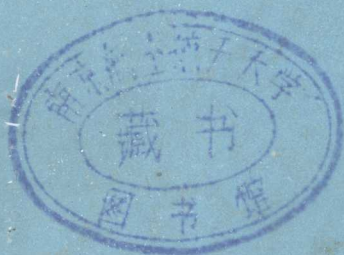


中苏航空工艺材料科技合作
中方工作组访苏汇报

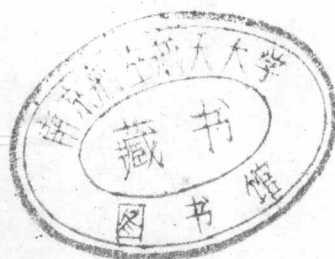


航空航天工业部科学技术研究院

1991年6月

V255
1004-2

中苏航空工艺材料科技合作 中方工作组访苏汇报



5

一九九五年四月十三日



30739256

航空航天工业部科学技术研究院

1991年6月

739256

编 者 的 话

由于中苏两国之间的航空工艺和材料的科技交流中断了 20 多年，所以对苏联近期的情况了解的很少。但经过最近两年的沟通，终于开始了相互间的往来和初步的科技合作。这次“中苏航空工艺材料科技合作中方工作组访苏”所接触的范围比初期有所扩大，但仍以民用飞机的工艺和材料为主，仅涉及了一些军用技术，虽然接触了一些新技术，但主要以应用于新机研制的新技术为主，正在发展的和今后准备开拓的新技术尚未向我方开放。这次访问的时间短促，又加上对方的“专利意识”很强，未能进行深入的探讨和了解，所以只能将我们看到的東西和获得的一些资料加以汇编整理成册，以供大家参考，有不足之处，请批评指正。

本汇编中的许多外观图所采用的原图是经过多次复印的静电复制件，其清晰度距出版要求相差甚远。考虑到没有外观图只靠文字叙述很难将内容交待清楚，所以最后采取了图质虽差、仍旧照排的原则，以供读者参考。

编 者

目 录

中苏航空工艺材料科学技术合作中方工作组访苏汇报.....	(1)
苏联航空仪表工艺研究院概况.....	(6)
苏联飞机、发动机制造技术概况	(21)
苏联航空材料及工艺介绍	(72)
一、苏联航空工业部材料研究机构	(72)
二、苏联现代航空材料概况	(74)
三、苏联航天飞机的材料应用概况.....	(105)
四、苏联 Ан 型飞机上的复合材料	(115)
五、苏联复合材料及夹层结构简介.....	(117)

中苏航空工艺、材料科技合作 中方工作组访苏汇报

(一) 概 况

根据在中央军委副主席刘华清、林宗棠部长访苏及今年四月苏联工艺、材料科技代表团访华时双方所签订的协议，由航空航天工业部科学技术研究院副院长、中方工作组组长周家骐任团长的一行十人的中方工作组一九九〇年九月十日至二十七日对苏联航空工艺、材料科研部门及有关工厂进行了工作性的访问，目的是考察苏联航空工艺、材料、工艺设备的情况，确定一九九〇年航空工艺、材料科技合作课题及签订一项双方共同遵循的合作协议。

苏方对这次访问是重视的，态度是友好的，接待认真热情。代表团于九月十日抵达莫斯科时，苏联航空工业部副部长勃拉图欣会见了代表团全体成员。他对前阶段苏联航空工艺、材料科技代表团成功地访问我国及我方给予的合作表示满意和感谢，对中国航空工艺、材料科技代表团的来访表示欢迎并预祝成功，特别指出双方在科技合作方面进展的较快，而且已经开始了单晶技术的科技合作，为双方合作打下基础。周家骐同志对勃拉图欣副部长的会见表示谢意，并希望我们这次通过实地的考察，确定具体科技合作项目，以推进中苏航空工艺、材料方面的科技合作。

