

## 潘君骅院士

### 访谈录

#### 人物小传



潘君骅，1930年10月生于上海市。应用光学专家。中国工程院院士。苏州大学现代光学研究所研究员。

1952年清华大学机械制造专业毕业后分配至中国科学院仪器馆（中科院长春光机所前身）工作。1956—1960年，到苏联列宁格勒普尔科沃天文台学习，师从苏联著名天文光学专家马克苏托夫，获副博士学位。

1980年，调至南京天文仪器厂，主持2.16米光电望远镜研制工作。2000年受聘于苏州大学现代光学研究所。长期从事光学元件及仪器研制、加工和测试工作，在组织大口径光学工程项目实施、倡导非球面应用、推动光学检测技术发展等方面作出了重要贡献。

## 一 学习经历

### 1 动荡岁月，辗转于十一所学校

我1930年出生于上海吴淞，童年时期相对还算太平。1932年淞沪战争爆发，我家就搬到嘉兴，在嘉兴北门秀城桥附近离外婆家很近的地方造了两间二层楼房。因为离得近，经常去外婆家玩，有时也到嘉兴南湖游玩。

小时候过得还算无忧无虑，思想比较活泼，很能自娱自乐，聪明但也淘气。我是家里功夫最好的，尤其擅长踢毽子，有一次踢得满头大汗，脱了棉袄，着了凉，落下了咳嗽的毛病，一到冬天就犯，过了很多年才好。

小学到中学期间，时局动荡，但父母非常重视子女教育，一直竭尽所能要我们上学。当时的政府也很重视，即使在日寇铁蹄之下，也尽可能办流亡学校，几间茅屋就可以上课。所以八年时间里，我读完了小学、初中和高中。不过读过的学校就很多了，累计上了4所小学、3所初中、4所高中。

1935年，我上了嘉兴中学附小，读了两年，学校比较正规，校舍也很好。那时姐姐已经上五年级了，我就每天跟姐姐一起上学、放学。小学时虽然识字不多，但很喜欢读哥哥姐姐们的课外读物。那时非常好奇，有次听姐姐一个养蚕的同学说，吞吃活的春蚕夏天就会皮肤凉爽不怕热，我还真吞了一只。那段时间里我记忆中最美好的，就是学会了《卖报歌》《总理纪念歌》《国旗歌》等歌曲。

1937年七七事变后，父亲带着全家逃难到莫干山。莫干山本来是有钱人避暑的地方，但时局混乱，上山避暑的人很少，空房子好找。我家在“阴山”下坡不远处的一个房子住下，旁边有一所公益会小学，正值秋季开学，我正好就读三年级——也许大人就是冲着这所小学而选择这里。小学三年级下学期又转到岗头村一所办在“一统饭店”里的小学。

父母担心在山上常住会影响孩子上学，于是1938年暑假后决定下山，但由于嘉兴的房子被一个日本商人占用，我们只好去上海，在那里住了四年。

当时家庭经济已经没有保障了。父亲先是租了间办公室挂牌行医，但没有根基打不开局面，很快就撤了。后来到了莫干山的武康卫生院，他一个人去工作，但小孩要读书，家还在上海，开销比较大，生活很苦。大哥二哥都在上海中学，开始是走读，后来住校，因为家里经济困难，他们一方面申请奖学金，一方面自己在杂志上投些翻译稿挣些稿费贴补。

我上的是一所比较高档的私立小学，叫“正志小学”，本来学费很贵，但通过父亲的朋友减免了学费。小学时算术学得比较好，还在比赛中获过奖。学课文也有点兴趣，喜欢古文，有时候还配着音乐唱。最怕的是记日记和写作文，因为教语文的老师很严厉，如果我成绩不好还会挨打，不过她对工作认真负责，上学和放学时都站在校门口接送学生。

小学时我在学习上毫无自觉可言，而且因为很顽皮，老师常去家里告状。大哥二哥学习成绩都很好，母亲最操心的是我的学习，经常对我说一定要好好学习，将来能找个好工作自立，否则只能去拉黄包车，或者去求大哥二哥讨生活。她对我提出的其实只是最低要求，并没有要我们靠读书光宗耀祖。只是那时候太小，不懂事，管不住自己。

1941年夏天，母亲带我到父亲工作的莫干山过了一个暑假，结果误了考育才中学的时间，只好到不远处的“京江中学”读初一上学期，学校在法租界外。12月珍珠港事件爆发后，日寇进入租界，京江中学停办，我又转到博文中学读了半年。1942年，家里经济愈来愈困难，父母决定搬到父亲工作的安吉县小村（后改为晓村），就读武康县立初中。

