



李正邦

Li Zhengbang

**李正邦** 钢铁冶金专家。1933年5月7日出生于江苏省南京市。1958年毕业于哈尔滨工业大学。钢铁研究总院教授。长期从事特种冶金方面的研究开发和产业化工作。设计开发了国内第一批工业电渣炉,生产出无发纹钢、高温合金产品,并在液渣启动、液位控制、连续抽锭和二次冷却等工艺技术上有所创新;率先开发了电渣熔铸技术,研制成曲轴、发动机涡轮盘等产品;开发了以白云石为基的无氟渣,重熔效率高,电耗明显降低,炉前大气含氟降低;首先发现电渣重熔提纯净化发生在电极端头的机理。多次获得国家及省部级奖励。发表论文206篇,出版专著5本。1999年当选为中国工程院院士。

1933年5月7日我出生于一个典型的知识分子家庭。祖父李于霖系清末贡生,毕生从事教育;伯父李显文毕业于东南大学,创办仪征中学;父亲李方训原南京大学副校长,中国科学院第一届院士(原称学部委员),物理化学家,在电化学领域作出系统贡献;母亲林福美系英文教授。仪征市老家书房中有一副录自韩愈的格言“书山有路勤为径,学海无涯苦作舟”,可算是世代相传的家风。

1965年结婚,爱人刘叙仪毕业于中国医科大学,现任北京大学肿瘤临床学院,教授,胸癌首席专家。岳父刘敦楨,古建筑学家,中科院第一届院士……

在家庭的熏陶下,幼小的心灵中有一种使命感,认为勤苦治学是“人间大道”,我似乎是一个过河卒子,“有进无退”。

我4岁那年(1937年)抗日战争爆发,父母任教的金陵大学由南京西迁成都,6岁我进入华西坝小学读书。小学时代我喜欢足球,擅长演说。记得小学毕业那年,学校开了一次辩论会,会上我担任反方主辩,显示雄辩能力。我酷爱文学,还能写点新诗。朱自清伯伯是父亲中学时代的挚友,抗战年代在昆明西南联大任教,家却住在成都。一次我将自己写的一首“雾中行”新诗请教,他颇赞赏,但对我父亲说“正邦还是学理工,中国要富强更需要理工人才”,从此我一生遵从此教导,决定一生专业方向。当时流行的思潮是,日本胆敢侵略中国,原因就在于我国教育与科学的落后,父亲当时致力于“教育救国”,“科学救国”,身体力行,在金陵大学任理学院院长,教学、行政工作外,致力于科学研究。在日机轰炸下,他带着科学记录躲进防空洞,继续演算。他在电化学上一系列突破从这段难忘岁月开始,父亲是我做人的楷模。

终于盼来了抗战胜利,我们全家由成都返回南京,我考入南京金陵中学。金陵中学是一所教会中学,办校历史悠久(至今已105年),校园幽美。嵯峨的校舍林立其中,有体育馆和两个足球场,师资力量很强,学校设备完善,物理、化学、生物实验全由学生亲自动手。学校以英语和数理化见长,很重视音乐课。校长认为,音乐是启迪人类创造之源,音乐课每周三次,两位老师授课,一位弹钢琴,一位指挥合唱。记得上世纪90年代我报名北京教授合唱团,当时团的骨干多系音乐学院退休教授,入团考试时鉴于我识五线谱,唱了一首李叔同的“送别”,颇到位,被录取了,这都是那时打下的基础。

国民党政府反动腐败,发动内战,物价飞涨,社会动荡,民不聊生。1947—1948年,父亲赴英、美讲学,母亲赴美攻学位。1948年秋天全国胜利前夕,父亲归国,母亲1949年秋由美

国辗转回到解放区天津,家人团聚,迎接新中国成立。父亲参加了政协,被任命为国立金陵大学校长,我入了团。高中三年六学期我最高名次为第六名,最低第十名,其他徘徊其间,因为我担任学生干部不能全心专注于功课上,我先后任班长,学生会学习部长,学生会主席,但这却锻炼了我的组织能力,对我参加工作后在研究院历任实验室主任,研究室主任,所长及工程指挥等职有帮助,使我能团结同仁,各展其长,发挥合力,运作自如。