苏联航空工业部技术管理总局局长、访华代表团团长苏方工作组组长塔拉拉也夫等有关人员参加了会见。会见后，我们同塔拉拉也夫同志对访苏日程进行了协商。

我们先后访问了九个航空材料、工艺研究院所及有关工厂，并参观了正在莫斯科举办的“90”航空工艺、材料科技成果展览会和“90”国际航空展览会。

所到单位的领导（有院长、厂长、总师、所长）均热情地接待中国代表团，并亲自引导参观访问。在航空材料研究院参观了碳纤维、铝锂合金、陶瓷、粉末及钛合金的研究应用情况及金属物理、化学性能试验室，对保密程度很高的“暴风雪”号航天飞机表层的隔热瓦、大型碳纤维构件有了了解；在航空工艺研究院参观了缠绕式复合材料铺带机加工，直升机旋翼和复合材料窄带预浸料现场加工情况，参观了焊接基理试验室及铝锂合金的钣金、型材、焊接样件，去该院新建的科研大楼参观了为今后飞机采用液氢燃料所建的低温试验室、柔性加工试验室及计算机辅助制造试验室；在发动机工艺研究院参观了刀具试验室、五座标激光陶瓷型芯小孔打孔机床、涡轮盘榫槽检测新仪器、金属蜂窝缺陷检测仪、金属板结构叶片样件、电火花表面强化试验工艺、真空电子束焊和真空钎焊试验室、强力磨削试验室、高速切削试验室；在红十月发动机厂参观了涡轮盘、叶片、机匣加工车间、总装车间及试车台；在专用设备生产联合体参观了机加、装配车间及柔性生产试验线、三、四座标数控机床生产线，厂长还突出地介绍了激光陀螺硬质玻璃加工机床研制情况；在仪表工艺研究院参观了激光陀螺核心部件—硬质玻璃全套加工工艺和设备的情况，参观了油液净化和检测设备、飞机仪表光纤电缆研究试验、精密钻头、預告性表面处理生产

线等；在沃罗涅什飞机厂，主人向我们全面敞开，参观了零件加工、钣金成形、部件装配、整体壁板加工、数控压铆、整体壁板复合成形、整体壁板化铣、橡皮液压成形、喷丸强化、振动抛光、发动机吊舱复合材料缠绕、复合材料构件、内装构件、复合材料无损检测及飞机总体车间，并邀请我们登上总装完毕的伊尔 96 飞机进行参观。在沃罗涅什还参观了自动化检测研究所，主要看了激光检测技术和自动绘图仪的研制情况；在莫斯科还重点参观了苏联“90”航空工艺、材料科技展览会和“90”国际航空展览会，对苏联各飞机设计局的型号发展也有些初步了解。总的感觉是苏联航空工艺、材料在技术上是先进的，在技术管理、科学研究领域，科研与生产的结合，为新型号设计提供技术储备等方面的体系是成熟的，配套是完整的，值得我们借鉴。

经过两周的访问、探索和团内的几次讨论，于九月二十五日同塔拉拉也夫等 21 位专家交换了起草协议的意见，经过几次协商，于九月二十七日上午签订了一九九〇年开始科研科技合作项目的协议，至此我们圆满完成访问预计任务。

(二) 一九九〇年开始合作的项目

科技合作项目提出的原则是在今年四月苏联航空工艺、材料代表团访问北京时经双方确定的，此次中方代表团访问莫斯科时双方又各自提出了一个项目表，中方提出的是一个汇总的项目表，而苏方各研究院所分别提出的未经汇总的五个包括内容较多的项目表，大部分是以技术转让和设备出口形式提出的。双方想法有一定距离。关于设备贸易和技术引进问题我们在科技合作中未加考虑，但向苏方作了解释并同意将此意见转交中航技加以研究。双方均表示希望尽快开展实质性的科技合作。在权衡我方的人力、物力、技术水平和技术领域诸因素，我们提出了 11 个科技合作项目，苏方表示同意。关于缠绕式复合材料技术，苏方多次表示合作的愿望，因我方一直是采用铺叠方法，缺少共同技术基础，但我们对苏方的工艺方法给予肯定，认为有发展前途，可在今后进一步协商。经双方签署协议确定的 11 项科技合作项目是：

1. 自动钻铆机开发及孔边应力计算
2. 定向单晶叶片铸造装置的开发
3. 等离子喷涂装置的开发
4. 单晶铸造型芯、壳型技术
5. 精密电解加工技术
6. 蜂窝结构件无损检测设备的研制和生产
7. 激光坐标测量仪研制和生产
8. 新一代油液净化及清洁度检测技术
9. 数控动力头和转台的研制开发
10. 大小尺寸三坐标测量机的联合生产
11. 木材加工机床联合生产

关于上述项目一九九〇年具体计划进度，我方提出了一个实施日期和内容，苏方表示赞同，并于一周内函告我方其最后意见。这个计划实施后，我们将派专家去苏联工作约 10 个人月，同时接待苏方 10 个人月。

(三) 主要收获

通过此次工作性考察,对苏联飞机、发动机科研生产的工艺、材料、设备有了一个基本的了解,但对机载设备方面的情况了解较少,主要收获如下:

1. 中苏航空工艺、材料科技合作的前景是好的

此次访苏,我们希望能看到在西方难以看到的东西,总的说来除一些属于专利性的和今后发展正在探索的领域未涉及之外,对目前在型号研制已采用的新工艺、新设备的科研成果基本得到了了解。与西方相比大有不同,态度是热情的,对我们基本是开放的。我们想对方敞开的原因是否有四点:一是两国关系改善,而且接待的同志也都是五、六十年代成长的技术干部,重温五十年代两国的友谊,看到了今后使用的前景和可能性;二是苏方改革开放,逐步增加市场经济因素,加之军品下降、科研投资强度有所减弱,迫切需要市场,希望向我方出售新技术、新设备;三是苏方对西方的科技挑战和封锁,所受压力较大,在自动化和电技术方面有一定差距,希望与我合作,得到一些新技术,以补不足;四是苏方既看到我方航空科技与西方差距较大,又看到我方在某些局部有优势、有合作的可能性。这种合作双方都是获利的,尤其对我方来讲,干线飞机及新型飞机、发动机研制所需的关键工艺、材料,苏方大部分均具备,合作前景是好的。

