

从钢铁大国走向 钢铁强国

——展望 21 世纪焊接研究与发展

许祖泽

钢铁工程结构材料研发的现状

“二战”结束后，美国海军部门曾向世界宣告：“若没有焊接，就不能在这样短的时间内建设一支为赢得这场战争起到重要作用的庞大舰队。”另一方面，在海洋运输中出现了很多因焊接结构钢板产生裂缝和船体结构分解而造成生命财产损失的重大事故：如 1980 年发生在英国北海油田的井架倒塌事故，几千吨的井架在 20 分钟内倒塌，123 人死亡，而事故源于一条 6 毫米角焊缝过热区的氢致裂纹。日本阪神大地震中的大量断裂也起源于焊接区。1976 年唐山大地震时房屋大量倒塌，其中碳素钢筋生产的预制板发生大量断裂。这些正反案例都说明了焊接技术的重要性。

改革开放之前，中国长期闭塞，许多重要的设计思想、技术和大量的研究成果没有流传到中国。1966 年前后，国内出现了称之为“16Mn”的低合金钢并一直大量沿用至今，而碳素钢仍占钢产量的 90% 左右，其中正是国家“钢铁危机”中出现的“去产能”和唐山地震时用的称之为“棺材板”的预制钢板（如今称之为“地条钢”），仍在大量生产。20 世纪 70 年代，发达国家出现了能源危机、环境危机、能耗危机、金融危机等，



许祖泽

原冶金工业部钢铁研究总院
金属焊接研究室主任、教授
级高工。1956 级清华大学
机械系校友。

究其原因，钢铁冶金行业首当其冲，于是大量中、小型钢铁企业“关、停、并、转”，大量工人失业，这是历史教训。

走新型焊接工程结构钢材发展之路是钢铁冶金企业实现全面技术改造、实现现代化的一个重要标志，而发展思想应该是以研发钢材焊接性好为第一位的钢材产业化和市场化，大量生产节能降耗、防污染、市场需求大的低碳、控轧控冷工艺生产的微合金化、细晶粒、高强高韧、易焊接、易变形、易成形、均质洁净、成本低的工程结构钢材。这也正是钢铁焊接结构制造行业的专家们呼吁了 10 多年的问题，推动中国早日由“钢铁大国”走向“焊接强国”、“钢铁强国”。

现在我国钢产量是世界绝对第一名，但质量品种还有很大差距。要重视钢材本身焊接性的研究，开发、研制新型钢材和焊接材料，应更加重视钢材的使用性能及焊接性能的提高。

钢材的焊接性是最基本的性质，而配套的焊接材料是在钢材的基本性能基础上来开发，二者的关系是不能颠倒的。

对焊接材料及焊接性的研究，我国目前的情况也不容乐观。许多研究院、所实行“企业化”改造后，把重心移向产业，对焊材和焊接性的研

究弱化了。高等院校中有相当多放弃了焊接材料的研究方向，而转向自动化、机器人的研究。这个问题也应引起注意，不然我国的焊材发展将进一步加大与国外的差距。

创新结构材料必须重视焊接和连接技术的研发

微合金结构钢发展的主线是保证结构的完整性，因而在不同类型的环境中得到优化应用。使力学性能强化的新方法标志了结构钢发展的新阶段。但从其发展中可以看到，完善结构钢的焊接性也是一项决定性的因素，其标志是在提高结构钢强度的同时，碳当量不断降低，管线钢的含碳量的降低就是一个典型例子。分析一些重大事故产生的原因，证明结构的薄弱环节出在焊接区，焊接性应是保证结构完整性的一条主线。但是在我国结构钢的开发中，由于至今仍把焊接性当作一个附带的性能来解决，而走了弯路。

随着中国钢铁冶金企业进行全面技术改造，实现现代化时代的到来，把工程结构用钢自身的焊接性的改良，作为新一代结构钢发展的动力和目标，符合发达国家发展的经验，是一个值得国人重视的观点。

对若干工业部门创新、研发的建议

1、汽车制造业

美国、日本和中国，汽车制造业虽然受到环保、能源、绿色等发展要求的限制，但汽车产量仍然一直在不断增加着。而面临最大的困难是市场价格的竞争和消费者对于广泛的汽车模型种类的需求。为此，汽车制造业正在要求使用新型的高强度合金钢、铝、塑料和复合材料等，从而使所有这些材料都造成了对研发特殊的合金结合和细件装配成型或成形的挑战。此外，价格、产品质量和可靠性问题在这些参加竞争的工业部门中，如能保持优质低价优势的竞争力，则是胜者。

关键的材料结合技术的研发项目有：

- 1) 实时信号传感和适应控制；
- 2) 电阻焊过程控制、电极耗损和设计；

- 3) 激光焊接设计、材料和程序；
- 4) 铝合金和其它轻型材料的结合工艺、焊接制作的空档时期的程序比较、设计和材料；
- 5) 外套用超薄板高强度钢的结合工艺；
- 6) 薄截面材料电容器放电焊接；
- 7) 陶瓷制品和金属基复合材料的结合工艺；
- 8) 异种材料的结合工艺，如铝和钢结合工艺；
- 9) 微电子工艺：程序设计和可靠性认定。

