



《邵象华院士文集——庆祝邵象华
院士九十六华诞》编委会 编

庆祝邵象华院士九十六华诞

邵象华院士文集



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

邵象华院士文集

——
庆祝邵象华院士九十六华诞

《邵象华院士文集——庆祝邵象华
院士九十六华诞》编委会 编

北 京

冶金工业出版社

2009

图书在版编目(CIP)数据

邵象华院士文集：庆祝邵象华院士九十六华诞/《邵象华院士文集：庆祝邵象华院士九十六华诞》编委会编. —北京：冶金工业出版社，2009.2

ISBN 978-7-5024-4737-3

I. 邵… II. 邵… III. ①邵象华—文集 ②钢铁工业—文集 IV. TF-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 211971 号

出版人 曹胜利

地址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号，邮编 100009

电话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 马文欢 美术编辑 李心 版式设计 张青

责任校对 侯 璐 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4737-3

北京盛通印刷股份有限公司印刷；冶金工业出版社发行；各地新华书店经销
2009 年 2 月第 1 版，2009 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16；28.75 印张；6 彩页；683 千字；447 页；1-600 册

95.00 元

冶金工业出版社发行部 电话：(010)64044283 传真：(010)64027893

冶金书店 地址：北京东四西大街 46 号(100711) 电话：(010)65289081

(本书如有印装质量问题，本社发行部负责退换)

《邵象华院士文集 ——庆祝邵象华院士九十六华诞》 编委会

名誉主任 殷瑞钰

主 任 干 勇

副 主 任 刘 浏

委 员 (以姓氏笔画为序)

干 勇	才 让	王 臣	邓开文	田志凌
刘 浏	杜 挺	李正邦	李 波	杨晓健
何 平	佟溥翹	张柏汀	张剑武	陈永定
知 水	周 康	赵栋梁	赵明汉	赵施格
秦 松	徐若钢	唐仲和	董 瀚	魏季和

出版者的话

邵象华院士是我国近代钢铁冶金工程的奠基人和开拓者之一，是对我国钢铁冶金事业的发展做出了重要贡献的、国内外著名的冶金学家，现任钢铁研究总院技术顾问。邵院士著述甚多，曾出版专著《钢铁冶金学》（东北工业出版社，1950年），翻译多部国际经典钢铁冶金著作，如《钢冶金学》（苏联，К. Г. ТРУБИН，Г. Н. ОЙКС 著，重工业出版社，1950年）、《碱性平炉炼钢》（美国钢铁学会编著，东北工业出版社，1951年）、《氧气顶吹转炉炼钢》（美国钢铁学会，R·D·佩尔克等著，冶金工业出版社，1980年），发表过很多论文，这些著作和论文对开创我国钢铁冶金事业起到了至关重要的作用。

本书共收录了50余篇论文（均以论文发表时间为序）。一部分为邵院士从抗战时期至20世纪90年代发表过的一些论文，另一部分为邵院士领导下的鞍钢、钢铁研究总院各时期研发团队发表过的部分论文。以此来纪念邵院士多年来对冶金行业所做的杰出贡献，并表达冶金科技工作者们对邵院士的尊敬和感谢之意。

本书展示了我国冶金工程发展的历史，读者可以通过本书了解老一辈冶金科技工作者的累累硕果。我们也希望本书的出版能对新一代冶金科技工作者有所启发。

谨以此书庆祝邵象华院士九十六华诞！

序

邵象华先生是1955年中国科学院首批学部委员（院士），1995年又当选为中国工程院院士，曾是第一、二、三届全国人大代表，现任钢铁研究总院技术顾问。

在当代中国冶金界，邵象华先生是我最崇敬的一位长者，因为邵老为人正直，平等待人，学术思想活跃，敢于直言，对我国钢铁事业的发展做出了杰出贡献。早在1945年我大学毕业后，被分配到资源委员会四川綦江电化冶炼厂，那时邵先生是炼钢厂厂长，我只是炼铜厂的一名甲种实习员。不久抗战胜利，邵先生率团到东北接收鞍山钢铁公司；翌年，我也调到鞍钢，那时邵先生是六名协理之一，我则在杨树棠协理名下做了一名技术秘书，因同在大白楼办公，开始和邵先生有些接触。1955年我从美国留学归来，被分配到在沈阳的中国科学院金属研究所，报到后不久就指定我主持“支援鞍钢工作组”的工作。当时备受邵先生无微不至的照料和精心指导，受益良多。1984年我调至北京后，同在技术科学部活动，与邵先生有更多的接触；进一步感受到邵先生的人格魅力和献身于我国钢铁事业的高贵品格。

在邵老已经走过的九十六个春秋中，一直有一个难以舍弃的梦想——钢铁救国。早年赴英国伦敦大学帝国工学院选择冶金专业，取得硕士学位时，恰逢原资源委员会主任委员翁文灏先生访英会见了，并邀请他回国参加筹建位于湖南的中央钢铁厂工作。他毅然放弃留校继续深造的机会，开始了他为钢铁救国而奋斗的漫长历程。1938年，日本侵华战争的战火蔓延至湖南，中央钢铁厂被迫缓建，第一个钢铁梦在抗战烽火中灰飞烟灭。1941年资源委员会又把在武汉大学任教的邵象华教授请到四川，任綦江电化冶炼厂炼钢厂厂长，亲自主持设计我国第一座现代碱性平炉，该炉于1944年投产，并由此成为我国冶金史上的一件盛事。后因抗战胜利，不久停产，第二个钢铁梦不了了之。随之他受命赴东北接收鞍山钢铁公司，任公司协理和制钢所所长。鞍钢在战争中遭到严重破坏，恢复生产后又被迫停产，第三个钢铁梦又一次

