定的外国材料锻件供应商购买。在工业燃气轮机的合作生产中,对于热端部件(含核心技术的部分),外方公司甚至直接装用他们的零部件而不允许中方介入。我们应当有志气强身健骨,要从全局观念出发,兼顾

企业利益和社会公共利益,从强化研发能力和技术进步入手,促产品质量和品位提升,变“中国制造”为“中国智造”,大力向国际高端锻件市场进军。

建立健全法律法规和行约行规并自觉遵守,是锻造行业健康发展的保障:当前,锻造行业突出问题之一,是无序竞争甚至是恶性竞争,企业之间“内耗”损失巨大。这是法律法规意识淡薄、行规行约自律缺失、职业操守疲软的必然。对此,行业协会和有关学会、商会等中介组织有责任在国家法律法规体系的基础上,依据“国家相应法律法规”,结合锻造行业的实际,研究制订相关的行规行约及基础性标准体系并切实地加以宣贯,以此规范企业技术进步、精细化管理和合法经营的行为,引导企业走健康可持续发展之路。

### 优化锻造行业结构 强化行业软实力

我国锻造行业,必须遵循党的十八届三中全会“关于全面深化改革若干重大问题的决定”所指明的正确方向,面对行业摊大无序、业大不强、产能过剩、能级过低的顽疾,充分运用市场竞争优胜劣汰机制,着力于从强化行业软实力入手,优化锻造行业结构,走规模化、专业化、市场化、商品化和国际化的发展道路。发展重点在于强化软实力。软实力指的是掌控锻造核心技术的研发能力、管理能力、经营能力、企业文化和高素质的各类人才。拥有强大软实力和先进装备实力的企业才能成为国际一流的锻造企业,这样的企业既能做到使锻件“可控成形”达到净近成形精密化,又能实现锻件“组织性能可控”达到产品优质可靠的目的。这样的锻造企业必将会围绕强化软实力展开脚踏实地的和富有成效的工作,从而跻身于世界强企行列。

(责编 深蓝)