

其行如玉 其道大光

——王大珩与英国光学

刘晓[†] 胡晓菁

(中国科学院自然科学史研究所 北京 100190)

2015-05-21 收到

[†] email: liuxiao@ihns.ac.cn

DOI: 10.7693/wl20150606

摘要 王大珩是中国著名光学家和战略科学家。1938—1948年间在英国的学习和工作经历,奠定了他从事光学事业的基础。他曾师从马丁·特纳等光学技术名师,后进入英国昌司玻璃公司,积累了实际的生产经验。文章通过实地考察和查找档案、专利文献,追寻王大珩的这段关键历史足迹,展现了他的工作成果,尤其是他所接触到的英国光学科技和工业状况,对理解王大珩的学术成长及中英科技联系具有重要意义。

关键词 王大珩, 留英, 应用光学, 光学玻璃, W·特纳

王大珩1915年2月26日出生于日本东京。《说文》有云:“珩,佩上玉也”。“珩”字可以拆为“玉行”,他的父亲王应伟以其作为儿子的名字,可能既是期望儿子能够“品行如玉”,也是他在日本提出“二十一条”之际对自己的要求。

1992年10月,“庆祝王大珩教授从事科研活动五十五周年座谈会”在北京举行,并出版了学术论文集^[1]。拿起这本论文集,时年77



图1 “两弹一星”功勋科学家王大珩

岁的王大珩不禁掩卷沉思:论文集仅收录了他的5篇学术论文,全部是他早年留学英国期间完成的。为了开创和领导中国的光学乃至科学事业,王大珩无暇从事具体的科学研究。他是否常常怀念在英国投身光学研究的岁月?(见图1)。

1 考取留英庚款

受庚款留美的启示,1930年英国与南京政府换文,以英国退还庚款利息的15%用于考选赴英留学生。1931年4月,国民政府成立朱家骅任董事长的“管理中庚庚款董事会”,规定“凡国内高等教育机关成绩优良助教及各大学毕业生之服务于社会具有特殊成绩或专门著作,得参加此项考试”。由于经费和报考资格的限制,庚款留英考试名额较少,竞争激烈,而且完全按分数录取,宁缺勿滥,历届录取率均不足10%,确保了录取人员的高质量。清华大学毕业生除在留美考试中占绝对优势外,在庚款留英考试中也占有最高的比例^[2]。

1938年春,受战争的影响,兵工署各研究所分散到汉口、长沙、衡阳等地办公。王大珩与同学杨镇邦被弹道研究所派到汉口,做炮兵技术试验工作。恰好吴有训南下途经汉口,找到他俩谈话,让他们参加庚款留英考试。根据章程规定,大学毕业两年后才有报考资格,王大珩和杨镇邦皆满足该项条件。而且,为达到培养专业精深人员的目的,录取的专业设置十分具体。物理方面只设两个不同专业的名额:一为理论物理,一为应用光学。但吴有训只希望他俩中的一人投考应用光学。至于理论物理,吴有训另有心仪的人选,他到了昆明,增设考场,并教导彭桓武投考理论物理名额^[3]。

不久,考试即进行,留给考生们准备的时间并不多。王大珩与杨镇邦经过商量,决定由王大珩赴考^[4],因为王大珩的大学毕业论文做过光学方面的研究,并有在清华研究院学习的基础,考取的可能性更大。武汉会战6月打响,王大珩又辗转回到湖南衡阳。直到9月上旬,他才

从一位武汉来的同事那里得知自己被录取了。

1938年庚款留英共录取20人,其中理科5人,分别为朱树屏、郑重、彭桓武、徐敬之、王大珩。王大珩各科目考试成绩是:党义40分、国文60分、英文40分,与专业相关的三科专门科目分别为70分、64分和67分,各科目按比例折合总分为56.45分,这一分数比彭桓武的66.4分^[6]低了近10分,原因之一是彭桓武另有“著作”80分,折合为4分计入总分。

公布录取名单的报纸载明,考取的学生须于1938年9月17日由香港赴英国。王大珩得知被录取的消息后,已来不及返乡与家人告别,立即动身直接抵达香港,与彭桓武、朱树屏、王应睐、王承绪、夏震寰等其他19名同届留英学生会合。17日,在香港等待转道前往昆明大后方的吴有训也特地赶到码头,为王大珩和彭桓武送行。吴有训与爱徒们离别寄语:“你们好好学习去吧!待你们学成归来,抗战届时终了,你们能更好地为祖国效劳。”^[6]轮船迟误两日,待9月19日离港之时,同学们皆以远离祖国,忍辱求学而异常悲切,甚至泪如雨下^[7]。