破灭。梦想一次又一次破灭，他想不通，心情十分沉重，也许钢铁救国之梦原本不属于那个时代。

1948年2月19日鞍山迎了解放，邵老和同事们经过几个月的政治学习，开始觉悟到为什么过去实现不了钢铁救国的梦想，决心把全部身心投入到鞍钢的重建，重新实现钢铁救国的梦想。他日以继夜地努力工作，用最通俗的语言向工人讲解生产操作技术要领，指导年轻的大学毕业生迅速提高专业水平，每周三次在清晨上班前向转业干部讲管理课、技术课，为鞍钢重建、迅速恢复生产培养了大批急需人才，也为以后支援全国新建钢铁基地所需人才做出了巨大的贡献。1950年开始，他主持制定鞍钢公司技术管理制度、技术管理体系和操作规程，被公认是我国现代大型钢铁联合企业技术管理的重要奠基人之一。1950年，他撰写出版了我国第一部《钢铁冶金学》专著。与此同时他还翻译出版了多部国际经典著作，包括苏联的《钢冶金学》和美国的《碱性平炉炼钢》等，80年代初，他还翻译了美国的《氧气顶吹转炉炼钢》巨著，这对我国钢铁工业的发展起到了积极的推动作用。

1958年邵象华先生调入冶金部钢铁研究总院后，带领研发团队承担了许多国家亟待解决的重大关键技术的研究工作，如真空熔炼，电炉冶炼超低碳不锈钢，平炉渣提取Nb、Mn合金的生产流程和铁水喷雾连续提Nb、Mn等新工艺，都取得了重大成果。他还凭借着敏捷的思维和极强的前瞻战略目光在国内率先带领研发团队开展了转炉炼钢、炉外精炼、连铸、薄板坯连铸连轧等影响整个钢铁行业发展的重大新技术、新工艺研究工作，并积极倡导推广、应用，为我国钢铁工业的发展做出了杰出贡献。

20世纪80年代末，西方专家学者提出淘汰传统制造业的主张，国内也有人误信钢铁工业已成为“夕阳产业”。邵老却通过报刊和在各种会议上大声疾呼，强调我国当然要发展高科技、信息产业等，但我国的钢铁工业不是“夕阳产业”，而是欣欣向荣的最关键产业之一。我国钢铁工业近20年来获得了高速发展，证实了邵老的高瞻远瞩，他的主张是完全正确的。

邵老还积极参与了许多国际钢铁界学术交流，先后赴前苏联、捷克、德国、法国、美国、日本等十几个国家考察、交流。1981~1985年连续三次参加了中日炼钢学术会议，为促进中国钢铁技术界与世界各国钢铁界同行学术

交流、双边合作等做出了突出贡献。

邵老在钢铁冶金业德高望重、造诣深厚，是我国近代钢铁冶金工程的奠基人和开拓者，是享誉国内外的著名冶金学家。1992年被日本钢铁协会推选为名誉会员，并获汤川纪念讲演奖章。1998年在我国两院院士大会上获我国工程技术最高荣誉——中国工程科技奖。

邵老治学一贯严谨，在学术研究上从不放过一丝一毫的疑点，他对学生和同事的严格要求也是有目共睹的。在学术上善于听取各方面不同观点，没有门户之见，从不用院士头衔压人，也从不把自己的学术观点强加于人。

亲历了新旧中国的邵老深深体会到，只有新中国才能圆自己一生追求的梦想，他从内心热爱中国共产党，并渴望自己也能成为其中一员。1981年，他以68岁高龄光荣地加入了中国共产党。邵老非常热爱工作、热爱生活，至今他虽已96岁高龄，但仍在不断学习，不断思考，不断提高自己的人生价值，他乐观向上的精神风貌永远值得我们学习。