2、宇航工业

宇航工业（机身和喷射器工程制造）在世界范围内商品化的航空旅程中，由于飞机老化和预期寿命达到更换时期，在今后的时期内，即可以在市场中看到希望改进的需求。原生产企业在市场需求中保持自己的竞争优势，如美国为首的宇航工业制造厂家就研发出使操作合理化，宇航机身和喷射工程中飞机寿命安全延长的方法，因而得到市场认可，使其工业技术在二十一世纪仍能处于领导优势地位。对于宇航工业和钛合金的焊接性问题进行特殊技术研发，如：

- 1) 铝和新型镍和钛合金的焊接性；
- 2) 固态搭接；
- 3) 复合材料结合技术；
- 4) 剩余应力 - 变形控制；
- 5) 程序模型控制；
- 6) 异型金属 / 材料的结合技术；
- 7) 模糊技术；
- 8) 在程序中非破坏性试验；
- 9) 修复技术。

3、重型机械制造业

这种工业部门能继续走向发达、满足市场需求，是事先看到必须有创新的材料的成果。为



了降低成本和提高利润率，许多重型机械制造公司都在市场需求中看到系统集成和装配产品的需求，增加了对其产品的设计和传统产品的改进。对重型机械制造工业来说，与特殊焊接技术有关的需求有：

- 1) 碳钢和低合金钢的手工焊技术、应具有减少焊接烟尘和消除飞溅的特点；
- 2) 焊接程序模型；
- 3) 设计改善材料的疲劳性能和操作人员的疲劳；
- 4) 实时程序过程控制；
- 5) 统计程序过程控制和程序控制最佳化；
- 6) 高强度结构钢改善焊接性的应用，避免预热和后热处理；
- 7) 研发各种自动化和可移动的机器人。

4、动力机械制造业

动力机械制造业包括传统电站和核电站两者，非中心电站发电机，设备制造工业和服务公司，改进型设备供应公司等。动力机械制造业所用材料有特殊要求，其焊接技术有：

- 1) 修理技术对碳钢、低合金钢和高合金钢的需求以及老电站的修复；
- 2) 焊后热处理：局部焊后热处理和对材料厚度的限制；
- 3) 使用耐耗损和耐高温腐蚀的热雾外套；
- 4) 对高合金材料焊接性的试验；
- 5) 开发焊接性好的和改善了抗高温、抗腐蚀、耐耗损行为的新的合金和焊接材料。

5、石油、天然气和化工工业

二十世纪七十年代，发达国家发生能源危机，石油、天然气价格上的不景气使石油、天然气和石化工业产生了毁灭性的影响。导致许多公司减少经营和技术人员，同时投资者为短期获得原始投资的收入，把开发大陆油气田改为在近海和海上开发油气田，尤其在亚洲的油气田。由于传统的低合金高强度钢材不适应当时采油气平台、油气输送和储管的要求，很快促使了钢铁冶金工业的技术改造，生产控轧控冷工艺（TMCP）生产的新型微合金化、高强高韧、焊接性能好的钢材和焊接材料。

与石油、天然气和石化工业有关的特殊焊接结合技术的市场需求有：

- 1) 为改善焊接结构适应性服务的评估程序、腐蚀损害的修复技术、评估和焊接残余应力的预言和修复；
- 2) 碳、低合金和高合金钢的修复和无焊后热处理的修复技术；
- 3) 局部焊后热处理和焊后热处理的厚度限制；
- 4) 用于耗损和高温腐蚀阻力的热喷外套；
- 5) 耐蚀合金的焊接性和耐蚀性评定和试验；
- 6) 开发焊接性好的和改善了抗高温、应力腐蚀性能等新的焊接材料；
- 7) 开发大型焊接输送管道用的钢材和埋弧焊丝以及现场焊管对接用的立向下自保护气保药芯焊丝。

6、微电子和医药产品工业

进入二十一世纪，微电子技术和医药产品市场需求应该是在世界上增加最快的工业。目前市场上一系列跨国集团公司占优势，但是较小的公司也正在取得市场的位置。为保持竞争优势，较大公司正在改变着生产制造操作区域，改在近海区生产操作以降低成本。除此以外，近海区医药产品的需求得到政府的优惠支持。

电子技术和医药开发的技术和产品有：

- 1) 对各种等级的包装业产品的设计方针：材料选择、电路规划图、自动组件设计、热效率、互连方法；
- 2) 焊条药皮：高频地线、热电路和其耐蚀性；
- 3) 程序最佳化；
- 4) 程序模型化和模仿化；
- 5) 可靠性：评估方法学的模型化和模仿化；
- 6) 无铅焊剂；
- 7) 活性钎焊和硬钎焊；
- 8) 用金属丝焊接的钎焊和钎焊接头的显微组织与结合性能的相互关系；
- 9) 开发用低价塑料包装器和高价的密封金属陶瓷包装器；
- 10) 长期可靠性与短期可靠性测试方法的相互关系；
- 11) 增加电子和力学设备的可靠性。📌