工程史

DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240024
CSTR: 32282.14.JES.20240024

中国静电陀螺研究的曲折起步——聚焦于清华大学的陀螺研究（1959—1976）

刘年凯[1*]，章燕申[2]，高钟毓[2]

1. 清华大学 科学史系，北京 100084；
2. 清华大学 精密仪器系，北京 100084

摘要：新中国初期不同科技系统之间的关系是当代科技史研究的一个重要问题，其中，国防系统与高等院校的互动还未得到太多关注。本文以清华大学在1959—1976年开展的液浮陀螺和静电陀螺研究为例，深入分析了高校在承担与国防建设紧密相连的科研任务过程中，与国防系统开展合作的实践情况。清华大学从1959年开始曾在海军部门资助下短暂进行过液浮陀螺研究，后于1965年开始，清华大学自主开展静电陀螺研究。国防科委在1967年开始支持清华大学等单位开展静电陀螺研究，而在第六机械工业部的实际资助下，清华大学、上海交通大学、第六机械工业部第七研究院707所和常州航海仪器厂于1970年研制出中国第一台静电陀螺原理样机。1971年开始，在第三研究院的管理资助下，清华大学得以继续静电陀螺研究，并于1975年研制出中国第一台静电陀螺三轴稳定平台。通过梳理清华大学1959—1976年的陀螺研究史，可看到中国的静电陀螺研究是在科研管理资助机构频繁变更的背景下曲折起步的。

关键词：静电陀螺；三轴稳定平台；清华大学自动控制系；精密仪器系；常州航海仪器厂

中图分类号：N09 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-4969(2026)01-0111-10

引言

在新中国初期，中国科学院、高等院校、国防系统、行业系统和地方科技系统，构成了我国科技体系的“五路大军”。其中，中国科学院成为中国科学事业的“火车头”，高等院校经历全国范围的院系调整

收稿日期：2024-03-11； **修回日期：**2024-06-27
基金项目：国家社会科学基金一般项目：新中国初期北京和上海科学仪器行业史料整理与研究（24BZS106）
作者简介：[*]刘年凯（1987—），男，助理教授，研究方向为近现代科学仪器史。E-mail：nkl@tsinghua.edu.cn（通讯作者）
章燕申（1929—），男，教授，研究方向为集成光学陀螺、光纤陀螺、激光陀螺及其光电子器件的研究与产品开发。
高钟毓（1936—），男，教授，研究方向为机电控制工程、惯性仪表与系统研究。
引用格式：刘年凯, 章燕申, 高钟毓. 中国静电陀螺研究的曲折起步——聚焦于清华大学的陀螺研究（1959—1976）[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2026, 18(1): 111-120. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240024. CSTR: 32282.14.JES.20240024
LIU N K, ZHANG Y S, GAO Z Y. The Rough Beginning of Electrostatic Suspended Gyroscope research in China: Focusing on the Development of ESG in Tsinghua University[J]. Journal of Engineering Studies, 2026, 18(1): 111-120. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240024. CSTR: 32282.14.JES.20240024

©The Author(s) 2024. This is an open access article under the CC-BY 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

后基本转变为专才教育体制，而国防系统在20世纪50年代末至60年代初建立了规模庞大的国防科技机构和队伍[1]。

“五路大军”之间的互动，对于理解新中国初期的科研面貌至关重要，目前这一问题已经得到一些初步研究，如熊卫民等[2-3]探讨了中国科学院与北京大学、复旦大学在结晶牛胰岛素的人工全合成过程中以及之后的合作与竞争，刘超[4]总结了高等院校和中国科学院在新中国初期十余年内的关系变化，认为新中国初期科研具有不同系统之间并立又竞合的特征。目前对于国防系统与其他系统的关系，以及这一时期国防科研系统的特点，学界相关研究较少。

本文以清华大学陀螺研究为案例，基于口述访谈（图1）①、回忆录②以及文献资料，梳理了清华大学1959—1976年在不同机构管理资助下开展的陀螺研究，借以检视新中国初期“五路大军”不同体系，尤其是国防系统与高校之间的关系。

1　液浮陀螺研究（1959—1961年）

陀螺仪是现代导航系统的核心。1942年，E. 施泰因霍夫（E. Steinhoff）就在德国A-4（1944年改名为V-2）火箭上使用了三轴陀螺平台等，实现对飞行姿态的制导和控制[5]，1945年7月起，苏联和德国专家开始复原V-2火箭，还专门建立了陀螺仪实验室[6]。

1957年苏联发射第一颗洲际导弹火箭让我国认识到了自动控制系统的威力。1959年7月，《人民日报》曾这样介绍自动控制系统在人造卫星、洲际导弹和宇宙火箭诞生以后的重要性，“比如1957年8月，苏联发射出第一颗洲际导弹火箭，其射程有八千公里远，而误差仅在0.1%到0.25%以内。这就是自动控制系统所起的作用。由于对飞行器的飞行方向及对弹道或方案的偏差数值测量方法的不同，自动控制系统分为陀螺式的、惯性式的和天文导航式的三种。陀螺系统与普通飞机所用的自动驾驶仪相似，主要测量器是陀螺仪……”[7]