本书收集的论文为邵老在抗战后方及鞍钢、钢铁研究总院各时期研发团队发表过的部分论文，共50余篇。仅以此书庆祝邵象华院士九十六华诞！

祝邵老健康长寿、幸福安康！

祝邵老科学之树枝繁叶茂，永远常青！

中国科学院院士
中国工程院院士

师昌绪

二〇〇八年十一月十五日

目 录

邵象华.....	魏季和	1
炼钢平炉之设计	邵象华	10
鞍钢生产中的新技术	邵象华	28
钢铁工业应大型化	邵象华	31
减少沸腾钢有害偏析的研究		
I. 在钢锭模内用氧气(空气)处理	邵象华 潘月珠	34
减少沸腾钢有害偏析的研究		
II. 钢3巨型钢锭的吹氧、吹空气和加钢板冷却处理 ...	邵象华 胡文淦 潘月珠	47
真空熔炼的物理化学	邵象华	57
铬铁吹氧脱碳的平衡关系	毕 铭 (邵象华)	77
炼钢脱磷的理论和实践	毕 铭 (邵象华)	81
锰铁吹氧脱碳的热力学探讨	邵象华	91
第七届钢铁冶炼物理化学国际会议	邵象华 冀春霖	96
包钢铁水提铌工艺研究.....	邵象华	107
TECHNOLOGICAL STUDIES FOR THE EXTRACTION OF NIOBIUM		
AND MANGANESE FROM BAO-TOU HOT METAL	Shao Xianghua	118
钢铁工业在技术进步中高速发展.....	邵象华	132
我国钢铁工艺发展概况和前景.....	邵象华	136
从钢铁发展论科学研究与技术开发.....	邵象华	146
STRIVING FOR MORE AND BETTER STEEL——BEHIND CLOSED		
DOOR AND IN THE OPEN	Shao Xianghua	151
真空感应炉氧化镁坩埚熔炼纯铁的研究.....	吴超万 李伟立 邵象华	172
真空感应炉熔炼纯镍时氧化镁坩埚的供氧问题		
..... 知 水 曲培迅 高步信 赵仁川 芦希恕		183
真空感应炉内液态镍和镍铬合金中的碳氧反应		
..... 唐仲和 燕德顺 钟挹秀 杨 栋		188
底吹氧气转炉低磷生铁的炼钢工艺.....	钟甬芳 关立华 林谋胜	199
多孔喷枪的冲击面积.....	姚锡仁 张孟亭	211
电渣重熔、真空电弧重熔、电子束重熔 GCr15 钢的凝固		
及其组织.....	钟挹秀 高银露 知 水	220
氧气底吹转炉吹炼含铌磷铁水提铌.....	陈永定 邓开文 钱国钧	228
氧气底吹转炉喷粉吹炼含3%磷的高磷半钢		
..... 邓开文 钱国钧 杨林章 于三友 杨启星		234

电渣熔铸 30CrMnSiNiA 钢性能的研究·····	李正邦	张家雯	黄国强	240
钢包喷粉脱硫工艺试验·····	知 水	张秉英	王延清	249
用 ZrO_2 固体电解质电动势法测定 1600℃ 时液态 Fe-Nb-O 合金的 热力学性质·····	唐仲和	朱果灵	单玲珍	257
锰铁脱磷的实验研究·····	汪大洲	邵象华		263
调整工艺参数对真空自耗重熔锭熔池深度影响的研究·····	周兴铮	祁国策	潘京一	273
VAR 重熔电流对熔池深度影响的数模研究 ·····	祁国策	周兴铮	潘京一	281
含氧化铁渣与铁液中铌的氧化反应动力学研究·····	王来华	唐仲和	陈永定	288
钇在铁液中脱氧、脱硫和脱硫氧的热力学研究·····	王龙妹	杜 挺		296
铁基二元熔体在含氧气氛下悬浮氧化的动力学·····	高筱苏	陈永定	唐仲和	306
钛渣还原度与高温性质的关系·····	崔淑贤	曲培迅	李继宗	316
连铸保护渣分熔倾向度的测定方法及 $CaO-SiO_2-Al_2O_3-Na_2O-CaF_2$ 系 分熔倾向度数模·····	孙长悌	林功文		324
针式钢液浓差定氧电池·····	张孟亭	周 萍		330
顶底复合吹炼中的氮行为·····	张柏汀	姚锡仁		338
煤氧复合吹炼工艺的实验开发 ·····	刘 浏	邵象华	郭 征	346
低碳铁液中 CO_2 气泡的行为研究 ·····	何 平	邓开文	张荣生	355
无氟渣电渣重熔及铸锭的凝固组织·····	张家雯	李正邦	杨海森	361
转炉顶底复合吹炼半钢的研究·····	杨文远	徐维华	刘志昌	369
喂线——钢包冶金的一项新技术·····	张秉英	魏振宇	滕 梅	377
底吹 $CaCO_3$ 粉剂转炉复合吹炼法的研究 ·····	郭 征	佟溥翹	钱国钧	384
薄板坯连铸用特殊保护渣的研制·····	朱果灵	张贺林	席常锁	391
煤粉保护底吹氧枪机理的实验研究·····	刘 浏	邵象华	郭 征	396
中宽度薄板坯连铸工艺特性研究 ·····	干 勇	张柏汀	倪满森	405
连铸薄板坯质量研究·····	卢 震	张柏汀	干 勇	413
稀土元素在铁基溶液中的热力学·····			杜 挺	418
熔融还原炉中二次燃烧传热的研究·····	张荣生	程向明	邓开文	425
转炉底喷粉剂输送特性·····			佟溥翹	431
电渣精铸裂解炉弯管·····	林功文	李正邦	杨海森	439
附 录·····				447
附录 1 本书出现的非法定计量单位与法定计量单位的对照和换算表 ·····				447
附录 2 本书出现的物理量或术语新旧名称对照表 ·····				447

