



王国栋

Wang Guodong

## 王国栋

压力加工专家。1942年10月2日出生，辽宁省大连市人。1966年毕业于东北工学院。东北大学教授，博士生导师。长期从事钢铁材料轧制的理论、工艺、自动化方面的研究，在新一代钢铁材料、中厚板核心轧制技术开发和集成、轧制过程人工智能优化等方面做出创新成果。在超级钢的研究中，提出晶粒适度细化、复合强化等学术思想，解决了提高材料抗拉强度、降低屈强比和在现有轧机上生产超级钢两个关键问题。承担国家重大技术装备研制项目，集成和开发了大型中厚板轧机控轧控冷、中厚板轧制钢材组织性能预测与控制、中厚板生产线自动控制等技术，形成了具有我国自主知识产权的成套中厚板核心轧制技术，闯出了大型中厚板轧机实现国产化的新路。综合运用人工智能、组织性能预测、有限元等方法，建立连轧过程数模开发工具和模型参数调优工具，利用轧制过程得到的海量信息，进行轧制过程优化与数模调优。获国家科技进步奖一等奖2项、二等奖2项，省部级科技进步奖二等奖以上奖10项，冶金科技奖二等奖以上奖3项。出版著作6部、译著4部，发表论文200余篇。2005年当选为中国工程院院士。

我这一生和钢铁结下了不解之缘。

1950年，我随着父母由大连来到鞍山，一直到1961年，在鞍山读完了小学和中学。这个时期，鞍山是中国名副其实的钢都，鞍钢承担我

国大部分钢铁的生产任务，又不断向全国新建的钢铁厂输送技术和人才。在这个以钢铁为主旋律的大环境下，耳濡目染，在我幼小的心灵中，已经种下了钢铁情结。鞍钢的“大型”、“无缝”、“七高炉”是共和国的骄傲，也是我幼小心中崇高的殿堂；王崇伦和他的万能工具胎，张明山和他的反围盘，恰似《西游记》中齐天大圣和他手中的金箍棒一样令我心驰神往。到了1958年，在当时建设的“共青团工程”——鞍钢冷轧厂的建设工地上，我第一次为鞍钢的建设洒下汗水，同时也第一次领略了钢铁厂的恢宏气势和国家对钢铁的渴求。然而，在一次次次的接触中，钢铁厂那滚滚的烟尘、上千度的高温、震耳欲聋的轰鸣，也在我的心中引起一丝丝胆怯和畏惧。在恢宏气势的后面是艰苦和困难，在国家需求的后面则是牺牲和奉献。

1961年，面临着我的一生中的第一次重大抉择：高考选择什么专业，是当时比较时髦的机电，还是“傻大黑粗”的钢铁。母亲是鞍钢教育处负责职工教育的工作人员，她几乎走遍了鞍钢每一个基层厂矿，母亲的一句话决定了我的一生。她说：要学习主体专业，钢铁专业是钢铁企业的主体。就这样，我被当时的东北工学院钢铁冶金系钢铁压力加工专业录取了。按照当时的情况，这意味着我将和钢铁相伴，走今后的人生旅程。

五年的大学生活，我逐渐认识了钢铁和钢铁的生产过程。在鞍钢——当时我国最先进的钢铁工业基地，我们随着师傅，操作轰鸣的轧机，像揉面一样将钢锭变成钢材，轧机是那样的巨大，那样的威力无穷；我们又随着老师，卡量钢材的尺寸，观察钢材的组织，它是那样的细微，又是那样的精密。巨大与细微，粗壮和精密，就这样统一在轧制过程之中。

五年的大学生活，还有另一个令我神魂颠倒的领地，那就是书刊的世界。藏书丰富的学校图书馆和全国最大的钢铁方面的图书馆——鞍钢图书馆，沈阳太原街新华书店楼上那个专

门出售影印图书的神秘的内居书店,为我打开了一个个绚丽多彩的窗口。透过这个窗口,我看到了世界钢铁的发展,世界轧制技术的发展。我像一只羔羊进到了水草肥美的大草原,沐浴在清新的空气中,尽情享受大自然的赐予。

