**建设世界仪器强国的使命与任务**

**[导读]** 谭久彬院士撰写“建设世界仪器强国的使命与任务”一文，主要内容包括：建设世界仪器强国的必要性与紧迫性，我国仪器科学与技术发展现状，建设世界仪器强国面临的三大挑战，建设世界仪器强国必须完成的四大任务等。

习近平总书记在两院院士大会讲话中强调，我们比历史上任何时期都更需要建设世界科技强国。为提升各界对建设科技强国意义的认识，人民出版社约请中国科学院和中国工程院的100多名院士编写了《百名院士谈建设科技强国》一书，将广大院士的重要思想和建议汇集起来，作为推进我国建设科技强国的重要抓手之一。

　　谭久彬院士在其中撰写了“建设世界仪器强国的使命与任务”一文，开篇第一句话就是：“建设世界科技强国，首先必须建设世界仪器强国”，作为全文的主要论点。谭久彬院士最早提出并论述了该观点。该文主要内容包括：建设世界仪器强国的必要性与紧迫性，我国仪器科学与技术发展现状，建设世界仪器强国面临的三大挑战，建设世界仪器强国必须完成的四大任务等。

　　注：《百名院士谈建设科技强国》一书出版于2019年2月，“建设世界仪器强国的使命与任务”一文刊登在该书的第447页-458页。

**建设世界仪器强国的使命与任务**

哈尔滨工业大学 谭久彬

　　建设世界科技强国，首先必须建设世界仪器强国，建设世界仪器强国是建设世界科技强国的必备基础和前提条件。在我国特定条件下，建设世界仪器强国将面临三大挑战，即：计量测试体系不完整;仪器体系呈现碎片化;全民性质量意识差，对测量与仪器的基础性作用和引领性作用认识不清。建设世界仪器强国，必须完成四大重点任务，即：建立具有科学性、先进性和完整性的国家计量测试体系，培育体系完整、结构合理的高精尖仪器企业;建立国家级高精尖仪器研发基地;建立国家级专家咨询中心，统一规划与指导计量测试体系与仪器体系建设发展;提高全民质量意识，培育专精精神。

**no.1 建设世界仪器强国的必要性与紧迫性**

　　建设世界仪器强国在我国具有十分突出的必要性和紧迫性。建设世界科技强国必须以强大的整体仪器创新能力为支撑，仪器创新必然引领科技创新，这主要表现在如下三个方面。

**(一)重大仪器发明会促进重大科学发现和基础研究突破**

　　世界科技强国一定是基础研究强国，基础研究强国一定是测量与仪器强国。门捷列夫说：“科学是从测量开始的”，“没有测量就没有科学，至少是没有精确的科学、真正的科学”,“测量是科学的基础”。仪器是测量的载体，是实现科学发现与基础研究突破的手段。截至2017年，诺贝尔物理学奖、化学奖、生理学或医学奖获奖项目总数为371项，获奖总人数为594人;直接因测量科学研究成果或直接发明新原理仪器而获奖的项目总数为42项(占11.3%)，总人数为64人(占10.8%) ，如电子显微镜、质谱仪、CT断层扫描仪、扫描隧道显微镜、超分辨荧光显微镜、冷冻电镜、激光干涉仪等;同时，72%的物理学奖、81%的化学奖、95%的生理学或医学奖都是借助于相关尖端仪器完成的。

　　因发明高分辨率核磁共振仪器而获诺贝尔奖的理查德·恩斯特(R.R.Ernst)说：“现代科学的进步越来越依靠尖端仪器的发展。”