邵象华^①

魏季和

邵象华 1913年2月22日生于浙江杭州。钢铁冶金及工程专业。

邵象华出生于一个中学教师家庭。父亲邵家驹，为维持生计和培养子女，常在数校同时任教。母亲吴仲馥，是一个勤俭善良的家庭妇女。清贫的家境使他很早就懂得体谅双亲的辛劳。父亲十分勤勉，处事治学认真、严谨，对子女要求甚严，对他以后的成长有重要的影响。

1919年，邵象华进入衢州中学附属小学初小部读书，1922年转升入杭州木业小学高小部；1924~1926年就读于杭州宗文中学初中部，毕业后考入浙江公立工业专门学校（后改为浙江大学预科）。他自幼勤奋好学，才思敏捷，加上父亲的悉心辅导，学业超群，多次跳级，以9年时间完成了从小学到高中12年的学业。

1928年，邵象华怀着工业救国的理想进入浙江大学化工系。1932年，他以全优的成绩毕业，年仅19岁。毕业后即被推荐至上海交通大学化学系任助教。两年后，他考取第二届中英庚子赔款公费赴英留学资格，入伦敦帝国理工学院主修冶金，于1936年获伦敦大学一级荣誉冶金学士学位。当时刚问世不久的钢的表面渗氮硬化技术引起了邵象华的浓厚兴趣，于是，他在H. C. H. Carpenter（卡本特）教授门下从事钢渗氮硬化机理的研究，于1937年获冶金硕士学位，并获马瑟科学奖金（Mathey Prize），先后被授予英国皇家矿学院会员学衔和帝国理工学院奖状。正当他准备接受卡本特教授的提议继续留校攻读时，适在英伦访问的原资源委员会主任委员翁文灏召见了，动员他参加筹建中的中央钢铁厂的工作。邵象华觉得这是实现自己的理想、报效祖国的极好机会，毅然接受了翁文灏的邀请，并在其安排下赴西欧多国考察钢铁企业，随后转赴承建中央钢铁厂的德国克虏伯钢铁公司，在该公司炼钢厂和研究所实习、进修，由此与钢铁和工程结下了不解之缘，开始了在这个领域半个多世纪孜孜不倦、锲而不舍的耕耘和探索。时值日本侵华战争爆发不久。

1938年夏，中央钢铁厂所在地已经沦陷，资源委员会决定该厂缓建，邵象华被暂分配至建设中的生产动力机械的昆明中央机器厂。他在瑞士的两家有合作关系的机械制造企业作短期考察后，于该年11月回国，负责建立该厂的理化实验室和耐火材料厂。

1939年夏，邵象华应迁在四川乐山的武汉大学的邀请，出任该校工学院首任冶金教授。次年，资源委员会决定在西南后方建立钢铁厂，他被调回该会工作，不久奉派到所属四川綦江电化冶炼厂负责创建炼钢厂并任厂长。1942年9月，邵象华与从事史学研究的王晓云女士结婚。次年，他们的女儿出世，取名“贝羚”。或许是受父亲的熏陶和影响，她后来也主攻冶金，是北京钢铁学院（现北京科技大学）金属物理系1965届毕业生，后又师从金属物理学家柯俊教授，于1981年获工学硕士学位，现为北京有色金属研究总院

① 原刊于《中国现代科学家传记》，科学出版社，1994年10月，第6集，873~887页。

高级工程师。

1945 年抗日战争胜利后,邵象华奉命赴东北参加接收原日伪钢铁企业的工作。1946 年 9 月,儿子贝恩诞生,长大后涉足于另一科技领域,现任中国科学院遥感卫星地面站研究员、副站长。1946 年秋,资源委员会任命邵象华为鞍山钢铁有限公司协理兼制钢所所长,主持炼钢厂和耐火材料厂的恢复工作。1948 年解放军占领鞍山后,他曾被派往鸡西一家小炼铁厂协助工作,不久即被召回鞍山参加接管鞍山钢铁有限公司的工作。此后,他在那里工作了整整 10 年,直至 1958 年调离。

在新建的鞍山钢铁公司,邵象华任总工程师,并先后兼任炼钢厂生产技术副厂长、公司技术处处长和中央试验室主任等职。他以极大的热情主持了炼钢厂的设备修复和生产恢复工作,被授予二等功臣称号。1950 年 5 月公司炼钢厂全面恢复生产后不久,在苏联专家帮助下,他作为技术处处长参与建立了公司的技术管理体系,主持制定了各项技术管理制度,是鞍山钢铁公司这一现代大型钢铁联合企业技术管理工作的奠基人之一。在其后几年里,邵象华推动和组织了公司的科研和技术开发工作,并亲自主持了平炉炼钢过程中的物料平衡和热平衡、平炉碱性炉顶、沸腾钢工艺和质量等具有重大意义的研究,发表了一系列有关论文。在鞍山钢铁公司工作期间,邵象华还主编了技术期刊《鞍钢》,并针对生产中的需要,在该刊发表了不少理论与实践紧密结合的文章。他著有《钢铁冶金学》一书^[1],这是中华人民共和国出版的第一部钢铁技术专著。他主持翻译了国际上主要的炼钢专著、美国出版的《碱性平炉炼钢》(Basic open hearth steelmaking)(东北工业出版社,1951);独自翻译了苏联冶金出版社出版的《钢冶金学》(Металлургия стали)(重工业出版社,1950),该书在炼钢科技人员中广为流传和使用,并被用作当时冶金高校的教材。