早在1951年秋天,父亲李方训先生赴哈尔滨参加教育部召开的全国大学校长会议,我得悉哈尔滨工业大学全部采用苏联鲍曼大学学制,六年制,是一所培养总工程师的学校,1952年秋我欣然报考,以高分考入机械系。

大学时代我并不重视分数,侧重理解与融会贯通,当时学校奖励“全优生”,而在大学六年我仅两次得此“殊荣”,其他学期总有一两门课程得“良”。记得四年级“弹性力学与塑性理论”系一门难度较大的专业基础课,我因担任学生干部忙于社会工作仅看了一遍教材,因此记不得公式,好在基本原理很清楚,我一步步的推导终于导出了表达公式,苏联专家当场表扬完美(отлично)。大学教我化学的周定老师,曾是一位女地下党员,曾赴苏深造,时担任教研室主任,教学注重教书育人,发现我提问超出课堂讲授内容,多次称赞我学得活。半个世纪过去了,2002年哈工大100周年聚会上我与周定老师重逢,她仍记得我,当场表示,我“当选院士她不感意外”。

1957年春,我提前毕业调入师资研究生班,跟苏联教授高达尔斯基(гадалский)学习冶金物理化学,并参加“电渣焊”课题从事研究,准备为焊接、铸造、金相等专业本科生讲授“冶金物理化学”。鉴于中文较简洁,若照搬苏联专家讲稿,45分钟的课大约36分钟即讲完。更重要的是我父亲曾告诉我,讲授一门课必须三倍的知识才能顺利达到水准。这迫使我阅读了更

多的专著,并演算试题,这为我以后研究工作打下基础。

1958年,苏联专家调北京机械科学研究所,我分配到冶金建筑研究院装备所承担“800轨梁轧机”电渣焊工程,仍接受 гадалский 指导。

上世纪60年代中期,欧美各国应用电渣重熔技术均引进乌克兰巴顿焊接研究院技术。在1958年苏联援助中国技术限于电渣焊,而电渣重熔属于保密的禁区。当时我在首钢下厂工作,经精心准备,利用高炉风管改装成结晶器,将电渣焊机改装成电渣炉,冶炼出质量优良的高速钢,那天是1958年12月9日凌晨(30年后被金属学会定为中国电渣冶金生日),成果发表于《焊接》杂志国庆10周年特刊,引起有关部门、国内外同行的重视,我也从此步入电渣冶金的天地。

1960年,我负责设计国内第一代工业电渣炉,当时由我绘制总图及剖件图,有四个年轻的中技毕业生测绘零件图。设计审核由当时系主任曾乐工程师承担。曾乐工程师的精湛的工程经验对我帮助极大。1959年国庆10周年后,钢铁学院朱觉教授看到我的成果后,立即带队前来合作,开始研究电渣重熔航空用轴承钢,朱觉教授的参与有助于电渣重熔进入特钢行业。此后我承担了重庆特钢、大冶钢厂建立电渣车间任务,生产出无发纹钢、航空轴承钢、模具钢、工具钢、高温合金等一系列产品,与国外同类技术相比,在液渣启动、液位控制、连续抽锭、二次冷却等方面有创新。1965年2月被授予国家发明奖,我是发明人,曾乐主任、朱觉教授同列发明人。

1963年,冶金部金属学会召开第二届全国会议讨论冶金工业发展方向,我在大会上做了电渣冶金的报告,会场由邵象华先生主持。邵先生不按资格和地位排序,在会程中,让我第一个报告。会后在邵先生建议下,钢铁研究总院陆达院长打报告申请,经冶金部刘斌部长批准,