经过二十几天的海上颠簸,王大珩等乘坐的轮船终于抵达法国马赛港口,他们改乘火车经巴黎前往伦敦。根据管理中庚庚款董事会1936年度《考选留英公费章程》,学费膳宿费每月24英镑(牛津、剑桥稍多),全年288英镑,高于同期教育部公费生240英镑的标准。学生们可以根据专业自由选择学校。王

应睐前往剑桥,彭桓武赶赴爱丁堡,夏震寰前去曼彻斯特。选择伦敦大学的学生最多,王大珩、朱树屏、王承绪、卢焕章等人都留在这里。

伦敦大学是由40多个学院和研究院联合组成的综合大学,王大珩进入了世界知名的帝国理工学院(时称Imperial College of Science and Technology,今Imperial College London)物理系,师从光学专家马丁(L.C. Martin)。

当时帝国理工学院物理系名义上唯一的教授(称Overall professor)是小汤姆孙(Sir George P. Thomson),电子发现者汤姆孙(J. J. Thomson)的独子。他1932年担任系主任,因发现电子的衍射现象而获得1937年诺贝尔物理学奖。1938年,德国科学家发现铀裂变,小汤姆孙的兴趣转向核物理的军事应用。这里特别要指出的是,他于1940年担任了莫德委员会(MAUD Committee)主席,这个委员会对启动英、美原子弹研制起到过关键作用¹⁾。这说明著名科学家在协助政府推动大科学项目研究中发挥了重要的决策咨询作用,这对王大珩日后成长为战略科学家或许有些启发。另有一件事可以看出王大珩与小汤姆孙是有所交往的:1945年6月,钱三强到伦敦拜会小汤姆孙,申请到他的实验室来工作,牵线者极有可能就是王大珩²⁾。

克服了伦敦的潮湿气候和单调饮食,王大珩开始了异国求学的日子。秉承节俭的生活习惯,他租住在一个只有8平方米的顶层阁楼里,一床、一桌、一椅等少量家具

和四处堆放的书籍便是他的全部家当。令王大珩满意的是,不仅房租便宜,而且离实验室只有5分钟的路程, he 可以把全部的时间都用在研究工作上。

2 帝国理工学院的光学研究生

帝国理工学院的光学研究可以上溯到第一次世界大战期间。当时德国是光学工业强国,英国海军用的望远镜、潜水艇的潜望镜等军用光学器件都要从德国进口。战争使英国的光学玻璃储备告竭。1917年夏,作为国家紧急任务,伦敦高等教育委员会在帝国理工学院设立了政府资助支持的光学设计系(Optical Design Department),任命熟悉军需光学装置和德国光学工业的切舍(F. J. Cheshire)为系主任兼教授。马丁那时在学院从事光学玻璃研究,于是担任了讲师。1919年,该系开设了英国最早的技术光学课程,在国际光学领域颇有影响³⁾。然而受制于战后20年代英国的经济状况,该系招生情况一直不理想,直到1926年,只有不到20名学生毕业,本科教学无奈关门大吉。

光学设计系后来改名为技术光学系,并于1931年合并到物理系研究生部,称技术光学组(Technical Optics Section)。物理系为技术光学组的发展提供了资金和体制上的保障,拥有渊博光学仪器知识和经验的马丁教授成为技术光学组的主管。同时光学咨询委员会成立,负责向学院管理部门提出与工业特别相关的光学科学发展建议⁴⁾,该委员

1) A History of the Physics Department. <http://www.imperial.ac.uk/natural-sciences/departments/physics/about/department-history/>.

2) 1945年6月4日,小汤姆孙致信约里奥:“钱三强先生通过一位朋友申请到我的实验室来工作。”(见葛能全:《钱三强年谱长编》一书第67页)如果牵线者是曾在约里奥的实验室工作过的哈尔班(H. Halban),小汤姆孙此处应提到名字。故王大珩的可能性较大。

3) Section Grows from War Time Need. IC Reporter. 1997.46.

4) A History of Optics at Imperial College London. <http://www3.imperial.ac.uk/photonics/about/history/fullhistory>.