当时开设的课程很多，包括国文、代数、英文、史地、物理、几何、音乐、体育等。印象最深的是教

物理和几何的老师。他很有学问,教学方法也很好,多是启发式的,经常提出问题但不马上解答,而是留出点时间引导学生多思考。他爱读书,也喜欢钓鱼,我对他在村边小溪边看书边钓鱼的印象很深。我和小伙伴们也经常到村边的小溪或小池塘中抓蝌蚪、捉鱼虾,有时候还自制些工具抓,提升效率。

抗战时的国民政府对办学还是很重视,许多临时中学都是在逃难过程中临时组建的,虽然条件比较简陋,但学生仍然不少。教师背景差异很大,既有大学的教授,也有私塾的老先生,但总体还是不错的,许多优秀的教师也是一边逃难一边教学。

1943年夏,武康县中和武康卫生院从安吉县的小村搬回莫干山,从家到学校要走很长的路。也是大概从这时候开始,我才有点读书的自觉性,已经能够很专心地听课,思维紧跟老师讲解。上学时很认真地记笔记,经常得到母亲的夸赞,这个习惯给我以后的工作也带来了极大的便利。

初中毕业后,进入孝丰县境内的中正中学。学校条件很差,校舍也是借用的民房。在那里读完高一上学期后,本来打算寒假后继续读,结果1945年春节后传来消息学校不能开学。父母一直想尽办法让我们读书,但那时条件实在不允许,我只能在随后的一年里失学在家。其间,母亲不断要求我复习之前学过的课程,我也在楼下弄了个固定的位置,计划每天自学,不过因为玩心太重,坚持得并不好。

日本投降后,我家搬回了嘉兴。1946年春,由于嘉兴中学只有浙西一中的学生可以转学入读,我只好插班进入私立秀州中学读高一下学期。后来通过插班生考试进入嘉兴中学,读高二、高三直到毕业。当时国民政府浙江省嘉兴专员很重视人才培养,以个人名义在学校设立了专项奖学金,专门授予高三物理、高二代数的第一名,我高二时正好得了一次。

1948年我在嘉兴中学毕业,准备参加高考。因为一直以二哥为偶像,我的第一目标是上海交大机械系,志愿报了交通大学、同济大学、浙江大学,都是机械系。

我那时自认为考取的把握很大,无心复习,暑假时还经常去旁观大人们打麻将,结果一所理想的大学也没有考上,只考上了同济的预科。没办法,只好去同济大学预科学了再说。学了一个学期后,回家对父母说感觉学不到东西,就不再想去了。

父母也同意,于是我插班到南洋模范中学读了高三下学期。南洋模范中学是全国有名的中学,高水平教师薪资很高,一些老师宁愿放弃交大讲师,甚至是副教授的职位到南模任教,因此聚集了一批学术渊博的名师。比如当时的物理老师就直接用英语授课,让我们不仅学到了物理知识,还提高了英语听力水平,一举两得。我虽然只在南模读了半年,却深感受益匪浅。

这段时间我一心要考上好大学,洗去落榜之耻,暂时不能回家时就在校认真复习功课。第二次高考,我收到了交大、清华和浙大的录取通知。

## 2 北上清华,与天文结缘

本来我是决心要上交大的,第一批南方新生已乘火车出发,我还在等交大的报到日期。后来哥哥接到北大的录取通知,他是一定要去北京的。这时候我做了一个重大改变,就是我也要去北京,上清华大学。其中一个重要原因就是交大是工业管理系录取了我,而清华是机械系,可以免去转系的麻烦。这个决定对我的人生轨迹是影响深远的。

于是我就参加了清华第二批南方新生的集体北上行列。火车过长江需要专用渡轮,整个过程大概要两个小时。在浦口等车时,一个清华老生还用上海话给新生讲天文知识。

一年级的课程都是基本课,我除了规定的几门正课外,还慕名听了华罗庚先生的数论课,甚至放弃机械系的木模课去听物理系叶企孙先生的光学课。

当时我对大学普通物理有个错误概念,认为和高中物理差不多,不大当回事,结果第一学期小考没有及格,到大考时有点急了,下功夫复习了一番,考了90多才把平均分扳回来。

清华物理系高年级学生自发组织了“天文学习会”，我也参加了，并且很认真的听报告，做读书笔记，有时候也翻译英文杂志上的文章，甚至还用父亲的老花镜和二哥的近视镜做了个低倍率伽利略望远镜。