1955 年,邵象华当选为中国科学院学部委员。从 1956 年起,他连任中国金属学会常务理事至 1991 年,并兼任炼钢学术委员会主任、炼钢学会理事长和冶金过程物理化学学术委员会副主任、冶金过程物理化学学会副理事长。自 1957 年起,他先后任国务院科学规划委员会、国家科学技术委员会冶金组组长,钢铁冶金组组长,冶金学科组副组长。他参加了“1956~1967 年科学技术发展远景规划纲要”的起草工作。他是第一、二、三届全国人民代表大会代表。在鞍山钢铁公司工作期间,他还担任鞍山市政协副主席和鞍山市中苏友好协会副会长。

1956 年下半年,邵象华作为我国冶金考察团成员访问了苏联、民主德国和捷克斯洛伐克,对这些国家的钢铁工业进行了较全面的考察和调研。回国后,他对如何改进我国的平炉炼钢和发展我国钢铁工业提出了许多创见和一系列重要建议。他认为应慎重考虑大、中、小钢铁企业的配套建设问题,要考虑规模效应,根据具体条件,特别是资源条件,对当前和长远利益进行比较研究,确定钢铁厂的建设规模。他与一些同行一起,呼吁大力创造条件,发展氧气转炉炼钢。

1958 年秋,邵象华被调离鞍山,到北京钢铁研究院(现钢铁研究总院)专门从事科学研究和技术开发工作,此后一直在该院供职,历任炼钢及冶金物理化学研究室主任、副总工程师、学术委员会副主任、学位评定委员会主席、技术顾问等职。到钢铁研究院后,他积极投身氧气顶吹转炉炼钢、连续铸钢(包括他为解决小轧机轧大钢轨而提出的异型坯连铸)、平炉熔池吹氧强化冶炼等新工艺的技术开发及中间试验工作。他相继主持、指

导和参与了有关冶金反应、冶炼新工艺、真空熔炼和铁矿资源综合利用等方面许多具有重要理论意义和实际价值的研究开发项目。他在国内率先开展真空冶金领域的应用基础研究和技术开发。为满足我国开发核能技术的迫切需要,他接受了试制超低碳不锈钢的任务,大胆提出并指导用普通电弧炉冶炼超低碳不锈钢。这期间,他还对我国特有的包头铁矿共生铌资源的综合回收利用做了大量研究,提出并大规模试验了从高炉铁水直接提取铌、锰的连续喷雾处理原理及方法。他还主持了稀土炮钢冶炼工艺的研究和含铌低合金高强度钢等钢种的研究开发。

“文化大革命”期间,在极端困难的处境下,邵象华依然如故,一有机会就顽强地进行艰苦的科技探索和研究。针对我国铁合金生产中存在的问题,他提出了用氧气转炉炼制中、低碳锰铁和铬铁新工艺的理论基础。这期间,他的另一个研究课题是炼钢过程中的脱磷^[2]。在那不正常的日子里,他以笔名发表自己的研究成果。

“文化大革命”结束以后,邵象华一直致力于钢铁生产新工艺的技术开发和有关的应用基础理论研究。他结合自己的科研工作,在《金属学报》、《钢铁》等冶金刊物和重要学术会议上发表了一系列关于钢铁冶炼发展动向和新工艺的学术论文^[3],在理论和实践上有不少创见。他全力支持和提倡开展冶金传输现象和冶金反应工程学的研究,并指导研究生进行这方面的工作。他还提出并指导研究生进行了锰铁脱磷^[4]、氧气转炉底吹煤和氧等重要课题的研究。对熔融还原、薄板坯连铸等重大新技术开发项目,他结合我国国情就研究方向、技术方案、工作内容等提出了许多重要指导意见,并带研究生承担了部分关键课题。他组织和主持翻译了美国新出版的《氧气顶吹转炉炼钢》(BOF steelmaking)(冶金工业出版社,1980)这部百万字的专著,为我国氧气转炉炼钢的发展提供了支持。

1978年后,邵象华作为我国冶金界的代表,多次应邀和奉命出国访问,活跃在国际学术讲坛,对增进我国与国际冶金界的相互了解和友谊,促进和加强相互间的科技交流和合作,起了先锋作用。1978年11月,他作为副团长率中国金属学会代表团参加了在法国凡尔赛举行的第七届国际炼钢物理化学学术会议,这是中断了30年之后中国冶金界人士首次登上大型国际学术会议的讲坛。1979年5月和1980年4月,他作为中国金属学会代表团成员分别访问了美国和日本。1981年起,他参与组织和参加了历届中日双边钢铁学术会议,以及中美双边冶金学术会议^[5]、中法双边钢铁学术会议等等。1986年10月,在我国和韩国建交之前,邵象华被特邀参加了在韩国浦项召开的第二届国际钢铁技术和新材料会议,在会上发表了演讲^[6],揭开了中韩两国冶金、科技界交往的序幕。在由中国金属学会主办的第10届国际真空冶金会议(1990年6月,北京)上,他任会议总主席。1992年4月,在日本钢铁学会理事会和春季年会上,他被授予该会名誉会员称号,并作了作为该会“汤川纪念讲演”的学术演讲^[7]。