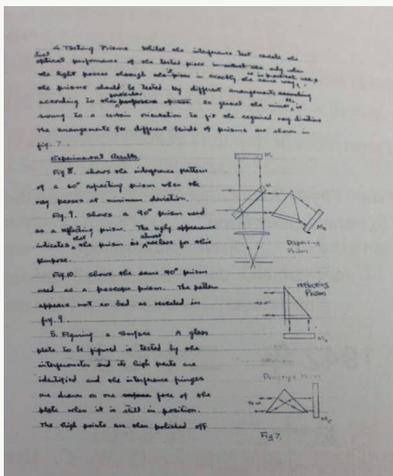


图2 王大珩在英国的研究手稿

会至今依然存在。

按庚款留学设置的专业，王大珩选择到物理系技术光学组跟随马丁教授攻读研究生。马丁早在1930年就出版了《应用光学导论》(An Introduction to Applied Optics)，作为这部书的修改增订版，《技术光学》(Technical Optics)于1948年出版。从内容上看，该专著主要涉及光学基础、光学系统、物理光学等理论方面，虽提及光学玻璃及透镜系统的制作，但非重点章节⁵⁾。马丁教授后期的研究兴趣是几何光学，于1956出版了《几何光学》(Geometrical Optics)⁶⁾一书。此时他已退休(1951年)，身份是国际光学委员会副主席。顺带一记，应用光学与技术光学可以互用，他的继任教授将专业名称改为应用光学(Applied Optics)。

直到1940年秋，王大珩在马丁的指导下开展光学设计研究(见图2)，并获得理学硕士学位。帝国理工学院不长期保存硕士论文，这篇经由马丁教授推荐，1940年11月投

稿于《伦敦物理学会会刊》(Proceedings of the Physical Society, London)的论文《在有球差存在下的最佳焦点》¹⁰⁾，可以看作是王大珩两年研究工作的成果体现。

所谓透镜的“球差”，也称“球面像差”，因透镜的镜面是球面，光线通过透镜的中央部分和边缘部分时，偏向角大小不同。接近主光轴的光线折射后成像较远，而靠近边缘的光线折射后成像较近，从而物点的像不在一个点上。球差属于单色像差⁵⁾，是光学系统像差中最基本的一种。存在各级球差的光学系统，其最佳轴向焦点的定位依据，是在该点上轴向照度达到最大值。计算包含球面相差和离焦量在内的波动光学象面照度，已有的方法要么需要消耗大量的资金试制物镜，要么需要极其麻烦和困难的计算分析，而王大珩则将其处理方法进行了较大程度的简化。

瑞利准则(Rayleigh's limit)表明，当最大波像差小于四分之一波长时，系统成像质量与理想光学系统即没有显著差别。根据这一准则，王大珩论述了光学系统中各级球差对最佳焦点位置和成像质量的影响，首次提出了用优化理论，以低级球差平衡残余的高级球差，并适当离焦的论点¹¹⁾。他运用近似公式计算得出，轴向光线通过不同路径造成初级、二级、三级球差允许的范围分别不应超过1, 4和15个波长(λ)，从而设计了针对各级球差定位最佳焦点的方法。

论文还讨论了这些方法在实际设计中的应用，特别强调了存在显

著三级球差的情况。因为在高倍显微镜的物镜组系统中，由于光的孔径大，边缘区域就要考虑三级乃至更高级球差的影响。

王大珩的这篇初露锋芒之作，是当时国际上象差校正最佳研究方案中一项具有开创性的工作。文中所阐述的一些思想，至今仍是大孔径小像差光学系统(如物镜)设计中的像差校正和质量评价的重要依据，被国内外有关著作引用¹²⁾。例如，在照相机技术上有较高成就的日本光学家小仓磐夫在其专著《现代照相机和照相物镜技术》中单列了一个章节，标题为“三级球差和波动光学的最佳象面——摘自中国光学学会理事长王大珩先生青年时代的论文”⁶⁾，引用并论述了王大珩的研究工作。他提及自己在学生时代就曾阅读过王大珩的论文，一直印象深刻。“论文中虽然只应用了一般的初等数学知识，但其清晰的物理概念和明确的结论，使笔者深刻铭记。”¹³⁾

3 师从特纳学习玻璃制造

在今天的英国谢菲尔德大学材料科学与工程系楼内，有一个以著名玻璃学家特纳(W. E. S. Turner, 1881—1963)教授名字命名的玻璃博物馆(Turner Museum of Glass)。这座始创于1943年的博物馆收藏了大量19到20世纪的玻璃制品，涵盖了欧美各主要玻璃制造者的杰作，藏品之丰富在英国罕有其匹⁷⁾。1941年春，王大珩从伦敦来到谢菲尔德大学，师从特纳教授攻读玻璃

5) 由于各色光折射率不同而引起的像差，叫色像差。由于透镜各部分折射作用不同而引起同一色光的像差，叫单色像差。由色像差引起的发散程度要超过球面像差很多倍。

6) 该书是由作者在日本《照相工业》杂志上发表的文章选编而成。他曾在文中介绍过王大珩的工作，故以这种形式收入该书中。1978年王大珩访日时两人曾见面。

7) Turner Museum of Glass. <http://turnermuseum.group.shef.ac.uk/index.html>.