二年级开始有了机械课的主要课程，后来又分了机械制造、汽车和热工三个专业，我选的机械制造。那时我开始有点钻研意识，自发到图书馆去找机械制造方面的杂志文章，还翻译了一篇关于“无心磨床”的文章。

大学三年级时，由于国家建设需要，要提前毕业。在毕业前，我看到报上消息，王大珩先生等人向政府建议成立仪器馆，我想这个机构很符合我的目标。分配前，中科院到学校招人，当时的思想教育主要还是服从分配，我抱着试一试的心态第一志愿填了仪器馆，第二才是服从分配。后来正式公布，我被分到仪器馆，只不过有点小遗憾，地点变成了长春，而不是之前了解的北京。

## 二 苏联留学

分配到仪器馆后，我们先在科学院本部学习了两个月左右，期间继续参加天文学习活动，参观了泡子河古观象台的古代天文仪器，后来才到长春。仪器馆在铁北，相当荒凉，只有三个研究室和一个试制车间。

我刚到时先是被分配到技校教书，包括代数和金工。备课很认真，讲到游标卡尺时，我为了更严密，还自己推导了数学表达式。后来被安排做沼气检定仪、气体流量计等工作。当时大量的科技文献都是苏联的，学俄文是技术人员的必修课。1952年刚到仪器馆不久，科学院就要求长春的单位组织突击学习俄文。仪器馆比较重视学术交流，东德蔡司厂的专家、英国的教授、美籍华人等都来作过报告。后来仪器馆为了进一步培养俄语人才，指定了包括我在内的6个人脱产学习，期间还到北京为国家的“十二年科学规划”做了一段俄文翻译。

1956年5月，我和同事接到所里通知，准备去苏联学习。我有点受宠若惊，也有点压力，工作已经4年，不知道还能否适应读书生活。

我被派到苏联科学院的普尔科沃天文台，导师是马克苏托夫系统的发明人——马克苏托夫院士。他给我定了研究题目和要看的书，安排好了车间的实习内容——磨一块160毫米、F/6的抛物面镜。

我学习上很努力，主要想的是至少不给国家丢脸。第一年研究生的四门课都得了5分满分，工厂实习也很努力，磨玻璃得心应手，老师评价我磨好的抛物面镜“好得很”。

初到苏联的前一两年，我住在郊外，感觉十分孤单，好在那时住城里的留学生都愿意到郊外玩，星期日经常有熟人来。我也很乐意在国内来人访问时去做翻译，陪他们访问苏联国家光学研究所和国家光学机械厂。

1957年苏联发射第一颗人造卫星，普尔科沃天文台也组织了人工观测，我出于新鲜也认真地参加了观测，还获得了天文台发的积极观测者证书和纪念章。

国内天文界和苏联联系多，到普尔科沃天文台实习和访问的人很多，很多苏联的天文学家也到过中国，对中国印象很好。比如做天体测量的一个教授非常关心中国留学生的学习以及生活，有一次把好几个学生请到家里做客。

1956年留学生国庆献礼，我和另一个实习生向老师提出要做一个200毫米口径的天文照相物镜，老师听了很吃惊地说，“要做这样一个光学镜头，这个小光学车间只怕全得交给你们了”。经过几次交涉，他也替我们着想，建议我们做一个马克苏托夫系统，相对要简单很多。这时紫金山天文台的一个实习生

正好过来,我们非常卖力,加班加点,我3天内搞出了光学设计,他们2个人一个星期就磨好了镜头。

第二年起就进入课题,导师给我的题目是“大望远镜二次凸面镜的检测”。他的期望是对Hindle方法做一个全面计算和分析研究。

检验凸面镜最头疼的是必须要有一束能包容被检镜的会聚光束,而这束会聚光束要由一个辅助的凹面镜产生。我在做的过程中发现,包容被检镜的会聚光束,最小的应该是与它的法线重合的,只要让这束光带有和被检镜法线一样的像差,就可以实现检验光路。Hindle方法中会聚光线不和法线重合,因此它的辅助凹面镜就较大。于是我就推导如何计算这个辅助凹面镜的公式,实际上就是将反射检验的补偿原理用在凸面检验中。公式分析和计算结果都表明,这个辅助凹面镜必须是一个椭球面镜,详细计算得到的最佳尺寸是被检镜的1.5倍左右。而Hindle方法的辅助镜是被检镜的2.2倍左右。当然我这个方法有一个缺点就是辅助镜是非球面,但老师认为这个缺点问题不大,因为椭球面镜可以自检,而且非球面度也不大,容易做,但对大口径镜面而言,缩小检验镜的口径十分有利。这样就找到了一个新的检验方法,比Hindle方法有一点优越性,论文重点也就移了位置。我用这个新的检验方法检验并磨出了天文台正在做的PM700望远镜的凸面镜,既加强了自己的论文,也为台上解决了一个不小的问题。