**(二)高端精密仪器是科技产业高质量发展的基础**

　　仪器科学与技术对现代科技产业、国家安全、人类健康、环境保护和社会生活等各个方面有序进行与发展的支撑作用越来越大。仪器技术与工程支撑的是整个现代科技产业、国家经济和社会管理。王大珩院士对测量仪器的作用曾有过高度概括：“仪器仪表是科学研究的先行官，工业生产的倍增器，军事上的战斗力，社会生活中的物化法官。” 20世纪90年代初，美国商务部所属的美国国家标准与技术研究院(NIST)的统计数据表明：为保证产品制造质量和实施有效控制，每天要进行2.5亿次测量。在制造领域，只有通过测量，才能知道产品哪里不合格;只有通过大量测量数据的积累，才能找到产品不合格的根源;只有建立起基于在线传感与仪器的工业互联网，才能建立起智能装备和智能工厂，才能实现智能制造;只有建立起面向先进制造的完整的计量测试体系和仪器体系，才能从根本上解决困扰我国几十年的“四基问题”(即基础材料、基础工艺、基础零部件和质量技术基础)，才能从根本上形成高端装备制造能力。在国防领域，没有侦测仪器，就不能发现和准确定位敌方目标;没有精准的导航制导仪器，就无法实施精确打击。在医疗领域，没有精准的诊疗仪器，就无法实施精准医疗。在环保领域，没有成千上万的分布式传感器，就无法及时准确地获取环保监测息。同样，没有遍布于城市水、电、气、交通等设施和千家万户的各类网络化传感器，就无法实时获取海量监测信息，平安城市、幸福城市和智慧城市就无法实现。

**(三)高端精密仪器的创新是驱动和引领科技创新发展的原动力**

　　仪器科学与技术的创新发展对相关技术领域具有引领与推动作用。“工欲善其事，必先利其器”。以高端精密装备制造领域为例，高端精密装备的精度水平取决于工作母机的精度，按照精度分配原则，工作母机的精度要比高端精密装备的精度高三分之一至一个数量级;而工作母机的精度水平取决于测量仪器的精度，按照精度分配原则，测量仪器的精度要比工作母机的精度高三分之一至一个数量级。从精度角度看，测量仪器处于精度的最顶级，是高端中的高端;从技术角度看，测量仪器使用的共性核心技术更先进、更前沿、更具有先导性，因而更具有技术引领作用。在高端精密装备领域，测量仪器技术处于优先发展的地位。聂荣臻元帅在经历了“两弹一星”发展后，形成的重要认识之一是，“科技要发展，计量须先行”。从另一方面看，仪器产业对相关科技产业的发展有重要拉动作用。美国国家标准与技术研究院的分析报告指出：“美国国内仪器产值仅占工业总产值的4%，但对国民生产总值(GNP)的拉动作用则达到了66% ”。仪器技术“四两拨千斤”的作用反映了仪器的内在价值在产业链中具有放大效应。

**no.2 我国仪器科学与技术发展现状**

　　我国错过了第一次工业革命和第二次工业革命，几乎没有现代意义上的相关科技的积累作为基础。发展现代意义上的仪器科学与技术，起步很晚，经历了初创期，即1949年至1969年的20年间，建立起初步的仪器科学与技术学科。第三次工业革命阶段，即1970年至2010年的40年间，前20年我国因基础薄弱而仪器科学与技术发展缓慢，后20年我国因科学技术的整体发展较快，仪器科学与技术进入快速发展期，这期间取得了一大批前沿仪器技术成果，支撑和引领了一批重大科技创新和重大高新技术工程的发展，如以自主研制的銫原子喷泉钟、光钟、量子化霍尔电阻基准和约瑟夫森电压基准等为代表的一批尖端计量仪器，支撑了我国北斗系统工程、电力电子工程和电气工程的发展;以自主研制的超精密工程测量仪器为代表的一批大型高端专用测量仪器，支撑了我国战略导弹、核潜艇、航空发动机和航天高分工程等国家重大工程的发展。

　　从总体上看，我国仪器科学与技术落后于美国、德国和日本等科技强国，而且落后的幅度较大，但在一些专用仪器领域已经接近国际先进水平，在个别方向上已经处于国际前列地位。从发展趋势上看，我国仪器科学与技术的自主创新能力在不断增强，追赶速度在加快，差距在逐渐减小。