于1963年末我带着梯队和科研设备由冶金建筑研究院冶金装备所调入钢铁研究总院。在邵先生直接领导下工作,我步入了治学的黄金时代,邵先生担任炼钢室主任,我被邵先生委任为电渣冶金专业组组长。在研究室内学术空气很浓厚,学术报告会与 Symposium 不断。早在1961年我即发现电渣重熔去除钢中夹杂物主要发生在电极端,论文在1965年NO1《钢铁》杂志发表后引起国际同行争论。以后在邵先生支持下,电渣重熔去除夹杂物机理列为国家课题,我采用灵敏度极高的同位素( $Zr^{95}$ )的方法,证实钢中夹杂物主要发生在自耗电极端头熔化段,反应是炉渣对钢中夹杂物的吸附和溶解。以后1988年在第九届国际真空冶金会议上,我系统报告了这一机理,并介绍了依此机理制定工艺的冶金效果,大会主席巴特博士当场表示:“从此去除夹杂物机理之争可以结束!”论文为英国《钢铁工程师》、苏联《特种电冶金》、美国《金属进展》、日本《特殊钢》等杂志全文转载。

1966年“五一”期间,我陪同邵象华先生登庐山,秀丽景色、博大的气势,令人精神升华。但一场民族的灾难即将降临!“文革”其间邵先生受到不公正的待遇,我也在大字报中受批判,成了“修正主义苗子”,邵先生仍然安慰我:“别人对你过不去,你可不能再自己对自己过不去”,使我彻悟!当时的理论是无产阶级全面专政就是对资产阶级知识分子的专政。由于我家三代人全是知识分子,成了“彻头彻尾”的资产阶级知识分子,人称“臭知识分子”,我想幸亏尚有点知识,否则岂不成了“臭分子”,势将沦为黑五类之列。所以整个“文革”期间,我是置身世外,自觉地当逍遥派,可谓“两耳不闻窗外事,一心只攻 science”。我懂得的价值就在尚有点科学知识,因此我专心致志学习,很多基础课程如金属物理、量子力学、模糊数学、反应工程学等基础课程是这个时期补上的。

“文革”期间,当时战略是准备打仗,军工制品的毛坯制造是瓶颈,我根据多年探索,深知经

电渣重熔的金属材料具有金属纯净、组织致密、成分均匀、表面光洁的特点,可实现以铸代锻。因此我提出利用电渣重熔技术以铸代锻,受到冶金部军工办李振南司长、国防工办刘伯罗秘书长和赖坚局长的重视与支持。

我率先设计了专用电渣熔铸炉,开发了工艺软件,先后研制成电渣熔铸的潜望镜管、火炮身管及炮尾、飞机起落架、曲轴等产品,为此,1978年获“全国科技大会奖”两项奖。我懂得在实践中学习,“文革”十年我几乎在工厂生产一线度过,我带着军工项目,下到大冶钢厂,每天下厂做实验,检验和设备改造,晚上的时间将是我最好的读书时间。钢厂图书馆虽不开放,但图书和期刊尚未中断,我可以优先借阅,我深知这种机会来之不易,我珍惜每一分钟时间,珍惜这每一个难得的自学机会。

记得1978年夏天,大冶钢厂“文革”两派发生武斗,军代表在现场制止武斗,我为了保护进口测试设备,冒险进厂,为军代表发现。当时一军的贾参谋长印象是“这个知识分子如此爱护公物,肯定是一个爱国知识分子”,事后他细心观察我在工厂生活的轨迹是:车间—中心室—图书馆—招待所,全身心投入军工研制,接着贾参谋长和曹政委找我谈话,了解我的家庭与个人经历,他俩肯定“您父亲是党团结的统战对象,您应该是党培养对象”,这是我“文革”以来听到的最亲切的鼓励。从此我参加大冶钢厂生产指挥组工作(“文革”期指挥生产机构),我被委以重任,在我建议下,军代表启用一批大冶钢厂有真才实学的工程技术人员。

1972年,我承担了大型喷气式飞机(含轰炸机与客机)发动机涡轮盘的制备任务,这是世界性的难题!因为涡轮盘材料系高温合金,难变形,必须大型水压机( $>36\ 000\ t$ );其次由于涡轮盘形状造成不同部位变形不均匀,引发组织不均。我提出立式电渣熔铸方案解决组织不均,并使柱状晶平行于盘件主受力方向,利用组织的优势,发挥性能潜力,制成涡轮盘,装机使