我把这个新的检验方法写成文章,先投到国内的《天文学报》发表,想使国内先受益。一个苏联女研究生知道后,叫我马上写成俄文在普尔科沃天文台台刊上发表。苏联研究生实习期间需要在所内做一次学习报告,我就把已经做好的和下一步要做的想法作为报告内容讲了一通,结果被评为优秀,还奖励了一个月的研究生津贴。

老师说起我这个方法,指着我说“我自己怎么就没有想到呢?”。我心想,要是老师全都想到了,那学生还做什么?

后来我回国后,老师来信说城里的工厂按照我的方法加工、检验了6米望远镜的凸面副镜,工厂里的人称我的这个方法为“潘氏法”。

还有一次老师高高兴兴地来讲他新近推导出的一个公式,是用于最后收敛马克苏托夫式光学系统设计的,是手工计算。我抱着学习的心态自己推导了一遍,结果发现有一点小错误,就去和他说了。正好他在用这个公式时,发现总不能一次到位,心里很不自在,后来用了我改正的公式,非常利索地一次解决问题。他很高兴,表扬了我,还对其他研究生说“你们只知道听,听过就算了,应该像潘那样……”,弄得我很不好意思。

1960年7月末,我顺利通过了论文答辩,按时完成了四年学习任务。老师在我的毕业鉴定上写道:“带这样的研究生感到一种愉快,一种满足”。看来他对我这个学生还是满意的。离开普尔科沃天文台时,他还到公交车站送我,和我贴面告别。

主持我毕业论文答辩的麦尔尼科夫院士在一次采访中也对我的工作大加赞赏,通过塔斯社进行了报道。回到国内后,《中国青年报》和《北京日报》还根据这篇报道专门刊登了一条关于我在苏联学习不错,得到苏联好评的短消息。

### 三 科研生涯

#### 1 参与150-1,建立大口径光学仪器制造基础

回到长春不久,受时局影响,加上本身性格原因,我的基本想法是要多做点技术工作。不知道是不是因为我在苏联的研究课题属于光学检验的关系,我被分在光学室的检验组,但没有给具体的题目。

不久后,长春光机所开始接受靶场光学测试仪器研制工作,开始是仿瑞士的EOTS,后来所里对科研

任务有了新的打算,要接更大的靶场仪器任务,也就是 150-1,我的主要工作也转移到了 150-1 项目上。

参加 150-1 时接到的具体任务有两个,一是做王大珩先生提出的实验,实测在一定的对空张角下,天空背景在地面的照度随太阳不同夹角的变化。为此我专门做了一个木框架的纸管,用我自己的一个照相测光表测了数据。二是要我通盘考虑光机所做 150-1,在光学技术方面还应做哪些准备。这件事涉及的问题多,因为光机所过去都是做小口径的,200 毫米的已经是最大的了。我考虑主要问题有三个:一是没有磨大镜子的机床,包括粗磨和抛光;二是没有检验大口径光学部件和系统的方法;三是没有检验需要用的专门仪器。

我遇到的第一个具体问题是,所里科技处问我,为磨 60 厘米中间试验望远镜而专门设计的、刚组装起来的磨镜机,是不是能用来磨 150 主镜?我实地看了这台机器的试车情况,只觉得开动起来就像开动蒸汽机车,噪声和振动都很大,而磨光学元件最犯忌的就是磨镜机本身的振动。原来设计这台机器的人自己不懂磨镜子,他没有用传统的皮带轮,而引入了新的无级变速机构,即两个相互倒置的钢锥体,外面套以钢环,靠摩擦传动,用拨叉移动钢环就可以实现无级变速。而皮带轮可以吸收掉齿轮减速机构带来的振动,这个钢轮无极变速反而自身产生了极大的振动。科技处要我直接向所领导汇报,所领导听完后立即放下手头工作,亲自到现场看。看后立刻表示同意我的意见,还要我提出另做机器的方案。我根据在苏联看到和国内紫金山天文台的机器,提出了方案,最大可以磨直径 800 毫米。