五年的理论学习和接触实践,我对钢铁有了深层次的认识:看似“傻大黑粗”的钢铁,同样要求少于几个微米的尺寸偏差和只有显微镜下才能看清的精细组织;看似千篇一律的轧制过程,稍加控制材料的性能就会有千差万别的变化。钢铁也是一门科学,它有迷人的魅力。有了这样的经历,我也可以像老师们那样,如数家珍般地把我们的专业、我们的钢铁、我们的1 150初轧机、1 700半连轧机、800轨梁轧机,一一介绍给我的亲戚朋友。我可以绘声绘色地告诉他们,那些巨大的钢锭怎样变成钢坯,又怎样变成一根根钢轨;也可以深入浅出地让他们清楚,一根实心的钢棒怎样会在穿孔机里变成无缝钢管。钢铁成了我心中的骄傲,也成了我日夜追思的伴侣。

1966年,当我们快要毕业的时候,“文革”开始了。两年之后,我被分配到鞍钢小型厂,一干就是10年,直到“文革”结束。鞍钢小型厂,主要生产螺纹钢和焊管用带钢,还有一部分周期断面型材。在整个钢铁行业里,小型厂缺少的是“大”,谈不上宏伟和壮观,倒是“傻、黑、粗”特点鲜明,生产条件最为艰苦,危险性最大。我也和师傅一样倒班、夹钳、换辊。上班8小时,20分钟操作,20分钟休息。夏日里,劳动服浸透的汗水和空气里的氧化铁皮混合在一起,变成了灰红色,散发着酸臭味;数九寒冬,仍旧是一身单衣,“火烤胸前暖,风吹背后寒”。下班的时候,唯有牙齿和眼睛可以看到白色,我们成了地道的“黑人”。我挥舞着比我还高的铁钳子,把轧件由一架轧机送到另一架。

轧机在轰鸣运转,轧件在往返穿梭,在这不断重复但又充满变化的运动中,书本上学习的知识,变成了活生生的现实。我不仅逐渐理解

了金属变形的规律和轧机工作的原理,也发现了生产中存在的问题和设备的缺陷。当时工厂生产解放和黄河汽车前桥的毛坯,是周期断面钢材。由于没有喂入装置,轧件不能在要求的时刻从周期开始点咬入轧辊,造成头尾部形成两段不完整的周期,成材率最多不过75%,原材料浪费极大。为了解决周期断面轧机的喂入问题,我阅读、笔译了几部相关的俄文书籍,领导支持我和3位实际经验丰富的老工人组成技术革新组进行攻关,虽然几经失败,周期断面轧机的喂入装置最终还是成功了,一举将周期断面钢材的成材率提高25%以上。现在回忆起来,我非常珍惜在鞍钢小型厂工作这十年,这段经历使我自己有了比较深刻的认识,对钢铁工业、钢铁厂、钢铁工人有了深层次的了解。我觉得,尽管我年青稚嫩,但是还有潜力,只要好好把握,可以有所作为。我国钢铁工业还很落后,钢铁厂需要我,钢铁工业需要我,钢铁工人需要我。我有责任为我国钢铁工业的崛起贡献自己微薄的力量。钢铁的情结在这里升华为责任。

“文化大革命”结束后,我们的祖国迎来了“科学的春天”。这时,我在鞍钢工作也已经快10年了,10年的积累和沉淀,使我明白了3件事:世界的钢铁工业—祖国的钢铁工业—自己。我真希望能够以更广阔的视角,站在更高的高度,来考虑我们国家的轧制技术。1978年,我的强烈的学习愿望终于实现了。我考取了北京钢铁研究总院压力加工专业硕士研究生,师从于著名的轧钢专家张树堂教授。我的研究课题是当时国际上最热门而国内刚刚起步的板形问题。我按照老师的指导,到当时国内钢铁业设备、工艺技术最先进的武钢对1 700冷、热连轧机进行调研和合作研究。“大型化、连续化、自动化”这些科技文献中描述现代轧制技术的最美丽的词汇,在武钢已经成为我们可以看得见、摸得着的现实。这些设备、工艺确实很好,但是,这是人家的。什么时候我们中国能有自己