2. 工艺、材料是航空工业发展的重要基础

工艺和材料对航空发展的重要性,苏方多次提出自己的看法,各研究机构和工厂一致认为新工艺、材料、新设备是航空发展的重要基础,而且要优先发展,又因为技术难度大,预先研究要尽早投资、尽早安排。为此苏联在不断加强这方面的研究机构。在航空材料方面不仅设有航空材料的研究院,而且还设有轻金属研究所、非金属研究所和硅酸盐材料研究所及材料生产联合体。在航空工艺方面,原有航空工艺研究院一家,现今已发展为飞机工艺研究院、发动机工艺研究院和四个分院、航空仪表工艺研究院、火箭工艺研究院及工艺自动化检测研究所。从事航空工业研究的约有四万人,材料研究的约有一万人,而在预先研究选题上,与航空发展有关的材料学科和工艺学科的研究内容都是配套齐全的,可以说是应有尽有、缺一不可。他们对西方的发展是非常警觉的,对坚持走自己发展航空道路的自豪感很强。陪同我们访问的苏联同志多次讲:我们不敢落后于美国太多。苏联还非常重视厂所技术改造。在沃罗涅什飞机厂,300米长、48米宽的大件纲架厂房中大型数控压铆机、大型整体壁板数控铣床配套齐全,飞机工艺研究院新建的科研大楼和新配备的设备,使我们开拓了眼界。国家每年投资多少科研费和技改费,苏方不肯涉及,但仅对符拉基米尔专用设备厂,国家每年投入的技改费即达400万卢布,由此可见一斑。

3. 统一领导、厂所结合、走自己的路

此次访苏给我们最深的印象可说是,苏联在发展航空方面始终坚持自己的道路,厂所结合紧密、领导有序、管理统一。不仅飞机、发动机、机载设备是自己设计的,而且新工艺、新材料、新设备也都是靠自己研制的。主要表现有下面几点:

(1) 沃罗涅什飞机厂实行的是“四师一长制”总工程师是第一副厂长,不仅主管新机研制、生产工艺、冶金、动力、设备,也管质量,虽然也设有管质量的副厂长,但总师说:我是第一副厂长,当然也管质量,所以技术线是统一管理的。

(2) 苏联在新技术发展方面非常讲究国情、讲究实用,各研究院所的所有科研成果均

在工厂开花结果，用到生产线。新机设计材料选用均由材料研究院确定和认可，设计图纸要全部交工艺研究院进行工艺性审查并同时确定工时。技术改造及工厂设计的工艺布局也是由工艺研究院负责的。因此，新机研制的工艺、材料的技术基础和技术储备均非常之好。厂所结合非常紧密，互相依存，研究院所向工厂提供工艺和材料并同时提供设备，在检测仪器、工具、标准和技术上配套齐全，实用性强，既加速了科研成果的工程化，也保证了新机研制周期。

(3) 坚持自己的发展道路。除极少的检测、加工设备是引进的外，90%以上的航空专用新工艺、新设备是自行研制发展的，96%的航空用材料也都是自己研制发展的。在计算机辅助制造和自动控制方面，走的是小机子的道路，首先发展个人PC，主机也都是中、小容量的，他们认为，只要能满足使用，无需求大。磁带式数控机床仍大量使用。三座标、四~五座标机床、七座标磨刀机、大型压铆机、大型整体壁板加工机床、单晶炉、粉末等温锻机、复合材料缠绕机、复合材料预浸设备，也都是自行研制的。

(4) 各材料、工艺研究院所、专用设备生产厂、工厂新技术发展工作，均由航空部技术管理总局统一归口管理，这样有利于新技术、新设备、新材料、新工艺的发展，有利用科研与生产的结合。

4. 为“八·五”计划选题提供了依据

我们“八五”工艺、材料预先研究选题已基本确定，此次访问为我们选题提供了依据，我们所选课题，苏方有的已用于生产或新机研制，有的也处于探索和提高之中，有少量课题因为我们尚未提到议事日程和方法的不同在合作方面还对不上口。是否可以设想，有些课题尽量争取与苏合作，以避免走弯路，亦可缩短研制周期。目前突出的问题是加速俄语人才的培训和技术上的准备。总之要抓住苏联改革开放、力求合作伙伴的时机，为我所用。