所里也有人在研究刀口检验,并做了一台很笨重的刀口仪放在实验室,但无法实用。刀口仪的关键在其头部,一定要本身很轻巧,便于随时挪动,基座不能也不需要大而厚重,不能要求待检件去凑近仪器,所里设计的恰恰违反了这点。于是我根据苏联刀口仪的记忆,提出了设计方案,做了好几台。后来天津光学仪器厂问光机所要了图纸去,略加修改变成他们的产品,生产了一大批。使用刀口仪,根据阴影图判断待检对象好坏,不是任何人稍微学学就能会,而是要有一个学习和熟练的过程的。所里要我到光学车间和装校车间的一部分人员做系统培训,我就先写出讲义,再专门讲了几次。

150-1 的光学部件中,它的前端保护窗的磨制是一个难题,直径有 630 毫米,厚度只有 30 毫米。虽然只是保护窗,但光学质量要求同样很高。对它的平面,只能采用 Commom 法检验,就是要有一个长半径标准球面镜。为此我先花了很长时间和工人一起磨了一个曲率半径 12 米的标准球面镜,为了使这块保护窗从机器上取下时不变形动足了脑筋。两个表面分别磨好后,还要做一个透过检验,这要求有一束大口径平行光,但大口径平行光管还没有,我就考虑能否利用那个标准球面镜,在小角度的汇聚光束里检验,通过简单的光学计算,表明引入的球差很小,完全可以忽略,这样我对这块保护窗的光学质量就完全可以控制了。

150-1 进入装校程序后,科技处要我考虑光学系统的最后检测问题。对这样的口径不算太大的系统,一台大口径平行光管是必不可少的。科技处在我的建议下,决定做一个口径 700 毫米的大平行光管以及一块标准球面镜。平行光管的主镜是球面镜,焦点前加两片改正镜,这样的设计磨制周期最短。这个平行光管在装校车间发挥了很大作用,2005 年,我有一次回长光所到装校车间参观,看到还在用。我坚持要做标准球面镜、标准平面镜和大平行光管的思想,是在苏联时老师马克苏托夫反复讲过而形成的。

## 2 主持 216 工作

1959 年,紫金山天文台提出自主研发 2 米级大望远镜。为了世界排名可以在前 5 名以内,定下的通光孔径是 2.16 米,并组织南京工学院机械系师生,以苏联正在研制的 2.6 米望远镜为蓝本,很快完成了设计。后来牵头单位转到长春光机所,所里带了一套蓝图到苏联,要我联系 2.6 米望远镜的机械设计负责人,请他提提意见。苏联 2.6 米望远镜的总设计是亚米尼亚人,在普尔科沃天文台兼职,每周四到天文台来。我通过天文台和他联系好,把全套图纸给他看,他看后认为图纸上问题太多,没法一一指出,但从

机械设计的角度提了一些意见。后来图纸放在我在苏联的办公室里,都没有带回去。

2.16米望远镜因为经济困难暂时下马,改为先做60厘米的“中间试验望远镜”,为做2.16米主镜向苏联订购的镜坯不久后运到了光机所。150-1任务开始后,长春光机所决定放弃做2.16米望远镜的牵头单位,将60厘米望远镜和一批技术人员分到西安光机所,由龚祖同先生负责。还有几个原机械所的,已接触60厘米中试望远镜的技术人员则直接去了南京天文仪器厂。

1975年,216工作重新启动,经王大珩先生推荐,我以出差方式参加,而且当了技术组长。从1976年到1980年,我出差到南京的时间很多。那里条件很差,住在天仪厂的招待所,吃食堂,有段时间甚至就住在食堂前的一排平屋内。一方面我是想调回南方,另一方面也是喜欢天文望远镜,所以一直坚持了下来。

1980年,我正式调到南京。我介入的时候总体方案已经经过开会确定,不需要我考虑总体方案的问题,也根本不可能再改方案,几个大件的加工已和上海的厂家谈签合同,所以如何进入角色是个问题。我立定的主意是只有排除一切干扰,踏踏实实做好工作一条路。我全面考虑之后觉得应该从看图纸着手,一是看设计上有没有原则错误,二是看各部分之间有没有矛盾。

看过图纸后,感觉问题最大的是“中间块”的重量太重,达到9吨,钢板没有必要用20毫米厚,但具体设计人员坚持不同意减薄。其次是赤纬轴的刚度不够,以致其弯沉导致的光轴指向精度达不到要求。而这两者又是有关联的,如果中间块减轻,纬轴变形也就小了。