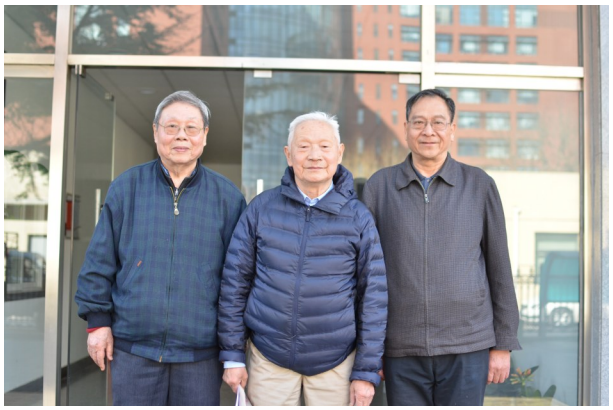


图1　访谈纪念：从左至右分别是：高钟毓、章燕申、王永梁（2019年3月14日，刘年凯摄于清华大学导航技术工程中心门口）

Figure 1　Interview memorial: From left to right are Gao Zhongyu, Zhang Yanshen, and Wang Yongliang (photographed by Liu Niankai at the entrance of the Navigation Technology Engineering Center of Tsinghua University on March 14, 2019)

1958年在列宁格勒举行的“全苏第二届高校陀螺仪学术会议”使我国更加认识到惯性导航技术在飞行器控制中的重要性。苏联高等教育部邀请我国高校参加这次会议，北京航空学院教授林士锷、文传源和清华大学章燕申于1958年10月参会。会议期间，美国两艘核潜艇经北冰洋到达英国——这则消息在会上引起了轰动，也使章燕申等人第一次认识到液浮陀螺仪③及惯性导航系统的“威力”[8]。

1959年，海军政治委员苏振华委托清华大学研制核潜艇反应堆和核潜艇导航系统。清华大学决定研制核潜艇反应堆工作由当时刚成立不久的工程物理系承担，核潜艇导航系统的研究则由自动控制系和精密仪器系共同开展④。后者代号“49100工程”，由设在天津的海军航海保证部律巍副部长主管，经费为50万元人民币。海军第四研究所朱峰等30余人常驻清华大学参加研制。自动控制系章燕申和精密仪器系严普强被指定为“49100工程”的清华大学项目负责

① 刘年凯于2019年3月14日在清华大学导航技术工程中心，对亲历本文所涉历史的章燕申教授和高钟毓教授做了详细访谈，之后通过线上或线下的方式多次咨询或访谈两位教授。

② 主要依据章燕申教授撰写的个人回忆录“导航与控制工作回忆录”（个人资料，未出版）。

③ 液浮陀螺仪是一种利用液体浮力支撑转子以减少摩擦的高精度导航设备，适用于需要精确控制的飞机、舰船和导弹等。因其结构复杂和成本较高，主要应用于对精度要求极高的场合。

④ 清华大学于1959年增设陀螺与导航仪器教研组，成为国内最早开展陀螺仪研究的机构之一。

人。经过技术方案论证，项目确定采用液浮陀螺平台式惯性导航系统作为总体结构，其中“液浮陀螺稳定平台”“挠性加速度计”以及“惯性导航系统误差分析”等被列为重点分课题。当时，海军方面和清华大学并未就核潜艇导航系统的技术性能签订协议。参考飞机惯性导航系统的定位精度，液浮陀螺仪只能保证建立的惯性系统定位精度为1 mile/h，对长时间在水下航行（或潜伏）的核潜艇来说，这样的定位精度显然不够。据章燕申回忆，当时双方同意把定位精度定为1 mile/ 24 h。

液浮陀螺研究遇到很多困难，研究小组只能依靠清华大学本身的力量去解决关键技术问题。当时国内能够找到的液浮陀螺仪参考资料很少，研究小组只有莫斯科动力学院L. Tekachev副教授的液浮陀螺仪发明专利说明书，以及莫斯科航空学院学生的液浮陀螺仪结构总图（毕业设计图纸）。首先遇到的难题是我国缺乏液浮陀螺仪中的多种特殊材料，包括高密度和高黏度的氟油、制作浮筒的铍材、制作陀螺仪转子的高密度钨材，以及制作微动同位器的软磁材料（薄矽钢片）等。由于我国缺乏这些特种材料，所以研究小组没有照搬美国液浮积分陀螺仪的结构，而是把设计液浮陀螺仪的突破点放在“浮液”的选择上。在美国的液浮积分陀螺仪中，采用高密度氟油不仅减小了框架轴承承受的压力，而且具有较大的阻尼系数，构成的积分陀螺仪提高了陀螺稳定平台控制回路的快速性。但是，当时研制这种氟油需要委托上海有关专业单位，研制周期较长，而且费用很高，这样，“49100工程”整体会受到液浮陀螺仪研制进度的制约。在不得已的情况下，章燕申和严普强决定选用国内可以买到的高密度低黏度液体作为浮液陀螺仪的“浮液”，研制的低阻尼浮液陀螺仪不构成积分陀螺仪，所建立的稳定平台类似于苏联早期广泛使用的动力陀螺稳定平台。针对这一问题，章燕申撰写了关于陀螺仪传递函数的论文，推导出无阻尼二自由度陀螺仪的传递函数。液浮陀螺仪的精度是另一个核心技术问题，为了正确设计液浮陀螺仪的各项结构参数，尤其是支撑框架的转动惯量，严普强推导出了框架支承自由陀螺仪的漂移速度计算公式。

