

机械科学发展的一些趋势

張 作 梅

(中国科学院机械研究所)

概括地说,机械科学可以分为两个方面。第一方面是一般性的科学领域如机械学和机械制造工艺学。这是所有机械的共同基础,也是研究所有机械的一般性问题的部门。第二方面是各种专业机械,如动力机械、重型机械、切削机床、运输机械等。这些专业机械各有其特点,每一较重要类型的专业机械也可以说是一个机械科学的领域。

目前世界上机械发展的总的趋势是向着高效率、大型、精密和自动化方面发展。例如现在运转着的最大水轮机卡普兰式的是126,000千瓦(苏联),径向轴流式的是147,200千瓦(瑞典)。苏联和我国都正在设计远比上述功率为大的水轮机。可能在运转的模锻水压机有68,000吨的,正在设计中的一般不公开介绍,但是有些资料已提出需要制造200,000至300,000吨的模锻水压机了。这些巨型机械对科学研究提出了很多课题。例如巨型水轮机的设计和制造要进行强度、刚度、稳定性的研究,复合工艺的研究,自动调节的研究,巨型推力轴承的研究等等。在正式设计之前还必须进行大量的模型试验,得出必要的数,才能进行设计。巨型水压机的设计和制造也要进行许多应力分析、疲劳强度和制造工艺的研究,以及模型试验等等。

在轧钢机的发展上,则集中地表现在高效率、大型、精密和自动化等各个方面。例如在高效率方面,最有效措施是提高轧制速度,特别是采用连续式轧机。实验证明,热轧时提高轧制速度,轧辊所受的压力增高不多,而在冷轧时则几乎不变,因此轧制速度的提高没有必要增大轧机的强度,因而亦不致增加主要轧制设备的重量。目前世界上轧制速度的先进指标在连续薄钢板轧机上已达每秒35米,而正在设计制造中的无端条钢连续轧机可达每秒50~60米的速度。

在大型轧机方面,目前设计制造中的有能轧制高度大于1米的宽边梁轧机,其中包括轧辊直径为1450毫米的初轧机;可以轧制4.5米宽、400毫米厚的装甲板轧机,可以把100吨重的钢锭直接轧成上述钢板。

在精密轧机方面,目前有能够轧制0.05~0.1毫米厚 $\times$ 1000~1800毫米宽,0.02~0.03毫米厚 $\times$ 250~300毫米宽的合金钢箔的多辊式轧机。

在轧机的自动化方面,它的发展方向有:金属流程的自动化和电动机加速及减速的自动操纵、速度的自行调节、速度负荷之间关系的自动调节以及机构移动的自动调节。在轧制钢材的自动控制上,目前有轧件断面的温度和尺寸的测定、轧制过程中采用缺陷探测仪和轧件断面尺寸调节的自动化装置等。

自动化是一个十分重要的发展方向。苏联在1959至1965年间要有不少于1300条的自动生产线投入生产。苏联在综合自动生产线方面走在世界的前面。综合自动生产线的采用可以提高生产率30~50%以上,而且可以大量减少工作人员。综合自动生产线目前发展的方向有:(1)包含更多数目的工艺和辅助过程;(2)把自动线分为若干部分,其中设有自动给料装置;(3)包含装配工序;(4)应用自动控制系统;(5)采用可以在自动生产线上或在生产线外应用的典型装置;(6)在产量特别大的生产线上装有备用的机床。

此外,采用流水线可以提高产量20~30%以上。1959至1965年间苏联在机械制造业中要组织不少于8000条的流水线。流水线广泛应用于农业机械、汽车、拖拉机、仪器制造和其他机械制造业中。在小批生产中采用程序控制机床有很大的意义,可以用最有利的切削规范进行生产,可以缩短每件工件的加工时间2~3倍。

机械学的一些发展方向

关于机械原理的发展方向,在机械的结构方面,目前的中心问题仍然是运动副的理论问题,这是由于机械中所要求完成的运动规律决定于运动副及其元件的形状和结构。然而运动副可能的结构是很多的,因此在运动副的分类和系统化方面仍须进行大量的研究工作。目前在机械的结构上不但包含有机作用装置,而且广泛地采用了液压、气动、电动和电子等装

置。这些非机械作用的装置的系统化也是机械原理中的一个重要问题。

在机械设计上特别有意义的是发展机构的综合方法，因为要完成一个预定的机械运动必须进行机构的运动略图的综合。机构的综合理论在最近 20~30 年间得到了很大的发展，特别是在复杂的工作机械、自动机、仪器和计算装置上。机构综合的发展有两个方向：一为应用于高副机构的几何准确的综合方法，一为应用于低副的代数近似综合方法，近年来解析方法也得到了不少的发展。