当时管理上还是计划经济年代的模式,院机关组织了“八大件”的设计审查会,还专门针对中间块的设计开了一次会,请了力学所的一位研究员做力学计算。他也觉得原设计过重,当时还没有有限元分析软件,他用材料力学的解析公式做了计算,建议将中间块的内层改为10毫米厚的钢板。在此基础上,设计者才同意将内层钢板由20毫米改为10毫米,于是中间块的重量也由9吨降到了6吨。纬轴方面也尽量缩短纬轴的长度,加上中间块的减轻,纬轴的变形也就达到设计指标。

原设计的主镜罩是十几片的花瓣状开合机构,但局部组装试验时,开启后闭合时,有的叶片总是不能按序动作,因而没法用,多次修改也不能解决,设计者也很无奈。1980年我去澳大利亚考察时,看到他们2.2米望远镜的主镜罩是对开门式,外观上虽然不及花瓣式好看,但动作很可靠。因此我建议改为对开门的方式,设计者接受了这个意见,很快解决了问题。

主镜室设计负责人因为年龄问题,突然提出要退出216技术工作,因为图纸已经下到车间准备开始加工,部分大件已经铸出了,暂时找不到合适的人接替工作,这个难题便又落在了我的头上。我找人协助,技术上仍然是我负责,从仔细检查零件图着手,也发现了一些图纸设计上的错误。

主镜的中间孔要和机械轴的球形面精密配合,但主镜中间孔加工时没有到位,有锥度,导致球头装到一半就进不去了。有些人主张要修球头,但这样一来主镜孔和球头的轴向位置就固定了,没有一点点调整的余地。我力主修主镜孔,并设计了研磨工具,利用大车间的行车,通过弹簧吊起工具,非常平稳地研磨好了中孔,顺利解决了问题。

主镜坯最初选的是1959年从苏联进口的玻璃镜坯,热膨胀系数比普通玻璃低,但不及微晶玻璃,而且由于是分层浇成,有明显接合面,内部杂质也比较多,表面有几处硬度不均匀,下手再修难度很大。后来上海新沪玻璃厂为216研制的微晶玻璃也有了一块合格的,于是就着手开始加工。本来一切都做得很好,到了要将镜坯翻身,精密加工面形时,出了惊天事故。由于厂里管理制度不完善,承包加工的人采用的吊装钢丝过细,不小心把大玻璃打碎了。收到消息时,我正准备去机场到武汉参加一个激光应用研讨会,当场惊呆了,立刻退掉机票。后来才了解到,工作人员用的钢丝直径是10毫米,他只简单计算了垂直状态钢丝绳的拉伸强度,而实际情况是绳的两端对吊点的张角非常大,受的拉伸力远远大于垂直状

态。更严重的是在吊钩下用夹子把钢丝绳夹了起来,对钢丝绳产生了很大的剪切力,等于一把剪刀在剪拉紧的棉花绳,这个状态哪有不断之理。这块玻璃打碎后,216 望远镜只能用那块不太好的苏联玻璃,由于表面层硬度不均匀,只能加手修,造成一些高频误差,影响了光能集中度指标。

到了要考虑望远镜在南京厂里初装时,首要问题就是装配场地。北京天文台的意见很明确,就是在厂里要能看到星,按常规思维就要建一个能打开屋顶的装配车间,需要新建。厂里向中科院打报告,从长远考虑,计划建一个能装 5 米级望远镜的装配车间。科学院也同意了,厂里在四大件车间对面空地上也挖好了预备竖车间基柱的好几个水泥沉坑。但后来科学院一时拿不出钱,说要等等,这就很被动了,难道 216 也要停下来等?有人建议我起草写报告给中科院,说明建装配车间的紧迫性。我考虑还是得积极想办法,我原来意见是在四大件的车间里装,为了能进行观星,先将屋顶的一部分改造成活动的。但厂里很多人,包括基建部门都反对,主要是怎么防雨漏的问题,这也确实是很困难的事。我又仔细看了四大件车间的图纸,上面有详细尺寸,再对照我画的 216 总装图,发现四大件车间有一排采光玻璃窗,有可能通过它来观察天空,于是做了具体设计,算出在我们将要观察的月、日和晚上时段,通过天窗能看到的天区,再从星图上找,有没有可供拍照的较亮的星,并专门写了一个报告,说明利用四大件车间装调 216 望远镜的可能性。