与此同时,邵象华还积极推动、组织和参与了国内有关的各项重大学术交流活动。他十分重视科学技术刊物的作用,先后任《金属学报》、《钢铁》、《中国金属科学技术杂志》(Chin. J. Met. Sci. Technol.)和其他一些冶金刊物的编委、副主编、顾问、总顾问等。他是《中国大百科全书》矿冶卷钢铁冶炼分支主编,《当代中国钢铁工业》编委。1980年,他当选为中国真空学会名誉理事;1991年被授予中国金属学会荣誉会员称号。他是东北工学院(现东北大学)等多所高等学校的名誉教授、兼职教授和顾问。他热情培养年轻人,热心提携后辈,精心指导研究生,为国家培养和造就了大批钢铁技术人才。

作为我国冶金界的科技顾问和咨询专家,在国家及行业科学技术发展规划的制定和重大科技问题的决策中,邵象华也做出了贡献。例如,1981年1月在国家决策机关召开的关于调整宝山钢铁总厂一期工程建设的会议上,他提出了有充分根据的意见,对该厂的继续建设和发展有一定作用。20世纪80年代前期,美国一些未来学者提出的“后工业时代”主张,在我国知识界引起了思想混乱。邵象华对这一学派的著作及在美国的反应进行了研究,指出钢铁工业在美国不是“夕阳工业”,在我国更是欣欣向荣的“朝阳工业”,有助于防止这种对国家发展有不利影响的思想进一步扩展。多年来,邵象华曾担任或仍担任着国家的一些咨询性职务:1981~1985年任国务院学位委员会第一届工学学科评议组成员;1983年起任国家发明奖励委员会冶金组评审委员;1987年起任第二届国家自然科学基金奖励委员会委员;1989年起任冶金部科技进步奖评审委员会委员。

邵象华在他的人生道路上已经度过了整整80个春秋。但是,他依然精神矍铄,思维敏捷。他的学术思想还是那样开阔、活跃、清晰。他还和过去一样,勤奋地为发展祖国的钢铁工业作着不懈的研究、探索和奉献。

1998年6月在中国科学院、中国工程院院士大会上,邵象华被授予中国工程科学技术奖。

在半个多世纪的漫长岁月里,邵象华对钢铁事业,包括生产和建设,应用基础研究和技术开发等做出了很多贡献。

1 建造我国第一座新型碱性平炉

自从1864年世界上第一座平炉问世以后,由于对原料生铁成分的要求较宽,且可大量掺用废钢,平炉在世界钢铁工业中曾发展到占据主导地位。至20世纪40年代初,碱性平炉钢已占全部钢产量的80%左右。唯西欧一些地区,由于铁矿含磷很高,碱性转炉钢(托马斯钢)还有较高比例,但仍较平炉钢为少。当时我国除被日本侵占的东北及其他沦陷区外,钢铁工业十分薄弱。邵象华研究了国际钢铁工业发展的状况,考虑到国内已开发和探明的铁矿资源中磷的含量,以及国内钢铁工业的实际状况,指出无论为满足当时当地的需要还是为战后我国钢铁工业的发展作准备,都有必要大力发展碱性平炉炼钢。他全面剖析和总结了当时欧美各国的平炉结构和操作,摒弃了专凭经验的做法,运用热工理论和气体动力学等原理,对整个平炉系统作了详实的计算,作出了具有科学依据和创新特色的设计^[8]。他在设计和建造过程中因地制宜,大胆取舍,在技术和物质条件极端困难的情况下,主持建造了我国第一座新型碱性平炉。尽管由于条件所限,其容量仅为15t,但已是日本侵占区以外全国最大的平炉,且其计算热效率达到了当时英美50~100t级平炉的平均计算水平。这座碱性平炉于1944年投产,标志着我国炼钢技术达到了一个新的水平。

2 主持鞍山钢铁公司大型平炉的修复和投产工作

修复大型平炉,并使之顺利投产是邵象华在建设新生的鞍山钢铁公司中做出的重大贡献之一。

当时的鞍山钢铁公司已在战争中惨遭破坏,所剩设备无一完整,无法运转,且技术力

量极端缺乏。作为公司炼钢厂生产技术副厂长的邵象华主持了以大型预备精炼炉和平炉为中心的设备修复及投产工作。他亲自制订炼钢工艺和操作技术,置身现场,与操作人员共同解决了开工初期不断发生的煤气爆炸、炉料冻结、炉顶烧化和倒塌、炉底出坑和穿漏等一系列技术难题和事故,终于掌握了一整套大型平炉的操作运行经验,使操作水平不断提高。在约一年的时间里,使全厂1座混铁炉、6座大型平炉、3座预备精炼炉及附属设备全部得以修复和投产,并使各项技术经济指标迅速提高,硅砖炉顶平均寿命从复产初期的9炉提高至78炉,进而很快达到日本占领时期90~100炉的水平;钢产量迅速增长,1951年为58.7万t,1952年在部分设备改造后达78.9万t,大大超过58万t/a的原设计能力和58.5万t/a的历史最高水平。