的技术、自己的设备？我知道这需要一个过程，但是，我们的任务是加速这个过程。因此，我结合武钢的实际，利用当时最先进的 TQ16 计算机和钢研院先进的轧制设备进行大量的理论分析和实验，提出了计算轧辊弹性变形的矩阵方法，建立了系统的轧辊弹性变形计算软件；我们把双阶梯辊改善板形的方法，应用于上钢一厂的生产实际。1986 年出版的我的第一部专著《板形控制和板形理论》，就是总结这个时期的工作写成的。毕业后，我在导师和母校老师的推荐下，回到了阔别十多年的母校任教。我相信，在东北工学院这片广阔、自由的学术天空中，我会飞得更高，更远，圆我的钢铁强国之梦。

回到学校以后，我努力向师长和同事们学习，从最基础的带实习、助课、带实验开始，开始了自己的教学生涯。尽管我的教学也得到了学生们们的认可，我对自己的教学并不满意。我自己知道，我对钢铁、对中国的钢铁、对世界的钢铁那些有限的知识，还是难于满足嗷嗷待哺的学生们的需要。因此，1984 年，我们来到离学校最近的本钢，先在国产设备上开展工作。1987 年、1989 年宝钢引进的 2 030 冷连轧机和 2 050 热连轧机相继竣工投产，我们又挥师南下，来到宝钢，开始了对引进设备的消化、吸收和再创新。我和课题组的老师、研究生们长期生活在宝钢，与宝钢的同志们一起，重点消化宝钢引进的关键的冷热连轧机的核心技术，特别是过程机计算机控制软件。经过 2 年多的时间，我们不仅掌握了引进的模型和软件，而且自己编制了大型模拟分析软件，可以依照自己的需要进行轧制过程的模拟分析计算。通过这段时间的工作，我们逐渐领悟到了当代轧制技术的丰富内涵，开始触摸到当代轧制技术的核心。我们已经站在一个新的起跑线上。

不断的学习和实践，我们逐步发现了引进设备的问题，开始了我们自己的创新工作。在宝钢，我和我的同事、学生先后解决了 2 050 热连轧机厚规格卷取、2 050、1 580 板形模拟分析

优化、2 030 厚度超差等生产关键问题，为宝钢的技术进步出了力。

转战南北，走遍中华，引进轧机确实是看起来赏心悦目，用起来得心应手。但是，轧机上的标志着“SMS”、“三菱”的标牌给我提出了严峻的问题：什么时候我们才有自己的核心技术，什么时候我们才有自己的品牌？我们要想成为真正的钢铁强国，必须走出自己的路！这个担子又不容辞地落在了我们这一代钢铁工作者的肩上。

我们从小轧机开始，工艺、机械、液压、自动化，各个学科交叉合作，由小到大，由弱到强，走自主创新的道路。我们先开发了 350 四辊热连轧机，接着是 450 四辊热连轧机，我们一步步走上了国民经济的主战场。1998 年，得到首钢领导和同志们的支持，我们第一次承担大型中厚板轧机的改造任务，在引进的二手精轧机上增设液压 AGC 系统。紧接着，首钢决定新建 3 500 mm 轧机，工程总投资 6 亿多元。这台轧机的轧制力达到 70 000 kN，电机功率达到 7 000 kW×2，轧机刚度达到 10 000 kN/mm，轧机的牌坊高度为 13.320 m，单侧牌坊的重量达到 325 t，液压压下的液压油缸直径达到 1 450 mm。这些参数都达到了当时我国之最，是当时我国自己制造的最大的强力型轧机。我们利用这台强力轧机和先进的控制冷却系统，开发了具有我国特色的 TMCP、平面形状控制、厚度自动控制、板凸度和板形自动控制等多种关键技术，实现了中厚板轧机的自主集成和创新。多少年来，利用我们中国人的双手建设现代化重型轧机的梦想终于成为现实，我和同志们在第一块钢轧出的时候，都流出了喜悦的泪水。随后，我们开发的技术又应用到南京中板、鞍钢中板等 8 家中厚板厂。2004 年，又跨出国门，输出到越南，走向了世界。