望远镜机械零件基本加工好之后,就要考虑部套组装,我在长春时弄过经纬仪,虽然尺寸小很多,但基本原理是一样。我在思索一番后,分了六七个步骤,做了书面准备,给厂里检验组的人讲了几次。极轴在大车间吊到基墩上时,也发生了惊险的一幕,因为吊装动作很大,风险也很大。极轴放在车间比较中间的位置,而行车在靠边墙的地方。在行车未到极轴正上方时,指挥吊装人员就指挥起吊,结果行车一边自己在滑行,极轴也被拖着往边上移动,这就相当危险了,几十吨重的大轴碰到任何东西都是事故。我看情况不对,立刻叫停,并叫司机利用行车刹车一点点的让行车自行滑到大轴正上方,然后慢慢起吊,解决了危机。

216 望远镜在大车间架起来之后要做的第一步是调好光轴和找到焦点,第二步是测试指向精度,第三步是拍照看星像质量。在厂里主要是测指向精度的重复性。主镜没有条件镀铝,只能化学镀银,银层很快氧化,反射率立刻就降到 30% 以下。所以第一次找星、找焦点位置相当困难。幸好我有调光学系统的经验,还有事前计算很准,晚上天黑后在能观察的天区有一颗三等星,比较亮,容易找。调好之后进行拍照,短时间曝光,放到视场中间得到星像很圆,没有彗差,说明光学系统装调没有问题。至此 216 望远镜在厂内的调试基本完成。

望远镜运到兴隆山上后,拆箱、进入圆顶室、吊入观测层、初装等工作都很不容易,还好没有出大的问题。接下来到装光学件和调光学系统的时候,负责人到合肥学英文,但北台和法国人的国际联测计划早已排好日期工作,不能等他学完再做,我又不得不担起责任。好在这时大家配合很好。调光轴时发生了一个问题,就是轴上有点彗差,总是去不掉。时间节点到了,北台说这次是光谱观测,剩点彗差关系不大,结果 216 是带病开始工作的。几天的观测工作结束后,继续调试,后来发现望远镜上有一根上桁架底部的一块垫板是楔形的,即有方向的,改正后轴上彗差立刻就消失了。之后望远镜又做了一次仔细精调,在钳工的协助下,我将主镜背后的 18 个独立支承系统调到了理想状态。

1989 年 12 月末,北台举办了 216 望远镜落成典礼,周光召院长、王大珩先生等都参加了,可惜对 216 工作付出极大心血的龚祖同先生已去世,未能亲眼见证它的诞生。

216 望远镜运转了几年后,进行成果鉴定。鉴定会上王大珩先生对项目评价很高,他认为 216 望远镜好比光学界的长江大桥,鉴定会之后可以申报国家科技奖。后来写材料、去北京答辩,在答辩会上很轻松地得到了一等奖。

### 3 推进非球面光学技术应用

我从苏联刚回来,就遇到非球面加工技术问题,当时所里正在做红外分光光度计,其中有两个不大的非球面镜,大约70-80毫米,一个是离轴抛物面镜,一个是较深的椭球面镜,他们始终磨不好,仪器性能达不到指标。我介入后发现原来是加工方法和检测方法都不对。他们根据抛物面体数学上的一个特性,即任何平行于该抛物面子午面的平面和该抛物面的相关曲线,与原抛物面的子午曲线完全一样。这样理论上就可以用一块零厚度的刮板,平行于子午面来回平移,就自然刮出一个抛物面。但实际上刮板不能没有厚度,这就引入了误差。在检验方法上,他们做了一片凸的抛物面金属刀口样板去看缝隙,再靠人工修凸出部。说穿了就是用机械方法来做光学镜面,先做了一个200毫米口径的平行光管,因为离轴抛物面的线抛物面小于200毫米。那个椭球面,相对口径比较大,检验时需要一个大角度点光源,我提出方案,请光学检验组设计了一个广角光源,设计上它发出的光张角为180度,这样就顺利地解决了椭球面的检验问题。在误差尚大,还不能进行刀口检验时,我提出做几块频率不同的线条板,进行目视朗奇检验。这样就顺利解决了这两块非球面的光学工艺,使红外分光光度计能达到设计指标。

解决非球面光学加工工艺后,我又陆续将非球面技术应用到微光管、空间相机、车载大口径光学设备、轮胎面光学元件制造、天文望远镜等多个项目与技术领域,取得了不错的应用效果。