(四) 问题与建议

此次访苏是成功的，达到了预期目标，但在今后合作的安排上还存在一些困难，为此提出如下建议。

1. 与苏合作关系上的对等是没有疑义的，但由于在技术水平和广泛性上差距较大，完全以科技合作的形式进行会有很大困难。因此有些项目，特别是关键技术及设备，需用一定的贸易和技术引进性的手段加以支持，特别是花钱从西方也买不到的东西。因此建议，部里要把科技使用、技术引进、贸易三者统一组织平衡，以便取得更大的技术经济效益。

2. 我部目前一些新型号的研制需要技术改造。为了解决有些关键设备需求，建议将三〇三、六二一、六二五所及有关工厂组织起来与苏联合作研制，有的可以买一些关键零部件由国内自行试制，这样不仅可以加速对苏科技合作进程，而且可以尽快满足新型号研制的要求。

3. 我部有关工艺、材料研制的三〇三、六二一、六二五所的技术改造长期难以列入计划，致使我们的科研水平、研究领域及条件不仅与美国差距很大，而且与苏联的差距也很显著，长此下去差距会越来越大。为此，建议部是否可以考虑在“八五”期间将三个所的技术改造和基本建设作为重点项目安排。

4. 我部设计所与工厂结合体系已逐步形成，工艺、材料这类通用性很强的研究所如何

与工厂，与新型号研制紧密结合，应作为一个重要问题进行研究，以促进航空新工艺、新材料、新设备的发展和适应我国现代航空的需要。

航空工业技术革新

1950年9月，在航空工业部召开的全国航空工业技术革新会议上，毛泽东同志作了重要指示。他指出：航空工业是国防工业的重要组成部分，必须大力进行技术革新，提高生产效率和产品质量。会议决定在全国航空工业系统内开展技术革新运动，鼓励工人和技术人员提出合理化建议，改进生产工艺，提高劳动生产率。

在技术革新运动中，广大工人和技术人员发挥了极大的积极性和创造性。他们针对生产中的薄弱环节，提出了许多切实可行的改进措施。例如，在飞机制造过程中，工人们通过改进装配工艺，提高了飞机的装配精度和速度。技术人员则通过改进材料配方，提高了飞机的强度和耐热性能。这些技术革新成果不仅提高了航空工业的生产水平，也为我国现代航空事业的发展奠定了坚实的基础。

一、关于飞机制造技术革新的几个问题

在飞机制造过程中，技术革新主要体现在以下几个方面：一是改进生产工艺，提高生产效率；二是改进材料配方，提高材料性能；三是改进装配工艺，提高装配精度；四是改进检测手段，提高产品质量。这些技术革新措施的实施，不仅提高了飞机的生产效率和产品质量，也为我国现代航空事业的发展提供了有力的技术支持。

在技术革新过程中，必须注意以下几个问题：一是要坚持群众路线，充分调动广大工人和技术人员的积极性；二是要坚持实事求是的原则，从实际出发，解决实际问题；三是要坚持科学的态度，尊重客观规律，不断提高技术水平；四是要坚持持续改进的精神，不断探索新的技术革新成果。只有这样，才能不断提高我国航空工业的技术水平，为国防建设和国家发展做出更大的贡献。

在技术革新过程中，必须注意以下几个问题：一是要坚持群众路线，充分调动广大工人和技术人员的积极性；二是要坚持实事求是的原则，从实际出发，解决实际问题；三是要坚持科学的态度，尊重客观规律，不断提高技术水平；四是要坚持持续改进的精神，不断探索新的技术革新成果。只有这样，才能不断提高我国航空工业的技术水平，为国防建设和国家发展做出更大的贡献。

在技术革新过程中，必须注意以下几个问题：一是要坚持群众路线，充分调动广大工人和技术人员的积极性；二是要坚持实事求是的原则，从实际出发，解决实际问题；三是要坚持科学的态度，尊重客观规律，不断提高技术水平；四是要坚持持续改进的精神，不断探索新的技术革新成果。只有这样，才能不断提高我国航空工业的技术水平，为国防建设和国家发展做出更大的贡献。

苏联航空仪表工艺研究院概况

1990年9月，中国航空工艺、材料科技合作代表团根据科技交流工作计划参观了苏联有关科研单位和科研生产联合体。这里简要介绍一下萨拉托夫航空仪表工艺研究院（以下简称仪表院）和符拉基米尔《技术》生产联合体（以下简称联合体）的情况。

萨拉托夫航空仪表工艺研究院

该仪表院有职工5000人，其中科研骨干（不包括毕业不久的技术人员）1500人。科研项目250多项。该院有两部分，均在萨拉托夫市。科研的主攻方向是航空仪表工艺、工艺检测及工艺设备的研究。研究领域相当广泛，涉及仪表焊接，表面处理及防护，仪表零件机加工艺及去毛刺，液体（油料、燃料等）净化技术及其清洁度检测，纤维光学技术及检测，新型陀螺仪表制造工艺及检测，精密几何量、电量检测仪表，金刚石刀具，粉末冶金刀具，真空泵，电子线路板制备及装配自动线等等。在科研与生产的关系上，他们在院内产生样机最多5台分，以后即转给工厂生产。下面就了解到的情况分专题做一介绍。