1961年，由于国家遭遇经济困难，清华大学校长蒋南翔主动停止“49100工程”。虽然清华大学研制的液浮陀螺仪未能组装出原理样机，但完成了陀螺仪设计计算、无阻尼液浮陀螺仪以及挠性加速度计的设计报告和图纸，无阻尼液浮陀螺仪、挠性加速度计以及三轴陀螺稳定平台的部分零件已完成加工。此外，委托上海航海仪器厂（442厂）自制的多台陀螺仪测试和工艺设备也交付给了清华大学，加强了实验室的力量。

2　从“606工程”到“915-205项目”（1964—1971年）

静电陀螺属于机电式陀螺仪，是20世纪50年代发展起来的。1954年，美国伊利诺伊大学的物理学家诺德西克（Arnold Nordsieck，1911—1971年）向美国海军研究办公室提出静电陀螺仪①的方案，美国霍尼韦尔公司（Minneapolis-Honeywell Regulator Co.）、通用电气公司（General Electric Company）随后加入静电陀螺研究项目[9]。

清华大学从1964年开始静电陀螺研究。章燕申、高钟毓在该年于中国科学院图书馆读到美国霍尼韦尔公司关于静电陀螺仪的研制报告。这份报告共4册，以美国宇航局（NASA）技术报告的形式发表。霍尼韦尔公司静电陀螺的转子材料为铍，直径为1.5 in（约38 mm），转子质量约10 g。基于这些报告，章燕申和高钟毓开始静电陀螺仪研究。1965年初，时任清华大学科学研究工作委员会副主任委员、教务处处长的何东昌与章燕申探讨高精度陀螺仪的技术方案，章燕申提出研制静电陀螺仪，得到采纳。何东昌在同年4月召集了自动控制系、精密仪器系和电子工程系的领导，组成了跨系的静电陀螺科研组，定为校重点科研项目（代号：“606工程”），并批复了8万元（人民币）作为经费。

“606工程”得到了清华大学的全力支持。章燕申所在的自动控制系的飞行器控制教研室（代号：

① 静电陀螺利用静电场将球形转子悬浮于多电极构成的球腔内，实现无接触轴承系统。这种设计消除了机械摩擦，且在超高真空环境下，气体阻尼力矩几乎为零。

510教研室）没有真空机组和高电压设备，更缺乏操作这些设备的经验，何东昌准许研究人员使用学校各系所有实验室的设备，并鼓励他们放手做真空和高电压的实验，嘱咐“除了不能失火和死人之外，你们应当大胆去做必要的实验”。何东昌的支持极大加快了证明静电陀螺仪可行性的实验进度。从1965年5月开始，章燕申等人利用清华大学科学馆物理教研室的实验设备，借用油浸的大功率高压变压器和玻璃真空机组，采用不同的电极材料和真空度测试了发生电击穿时的静电电场强度，完成了大量的静电引力电场击穿实验，取得了可靠的实验数据，为研制静电陀螺仪的原理样机结构参数提供了依据。

1965年，静电陀螺仪得到国家层面的重视。这年9月，全国核潜艇惯性导航系统方案论证会在北京召开，严普强、章燕申和上海交通大学的张宗俊参会。章燕申根据完成的静电引力实验，在报告中说明了研制静电陀螺仪的必要性和可行性。同时，张宗俊也提出研制静电陀螺仪的建议。该会议确定把静电陀螺仪定为代号“915工程”的第二方案（第一方案是研制液浮陀螺，由第六机械工业部（后文称六机部）第七研究院①707所承担），列入国家重点预研计划，代号“915-205项目”，由清华大学和上海交通大学承担。

而在1966年的样机设计阶段，正当研究小组开展陶瓷真空器件协作加工时，“文化大革命”爆发。作为自动控制系副系主任，章燕申被列入“二类劳改”。1966年6月起，清华大学的静电陀螺工作被迫中断。1967年9月，国防科委通知清华大学即将拨付“915-205项目”的首批科研经费（20万元）。当时，清华大学处于无序状态，校内无法正常工作。章燕申联系清华大学静电陀螺科研组的教师和工人，约10人愿意一同去常州航海仪器厂工作：除章燕申外，还有自动控制系的高钟毓、王征铭，无线电电子学系的从树人、蒋荣舟，精密仪器系的靳怀义、顾启泰和姚健，此外还有几名1966届的本科毕业生。上海交通大学也得到国防科委拨付经费的通知，该校金志华、朱章玉等5人决定到常州航海仪器厂工作。