微光管做出来后,最初用的是一个全球面的大相对孔径Bouwers同心系统。我在苏联时就知道这个系统有很大的带球差,非常影响分辨率,于是提出应该在入瞳处加一块非球面校正板,光学上和机械上都不需要改动原有结构。做成后效果很明显,测试时效果比没有时要清楚得多。后来不知道通过什么渠道,镜头转到南京的华东光学仪器厂生产,他们为了做这块校正板,还专程到长春来找我帮他们解决非球面制造问题。

在做216望远镜同时,我也参与921-1任务中是否采用非球面的讨论。经过长达一年多的讨论,最终921任务的光学系统还是决定采用非球面。此外空间监视敌方远程导弹的红外预警系统,需要有较大的视场,我查了一些资料,看到有报道美国的类似卫星,采用三反射镜系统,但还没有设计三反射镜系统时解初始结构的方法,于是我就在二镜系统的基础上,推导出了解三镜系统的公式。

车载大口径光学设备方面,解放军某部需要一种车载战场侦察设备,口径比较大,白天夜间两个镜头,摄取图像后传给后方指挥部。开始问天仪厂时,被搞光学设计的人一口回绝。后来找到我,我分析了他们提出的要求,认为完全可以用非球面系统解决,就接下了这个任务,一共做了二十几套。

轮胎面光学元件主要是给合肥中科大同步辐射实验室做的,当时他们需要几个轮胎面光学件,只给出两个方向的曲率半径,二者相差悬殊,子午面曲率半径以米计,而弧矢面的曲率半径只有几十毫米,我以前也没有碰到过,初步了解后同意考虑一下。我先分析了这种面形的光学-几何学问题,认识到如果只给出两个方向的曲率半径,真实的表面可以有三种不同形式,并推导出了相应的表达式,我采用了其中易于光学检验的一种,即旋转椭球面的短轴顶点区。从工作严谨出发,我又找人实际计算了光束成像后的像斑是否符合用户要求。这个计算很麻烦,没有现成程序。做时还要解决如何细磨成形问题。我先加工一根金属圆柱体,其直径是弧矢曲率半径的两倍,然后切割出略大于所要光学面的一片,以加力使之变形的办法,产生子午曲率半径,作为研磨工具,实践证明这套办法很成功。

1993年,我在南京天文仪器研制中心退休后,仍然继续从事科研工作。2000年以退休身份受聘苏州大学,到刚刚成立的苏州现代光学技术研究所工作,承担的一些横向课题也都转到苏州大学。期间为南京紫金山天文台解决了他们1.2米近地小行星课题的一个技术困难,就是1米施密特非球面改正板的制造。因为这时我在南京天仪中心为上海技物所做的1米平行光管还未交货,正好可以派上用场,解决了他们课题可能被终止的危机。这台望远镜是我国当时光学成像巡天领域里探测能力最强的望远镜之

一,就是用它发现了编号为216331号小行星,后经国际小行星命名委员会批准,紫金山天文台用我的名字将之命名为“潘君骅星”。

上述这些非球面相关的工作都有一定的开创性,完成以后应该写出文章。例如:非球面三镜系统的消像差理论、非球面二镜偏轴系统的设计理论、轮胎面的加工检验方法、单件加工离轴抛物面镜等。在老伴的积极鼓励下,我将这些内容整理写了《光学非球面的设计、加工和检验》一书,1994年由科学出版社出版。这本书很受本专业的人欢迎,有几位年轻人对我说这本书对他们的帮助很大。

我本身是学机械出身,但成果更多的体现在光学方面,这与我对天文的爱好是密不可分的。从大学的天文学习会,留学苏联的自制望远镜,再到后来的150-1、216等,包括非球面技术的推广应用,对天文光学的爱好与我的工作相伴一生。因为爱好,我才肯不断地去用心钻研,在钻研的过程中,从机械到光学设计、加工检测,逐步涉及到光学仪器的方方面面;因为爱好,我才能心无旁骛地专心做好每一件事情,把所有的时间都用在学习、研究上;因为爱好,我特别喜欢独立自主的干好每一件事,在实践中磨砺真知;因为爱好,我更加享受解决问题的乐趣,而不会过分计较个人得失;因为爱好,我也更乐于分享我所掌握的知识、技术,甚至是所谓“绝活”,让技术造福更多的人。也希望现在及未来的科研工作者都找到自己真正喜欢、愿意为之努力奋斗的兴趣所在,并取得更加优异的成绩。