**no.3 建设仪器强国面临的三大挑战**

　　回顾我国现代工业和仪器工业的发展历程，有利于认清我国仪器科学与技术发展的特殊性与不平衡性，有利于明确我国建设世界仪器强国将面临什么样的挑战。

　　1949—1969年，在苏联的援助下，我国建起了哈尔滨量具刃具厂等几个仪器生产厂，可生产量具和中低端测量仪器;在几所大学里设置了精密仪器专业，在一些专业领域，逐渐进入精密级测量阶段;改革开放以后，我国中低端制造业发展规模快速扩大，但精密测量手段并没有跟上，在精密级测量能力上发展不平衡，不成体系，没有形成整体能力，因而没能保证产品质量同步提升。而在航天和国防领域，虽然部分形成超精密测量能力，但也不成体系。总体状况是，精密级测量能力需要整体补齐，超精密级测量能力需要大范围追赶。要想整体上追齐德国工业4.0，将面临如下三大挑战。

**(一)计量测试体系不完整**

　　尽管我国建立起以国家计量院为核心的国家法定计量体系，形成科学计量、法制计量和工程计量能力。但从国家级、中间级、一直到工厂车间级对产品实现全部参数测量能力的角度考察，会发现我国的计量测试体系不完整。以几何量测量为例，我国国家计量院现有工程参量计量标准80个，而德国有123个。若考虑到德国是有选择的发展制造业，而我国是全面发展制造业，我国缺少的计量标准就更多了。从纵向看，因计量手段不足，使很多参量的量值传递链出现断裂，量值传不到工厂的计量仪器上;即便是有些量值传递到了工厂的计量仪器上，但由于我国现行的年检和周期校准制度，量值不能实时的传递到产品上，测量仪器对产品质量的监控处于失控状态。实际上，我国计量测试体系，从顶级的基准级和标准级仪器到产品级测量仪器的量值传递链上，存在“中间一公里”和“最后一公里”的盲区。在产品质量的层次上，我国的计量测试体系，在很多量值上，不能保证在全国范围内的准确一致。

　　从总体上看，我国现有的计量测试体系无法支撑起庞大制造业，特别是高端装备制造、智能制造和强基工程的发展。

**(二)仪器体系呈现碎片化**

　　高质量产品是如何完成的?从工业发达国家的成功经验中可以总结出一般规律，即必须对制造全过程进行严格精密测量，并依据测量数据不断改进和完善工艺、包括材料加工工艺、零件加工工艺和装配工艺。谁的测量数据更精准、更全面，谁在各个工艺环节上做得更扎实，做得更精益求精，谁的产品质量就更胜一筹。在高端制造和智能制造阶段，由于主要依赖更加精准、更加全面的长期积累的大数据，以实现更高的质量、更高的效率和更多变的个性化，因而具有完整性和充分性特征的超精密测量的基础支撑作用更加突出。

　　王大珩院士曾总结美、德、日等先进制造国的成功经验，在一次报告中指出：对测量仪器的投入占总装备投入的三分之一。而我国既缺乏这种经验，也缺乏对别人经验的认识。

　　考察高端装备制造，其精密制造过程可大致分为四个环节，即零件加工、部件装配、整机装配和整机性能测试实验。每一个环节都有大量的被测参数，需要一批测量仪器。以大型精密回转装备为例，共有约2.5万个零件，其中65%是超精密零件，有20多万个测量参数，加上部件装配中的测量、部件工作特性的测量、整机装配中的测量和整机性能测量与试验，共需要至少500多种专用测量仪器。而实际上，我国现有生产线上的仪器尚不足十分之一，而且测量仪器配置的内在关联性很差，不成体系，表现出严重的碎片化。如考虑到智能制造阶段，制造上升到超精密级，具有精度完整性和充分性特征的超精密测量所需要的参数被细化，被测参数成倍数，或成数量级增加，生产线上缺失的仪器数量就更多了，测量仪器更不成体系，即测量仪器体系碎片化将更严重。

　　导致测量仪器体系碎片化的原因主要有三个方面：一是我国真正懂得测量需求和测量技术的专家与工程师非常少;二是对测量仪器体系缺乏整体规划;三是国内对高端测量仪器的研发整体上能力较差，缺少长期系统地研发高精尖仪器的团队与基地，很多项目不是最有优势的人在做，几乎没有生产高端测量仪器的企业，只有少量的科研院所能研发一些专用测量仪器，高端测量仪器95%以上依赖进口。