1967年10月，相关科研人员汇聚于常州航海仪器厂。厂长韩平十分重视“915-205项目”。当时，常州航海仪器厂已陷入停产状态。但是，韩平得到本厂的支持，召集厂里的多名技术员、工人和两大学人员组成“205研制组”，下设“转子”“电极”“支承”“真空”“光电信号器”等多个小组，全时工作开展静电陀螺仪原理样机的研制。按照军工管理体制，海军导航装备的研制和生产归属六机部第七研究院707所，所以707所派钱仁声以观察员身份到常州航海仪器厂参加205研制组工作。当时成立了“勤务组”，由钱仁声、高钟毓和朱章玉组成，钱仁声负责把握总体情况，高钟毓负责技术兼“支承”小组组长，朱章玉负责外协兼“球加工”小组组长。

1968年春，鉴于1967年通知拨付的经费没有落实，钱仁声、高钟毓和朱章玉赴北京汇报，反映常州航海仪器厂205研制组的情况。他们首先向第七研究院魏兰兰以及国防科委某处级领导汇报，但均未得到积极回应。后他们转向六机部，当时六机部革命委员会相关负责人周国荣表示支持。之后，常州航海仪器厂得到了六机部200余万元经费支持，建立了专门生产静电陀螺仪的车间。

在研制过程中，章燕申参加了“电极”小组，多次去上海调研真空器件生产情况。当时，为了尽早制成原理样机，研究小组选择玻璃材料制作电极。章燕申参考上海一家汽车灯具厂的玻璃模具，设计了静电陀螺仪原理样机电极模具的图纸。静电陀螺仪的关键技术之一是实现“三自由度的静电支承”，高钟毓等“支承”小组人员先在V形玻璃导轨上进行“一自由度的静电支承”试验，之后进行的“三自由度静电支承”试验一次就获得成功。

1970年，静电陀螺仪玻璃钟罩原理样机在常州航海仪器厂研制成功。转子为直径38 mm的空心铝球，电极是95%氧化铝陶瓷电极碗，由玻璃钟罩密封，真空由热阴极态离子泵维持，静电支承为无源谐振电路[10]。在原理样机中，转子能“支起来，转起来，信号取出来，在真空机组上切下来”。这台玻璃钟罩原理样机被送到北京军事博物馆（现中国人民革

① 第七研究院经历了若干次组织机构变革：1961—1963年,为国防部第七研究院；1963—1965年,为国防科学技术委员会第七研究院；1965—1968年,为第六机械工业部第七研究院; 1968~1975年,为中国人民解放军第七研究；1975—1982年，为第六机械工业部第七研究院。

命军事博物馆）公开展出，引起了相关领导部门的重视①。

但遗憾的是，静电陀螺研究在1971年上半年戛然而止。这年4月，707所准备搬迁至该所的“三线新址”四川万县建设静电陀螺仪生产厂，该所人员全部退出205研制组。这样，205项目被707所收回，由清华大学、上海交通大学和常州航海仪器厂组成的205研制组只能中止静电陀螺仪的研究，清华大学和上海交通大学的教工各自返回学校。

3 “721项目”：静电陀螺及其三轴稳定平台研制（1971—1976年）

转机出现在高钟毓于1971年6月返回清华大学之后。当时，高钟毓从六机部了解到海军方面即将召开关于“五型舰艇”②的会议，于是向清华大学科研处高正翔汇报，高正翔则向时任清华大学革委会副主任谢静宜汇报。谢静宜与被称为“小计委”（即计划参谋部）的邹家华联系，希望他支持清华大学继续研制静电陀螺仪。邹家华表示支持，指示清华大学与六机部直接联系。清华大学参加“五型舰艇”会议的要求得到了批准，高钟毓和同事赵长德作为清华大学代表参加了这次会议，他们在会议上向海军副司令员周希汉汇报了清华大学研制静电陀螺仪的情况。

这次会议之后，六机部将清华大学项目组转给归口海军领导的第三研究院③（简称三院）。当时三院在开展挠性陀螺研究，接收了清华大学的项目，后定名“721项目”（因1972年1月签订合同）。三院科技处的卫迁和该院总体部的张新薇等人到清华大学具体洽谈“721项目”的技术要求。他们提出采用两台静电陀螺仪取代原有巡航导弹制导系统中的方位陀螺仪和水平陀螺仪，并且在0.5 h的导弹飞行时间内，保持初始姿态角的误差小于给定的指标。

在这前后，清华大学校内相关院系也发生调整。1969年底，无线电电子学系、精密仪器及机械制造系、自动控制系和基础课教研组的部分教职工，及大部分学生迁往四川绵阳分校。1970年，工程力学数学系计算数学专业的一部分转入自动控制系，组建计算机软件专业，同时无线电电子学系留在北京的电视专业和半导体车间并入自动控制系，系名改为电子工程系[11]100。1971年8月，章燕申从江西南昌鲤鱼洲清华大学实验农场调回北京，担任电子工程系导航与控制教研室（代号：510教研室）主任，负责“721项目”的科研工作。