一、电子印刷线路板的制备及其装配线

敷铜之前，印刷线路板在磨粒流去毛刺生产线 ПГ-901 上进行孔的去毛刺，其流程是：印制板半成品自动通过各加工区，用磨粒流喷射去毛刺、洗涤、干燥。该生产线有双缸加压系统，装有22个喷雾器的磨粒流加工室、清水洗涤室、磨粒流沉淀再生池。喷嘴在喷出磨粒流的同时，还做垂直于印制板运动方向的振动。此设备噪声小，因为不用压缩空气去毛刺而用磨粒流悬浮液，故减小了粉尘。

敷铜之后，线路板在强碱腐蚀制板自动生产线 ПГ-901 上，自动完成以下工作：线路板按程序通过各个加工区域，以溶液的喷射流加工出电子线路，氨水清洗，循环水冲洗，流动水冲洗，压缩空气干燥。自动线按模块化连成，工作方便可靠，便于修理。线路板在加工中的运行是由水平双滚筒式传送带完成的，可无级调速。在传送带上，线路板通过两个腐蚀区、清洗和干燥区，然后卸下。腐蚀湿度自动保持恒定。在 ПГ-901 上，溶液容器由钛合金制成，以提高寿命。为提高线路板腐蚀质量，溶液是均匀地喷洒在板面上的，这里使用了有独特结构的喷射系统，其中有大流量截面的反射喷嘴。

集成块安装前的准备工作在 ЛПМ-901 生产线上完成，其程序是：机械手从盒里每次自动取出5个集成块放入模具内做管脚成形和切断，然后涂焊药、镀锡（每次10件），把10件取下一次放入盒内。快速更换模具，可把管脚做成不同的形状。生产线的部件包括：管脚自动成形和剪切机构、成组涂焊药和镀锡的机械手、控制系统、镀锡装置。在生产线上可以对有14个管脚的集成块完成焊前的准备工作。

第一代线路板的自动装配机为 АСП-901，它可以自动完成下面一些工作：从盒中选取集成块，按程序控制把集成块放置在印制线路板的适当位置上进行脉冲焊接，使用微机控制。该生产线的主要技术性能为：装配（安放和焊接）14管脚的集成块，每小时为350

~450 件; 焊接引线, 点焊时每小时为 1960~2890 件, 成组焊时为 8400~11200 件。

在 АПС-901 基础上, 发展了第二代线路板装配线 АСП-902П, 它可以对有两维方向管脚的不同尺寸壳体的集成块进行自动安放和焊接, 必要时还可涂胶。目前自动线可安放 4 种不同尺寸型号的集成块, 如果增加补充抓手, 可扩大至 7 种。

这种装配线由模块组成, 机械手是模块 МАРС-901, 焊接机可自动更换抓手并带有涂胶机构。还有用于输送线路板的小盘车和收集装配好的线路板的机构。有抓手库、胶盒、存储集成块的振动送料器。集成块为平管脚, 表面安放好以后, 使用脉冲焊接, 由微机控制。

整条装配线可以选取下列设备组成:

ЛПМ-901 完成集成块焊前准备工作 (14 管脚集成块);

ЛПМ-911А 完成焊前准备工作 (16 管脚集成块);

ЛПМ-903 完成焊前准备工作 (多管脚集成块);

ОМ-901 和 ОМ-902, 固体块清洗机;

以 МАРС 为核心的 АСП-902П 装配线。

МАРС 机械手是自动设备的通用基础, 可用来做精密机械装配和印刷线路板装配, 还可用作检测装置。例如做表面安装、集成块封装、平面管脚集成块安装、电机转子装配等。它的特点是: 使用磁悬浮轴承的线性步进电机, 机械手在平面内做二自由度运动。由于没有游隙和死区, 定位精度高。使用没有游隙的磁性锁定机构。在装配过程中有自适应性能。水平面内的弹性位移 $\pm 0.3\text{mm}$ 。机械手是刚性可调的。这种机械手的维护简单, 不伤人, 还可根据需要在工作区同时装几个机械手, 不需要时可拆掉。МАРС-902Д 模块有两个机械手, 可达工作区域的任何点位, 其主要技术性能为:

垂直位移 Z 向 0—25mm

重复定位精度 0.005mm

位移步长 0.01mm

负 载 2.5kg

负载下最大位移速度 0.6m / sec

工作区域面积 (m) 0.55 × 0.3 МАРС-901Д

0.6 × 0.35 МАРС-902Д

二、液体净化技术及其清洁度检测

仪表院研制了多种液体净化装置, СОГ 是一个主要系列。此净化装置在英、美等 14 个国家获得了 37 个专利, 在苏联获得 6 个发明证书。其应用范围很广, 可用来净化飞机、发动机、机床、汽车、火车机车、冰箱、压气机、轮船、轴承、变速器、泵、液压设备、精密机械和仪表等所使用的油料、燃料。可以对机床、机器人、加工中心、自动线等任何有液压系统的设备做周期性的液体净化处理。可以在飞机、汽车等加油过程中净化燃油。可以用于对燃油系统、液压系统和润滑系统的清洗工作。可以提高变压器、高压设备和仪表油的介电性能。还可用来获取标准清洁度的液体样品, 以便用于过滤器或液体颗粒度检查仪的评定。被净化的液体可以是燃油、油料, 水和清洗剂。

液体净化原理是离心净化。СОГ 净化机的关键部件是一台密闭式离心机, 其结构原

理如图 2-1 所示。

空心轴 7 由滑动轴承支撑，轴上装有转子，该转子由钛合金薄片绕在套筒上形成特殊型面的螺旋组件 2、搅拌旋翼和带有止动环的罩组成。轴上端装有增压盘，下面的端面油封保证了泵的密闭性。这种类型的离心泵已研制出好几种型号。

当转子旋转时，液体由空心轴吸入，在搅拌翼作用下进入螺旋薄片的缝隙内。螺旋片的螺距很小（不大于 0.4mm），而且很均匀，片的厚度很薄（0.1mm）。这是在自动机上绕制而成的。因为搅拌翼有最佳面型而使得沿半径方向的速度成线性分布，这一切保证了离心泵具有最大的生产效率和最好的净化效果。净化了的液体在增压盘作用下具有一定压力，然后输出。此种泵用在 12 种装置上（超声净化、加压冲洗、气穴洗涤、加油、封存、仪表标定等），目前在 20 个行业中使用这种泵，有些行业对液体清洁度有很苛刻的要求，需要使用颗粒度分析仪来检测。

就已知材料，仪表院研制的净化装置型号及使用的离心泵型号如表 1 所示

表 1 仪表院研制的净化装置及离心泵型号

净化装置 СОГ	使用的离心泵 ГИН
СОГ903А	ГИН907А
СОГ904А	ГИН908А
СОГ913	ГИН911С
СОГ913	ГИН911К
СОГ914	ГИН911С

СОГ913 和 913K 是可移动小车式装置，用来净化高清洁度液压系统（如数控机床和飞机、试验台等）用油。СОГ913K 用来净化液压泵和液压系统用油。СОГ913 使用的离心泵是用钛合金薄带绕成螺旋形作为转子的。СОГ913K 的离心泵是用带有螺旋狭缝的锥形盘件作为转子的。液体进入泵体后，在离心力作用下，微粒和水即分离出去。工作暂停时，汇集的污物（对 СОГ913 可达 1kg，对 СОГ913K 可达 2kg）滑落到沉淀箱中。沉淀箱容积 5L。为了使污物较容易滑落，可开动振动器。两种装置的净化效果如表 2 所示。

当对液体有特殊高的清洁度要求时，可使用 СОГ914，它可清除油和液压系统流体中的机械杂质。使用时把进液软管插入液体箱，用于转动一个泵使液体充满净化装置，然后开动离心机。按液箱—离心机—液箱循环净化，可调节流量，并且可以在净化过程中不断由仪表检测液体的清洁度。该装置的主要技术指标是：

生产率, L/min	40
粘度为 50MPa.S 以下，清除磨粒能达到的清洁度级别 (ГОСТ17216-71)	3—5
转子转速, rpm	8200
污物积存量, kg	

转子	1
沉淀箱	40
所需功率, kW	不大于3
外形尺寸, mm	620×380×640
重量, kg	小于70

表2 COГ913 和 COГ913K 净化装置的净化效果

净化液性能及净化参数	100 毫升液体含各尺寸 (μm) 颗粒数量					清 洁 度 级 别 Гост 17216-71 (苏) (NAS1638 美)
	5-10	10-25	25-50	50-100	100-200 0	
	净化前					4 (0-1)
	2 · 10 ⁶	10 ⁶	10 ⁵	12500	3150	
	净化后					
COГ913 粘度 < 5MPa.S 生产率 < 35 升 / 分	250	125	12	3	0	5 (1-2)
粘度 500MPa.S 生产 效率 20 升 / 分	500	250	25	4	1	
COГ913K 粘 度 < 5MPa.S	500	250	25	4	1	5 (1~2)
粘度 50MPa.S 生产 效率 15 升 / 分	2000	1000	100	12	4	7 (3~4)