3 主持和参与建立我国大型现代钢铁联合企业的技术管理体制

鞍山钢铁公司是我国当时唯一的大型钢铁联合企业。在复工初期,公司没有必要的管理体制,以致生产不顺,事故频发,次品、废品不断。1951年,在苏联专家的帮助下,鞍山钢铁公司着手建立组织和管理制度。邵象华作为新设的技术处处长,主持并直接参与了公司技术管理体制和技术、质量监督系统的建立。他带领一批从公司各单位调集来的具有较高业务水平的人员、针对公司各厂的基本生产工序,制定出了一整套技术操作规程,以及钢坯、型材、板材和钢绳等产品的检验标准。这是中华人民共和国成立后钢铁企业的第一套技术操作和产品质量控制的法规。它们的颁布和实施,为鞍山钢铁公司的正常运转,为提高生产技术水平、改进产品质量,奠定了良好的基础,也为其他一些钢铁企业提供了经验和样本。鞍山钢铁公司的这套产品检验标准还成为后来冶金工业部制订部颁标准(YB)和有关的国家标准(GB)的部分基础。

4 组织研制我国独创的平炉镁铝砖炉顶

炉顶是平炉最关键的部分,它在很高的、变化的温度下承受着本身重量和因热胀缩所产生的应力,以及炉内气体夹带的氧化物熔渣的化学侵蚀等,工作条件十分恶劣。它的寿命直接关系到平炉的作业率、生产能力和效率,是衡量平炉操作水平高低的一个最重要的指标。尽可能地延长炉顶寿命是炼钢工作者刻意追求的目标之一^[9]。

在平炉炼钢发明以后几十年的时间里,硅砖由于其软化温度高,且原料丰富,成本低廉,一直是各国建造平炉炉顶的唯一的耐火材料。但是,在碱性平炉中,硅砖炉顶不可避免地受到一些碱性熔渣的高温侵蚀作用,即使严格注意操作,也难以达到很高的寿命。20世纪50年代,国外一些先进钢厂开始采用铬镁砖碱性炉顶,它比硅砖炉顶有更高的耐火性能和抗碱性渣化学侵蚀的能力,不仅容许提高炼钢温度,还可以达到远较硅砖炉顶为高的寿命。邵象华于1955年也曾提出并组织试制、试用过铬镁砖炉顶,第一次试用时炉顶寿命即达334炉。但是,正如他早在40年代初就指出过的^[8],我国铬矿资源贫乏,需要进口,铬镁砖炉顶难以大量使用,必须寻求新的炉顶耐火材料。

考虑到我国的高铝矾土所含氧化铝具有某些与氧化铬相似的化学特性,邵象华组织公司有关部门,与中国科学院金属研究所协作,进行了以国产镁石和高铝矾土为原料的平炉

镁铝砖炉顶的研究、试制和试用工作。1957年,首次在大型平炉上全部试用镁铝砖炉顶,其寿命就高达520炉,超过了当时国际上铬镁砖炉顶的寿命。这一我国独创的平炉炉顶技术完全取得成功。其后两年内,镁铝砖炉顶先在鞍山钢铁公司,继而在全国平炉上全面推广使用。

5 创立控制沸腾钢偏析的新技术

在炼钢厂全部采用钢锭模浇铸钢锭的20世纪50年代,鞍山钢铁公司大量生产的是沸腾钢。与镇静钢相比,沸腾钢成本低,成材率高,因此国际上也大量生产。直到1990年,我国还生产了接近当年全部钢产量五分之一的沸腾钢。沸腾钢内部有一定程度的成分偏析,这是质量标准容许的。但正因此,在操作不当时易产生缺陷,致使成材率降低。在连铸技术出现以前,这是国内外沸腾钢生产中普遍遇到的一个棘手的问题。邵象华在指导公司炼钢厂克服了由于铸锭操作不当而引起的缺陷后,为更彻底地解决这个难题,对沸腾钢的凝固过程、钢锭结构、产品质量和操作工艺作了许多研究^[10],在50年代创立了模子顶部喷吹压缩空气或氧气这一可从根本上控制和减轻沸腾钢偏析的新技术^[11],并在生产条件下做了大量试验,取得很好的效果。这项技术曾引起国际炼钢界的浓厚兴趣。

6 结合国家急需和资源特点研究开发冶炼钢、铁合金和特殊合金的新技术、新工艺

20世纪60年代起,邵象华在钢铁研究总院先后承担了国家急需的一些新型材料和有关我国资源综合利用的一系列研究开发任务。

为适应生产高温合金、难熔金属及其合金等应用于高科技的新材料的需要,他主持建设了国内第一台工业用电子束熔炼设备,以及其他真空熔炼装置。他带领一批年轻同事及研究生,进行了真空条件下铁基、镍基熔体中碳脱氧或氧脱碳反应,坩埚耐火材料对熔体的供氧作用,合金元素和微量杂质元素的挥发等应用基础研究^[12~14],还发表了关于真空熔炼的物理化学的综合评述论文^[15]。这些工作为当时国内正在成长的特种冶炼科技队伍提供了部分理论基础。