三院和清华大学落实了“721项目”的技术要求，并同意继续在常州航海仪器厂进行研制。静电陀螺仪的运载体从核潜艇变成飞航导弹，工作环境条件的变化很大，为此，静电陀螺仪的设计必须按照技术条件加以修改。首先开展大过载静电陀螺仪转子、支承电路以及真空排气工艺等的研究和设计，并把设计图纸提供给常州航海仪器厂，之后在该厂完成转子、方波静电支承系统、陶瓷电极、小钛泵等的制造，并组装成静电陀螺本体，进行真空密封和排气。清华大学得到常州航海仪器厂的静电陀螺本体，开展方波静电支承电路、加转电路以及定中控制电路等联合调试。

当时清华大学在实行“开门办学”方针，章燕申等人将学生的学习与生产结合起来。1973年，510教研室招收工、农、兵学员30人，组成“控3”班，其中约1/3的学生为现役海军军人，章燕申被指定担任班主任。该班同学曾在青岛北海舰队生产实习，随驱逐舰出海，了解舰上导航仪器的使用情况。另外，510教研室在常州航海仪器厂开展专业课程教学，赵长德专门编写了静电陀螺支承系统相关教材，油印成讲义发给学员使用，在书中结合静电陀螺支承系统讲授自动调节原理和自动控制系统，并吸收学员参加设计和制作静电陀螺支承电路。

1972—1975年，清华大学510教研室利用常州航海仪器厂自制的环境试验设备，对静电陀螺仪的结构和支承控制系统进行了多次改进，达到了三院技术条件规定的各项指标：在离心式加速度试验台上，新设计静电陀螺样机的过载能力达到满足要求的重力加速

① 当时第三机械工业部正在资助212厂（后为陕西宝成航空仪表厂）研制气浮陀螺，成果也在军事博物馆展出。

② “五型舰艇”指常规动力导弹潜艇、中型鱼雷潜艇、大型和小型导弹艇及水翼鱼雷艇。

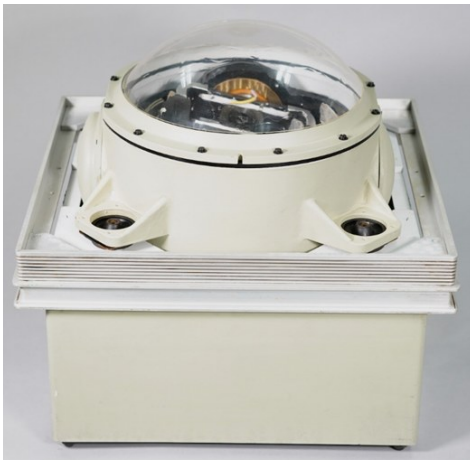
③ 三院的前身是国防部第五研究院三分院，后相继隶属于第七机械工业部、海军和第八机械工业总局。

度；由于测试设备不足，研制人员没有测量新设计静电陀螺样机的漂移误差，但他们受到各项测试结果的极大鼓舞，深信新设计的静电陀螺样机可以承受巡航导弹的环境条件。接下来，单个静电陀螺仪接受了第七机械工业部“511测试站”的地面性能测试和环境试验。

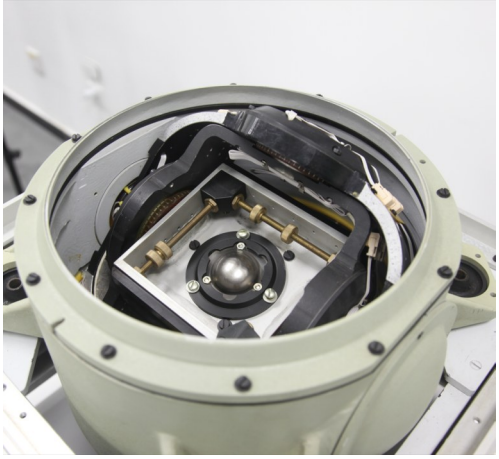
静电陀螺要在空间稳定的系统中工作，因此需要设计静电陀螺稳定平台，该平台结构要求“在振动和受热情况下变形很小，平台各轴上的干扰力矩包括干摩擦、静不平衡和力矩电机反电势干扰均应减少”，研究人员设计研发了高强度铝材质的、半径为93.5 mm的球形台体，并加入了力矩电机、多极旋转变压器、精密成对滚珠轴承等元件[12]。

静电陀螺三轴稳定平台即“721工程”样机（图1）在1975年下半年研制成功。三院和海军的领导部门非常重视静电陀螺三轴稳定平台的实际使用性能，为此，安排在海军“里-2”型飞机上进行巡航导弹飞行轨迹的模拟试验，该项机载试验共开展了13次。飞行试验基地为海军良乡机场，航线东至瓦房店，西至太原，南至郑州、商丘、常州。在每次飞行中，采用笔绘记录仪采集平台输出的姿态角数据，并与苏联制造的中心垂直仪和方位仪的输出信号相比对。每次机载试验的精度测试时间约为1 h①。1976年初，在葫芦岛试验基地，单个样机还在“海鹰”型巡航导弹上进行了搭载试验，遥测信号表明在整个飞行过程中静电陀螺仪的工作正常。目前，清华大学科学博物馆收藏、展出了1975年完成的静电陀螺三轴稳定平台[12]，这是清华大学乃至我国早期开展静电陀螺研究的珍贵物证②。