1998 年，国家重大基础研究计划项目(973 项目)“新一代钢铁材料的重大基础研究”立项了，我们实验室承担了其中一个课题“轧制过程

中实现晶粒细化的基础研究”，任务是通过细化晶粒等手段，开发出原型钢，使现有 200 MPa 级别的普碳钢在成分基本不变的条件下屈服强度提高一倍，并具有良好的塑性和韧性。

在国际上，日本、韩国相继于 1997 年和 1998 年启动了面向 21 世纪的结构材料研究计划，他们在前 5 年主要的研究目标是探究晶粒细化的极限。为此，他们采取各种不同的技术路线和研究方法，目标是将晶粒细化到 1 微米以下。我们接到课题任务后，首先到我国最先进的热带轧机宝钢 2 050 生产现场，拜访老朋友，进行大量调研，同时，又与宝钢一起，到汽车厂调研，认真考虑用户对材料综合性能（例如屈服比）的要求。我们决定不追随国外追求晶粒细化极限的潮流，将研究的重点定位在现有工业条件下能够实现轧制和产品能够实际应用的目标上，提出了晶粒适度细化的概念，以及细晶强化与相变强化相结合的强化方式，将研究的重点放在轧制之后的控制冷却上。在这种思想的指导下，经过近 1 年的实验室研究，我们拿出了细晶化的超级钢原型钢，性能基本达到要求，并从中摸索出生产这种超级钢的轧制、冷却工艺窗口。

然而，这只是第一步。由实验室走到工厂，进行工业实验，在现有的轧机上轧制超级钢，我们面临着巨大风险和难度。宝钢 2 050 轧机是德国进口的，是当时国内唯一的一套先进水平的轧机，它处于宝钢整个工艺流程的最关键的咽喉部位，前面炼铁、炼钢、连铸工序生产出来的钢坯，由这套轧机轧制成热轧板卷，再供应后面的冷轧等工序或者直接供应用户。在宝钢这样的大型钢铁联合企业中，热连轧机出现的任何一点点闪失，都将直接影响到宝钢的全局，给企业造成不可估量的损失。要在这套轧机上轧制从未生产过的超级钢，风险可想而知。

其次，是实验的难度。如何依据实验室的实验结果，在宝钢工业轧机允许的范围内，对工业轧制规程进行合理、可行的改进，利用同样的

材料生产强度翻番的产品，是摆在我们面前的又一道难题。

最后，是实验的成本。实验用的钢卷，每卷重达 30 吨，价值十几万元，轧制之后要裁剪开来，进行各种性能的测试。每次轧制几卷，材料成本就是一笔大开销。而为此花费的轧机运营成本、人工成本比材料成本还要多几倍。

好在我们已经在宝钢工作 10 余年，对宝钢的轧机从硬件设备到计算机系统，再到控制软件，我们有详尽、透彻的了解和科学的估价。我们在宝钢有众多的战友和知音，共同战斗已经紧密地将我们连在一起。我们详细地分析了在实验室中获得的大量实测数据，并依据这些数据进行在工业轧机上轧制的模拟分析和计算，研究在工业轧机上轧制超级钢过程中材料组织、性能演变的规律，计算轧机在用新规程轧制超级钢时可能承担的轧制力、轧制力矩、主电机功率等关键参数，将所有可能出现的问题和现场工程技术人员的疑虑都一一分析，逐个解决。同时，我们充分吸收现场工程技术人员的意见，反复修改实验方案，力争拿出现场满意的最优的轧制工艺规程。那段时间，我穿梭于实验室和宝钢之间，在实验室是实验、分析、计算，在现场则是调研，召开座谈会，举行学术讨论，制定实验方案。宝钢的领导和现场的工程技术人员一致支持利用宝钢先进的轧机，进行大规模的工业实验，在实验条件、实验材料、资金等各个方面给予强力支持。1999 年 9 月，在宝钢 2 050 热连轧机上进行了 SS400 钢细化晶粒的第一次现场轧制实验，这是世界上第一次用工业化的轧机轧制超级钢的实验。当板卷通过轰鸣的轧机和冷却系统，最后在卷取机上成卷时，课题组的同志和现场的工程技术人员紧紧拥抱在一起，欢呼雀跃。事后进行的检验结果提供了工业轧制带钢的性能，为下一步的工业实验和生产提供了翔实的第一手资料。在随后的多次工业实验中，数据显示的结果一直朝着预期的方向发展。终于 2000 年 10 月，第 3 次工业