用成功。按原设计要求通过二次 800 小时台架试车,300 小时装机试飞,定型转产。1982 年在国际高温合金会议上报道了这一成果,引起了轰动,著名学者 Micchell 教授评价:“这是重大的突破,关键在于金属纯净与凝固控制。还是中国人聪明!”1982 年获国家发明奖。

1976 年,中央一举粉碎“四人帮”,我欣喜若狂,并做了一首七言绝句,这代表我的心情:

岁岁风雨压重阳,  
而今重阳喜若狂。  
一举粉碎四人帮,  
八亿神州凯歌扬。

十一届三中全会后,邵象华先生先入党了,相继不久我也入党了,成为一名共产主义战士。在支部大会上,邵先生伸出手和我长时间握手,我万分感动,“百川归大海”,一老一少两代献身科学的知识分子走在一起,成为共产主义战士。

在改革开放大好形式下,中国出现了发展的好时机,我深受鼓舞,工作也倍加努力。

1980 年,我国电渣冶金已形成一定的生产力,面临迫切的问题是:节能降耗,防止污染。我开发了以天然炉料白云石为基的无氟渣,炉渣具有较高的比电阻,使电渣重熔生产率提高一倍,电耗降低一半,达 930kwh/t,炉前大气含氟 $\leq 1\text{mg}/\text{m}^3$ ,并在全国推广,1990 年获国家发明奖。

1982 年,我承担了国家攻关任务:研制大尺寸优质高速钢( $\geq 100\text{mm}$ ),虽然我国钨、钼、钒资源丰富,国外用我国资源制成高速钢,返销我国获暴利。我根据电渣过程电磁搅拌现象,采用紊流流动  $K-\epsilon$  模型,在计算机上求得渣池速度场,计算出凝固前沿温度变化,求得局部凝固时间 LST,从而控制碳化物分布与颗粒,使电渣高速钢质量达到国际名牌 Isodics 水平,变大尺寸高速钢进口为出口。1986 年获冶金科技进步一等奖。

1991 年科学院恢复院士增选工作,当时院里要推荐我,而我胆怯,不敢接受推荐。邵象华

先生在病床上鼓励我,选举结果我虽进入决赛圈,但得票未过 2/3 而落选,得到消息后我深感惋惜,邵先生当面批评我“不能抱侥幸心理,不能靠打擦边球入选”。以后两届工程院院士选举我几乎又重复了同样结果。钢铁研究总院院长殷瑞钰院士明确给我指出:“你的成就都集中在电渣冶金领域,太窄!需要拓宽。”在邵象华、殷瑞钰两位院士启迪下,我领悟到:院士是最高学术称号,好似数学极限,只有不断努力,才能接近无限。当  $\text{Lim}t \rightarrow 0$  时,就成了院士,纵然一生成不了院士,但学术上不断有突破也不虚度此生。

1996 年我国铁路主干线开始提速,机车、车辆弹簧过早折断成了制约因素。接铁道部委托,我分析原因是弹簧钢中脆性夹杂物在表层形成微裂纹引发疲劳断裂,我提出用超高功率电弧炉冶炼—钢包精炼炉 LFV—连铸流程,采用超低氧、夹杂物变性工艺,使钢中脆性夹杂物(刚玉  $\text{Al}_2\text{O}_3$  型)变为塑性夹杂物(钙斜长石型  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  及硅灰石  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ),制成弹簧,疲劳寿命 $> 100$  万次,满足提速要求,受到铁道部及国家发改委嘉奖。