技术专业博士学位，尽管他不久便中断学业进入昌司玻璃公司，但与特纳教授间的合作研究仍持续了数年。

谢菲尔德位于英国中部，这座兴起于工业革命的城市有“钢铁之城”的美誉。谢菲尔德大学文理兼备，是英国顶级名校之一。冶金学院最负盛名，是当时英国唯一有权授予冶金学博士学位的学院⁸⁾。1937年留英的我国著名物理冶金学家李薰当时就在这所学院，他于1940年获得哲学博士学位，并于1951年获得冶金学博士学位，是学院历史上第二位冶金学博士。

王大珩于1941年进入了位于诺森伯兰路(Northumberland)的玻璃技术系⁹⁾。他的研究领域从光学设计转向光学玻璃制造并非偶然。光学玻璃是光学仪器的核心材料，其制造技术，“由于军事上的需要，一直被各国视为要害技术，竞相强化，竭尽保密之能事”^[14]。而特纳教授是英国玻璃工业与教育界的开创性人物。

受第一次世界大战爆发的影响，英国玻璃进口锐减，在当地玻璃制造业者的支持下，1915年谢菲尔德大学新设玻璃制造系(次年改为玻璃技术系)，这是英国第一个以玻璃制造为研究和教学对象的大学机构，时任物理化学讲师的特纳被聘为主任。1916年，他成立玻璃技术学会，邀集同行，制定研究纲领，组织教学会议，收集文献资料，发行学术期刊。在漫长的学术生涯中，特纳教授遍访各地参观交流，解决工业生产中的实际问题，同时他还注意收集各种体现技术创新或精湛艺术的玻璃制品，奠定了之后

玻璃博物馆的主体收藏。

20世纪早期的英国，整个玻璃工业界层层保密，步步设防，互相之间基本没有合作。特别是不同玻璃制造业者的配方都是严格保密的，这些手工操作的配方也没有严格的配比和分析。特纳教授以其领袖般的热情和不屈不挠的精神，领导研究小组夜以继日地工作。他们很快掌握了光学玻璃研制的技术要领，不仅为各地的玻璃工人开设全日班和周末班，而且开始培养玻璃专业的研究型人才。工厂中受过科学训练的技工越来越受重视，加之“一战”期间光学玻璃进口中断，英国光学玻璃的产量和质量在“一战”后逐步满足需要^[15]。图3为英国谢菲尔德大学特纳玻璃博物馆的特纳像。

随着玻璃技术系的规模不断增加，该系的影响也越来越大，直至闻名整个英国。到20世纪30年代，玻璃技术系和玻璃技术学会在特纳的统一领导下，其学术研究、应用和交流功能得到充分发展，吸引了包括中国和日本在内来自世界各国的学者^[16]。1950年，特纳教授当选国际光学委员会首任主席。

据统计，截至1947年，玻璃技术系70多名毕业生中，有超过30名成为各玻璃公司或部门的主管。随着越来越多毕业生进入工业界，各公司的研究力量获得极大发展。自动化生产迅速取代人工操作，设备和技术水平大幅提高。具有里程碑意义的是，不少公司建立了仪器精良、拥有高级研究人员的实验室^[17]。可以说，特纳实现了英国学术界与工业界堪称典范的结合。

王大珩到了谢菲尔德，即投奔

李薰，在他那里住了几个月。后来虽另觅住处，但两人来往一直很密切。李薰读书极为刻苦，留学3年便获得了博士学位。1940年8月他接受冶金学院聘任，担任研究员，并独自负责一个实验室的研究工作，在中国留学生群体中很有名气。王大珩在英国学会了做饭，他说：“每逢星期日休息时，我都要到李薰那儿去做一顿中国饭菜改善生活。”^[18]王、李二人性情相投，那时候英国晚上有宵禁，他们有时聊得晚了，王大珩就干脆住下，两个人睡在一张床上。虽然他俩专业不同，但李薰认为王大珩读书和工作都非常努力，并得到导师特纳的好评与器重，这是为中国人争了气。

自1942年起，王大珩与特纳教授合作在《玻璃技术学会杂志》(*Society of Glass Technology*)上发表了4篇有关光学玻璃的论文，主要是关于玻璃可见光的分光光度测量技术研究。虽然王大珩于1942年4月离开谢菲尔德前往昌司玻璃公



图3 英国谢菲尔德大学特纳玻璃博物馆的特纳像(刘晓 摄)

8) 英国获哲学博士学位(Ph. D)后，继续从事研究五年以上，工作有成绩者才可申请专业的科学博士(Sc.D)。

9) 今玻璃研究中心(Centre for Glass Research)，属材料科学与工程系。

司,但他从测量方法研究入手,逐步深入玻璃成分的分析,到钻研配方申请专利,其从学术转向应用的路线还是清晰可见。

光学玻璃是一种具有高度透明性和光学均匀性的玻璃,通常具有特定和精确的光学常数。光学玻璃品种比较多,成分复杂,性能各异,因此对原料、工艺有特殊的要求。很长时期内,各国对于各种光学玻璃的成分是严格保密的^[19],而且这些成分一般是通过经验获得,并不尽合理。特纳教授领导的玻璃技术系首先开展了玻璃性质与成分的关系研究。