当时除了并入电子工程系的原自动控制系外，清华大学精密仪器系和工程力学系也有一些老师在开展陀螺仪研究，如精密仪器系严普强1973年之后和441厂（后为九江仪表厂）合作研制了新型陀螺罗经。可能为了进一步加强陀螺研究力量，在静电陀螺三轴稳定平台还在试飞期间，1975年10月，清华大学工宣队领导决定把无线电电子学系、精密仪器系及工程力学系有关静电陀螺仪的研制力量组合为精密仪器系的“陀螺导航仪器”教研室，教工约40人。3年后，“静电陀螺及静电陀螺平台的研制”作为清华大学精密仪器系与外单位合作完成的成果，成为1978年全国科学大会获奖项目[11]743。



（a） 侧视图



（b） 俯视图

图2　清华大学科学博物馆藏静电陀螺三轴稳定平台

Figure 2　The electrostatic gyroscopic three-axis stabilization platform in Tsinghua University Science Museum

① 据高钟毓回忆，飞行试验期间，有一次飞机在河南开封落地后，没有休息足够时间就起飞，由于静电陀螺三轴稳定平台真空腔内的转子温度过高，出了故障，回来后曾经带回学校修理。

② 这台静电陀螺三轴稳定平台在2018年12月24日从清华大学精密仪器系9003大楼实验室运至科学博物馆库房，曾在2019年4—5月“百年器象：清华大学科学博物馆筹备展”中展出，2020年8月起在位于清华大学蒙民伟人文楼的“百年器象:清华大学科学仪器历史展”中展出。

4 讨论

在新中国早期，我国工业科学技术基础薄弱，人力物力有限，这也造成了国防科研部门和工业生产部门之间关系的张力。1964 年中央实行“部院合并”，到1965年6月基本完成：国防科委第六、七、十研究院分别与三机部、六机部、四机部合并，初步形成了以国务院国防工业办公室为龙头的统一的国防科技工业领导体制。而“文革”爆发之后，1968年1月起，二机部九院、三机部六院、四机部十院、五机部机械院、六机部七院又划归国防科委领导[13-14]。在本文所述的案例中，1965年，国防科委立项支持“915-205项目”，并在1967年通知拨付资金，但一直未落实。1968年，205研制组高钟毓等人从常州赴北京反映情况，此时国防科委和七院已经不再全力支持清华、上海交大在常州航海仪器厂的工作，反而是六机部大力资助了205研制组的工作，这背后似乎也体现了国防研究院和机械工业部在“部院”合并与分开过程中的项目管理与资助考量。1974年，国防科技工业又一次“部院合并”，但此次改制中，国防科委主管尖端武器，仍领导二机部和七机部的工作[15]。清华大学的“721项目”在1972年起由三院管理和资助，虽然三院这段时期自身也经历了七机部、海军、第八机械工业总局的上级领导转换，但总体未受“部院合并”的影响，“721工程”得以在1972—1976年的4年时间内顺利完成预定目标。

值得一提的是，这一时期，中国科学院的与机械工业部门也发生过类似的管理资助机构的转换。同样以陀螺仪研究为例：1965年，周恩来领导的“中央十五人专门委员会”批准了卫星规划方案，中国科学院开展“157工程”，自动化研究所陆元九任技术负责人，组建中国科学院液浮惯性技术研究室，带领团队开展液浮陀螺相关研究。1968年，中国科学院自动化所分成两部分，陆元九所在的“157工程”任务组直接划归七机部，他也开始在七机部502所工作，导致之前的研究方向中断[16]。

5 结语

从1959到1976年的17年中，清华大学的陀螺研究经历了管理资助机构的多次转换——可以说以清华大学为代表案例的中国的静电陀螺研究经历了极为曲折的起步。清华大学领导和研究人员多次抓住时机，开展了“液浮陀螺”“静电陀螺仪”和巡航导弹“静电陀螺三轴稳定平台”等科研项目：从“49100工程”到“606工程”，再到“205项目”以及“721项目”，这些科研代号的转变，反映了清华大学在1959至1976年参与的陀螺研究背后科研管理资助机构的变化。最初，海军航海保证部资助清华大学开展液浮陀螺研究，该项目在1961年中断。1965年，清华大学决定自主开展静电陀螺研究，并很快得到国防科委的立项支持，但正常研究工作被“文化大革命”打断。之后，研究人员以常州航海仪器厂为基地继续工作，由于国防科委对清华大学和上海交通大学的资助不能及时到位，研究人员不得不转而联系六机部才得到充足的资助继续开展研究。因该项目名义仍归属于国防科委，在1971年707所决定撤出后，研究只能中断。幸运的是，在得到第三研究院的资助后，静电陀螺研究得以继续进行，并在1975年基本完成静电陀螺三轴稳定平台的研制。