COГ903ACOГ904A 的主要技术指标如下

COГ 系列液体净化装置与其它净化装置相比有其优点, 它首先是能最大限度地满足现代对液体“外部净化”的要求, 也就是保证液体在灌注、运输和设备周期修理中的净化, 从而减小了液体“内部净化”的工作量, 即在液压系统内由于磨擦副磨损产生的污染由精细油滤净化的工作量。我们知道, 油滤积存污物的能力是很小的。在同等流量和同样精细净化程度时, COГ 装置的积存污物能力比油滤大好几百倍。电净化装置只能用于绝缘液体, 而且净化效率很大程度依赖于油的含水量, 因而依赖于天气条件。甚至在理想情况下, 同等体积的电净化装置也不能像 COГ 一样清除掉 $1 \sim 5\mu\text{m}$ 的颗粒。

COГ 系列的优越性还可图 2-2, 图 2-3 说明。

图 2-3 中的污染物为电炉刚玉, 尺寸 $0.5 \sim 3\mu\text{m}$ 的占总质量的 0.0025%; 尺寸 $10 \sim 30\mu\text{m}$ 的占总质量的 0.0025%; 液体运动粘度 15c.st.

除了研制液体净化技术以外, 仪表院还同时研究与其配套的液体清洁度检测技术及仪器。现在该院已研制成功三种型号 ПКЖ-904 液体颗粒度检测仪, 并在英、美、法、瑞士等 10 来个国家获得专利。

参 数	COГ903A	COГ904A
净化后液体内磨粒的粒度 粘度 < 5MPa.S, μm	0.7~1.5 (少于 5%通过)	
粘度 < 15MPa.S, μm	1.5~3 (少于 5%通过)	
粘度 < 50MPa.S, μm	4 (少于 5%通过)	
液体流量 (取决于粘度), L/min	10—50	
液体增压, MPa	< 0.3	
离心机存污能力, g	< 300	
离心机转速, 转/分 (rpm)	7500	
控制台和离心机电机	通用	防爆
占地面积, m^2	0.7	

此仪器可应用在机械、航空、仪表、科研、化工、食品、医药、电子等行业。可用来检测燃料、油料、酒精、汽油、水溶液和其它工业用液体。液体的透明度可以是任意的 (10mm 厚度透光率小于 1%), 可检测任何清洁度级别的流体, 其污染度可以是 $48 \cdot 10^4 / \text{cm}^3$; 可测量任何有腐蚀性的液体。ПКЖ-904A 是工业型的, ПКЖ-904Б 用于检测不可燃液体。仪器可方便地安装在液压系统内, 随时检测所使用的液体的清洁度, 并发现污染源。还可用在加油和液体净化工作中。当被检测的液体量很小时, 可使用专用漏斗。ГКЖ-904B 具有防爆特点, 符合苏联及国际防爆标准, 可在任何级别的易爆区使用, 有防爆标识。其传感器可在水平及垂直方向安装, 与显示器的距离可达 5m。ПКЖ-904 型仪表做一次测量需要的时间不足 1min, 显示稳定 (有自动调节系统), 可在自动线上用于工艺过程监测。

在计量保证方面, 由于该院有多年制造、使用和研究经验, 使该仪器无论在试验室还是在车间生产条件下都具有很高精度。同时还用 СГ-901 试验台和 ППС-902 试验装置对该仪器进行标定和检定, 因此保证了该仪器具有现代的计量保证水平。仪器的主要技术性能如下:

被测液体颗粒尺寸, μm	5-10, 10-25, 25-50, 50-100, 100-200, > 200
可测的颗粒最大浓度, cm^{-3}	4.8×10^4
对颗粒度分级时, cm^{-3}	1.5×10^4
测量的准确度, %	
在线检测	不亚于 5%

10.0 连续检测, %	不亚于10
被测液体参数	
流量 (粘度0.5~5泊), cm^3/min	100
允许的最大入口压力, MPa	0,5
允许的10毫米厚度透光率, %	1
温度范围, $^{\circ}\text{C}$	10-70
所需功率, W	<15
交流电源, V	220 (50Hz)
重量, kg	3,5
ПКЖ-904Б, ПКЖ-904Б	
ПКЖ-904Б	
传感器	1,5
显示器	16,5

ПКЖ-904 检测仪的工作原理大致如下:

颗粒随液体流经仪器的传感器,使感光元件发出与颗粒尺寸成比例的电脉冲。六通道的光盘显示器将颗粒尺寸及数量记录并用数字显示出来。板面上有按钮,可供选择仪器灵敏度 5、10 或 $25\mu\text{m}$,当液体污染度小于 $1.5 \cdot 10^3/\text{cm}^3$ 时,由数字显示出 6 个档次颗粒尺寸的各自的数量(板面上“过载”灯不亮);当液体污染浓度大于 $1.5 \cdot 10^3/\text{cm}^3$ 时(板面上“过载”灯亮),由显示器显示出“污染水平”,其浓度档次为 (3, 6, 12, 24, 48) $\cdot 10^3/\text{cm}^3$ 。如图 2-4 所示。