1964年,为发展核能工业,国家迫切需要超低碳不锈钢。当时氩氧炉尚未发明,炉外真空精炼技术还未成熟,冶炼这种钢的难度很大,国外为此都采用特殊的装备和复杂的流程。邵象华分析了该钢种的特点,根据物理化学计算,认为采取特殊的操作措施,其关键是强化熔池吹氧进行高温脱碳,然后及时加铬冷却熔池防止炉体损伤,用普通电弧炉也可以生产所需的超低碳不锈钢。他制定操作方法,亲自到两家特殊钢厂,在炉前指挥试炼,都做到了一次成功,使这两家特殊钢厂按时向国家成批提供了合格产品^[16]。

炼钢工业需用的中、低碳锰铁历来都是先用电炉冶炼成硅锰合金,然后再经电炉冶炼而成,耗电多,成本高。20世纪70年代初,邵象华从理论上探讨了完全不用电热仅以喷吹氧气的方法使高碳锰铁(可用高炉生产)脱碳而生产中、低碳锰铁的可能性,计算了所需的大致温度范围及锰的吹损程度^[17]。由他直接指导的现场工业性试验取得了预期的效果,开辟了一条耗电少、成本低、以转炉生产中碳乃至低碳锰铁的新途径。基于类似的

考虑和方法，他还指导上海铁合金厂采用以氧气转炉生产中、低碳铬铁的新工艺^[18]。

与平炉相比，转炉具有巨大的优越性，因此世界各国已迅速取代平炉而成为主要的炼钢炉。但是，转炉炼钢没有外来热源。因而原料中废钢对铁水的比例受到严格限制，这对降低钢的成本极为不利。我国许多企业的转炉吨位较小，相对于大型转炉，其热损失更大，攀枝花和包头钢铁公司的钢厂因铁水提钒提铌等预处理而使进入转炉的化学潜热和物理热大大减少，这方面的矛盾更为突出。还有一些没有高炉的钢厂，其转炉不得不以外来冷生铁为原料，经化铁炉熔化后再入转炉吹炼成钢（称为“化铁炼钢”），需消耗大量焦炭，也使成本显著增高。为解决这些问题，邵象华于 80 年代提出和进行了在氧气转炉底部同时喷吹煤和氧以增加外来热源的新工艺的研究开发，从实验室基础研究开始，进而在 10t 氧气转炉上进行工业性中间试验，取得了显著的效果，使炉料中的废钢比〔废钢/（铁水 + 废钢）〕从原来的平均 5% 提高到平均 19.7%，最高达到 30.0%^[19]。这项研究为中型、大型转炉提供了先进技术，取得国家专利。

7 创立从平炉渣提取铌、锰的工业生产流程和铁水连续处理提取铌、锰的喷雾处理法

我国的铁矿资源多属贫矿，且不少为多金属共生矿，最典型的如：包头白云鄂博矿，含稀土元素和铌等；攀枝花矿则共生有钒和很多钛。这些矿的组成都是世界上特有的。铌是一种具有广泛用途的重要元素。白云鄂博铁矿含铌量虽低，但储量达数百万吨，是我国已发现的最大铌资源。因此，包头钢铁公司铌的回收利用具有很大的现实意义，成为回收利用稀土元素之外又一个突出的重大研究课题，也是一个技术难题。

20 世纪 60 年代初，邵象华亲自主持了包头钢铁公司铌资源综合利用的开发研究^[20]。首先，利用该公司原有的闲置设备开发了一个从该公司大量积存的平炉废渣提取铌、锰的独特工艺流程：将平炉渣在小高炉中冶炼出富锰含铌含磷铁水，随后在空气转炉内轻吹，冶炼成可用于制造铁道车辆部件的高磷铁，以及主要成分为锰、铌和铁的硅酸盐的高锰铌渣，再在电弧炉中以焦炭将这种渣部分还原而脱铁脱磷后，最终还原成适于生产锰铌高强度低合金钢的锰铌铁合金。该流程虽较长，但投资少，成本低，有较大的经济意义，直至 80 年代后期，仍是用以回收包头钢铁公司铌资源的唯一的工业生产流程。

为从根本上解决包头钢铁公司大生产主流程中回收利用铌、锰的问题，在取得上述成果后，邵象华进而着手从大高炉铁水提取铌和锰的研究。他针对铁水中铌的质量分数不足 0.1% 的具体情况，分析、比较了化工和冶金领域各种反应器的工作条件，认为在技术和经济上最适宜的是连续式气液反应器，并提出了可望以工业规模从高炉铁水中直接提取铌和锰的喷雾处理原理：把来自高炉的铁水喷吹成雾滴，使其中所含的铌、锰和硅等易氧化元素迅速氧化成渣而与铁水分离，成为冶炼铁合金的原料。根据小规模试验结果设计了大型喷雾反应器，在铁水流量为 60t/h 时，77% 以上的铌和约 80% 的锰进入熔渣；当铁水流量增至 180t/h 时，锰、铌的氧化率仅略有下降，而这一流量已接近该公司炼钢厂正常生产情况下所需的全部铁水用量。这是世界钢铁史上一个创举，在理论和实践上都有重要意义。遗憾的是，骤起的“文化大革命”运动使该法的工业实施未能进行。使他聊以慰藉的是，攀枝花钢铁公司的同事基于他的技术概念和试验结果，根据该公司的具体条件进行