通过梳理清华大学1959—1976年的陀螺研究历史，可看到在新中国早期，清华大学的静电陀螺研究是在科研管理资助机构频繁变更中曲折起步的，从中也可一瞥国防系统与高等院校在科研合作上互动的复杂性。在新中国早期，国防科技工业领导管理体制的频繁变化对我国国防科技工业的发展产生了深远影响，管理资助机构转换在新中国初期科研，尤其是国防科技领域中应并不少见，其普遍程度及影响大小，值得科学史学者继续研究。

参考文献

[1] 曹效业, 熊卫民, 王扬宗. 关于中国现代科技发展历史的反思[J]. 科学文化评论, 2014, 11(1): 5-24.
Cao X Y, Xiong W M, Wang Y Z. Reflections on the history of modern science and technology in China[J]. Science & Culture Review,

2014, 11(1): 5-24.

[2] 熊卫民, 王克迪. 合成一个蛋白质: 结晶牛胰岛素的人工全合成[M]. 济南: 山东教育出版社, 2005.
Xiong W M, Wang K D. Synthesize a Protein[M]. Jinan: Shandong Education Press, 2005.

[3] 熊卫民. "人工合成生命" 系列课题的提出(1965—1968)[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2017, 9(5): 490-503.
Xiong W M. The proposal of series projects about artificial synthetic life(1965—1968)[J]. Journal of Engineering Studies, 2017, 9(5): 490-503.

[4] 刘超. 高校、中国科学院之竞合与新中国科研体制的早期演化[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2023, 53(1): 44-64.
Liu C. Competition and cooperation between colleges and Chinese academy of sciences under the early evolution of China's research system[J]. Journal of Zhejiang University (Humanities and Social Sciences), 2023, 53(1): 44-64.

[5] 王芳. 苏联对德国V-2火箭的技术复原(1945—1947)[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2014, 6(2): 190-204.
Wang F. Soviet union's technology reconstruction for Germany's V-2 rocket(1945—1947)[J]. Journal of Engineering Studies, 2014, 6(2): 190-204.

[6] 王芳. 苏联在德国复原V-2火箭的机构与人才建设(1945—1946)[J]. 自然科学史研究, 2014, 33(1): 113-130.
Wang F. USSR's organization and talent construction of the V-2 rocket"reconstruction" in Germany(1945—1946)[J]. Studies in the History of Natural Sciences, 2014, 33(1): 113-130.

[7] 王俊奎. 谈谈航空[N]. 人民日报, 1959-7-8: 7.
Wang J K. Talk about aviation[N]. People's Daily, 1959-7-8: 7.

[8] 章燕申. 清华"飞行器控制"专业的创建与发展[EB/OL][2023-08-10]. https://www.cs.tsinghua.edu.cn/info/1169/4091.htm.
Zhang Y S. The establishment and development of Tsinghua University's "aircraft control" major[EB/OL][2023-08-10]. https://www.cs.tsinghua.edu.cn/info/1169/4091.htm.

[9] 高钟毓. 静电陀螺仪技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
Gao Z Y. Electrostatic Gyroscope Technology[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.

[10] 高钟毓. 静电陀螺仪研究及应用现状与展望[C]//2003年惯性技术科技工作者研讨会论文集. 宜昌, 2003: 4-10.
Gao Z Y. Research and application status and prospect of electrostatic gyroscope[C]//Proceedings of the 2003 Inertial Technology Symposium for Scientific and Technological Workers. Yichang, 2003: 4-10.

[11] 陈旭, 贺美英, 张再兴. 清华大学志: 1911—2010[M]. 北京: 清华大学出版社, 2018: 100, 743.
Chen X, He M Y, Zhang Z X. Tsinghua University Annals: 1911—2010[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2018: 100, 743.

[12] 章燕申, 高钟毓. 静电陀螺稳定平台的设计与实验测定[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1979, 19(3): 44-55.
Zhang Y S, Gao Z Y. Design and experimental evaluation of the platform stabilized by electrostatic gyroscopes[J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 1979, 19(3): 44-55.

[13] 姬文波. 20世纪五六十年代中国国防科技工业领导管理体制的形成和发展[J]. 当代中国史研究, 2018, 25(2): 54-65, 126-127.
Ji W B. The formation and development of national defense science and technology industry leadership management system in the 1950's1960's[J]. Contemporary China History Studies, 2018, 25(2): 54-65, 126-127.

[14] 姬文波. 20世纪60年代国防科技工业系统关于"部院合并"问题的探讨[J]. 当代中国史研究, 2017, 24(2): 37-51, 126.
Ji W B. The discussion on the issue of "the merger of ministry and research institute" in the defense science and technology industry system in the 1960s[J]. Contemporary China History Studies, 2017, 24(2): 37-51, 126.