要精密测量玻璃的光学常数,就需要用到分光光度法,所使用的仪器称为分光光度计。分光光度计由光源、单色器、样品吸收池、检测系统和信号指示系统等5个部分组成。将一束复合光通过分光系统,分成一系列波长的单色光,任意选取某一波长的光,即可根据被测物质对光的吸收强弱进行物质的测定分析^[20]。

然而,对于测量高度透明的光学玻璃,在可见光区域几乎没有光吸收,加之玻璃中波筋和应力的存在,原有的分光光度计使用方法面临很大问题。光度计要求玻璃样品高度均匀,但实际上样品质量往往达不到要求。因此测量中只好将样品做得非常薄,不能超过7 mm,这样就使得本已微弱的吸收光线更加难以辨认^[21]。

为解决这一问题,王大珩摒弃了原来光度计使用的点光源,而改用大口径的均匀散射光源。采用这种方法,光线在棒状或片状的样品内部反射,使光度计可以顺利测量厚达13 cm的样品。根据这一原

理,他制作了相应装置,记录下典型结果,并对测量低光吸收玻璃的应用问题展开了讨论。在特纳教授的鼓励下,王大珩写成《针对低吸收玻璃的可见光的分光光度测量技术》(The Visual Spectrophotometry of Glasses with Special Reference to Low Absorptive Glasses)一文,于1942年11月18日的谢菲尔德会议上宣读。

应用新的分光光度测量技术,王大珩与特纳合作,开展“含氧化铁的钠钙硅酸盐玻璃的分光光度测量”(Some Spectrophotometric on Iron Oxide-Containing Soda-Lime-Silica Glasses)研究。就在11月18日的会议上,王大珩宣读了研究的第一部分:《氧化铁含量及铁离子价态的影响》(The Influence of Concentration and Ferri-Ferrous Dissociation)^[22]。

光学玻璃必须尽可能地避免各类有色氧化物,尤其是铁的氧化物。因玻璃原料沙及石灰石中都含有氧化铁,玻璃中也难免有少量的铁离子,退色就成为一个研究重点。特纳教授以前曾研究过玻璃中二价铁与三价铁离子的平衡。借助分光光度测量方法,王大珩在钠钙硅酸盐玻璃(成分为75% SiO₂, 10%CaO, 15% Na₂O)中逐步加入氧化铁(Fe₂O₃),浓度从0.002%逐步增加到12.5%。结果显示,当氧化铁浓度低于0.6%时,铁离子的离解度(13%—35%)与光吸收存在线性关系。进一步外推,三价铁离子在低浓度下呈现带绿的黄色,而二价铁呈现蓝色。在高浓度下,三价铁的光吸收增高,特别是光谱的蓝紫一端,使玻璃呈现褐色或灰褐色。同时,高光吸收的氧化铁对热处理敏感。

1943年,王大珩与特纳继续合

作完成了该研究的第二部分《砷、锑氧化物的影响》^[23]。为降低铁离子的光吸收,玻璃中需加入砷或锑氧化物作为脱色剂。王大珩在钠钙硅酸盐玻璃中加入不同量的氧化铁和氧化砷,经过750℃烧结后,再在铂金炉中以1400℃的高温熔化6小时。氧化铁的含量从0.05%到0.25%,氧化砷的含量则从0.05%到3%。他用分光光度计测量发现,氧化砷的脱色作用具有双重性:首先,它的氧化作用使得二价—三价铁离子平衡向三价铁离子一端移动;其次,氧化砷使一些铁离子变为无色产物。当氧化砷的浓度高于0.5%时,吸收曲线显示所有的铁离子呈三价。而当浓度低于0.5%时,氧化砷的主要脱色效果体现在它的氧化性。

直到1945年,王大珩与特纳再度合作发表了《氧化硼对钠硼硅酸盐玻璃折射率和色散性能的影响研究》(The Influence of Boric Oxide on the Refractive Index and Dispersion of Soda-Boric Oxide-Silica Glasses)^[24]一文。特纳教授曾分别与多名合作者进行过不少关于氧化硼对玻璃性质影响的研究,以钠硼硅酸盐玻璃为对象^[25],王大珩是其合作者之一。这无疑说明,虽然王大珩离开了特纳和玻璃技术系,但彼此间的研究工作仍长期保持联系。