如果要实现准确的和连续的位移，最可靠的机构是用刚性的构件，如凸轮杆机构等。但是近年来普遍采用了具有液压或气动构件的机构。应用这些机构时，由于不可避免会发生漏气或漏出液体的现象，因此不可能具有刚性运动的特性。具有电气或电子装置的机构目前仍不能经常在运动中具有足够的稳定性。这些问题都要进行研究。

近年来在苏联出现了新型高效率的点啮合圆弧形齿轮（诺维柯夫齿轮）。这种齿轮的出现有可能从根本上解决大功率的齿轮传动问题。这些齿轮的优点有：摩擦损失小，有很高的接触强度和弯曲强度，在相同的外形尺寸和摩擦损失时，它所能传递的圆周力比一般的渐开线齿轮要大 3~4 倍，所允许的圆周速度亦较高，制造时要求的精度较低，因此价格低廉。

在机械动力学方面，近年来由于要制造很多动力学起决定作用的机械，如振动力机、高速和大功率的机器等，机械的动力计算和设计方法的研究显得特别重要。机械动力学的任务通常是研究所有作用于一定规范下工作的机械上的力，和研究在一定力的作用下，机器运动的真正规范。解决这些任务要研究下列诸问题：机械的稳定和不稳定运动问题、机械的控制理论、工作机械的传动理论等。

机械动力学和运动学上的一个最重要的问题是研究机构构件的弹性力问题。过去的研究工作很少考虑到动载荷、润滑、接触表面的弹性等等的影响，今后应在这方面进行深入的理论和实验的研究，发现运动副元件间存在缝隙时其相互作用的基本规律。

在高速工作的机械中，研究运动链元件的相互撞击有特殊意义，因为在动载荷作用下，这些运动链有可能发生断裂。

苏联科学家在发展机械和机构的准确度方面取得了很大的成就。目前他们正在大力研究机械和机构的准确度理论，特别是考虑了动载荷、构件的弹性、缝隙和温度的影响等。这方面的工作对于精密加工和自

动链的正常运转有很重要的意义。

在机械强度方面，近年来由于巨型和高效率机械的建立，实验应力分析得到了很大的发展。实验应力分析主要包含光弹性法、应变仪法和脆性漆法，目前的发展方向有：（1）在试验台上或在实际运转中确定动、静负荷，应力与变形以及机械的其他工作参数，并研究其测定方法及仪器；（2）研究机械零件和部件的刚度和应力分布；（3）确定由工艺或装配所造成的残余应力；（4）拟定和应用比拟法（主要是用电模拟法）以解决结构力学和弹性力学上的计算问题以代替复杂的计算方法。

在机械的振动方面，主要的问题有：确定振动系统中的共振和临界条件，振动的类型和幅度以及拟定测定振动的新方法和新仪器等。此外机械的自振过程，零件在振动中的应力情况，不稳定的振动体系，振动系统中的吸振特性以及用振动作用的机械设备的理论和计算等也是振动研究的中心问题。

在机械零件和金属材料的疲劳和脆裂方面，应力集中、绝对尺寸、表面质量和介质等的影响仍然是很重要的课题。此外还要研究在高温下金属的疲劳，在不固定交变载荷下零件的疲劳强度和在交变应力作用下零件的接触强度。在塑性和脆裂方面要研究温度、速度和应力体系、绝对尺寸对于形成脆性断裂的影响；研究材料中组织结构的变化，其塑性的消失以及裂缝发生的原因和消除方法；须要确定塑性变形开始时的简单而足够准确的条件等。

在摩擦磨损和润滑方面，磨损的成因和磨损过程的理论是一个长远的研究方向。近年来出现了很多新的研究磨损的方法和仪器，如用放射性同位素研究磨损的方法，用刻痕法研究内燃机汽缸的磨损等。表面光洁度对金属和零件磨损的影响也进行了不少工作。

在采掘、运输和农业机械上，磨粒磨损最为普遍，这是由于微小的颗粒所造成的。这方面的研究工作较为复杂，因此创立新的试验方法和设备，进行大量实验工作，总结所获得的结果以求其磨损规律，是目前所要进行的工作。

金属和零件发生咬合时的磨损机构，以及外界因素如润滑剂、气体介质和构件运转的相对速度对它的影响，也是很重要的课题。

此外，在高效率、高速、高温的机械设计和制造上，要寻找新的轴承材料和新的能耐高温的摩擦材料。

在流体动力润滑方面，目前主要的研究课题有：（1）高速轴承和推力轴承中油膜的流体力学规律和其稳定的工作条件；（2）创立有科学根据的更准确的计算

推力轴承方法；(3) 研究用高压油以减少机械在启动时的摩擦损失；(4) 用气体或乳状润滑剂以减少高速轴承中的摩擦；(5) 研究在高温介质中(300°C 以上)能可靠运转的工作副等。