实验中,在材力试验机显示的结果表明,超级钢的性能力学性能全面达标。成功了!我们取得了胜利。当初立项时的研究目标是5年获得原型钢,而我们只用了不到2年就拿出了工业生产的板卷。接着,在长春第一汽车集团公司用400 MPa 超级钢代替 B510 制造平头货车发动机前悬置梁,冲压3 000件,无一废品。之后,这项板材超级钢生产技术又推广到本钢、鞍钢。2003年,一汽集团公司正式将400 MPa 级超级钢列入公司标准。随后,重点实验室又继续前进,在超级钢线材、棒材、中厚板等方面取得突破,将超级钢全面推向了国民经济主战场。

超级钢的开发取得了成功,不仅可以为生产企业和用户带来巨大的经济效益,而且由于不使用或较少使用昂贵的合金元素,可以非常有效地降低资源消耗,同时废钢容易回收再利用,减轻了环境压力,对于国民经济全面、协调、可持续发展具有重要意义。在这里,钢铁情结转化为巨大的动力,支撑我们不断向前。

1989年,我国决定利用世界银行贷款建设一批国家重点实验室。我所在的轧制技术及连轧自动化国家重点实验室就是在原东北大学轧钢实验室的基础上,利用世界银行贷款建设起来的。国家重点实验室建设项目于1989年立项,1991年开始动工兴建,1995年建成并于同年12月9日正式通过国家验收。实验室建设期间,我担任实验室副主任,1996年10月至2004年8月,我担任国家重点实验室的主任。

建设钢铁强国需要有研究手段,即建立学科研究平台。在实验室建设当初,我就立下目

标,建立国际一流的、具有特色的轧制技术科学研究公共平台。这些平台应当成为我们创新的基础,它既可以进行深入理论分析,又符合实际生产需要。经过十几年建设过程的积累,这个平台的轮廓在我的心中逐渐清晰起来。最近几年,我们实验室自己动手,开发了大型实验仪器装备,例如热轧实验轧机、冷轧实验轧机、热力模拟试验机、连续退火模拟试验机、疲劳试验机等。这些自制设备和购置的仪器、仪表组成了我们的研究平台,它包括金属材料塑性加工模拟分析平台、材料组织结构分析研究平台、力学性能测试分析平台、工业自动化系统调试分析平台。有了这些平台,我们可以进行新一代钢铁材料的源头创新,也可以进行成果的转化,实验室的同志们有了创新的巨大空间。我们还将这些平台设备输出到企业,为钢铁企业技术中心的开发工作提供了强力手段,支撑了企业的自主创新。

这次我被评选为中国工程院的院士,是我踏上新征途的开始。我深深感激培育我的国家和人民,感激我们所处的最好的时代,感激师长的教育和栽培,感谢我们实验室同志们、学生们和钢铁界的同仁们的鼎力支持和无私奉献。是时代、国家、人民、集体造就了我,哺育了我。唯有努力工作,才不辜负国家和人民,才无愧于我们的时代。

“衣带渐宽终不悔,为伊消得人憔悴”,为了刻骨铭心的钢铁情结,为了国家钢铁工业的发展,我将继续战斗在第一线。我可以舍出一切。