4 进入昌司玻璃公司

王大珩在谢菲尔德的研究工作仅仅进行了一年时间,一个偶然的机会有来到他的面前。其在《我的自述》中称:“我的英国同学汉德先生¹⁰⁾告诉我,英国昌司玻璃公司急需一位懂应用光学专业的科研人员,担

10) 汉德(W. C. Hynde)是王大珩在帝国理工学院的同乡,他受昌司公司委派到帝国理工学院进修。

任新型光学玻璃开发研究工作。这真是一个难得的机遇，我的祖国是多么需要这种技术啊！为了能学到制造光学玻璃的真实本领，我毅然放弃攻读博士学位的机会，抓住二次大战的时机，经汉德先生的推荐，离开学校，到昌司玻璃公司工作。”^[26]

无可否认，王大珩留英最大的遗憾莫过于没有拿到博士学位。如前文所见，玻璃技术系与公司的区别也绝非“理论研究”和“实用技术”那样泾渭分明。玻璃技术系的设备、文献、学术研究和交流环境，远非一般公司实验室可比。而且，公司普通研究人员面临的窘境没有根本改善：研究人员解决生产方面的问题，却不能进入车间，接触不到配方等机密。

然而，如果有一家公司值得王大珩放弃如此优越的科研条件和在望的博士学位，那只会是昌司玻璃公司(Messrs. Chance Brothers)。早在1875年前后，这家公司就制成了英国最早的光学用途玻璃：四种燧石玻璃和两种冕玻璃。1914年以前，昌司公司生产了英国多数品种的光学玻璃，但同时英国90%的光学玻璃仍依赖进口。“一战”初期，昌司公司作为当时英国唯一的光学玻璃工厂，各类光学玻璃生产急剧增长，加之几家新公司成立，逐步满足了国内需要。1932年至“二战”前，昌司公司通过兼并等方式，光学玻璃的产量又增长五倍^[27]。“二战”期间，随着光学玻璃的需求更加多样化，新品种光学玻璃的研发正紧锣密鼓地进行。

战争进行到1942年，英国大部分科研人员都已应征参与战时研究任务，而反法西斯同盟的建立，中英之间的盟国关系使得王大珩可以

进入一些保密性行业。因此他在得知昌司玻璃公司提出的职位后，立即意识到这是一个难得的机遇。

这个机遇无形中解决了王大珩正在面临的难题。根据庚款留英章程规定，公费生留学期限为3年，入学两年以后视研究需要派往工厂实习^[28]。王大珩此时留学已超过3年，庚款期满，归国无途。而进入工厂，不唯生计问题可以无忧，还正好符合了留学培养的要求，因此他欣然接受了昌司公司的职位。

昌司玻璃公司位于英国中部工业城市伯明翰南方的伍斯特(Worcester)，不远即莎士比亚故乡埃文河畔斯特拉福镇(Stratford-upon-Avon)，刚到伯明翰的王大珩便乘兴泛舟埃文河上(见图4)。

王大珩在昌司玻璃公司实验室工作了5年，职务是研究实验部物理师。他在《我的自述》一文中说“在那里我学会了如何从事研究开发工作。虽然不许我进入生产车间，但因为实验室既是产品质量的控制中心，又是进行新技术、新产品开发的源地，所以对生产的组织形式，以及生产光学玻璃的要害问题能有足够的了解。”^[29]

所谓开发研究，就是要改进现有生产工艺，提高质量，发展新品种，同时研究为应用开发所需的基础性问题。王大珩既掌握应用光学的基础知识，又具备一定的硅酸盐知识，工作起来“如鱼得水”。虽然如此，他的工作仍是非常繁忙，进行了约300坩的玻璃熔炼实验，清晨进厂，晚至8时才回^[30]。

当时，德国、美国和英国都在探索光学玻璃中加入新的氧化物以改变玻璃性能，尤其是稀土氧化物得到广泛应用。1938年美国率先制造了具有高折射率低色散特性的含



图4 1942年王大珩在英国莎士比亚故乡埃文河上泛舟

镧光学玻璃。稀土元素除了可以扩大玻璃的光学常数范围，还有澄清、脱色、着色和抛光等作用。王大珩是英国最早研究稀土光学玻璃的人之一。1944年昌司公司申请了王大珩参与发明的两个专利，配方中都含有稀土氧化物。

第一个专利是含氧化镧和氧化钍的镧冕光学玻璃系列，用于摄像镜头。通讯作者为王大珩，合作者为 R. E. Bastick 和 W. M. Hampton。配方是在钡硼硅酸盐玻璃中加入总量不超过35%的氧化镧(La_2O_3)和氧化钍(ThO_2)，以及少量氧化锌。氧化镧和氧化钍都是制造高折射率、低色散玻璃的主要原料(氧化钍因具有一定程度的放射性，使用范围逐渐受到限制)。另外还可以添加氧化铅或氧化锆等。