[15] 姬文波. 国防科工委成立前后[J]. 党史博览, 2021(8): 11-17.
Ji W B. Before and after the establishment of the Commission of Science, Technology and Industry for National Defense[J]. General Review of the Communist Party of China, 2021(8): 11-17.

[16] 刘茂胜. 陆元九传[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 40.
Liu M S. Lu Yuanjiu Biography[M]. Beijing : Science Press, 2010: 40.

The Rough Beginning of Electrostatic Suspended Gyroscope research in China: Focusing on the Development of ESG in Tsinghua University

LIU Niankai[1*], ZHANG Yanshen[2], GAO Zhongyu[2]

1. *Department of the History of Science, Tsinghua University, Beijing* 100084*, China*;
2. *Department of Precision Instruments, Tsinghua University, Beijing* 100084*, China*

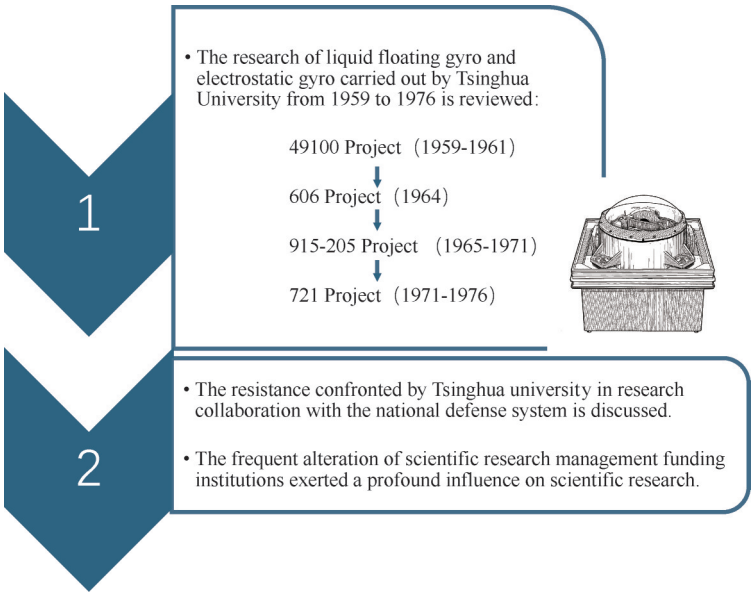
Highlights:

The research of liquid floating gyro and electrostatic gyro carried out by Tsinghua University from 1959 to 1976 is reviewed.

The resistance encountered by institutions in scientific research cooperation with the national defense system in the early days of New China is discussed.

The frequent change of scientific research management funding institutions in the early period of New China had a profound impact on scientific researcht.

Graphical Abstract



Abstract: In the early days of New China, the Chinese Academy of Sciences, universities, national defense system, industry system and local science and technology system constituted the "five armies" of China's science and technology system. Among them, the Chinese Academy of Sciences became the "locomotive" of China's scientific cause, universities underwent a nationwide adjustment of faculties and departments and basically transformed into a specialized education system, while the national defense system established a large scale of defense science and technology institutions and teams in the late 1950s and early 1960s. The relationship between different scientific and technological systems in the early period of New China is an important issue in the history of modern science, among which the interaction between national defense systems and universities has not received much attention. Taking the research of Liquid Floating Gyro and Electrostatic Suspended Gyroscope(ESG) carried out by Tsinghua University in 1959—1975 as examples, this paper discusses the cooperation between universities and national defense systems and other universities when conducting research projects closely related to national defense, and the resistance encountered in the process. Since 1959, Tsinghua University has briefly carried out research on liquid floating gyro under the auspices of the Navy, and since 1965, Tsinghua University has independently carried out research on ESG. In 1967, the National Defense Science and Technology Commission began to support Tsinghua University and other units to carry out ESG research, and in fact, with the funding of the sixth machinery Department, Tsinghua University, Shanghai Jiao Tong University, 707 Institute and Changzhou Nautical Instruments Factory in 1970 developed China's first ESG prototype. Beginning in 1971, Tsinghua University was able to continue the research of ESG under the management of the Third Research Institute, and in 1975 developed China's first ESG three-axis stable platform. At present, this three-axis stabilization platform of electrostatic gyroscope, which is the precious material evidence of the early research of electrostatic gyroscope carried out by Tsinghua University and even China, has been collected by Tsinghua University Science Museum. From Project 49100 to Project

606, to Project 205 and to Project 721, the changes in these research codes reflect the changes in the research management funding institutions behind the gyro research that Tsinghua University participated in from 1959 to 1976. By combing the history of gyro research in Tsinghua University, the research of ESG in China started tortuously under the background of frequent changes in the funding institutions of scientific research management. The change of management funding institutions is not uncommon in the early scientific research of New China, especially in the field of national defense science and technology, and its prevalence and influence are worthy of further study by scholars of science history.

Keywords: Electrostatic Suspended Gyroscope; triaxial stabilization platform; Tsinghua University Department of Automatic Control; Department of Precision Instruments; Changzhou Nautical Instrument Factory