早在上世纪 90 年代初,我关注到超高功率电弧炉的发展及电化学理论进步,提出精矿直接还原代替铁合金冶炼合金钢的设想,进行了实验室研究。这项开拓性工作受到冶金界前辈师昌绪院士支持,国家自然科学基金予以资助。1998 年,我率梯队到重庆特殊钢铁公司进行了工业试验。当时选择 M-2 高速钢为试典产品。鉴于 M-2 高速钢合金元素达 4 种之多(W、Mo、Cr、V),合金含量高达 17%,提出用钨精矿、钼精矿、氧化钒矿直接合金化代替铁合金冶炼高速钢,达到缩短生产流程,提高生产率,降低能耗,提高合金元素收得率,改善环境。克服反应动力学障碍,实现低温快速还原,开发了碱度动态控制技术,提高了合金元素在渣—钢中分配系数,发明了阻尼剂抑制钼挥发。冶炼一吨钢成本降低 7 000 元,使高速钢生产利润

翻一番。现列为国家重点成果推广项目,已在重庆东华特钢公司、江苏天工集团公司、江苏福达特钢公司推广。2002年通过国家鉴定,获重庆市科技成果奖,获国家发明专利号 ZL001299824。被《世界金属导报》评为世界炼钢与连铸十大要闻,为国务院办公厅《互联网信息》刊登,曾培炎副总理特作批示。

我积多年从事科研的经验,深切了解科技上原创技术是基于理论上的创新,所以一直重视理论上的探索。苏联院士 Есин 发现“电毛细效应”即交流电引起引起钢—渣界面张力  $\sigma_{sl}$  周期性变化,促进炉渣吸附和溶解钢中夹杂物。但俄罗斯院士 панин 用 X 光透视电渣过程未发现振荡现象。从此国外冶金专著不再提及电毛细振荡。我指导研究生利用透明容器当结晶器,用巴氏合金做电极,在导电水溶液中通交流电,用高速摄影技术记录了界面振荡现象!可见 панин 在荧光屏上凭肉眼观察失准。这一发现发表后,国内外同行重新用电毛细振荡解释冶金过程。

2003年,我带领博士生、博士后承担了 973 课题“零夹杂钢研究”,采用真空感应炉—真空电弧重熔,炼成超纯 42CrMo 钢,氧含量达 2~4ppm。并提出钢液中氧及脱氧元素含量低于凝固温度饱和浓度积的前提下,可保证夹杂物在凝固后析出,确保夹杂物为亚微米尺寸即  $\leq 1 \mu\text{m}$ ,在光学显微镜下 100 倍率常规检验,无法观察到。为此我们炼成 42CrMo 高强度钢,在负荷  $\sigma_{-1} = 780 \text{ MP}$  下,疲劳寿命 N 由  $10^7$  次提高到  $10^9$  次。

我的成果与工程院某些成就卓越的同仁相

比是微不足道的。我深感国家对我成果的肯定与国际同行对我的认定是过分了。可以说“我是一个幸运者”。我获国家发明奖 3 项,其他国家技术奖 5 项(国家技术进步奖 2 项,科技大会奖 2 项,国家星火奖 1 项),部级一等奖及二等奖 15 项。1983 年在日本召开的第 7 届国际真空冶金会议上获论文奖。1988 年在美国召开的第 9 届国际真空冶金会议上被授予“贡献奖”。1990 年第 10 届国际真空冶金会议上我担任分会主席。苏联密多瓦尔(МЕДОВАР)院士所著《电渣金属质量》一书引述我的成果达四处。

我累计在国内外发表论文 315 篇(其中第一作者论文 206 篇,研究生论文列第二作者 109 篇)。

1988 年被授予国家级有突出贡献的中青年专家。

1990 年被国务院学位委员会评为博士生导师。

1999 年当选为中国工程院院士。

“老骥伏枥,志在千里;烈士暮年,壮心不已”,我虽已过古稀,但所幸健康情况尚好,梯队后继有人,科研条件具备。科技兴国的年代理当有一分热,发一分光。过去成就“俱往矣”,警惕“半山效应”,从零开始,永当科技尖兵。

经保持共产党员先进性学习,有感于怀,特赋《醉明花》一首:

建国兴业过半世,九州和谐始。

国力日鼎昌,红旗高扬,举国齐心治。

古稀之年匆匆至,白发岂移志?

莫道桑榆晚,万里长征,赤胆依然炽。