根据上述成分，通过改变比例，专利中列出5种玻璃配方，折射率为1.645—1.717，V值(阿贝数)为47.7—58.8。如第一种折射率为1.717、V值为47.7的玻璃配方(百分比)为：

SiO_2 : 15.0; BaO : 31.3; B_2O_3 : 15.4;



图5 1946年王大珩(右)与钱三强(左)、何泽慧在英国剑桥

ThO_2 : 11.3; La_2O_3 : 13.0;
 ZnO : 2.5; PbO : 9.0; ZrO_2 : 2.5

第二个专利的作者为 R. E. Bastick(通讯作者)与王大珩。仅包含一个配方,在钡硼硅酸盐玻璃中加入 14.5%的氧化钽。玻璃配方¹¹⁾中氧化钡含量高达 45%。因氧化钡只提高折射率,不提高色散率,可以替代氧化铅。这种玻璃的折射率为 1.650, V 值为 58.5, 也用于摄像镜头。

在英国申请专利,王大珩还谈到过一件趣事:“因为申请一个专利,要到专利局去,首先要我把手放在他的圣经上,说我讲的话都是真的。在这种情况下,我何必说我不信你的教呢?算了,我也就随大流了,你爱怎么样我就跟着走了。”^[11]

王大珩在昌司公司除研制光学玻璃配方外,还继续致力光学测量仪器的改进。他最重要的成就是于 1945 年创研了 V-棱镜精密折射率测定装置(折射仪),并制成商品仪

器,获英国科学仪器协会第一届“青年仪器发展奖”,得到一封致谢书信和 20 英镑奖金。^[32]

与分光光度计类似, V 棱镜折射仪也是测量玻璃光学常数的重要仪器。它的主要部件是一块带有 V 形缺口的长方形棱

镜,它是由折射率和色散均已知的优质光学玻璃,磨制成两个大小相等的直角等腰三棱镜,然后胶合而成。V 形缺口的张角为 90° , 两个尖棱的角度为 45° 。该棱镜与分光仪组成折射仪。被测物体加工成直角,放置在 V 型缺口内,中间填充特制的折射液。使用该仪器可以快速测定样品的折射率,优点是测量微小样品,被测样品磨制精度要求也较低^[33]。

现在, V-棱镜折射仪已经成为测量光学材料性质的经典仪器。1966 年,英国科学仪器展览会在天津举办,开幕式上还特地展示了这件当年由王大珩设计制造的仪器。

此外,王大珩还研究了玻璃的热处理性质,这是保证光学玻璃精密退火以得到物理均匀性的理论基础。在昌司公司的 5 年里,王大珩不仅掌握了光学玻璃制造中许多保密性很强的关键技术问题,还学会了一套从事应用研究和开发工作的思路和方法,特别是讲求经济实效

的意识^[34],这对他回国后从事新技术创业和应用研究的开发工作,有着深刻的意义。

5 结束语

王大珩在英国 10 年的学习和工作经历,对其一生从事光学事业有着决定性的影响。这期间,他分别在帝国理工学院接受光学设计训练,在谢菲尔德大学师从特纳学习光学玻璃制造技术,并进入昌司玻璃公司生产实践。王大珩接触到英国光学技术、玻璃制造技术和工业的最前沿,他的研究涵盖光学理论、光学仪器及光学玻璃工业生产,为他开创中国的光学事业积累了宝贵的知识和经验。

然而,要成为一位卓越的战略科学家,专注科学训练是不够的。除了工作和学习外,王大珩在英国还接触到左翼思想,与钱三强、李薰、彭桓武、朱树屏、王承绪、柯俊等人交往密切(见图 5)。他们相约报国,在新中国科技事业的起步阶段,留英科学家群体发挥了较为重要的作用。关于王大珩在英国的交游,作者将另文述及。

致谢 谢菲尔德大学玻璃研究中心为本文提供有关特纳教授资料,张宪锋查阅专利文献,葛能全先生、王扬宗研究员、刘文武先生为本文提供资料或修改意见,谨致谢意!

参考文献

- [1] 陈星旦主编. 庆祝王大珩教授从事科研活动五十五周年学术论文集. 长春:吉林科学技术出版社,1992
- [2] 马祖圣编著. 历年出国/回国科技人员总览. 北京:社会科学文献出版社,2007. 第 193,194 页
- [3] 彭桓武. 物理天工总是鲜——彭桓武诗文集. 北京:北京大学出版社,2001. 第 58 页

11) 配方为: SiO_2 : 21.5; BaO : 45.0; B_2O_3 : 19.0; ThO_2 : 14.5.