三、光导检测技术

仪表院对纤维光学研究相当重视,试图用光缆替代机载电缆,但参观中我们未了解到具体进展情况。这里介绍几种检测仪器。

1. KCP-901 装置

用于检测单模光纤接头的焊接。其使用范围是:纤维光学传感器和系统部件的生产和使用。光缆中的光纤直径 $5-7\mu\text{m}$ 。该仪器可以检测 X 型接头处光信号在输出端功率和总输出功率之比的差。检测接头处光信号的衰减。光波长度为 $0.85\mu\text{m}$ 。该仪器还可以用作光纤接头的开发研制、生产和使用的检测手段。

该仪器有以下几个优点:

- 调整和测量灵活方便
- 数字显示,光显盘可显示动态过程
- 用模块结构,简化了使用、修理和检定
- 独特的量值传递

其技术指标为:

分流系数测量范围 (比值 $A = \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}$),

这里 P_1 和 P_2 为接收器输入端的功率) 0— ± 1

末位显示的数值	0.01
测量分流系数的允差, %	± 5
功率, W	不大于 50
重量, kg	不大于 25

该仪器正准备用于生产。

2. 单模光纤检测仪 CKB-901

此仪器用于检测光信号在各向同性单模光纤中功率的衰减, 也可检测光导纤维直径为 $5\text{--}7\mu\text{m}$ 、波长 $0.85\mu\text{m}$ 的光缆通讯部件中光能的衰减。按其测量范围和误差, CKB-901 在苏联同类产品中处于先进水平, 其特点主要是:

- 和试验装置类产品相比, 结构紧凑
- 被国家计量标准机构确认, 具有最高检测精度
- 结构的工艺性好, 减少了对准和测量的工作量
- 数字显示
- 可与计算机联网

• 以三个坐标精密移动来对准光纤。

主要技术指标:

测量衰减范围, dB 0—70

绝对误差极限, dB 各量程分别为:

0—10 ± 0.1

10—20, 20—30 ± 0.2

30—40 ± 0.5

40—50 ± 0.6

50—60 ± 1.0

大于 60 不规定

3. 多模光纤检测仪 ПК3-901

该仪表用于检测光缆和光纤通讯系统部件中光信号的衰减。光导纤维可以是直径为 $50\text{--}125\mu\text{m}$ 的玻璃或聚合物, 光波长 $0.85\mu\text{m}$ 。可以用于光缆的生产、使用或线路修理。

仪表的结构和线路具有新颖的思想。工作温度有很宽范围, 并有很大通用性。指针指示衰减量。仪器为便携式, 可使用 220V 电源或 27V 电源。

主要技术指标如下:

辐射波长, μm 0.85

测量范围, dB 0.5—40

绝对误差极限, dB 不大于 ± 0.5

环境温度, $^{\circ}\text{C}$ $-10\text{--}+40$

四、陀螺制造工艺及检测

仪表院对新型陀螺的制造工艺进行了比较全面的研究。例如, 研制出三自由度激光陀螺腔体件的加工方法及自动加工机床。研制了球和平面的精细加工方法。在检测设备方面已知有下面几种。

1. 陀螺球转子平衡机 СРБ-901, БРС-901

该设备可对陀螺仪表的球形转子做径向、轴向平衡。另一种 БРС-901 可对陀螺机电转子做平衡。其特点是:

- 对质心偏移有很高的灵敏度
- 自动适量地去除多余质量
- 去除的多余质量有很宽的调节范围
- 高效率。

技术指标:

СРБ-901

灵敏度门坎, 按质心偏移量, μm	0.06
不平衡量的角度精度, ($^{\circ}$)	± 3
平衡时的转速, Hz	100 ± 5
效率 转子/h	不少于1

БРС-901

残余不平衡量, $\text{g} \cdot \text{mm}$	0.05
修正平面, 个	2
测量—自动检测, 数字显示。	
效率, 转子/h	100
转子重, kg	0.01—1
转子长, mm	45—300
转子直径, mm	20—160

2. 谐振器平衡台, СРБ-901

该装置用于在制造过程中测量和消除刚体谐振陀螺石英半球的残余频率差, 其特点是:

- 高精度测量谐振半球的谐振频率
- 测量时间很短
- 对需要修正的质量有很宽的测量范围。

技术指标为:

在测量1000Hz时的相对误差, %	10^{-6}
修正的质量范围, mg	10^{-5} —1
真空室绝对压力, mm Hg	$5 \cdot 10^{-5}$

该仪器在苏联获得两份发明证书。

除上述仪器外, 还有测量小尺寸陀螺转子角速度传感器和电机中磁力线分布的仪器, 带有记录仪表, 可以机动对被测面做扫描。还制定了计量 i 值传递表。