机械制造工艺学的一些发展方向

金属的凝固过程是近年来在铸造理论上最引人注目的课题之一，因为正确地了解金属的凝固过程可以获得高质量的铸件，减少废品。

连续铸造金属的锭子、棒材和管材得到了日益广泛的应用和进行了大量的研究工作，其中最重要的是热力参数对于凝固过程和铸件质量的影响，结晶器的设计和制造等。

球墨铸铁依然是很重要的铸造材料。不论在新的球化剂、处理方法、大型铸件、质量的改进、球化理论，或其切削、压力加工、焊接和热处理特性等均进行着大量的研究工作。

在特种铸造方面，黑色金属压铸已有了初步成果，不过模子寿命及质量问题仍有待进一步改进。壳模铸造上用的新热反应粘结剂，真空铸造，精密铸造大型零件，化学硬化法的发展，铸造过程的机械化与自动化，在研究工作中应用示踪原子，在生产上利用真空和超声波振荡等都是重要的研究课题。

强化轧制过程，如采用超压缩轧制和强化轧机设计等，是近年来压力加工方面的中心问题之一，这方面已取得了不小的成就。此外还不断地出现了新型的轧制方法和设备，如三辊的横向螺旋轧机，钢球、齿轮、丝杆、汽轮机叶片等零件的轧制工艺和设备，管材型材的行星式轧机，双金属板材及管材、冷弯型材、薄壁梁等的轧制工艺和设备等。

由于原子能和航空工业的飞速发展，高温合金、特种低塑性合金和特殊元件的轧制、锻压和挤压工艺得到了很大的发展。这些材料的可塑性指标，模子材料及涂料，新的高效率的氧化加热方法，新的高温润滑剂等都是这方面研究的中心问题。

最近对振动法进行压力加工进行了一些探索性的试验。此法可以降低变形力，可以减少摩擦系数几倍，在拉伸铝合金零件时可以提高拉伸系数20—30%。

此外，大锻件的加热、冷却和锻造规范，压力加工过程的机械化与自动化，压力加工原理等也要研究。

有关机械加工方面，一些比较重要的研究课题是：(1) 利用自动机床、自动生产线和流水线以提高产量；(2) 在小批产品及复杂外形的零件上发展程序控制机床和仿形机床；(3) 发展电腐蚀加工和超声波加工及

其设备；(4) 发展更好的刀具材料，改善刀具的几何形状和用放射性同位素来研究刀具的磨损；(5) 提高磨削速度及采用内冷却，采用组合砂轮和多气孔砂轮以提高磨削效率；(6) 发展切削和磨削理论等。

热处理的理论基础是与金属学和金属物理的发展分不开的，其中如金属材料的透硬性、相变、内应力、陈化和脱溶、冷加工和再结晶、回火脆和蓝脆机构等仍然是重要的研究课题。近年来高频热处理得到了很大的发展。这方面尚待研究的问题有：冷却速度、电力参数等对工件处理后的组织和性能的影响，大工件表面用工业频热处理的发展和运用，零件上局部高频回火以降低应力集中的作用等。热处理的其他重要研究课题尚有：机件热处理后的变形和断裂，精密机件和量具尺寸的稳定化，化学热处理的发展与应用，新钢种新合金的热处理规范的研究等。

焊接是近年来发展很快的一门学科。由于电渣焊的出现和发展，目前焊接件的厚度几乎不受限制，因此对于在大型机械制造上采用复合工艺，由小拼大，起了很大的变革。对于焊接原理方面的研究，如焊接的热过程、焊接的冶金过程、焊接时金属内部所发生的变化以及焊缝的质量等，更显得有特别重要的意义。

在焊接强度方面虽已做了许多工作，但还有很多问题没有解决，如焊缝在外力作用下的应力分布和强度、焊接构件上的焊接应力和其对强度的影响、焊缝的疲劳强度、焊接构件的变形以及焊接结构的设计等。

焊接设备方面，除了创造新的设备外，现有设备的改进和自动化问题引起了极大的注意，例如电弧焊机、电渣焊机、保护气体焊机等的自动化问题，接触焊机的控制系统的改进和生产率的提高，气焊气割机的改进和自动化问题等。

复合工艺是近年来机械制造工艺学的重要发展方向之一。上述用较小的锻件或铸件焊接而成大的部件和构件已在大型机械上广泛地应用。

液态金属的直接成形，包括无锭轧制、无锭冲压(即用液体金属直接得出板材、型材和机械零件等)，最近在我国和国外都进行了不少研究。这方面的工作，随着金属是在全液态或半液态或全固态成形，而可能成为纯铸造或纯压力加工或铸造和压力加工的综合作业。这是一种新的成形工艺，尚须进行大量研究。

此外，以铸代锻，如用精密铸造代替模锻，以无锭轧制代替正规的轧制过程；用压力加工来减少切削加工，如用精密模锻代替切削机械零件，用周期断面毛坯来大量减少切削加工量等，也是提高效率、节约金属材料的重要方向。