- [4] 杨镇邦. 深切怀念吴有训老师. 见: 吴有训百年诞辰纪念活动筹备委员会主编. 吴有训百年诞辰纪念文集. 北京: 中国科学技术出版社, 1997. 第43, 44页
- [5] 刘真 主编. 留学教育——中国留学教育史料(4). 台北: 国立编译馆, 1980. 第1939-1942页
- [6] 王大珩. 怀念吴有训老师. 见: 江西省政协文史资料研究委员会、高安县政协文史资料研究委员会编. 江西文史资料选辑第36辑: 吴有训. 北京: 中国文史出版社, 1990年. 第31页
- [7] 朱谨等. 朱树屏传记. 北京: 新华出版社, 2007年. 第20, 21页
- [8] Martin L C. Technical Optics, A revised and enlarged edition of "An introduction to applied optics". New York: Pitman publishing Corporation, 1948
- [9] Martin L C. Geometrical Optics. New York: Philosophical Library, Inc., 1956
- [10] Wang Ta-Hang. Pros. Phys. Soc. (London), 1941, 53: 157
- [11] 陈星旦、周立伟、卢国琛: 王大珩传略. 见: 宣明主编. 王大珩. 北京: 科学出版社, 2005. 第3—8页
- [12] 陈星旦、周立伟、卢国琛: 王大珩传略. 见: 宣明主编. 王大珩. 北京: 科学出版社, 2005. 第3—8页
- [13] [日]小仓磐夫著, 傅维乔等译. 现代照相机和照相物镜技术. 北京: 机械工业出版社, 1989. 第195页
- [14] 王大珩. 我的自述. 见: 宣明主编. 王大珩. 北京: 科学出版社, 2005. 第11-16页
- [15] Gooding E, Edward M(ed.). Glass and W. E. S. Turner. Sheffield: The Society of Glass Technology. 1951. p. 17
- [16] Gooding E, Edward M(ed.). Glass and W. E. S. Turner. Sheffield: The Society of Glass Technology. 1951. p. 21
- [17] Gooding E, Edward M(ed.). Glass and W. E. S. Turner. Sheffield: The Society of Glass Technology. 1951. p. 23
- [18] 王大珩. 我们永远怀念李薰同志. 见: 师昌绪主编. 李薰文集. 北京: 科学出版社, 2003年. 第714页
- [19] 干福熹等. 光学玻璃. 北京: 科学出版社, 1964. 第165页
- [20] 范以辉, 惠焕强. 计量与测试技术, 2006, (12): 11
- [21] Wang T H. J. Soc. of Glass Technology, 1942
- [22] Wang T H, Turner W E S. J. Soc. Of Glass Technology, 1943
- [23] Wang T H, Turner W E S. J. Soc. Of Glass Technology, 1943
- [24] Wang T H, Turner W E S. J. Soc. Of Glass Technology, 1945
- [25] Gooding E, Edward M(ed.). Glass and W. E. S. Turner. Sheffield: The Society of Glass Technology. 1951, p. 55
- [26] 王大珩. 我的自述. 见: 宣明主编. 王大珩. 北京: 科学出版社, 2005. 第12页
- [27] Gooding E, Edward M(ed.). Glass and W. E. S. Turner. Sheffield: The Society of Glass Technology. 1951. pp. 37—40
- [28] 管理中英庚款董事会考选第四届留英公费生章程及考试专门科目表. 全国学术工作咨询处月刊, 1936, 2(1): 45
- [29] 王大珩. 我的自述. 见: 宣明主编. 王大珩. 北京: 科学出版社, 2005. 第12页
- [30] 朱谨等. 朱树屏传记. 北京: 新华出版社, 2007. 第39页
- [31] 王大珩. 漫谈科学精神. 见: 宣明主编. 王大珩. 北京: 科学出版社, 2005. 第24页
- [32] 杨小武. 科学中国人, 2001, (1): 4
- [33] 干福熹等. 光学玻璃. 北京: 科学出版社, 1964. 第393—395页
- [34] 王大珩. 我的自述. 见: 宣明主编. 王大珩. 北京: 科学出版社, 2005, 第12页

Cryocoolers and Cryostats



**High Power
Cryocoolers
1.5 W @ 4.2 K**



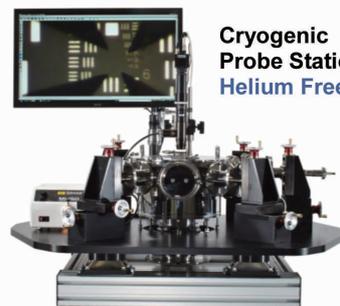
**ARS Manufactured
Closed Cycle
3 K — 1100 K**



**Top Loading
Fast Sample
Change**



**Cryogenic
Probe Station
Helium Free**



**Advanced Research
Systems**

www.arscryo.com
ars@arscryo.com