　　可见，测量仪器体系碎片化导致无法构成整体测量能力。没有整体测量能力,就不能支撑产品质量提升，就不能支撑高端装备制造、智能制造和强基工程的发展。

**(三)质量意识淡薄，缺乏专精精神**

　　质量意识主要体现在两个方面：一是能否自觉坚持质量第一的原则;二是能否掌握提高质量的方法与手段。质量意识淡薄是我国各个行业发展的最大短板，一方面，人们追求快速成功，快速扩张，心浮气躁，不愿意埋头于需要大量基本功、成效慢的质量提升工作;另一方面，重视产品质量的人又说不清楚产品质量为什么做不上去。在这方面，我们应该向德国学习。

　　德国质量与德国品牌不是天生就有的，而是经历过浴火重生的蜕变过程。

　　第一次工业革命发生在英国，技术领先，产品质量最有竞争力。德国处于追赶和仿制阶段，此时“德国制造”是价低质劣的代名词。1887年8月，英国议会通过侮辱性的商标法条款，所有从德国进口的商品必须明确标注“德国制造"，以此将劣质的德国产品与优质的英国产品区分开来。英国这一侮辱性做法使德国举国震动，引起全民性反思,认识到:不提高产品质量，德国工业就没有出路。强烈的质量意识成为德国全民族的共同认识，成为每个人的自觉行动。那么如何提高产品质量呢?专家们认识到,没有精密的测量，就没有精密的产品。西门子公司创始人出资建立起世界上第一个具有现代意义的德国联邦物理技术研究院(PTB)。德国由此起步，逐渐建起严格完整的工业标准体系、计量测试体系和质量保证体系;支持发展起以蔡司、莱卡为代表的一批世界一流的精密仪器企业，建立起完整的测量仪器体系。一个必然的结果是，德国由“德国制造”成功转向“德国质量”和“德国品牌”。

　　相比之下,我们的质量意识和对测量作用的认识仍然停留在第二次工业革命初期德国人的水平上。

　　专精精神的本质是:专心致志做好一件事,把一件事做到极致。

　　我国有世界上规模最大的科学家群体，却没有研究出相应数量的世界级基础研究成果;我国有世界上规模最大的各类专家群体，却没有研制出相应数量的世界一流的高精尖装备;我国有世界上规模最大的工程师和技师群体，却没有制造出相应数量的世界品牌的产品。一个重要的原因是,绝大多数人缺乏专精精神,低水平重复，浅尝辄止，不断跟踪热点,终其生也没有做出一个像样的成果来。

　　要想实现由”中国制造“向"中国质量“和“中国品牌”转变，就必须从根本上转变全民族的质量意识“质量第一、测量数据第一 ”的意识要融入每一个中国人的血液里;“专心致志做好一件事，把一件事做到极致“要成为每一个中国人的不懈追求，这是我们建设世界科技强国和仪器强国面临的最大挑战之一。

**no.4 建设仪器强国必须完成的五大任务**

　　要建设世界仪器强国，就必须应对上述三大挑战，完成如下五大重点任务。

**(一)建立完整的国家计量测试体系**

　　基于国际计量科技和仪器科技前沿的发展趋势，基于未来30年我国科技、工业、国防等各个行业的整体需求，应及时规划国家计量测试体系,该体系必须具有系统性、完整性和科学性。对七个基本量,要完善与提升量子化和扁平化量值传递能力与水平，确保在全国范围内的准确一致;在国际比对中处于国际前列地位。对工程计量标准,在向下传递量值时,要与科学实验仪器和工程测量仪器无缝对接，确保量值准确传递到科研院所的科学实验仪器上和企业工程测量仪器上,并通过工程测量仪器准确传递到产品上。该体系可使国家计量体系与科研院所科学实验测量体系和企业工程测量及测试体系融为有机整体，统称为国家计量测试体系。该体系既满足“国家质量基础’框架(国际测量联合会和国际标准化组织联合倡导)，又具有中国特色，有利于解决中国问题。该体系没有工程参量量的缺失，没有“中间一公里”和“最后一公里”的盲区。该体系可有效支撑科学实验测量体系和企业工程测量体系高效率，高性能运行，可有效支撑各个行业标准体系和质量保证体系高效率高性能运行。该体系是“中国创新”“中国质量”和“中国品牌”的基石。

**(二)建立完整的仪器体系**

　　完整的国家计量测试体系必须有完整的仪器体系支撑。面向各个行业，系统规划，培育体系完整的各类科学仪器、各类工程测量仪器、各类专用高精尖仪器和医疗仪器等自主品牌生产企业。在实施过程中，要重点整治仪器市场竞争不规范等阻碍高质量自主品牌仪器发展的市场环境问题。

　　没有完整的仪器体系，就无法支撑完整的国家计量测试体系建设，就没有手段和能力支撑“中国创新”“中国质量”和“中国品牌”的实现。

**(三)建设一批国家级重大仪器技术创新研发基地**

　　建立完整的仪器体系不能全靠从国外买，必须主要依靠自主研发和生产大批具有自主知识产权的高精尖仪器，而创新研发高精尖仪器是关键，必须建设一批国家级重大仪器技术创新研发基地。每个基地面向一个领域，系统规划，组织系列攻关，成体系地研发高精尖仪器。以提高产品质量为核心，源源不断地向国家和企业提供成体系的核心技术和成套解决方案，支撑我国高端装备制造、智能制造和强基工程能力与水平可持续提高。

**(四)建立统一规划与指导国家计量测试体系和仪器体系建设发展的国家级专家咨询中心**

　　建立完整的国家计量测试体系和完整的仪器体系，首先必须要做出一个系统完整、科学合理、适合国情的发展规划，以指导完整的国家计量测试体系建设、指导完整的仪器体系建设和指导国家级重大仪器技术创新研发基地建设。该规划应该由一个国家级专家咨询中心组织完成。该规划应该最大限度地集中我国战略科学家、仪器专家、计量科学家、测量科学家和相关领城的专家的集体智慧，使其真正起到建设世界仪器强国高水平蓝图的作用。

**(五)提高全民质量意识、专精精神**

　　建设世界仪器强国，最重要的是人，是千千万万以建设世界科技强国和世界仪器强国为已任的科学家、专家、工程师、工匠、企业家和领导者。中国有世界上最大的智力资源和人力资源，如何能让这个世界上最大的智力资源和人力资源产生世界上最大的创新能力和最强有力的质量提升能力，创造出世界上最多的世界品牌.是新时代必须要解决的重大问题。

　　因此，不仅要树立全民创新意识，还要树立全民质量意识。“ 质量第一、测量数据第一”的认识必须成为每一位科学家 、专家、工程师、工匠、企业家和领导者的共同理念和工作准则。

　　专精精神要求一个人、一个团队、一个企业一辈子只做一件事，把这一件事做到极致、做到世界一流，而且，这件事要代代相传。如果每个人都以专精精神做事，最大资源的累积效应就会产生“由量变到质变”的飞跃。“中国创新”“中国质量”和“中国品牌”就一定会实现!世界仪器强国和世界科技强国就一定会实现!

　　建设世界科技强国必须首先建设世界仪器强国。世界仪器强国是世界科技强国建设的基石，必须优先发展。

　　建设世界仪器强国是一项十分艰难、循序渐进、扎扎实实的基础性、系统性工作。建设世界仪器强国中最大的难题是改变人们的观念，自觉坚持“质量第一测量数据第一”必须成为一种民族素质;“专心致志做好一件事，把一件事做到极致”必须成为一种民族秉性。

　　世界仪器强国建设是一项系统工程，要理清思路。既要规划好近期,又要规划好远期。远期规划要重点放在仪器科学基础研究和高端创新性仪器人才培养上。没有仪器科学的重大原始创新，就不会有未来的仪器技术领先;加强仪器科学与技术学科专业高端人才培养模式的改革，适度扩大仪器科学与技术学科的规模，以适应世界仪器强国建设的需求。

　　世界仪器强国建设进展缓慢，不是别人卡住了我们的脖子，主要是我们自己不争气,是自己卡住了自己。对测量与仪器的基础性、战略性地位认识不清;对我国计量测试体系和仪器体系的系统性、完整性差距认识不清;对我国测量与仪器领域巨大的智力和人力资源调动、使用不利，都是我们自身的问题。只要深刻认清制约仪器强国建设的关键问题，找到破解问题的方法和正确发展的途径，建设仪器强国的梦想就一定能实现。