

·科技纵横捭阖·

文/吴忍畊

感悟科技创新

我是一名老科技工作者,在我几十年的科研生涯中,我经历了无数次科学攻关。每经历一次科学攻关,我对科技创新就有一次新的感悟。我愿将我曾经历的一次科研创新的感悟表达出来,与青年科技工作者们分享。

20世纪80年代,我们曾承担一项导弹用超高强度钢的研究项目。接受课题后,我们首先对前苏联和美国相关研究领域作考察。前苏联和美国在洲际导弹和宇航技术方面,并驾齐驱,不相上下。自20世纪50年代,美国发射“北极星”导弹多次发生低应力断裂之后,西方学术领域迅速发展了断裂力学,几乎与此同时发展了高强度结构材料的应力腐蚀开裂、氢脆延迟断裂等一系列新学科领域,进行了大量的研究工作,从理论和实践上,解决低应力断裂问题。同一时期内在上述学术领域里,前苏联大大落后于美国,断裂力学几乎经过十年之后才开始发展。怎样解释苏联运载火箭技术的先进和相应的断裂力学领域中的“落后”?搞清楚这个问题,对于发展中国导弹用钢是十分有意义的,如果我们研究超高强度钢的过程也能跨越诸如低应力破断等一系列技术障碍,就可以节省大量人力、物力和财力,少走弯路,赢得时间,赶上世界先进水平。

随后我们对37钢和28钢这2种特种钢的应力腐蚀开裂特性进行对比,以期揭开上述问题的“谜底”。37钢是中国自行研制的新钢种,用于制造发动机壳体的超高强度钢,其合金化与美国某种导弹用钢很相似。在采用此钢种来制成薄壁固体燃料发动机壳体的过程中,多次发生低应力断裂,成为攻关难题。我们测试37钢应力腐蚀开裂特性的结果证明,此钢种对水质应力腐蚀开裂十分敏感。28钢是另外两种发动机壳体用的超高强度钢,这种钢是仿前苏联的钢种。我们对28钢和37钢所进行应力腐蚀开裂特性的测试结果表明,与37钢相比,28钢在几乎相同强度水平条件下,具有更为优异的抵抗低应力断裂和抗应力腐蚀开裂的性能。因此,比对37钢和28钢2个钢种,可以看作是,美国和前苏联的超高强度钢的比较。



本文作者 吴忍畊,哈尔滨工业大学教授。

栏目主持人 关增建,上海交通大学人文学院教授,中国科学技术史学会副理事长、上海市科技史学会副理事长。电子信箱:guanzzj@sjtu.edu.cn。

比较结果表明,前苏联钢种在抗应力腐蚀开裂敏感性方面具有极大的优越性。此钢种用于制造高压焊接容器,从来没有发生过低应力爆破。以上试验结果从一个侧面可说明,前苏联完全可能是由于采用了不易发生低应力断裂的导弹钢体系,从而越过一系列复杂麻烦的技术鸿沟,顺利地发展了他们的火箭运载工具。自然,他们也就没有必要像美国那样在学术领域里进行那么浩大规模的断裂力学研究课题了。

进一步比较美国和苏联系列超高强度钢的化学成分,可以发现,前苏联的每个钢种都含有合金元素钨,其含量范围为1%~2.9%。而美国发展的超高强度结构钢,没有一个是含有钨的。钨是否在改善材料抗应力腐蚀开裂和抗氢脆延迟断裂性能方面有着特殊的功能?为什么美国发展无钨钢?对后一问题,经调查研究我们得知,美国发展无钨钢是因为他们缺乏钨矿来源。钨矿是中国富产的矿藏资源,在国际上也是独一无二的。中华人民共和国成立后,由于美国政府奉行敌视中国的政策,再也没有可能从中国获得钨资源。鉴于这个原因,美国把钨列为战略资源,限制合金钢中使用钨作为合金化元素。因而,从那个时期以来,美国研发的超高强度结构钢,没有一个是含有钨的。相反,在同一历史时期,中苏两国友好结盟,前苏

联凭借中国的丰富资源,所研发的超高强度结构钢都是含钨钢种。

通过上述一番调研,既研究了科学因素,又分析了社会、历史因素,最后我们将研究课题的立题放在了苏式钢种性能研究上,即对前苏联超高强度钢系列进行认真调查和研究,弄清楚每一种钢的性能特点及其强化机理。假如钨果真能起到改善钢之抗低应力断裂和抗氢脆性能的话,那么,我们就能充分利用中国富产资源,开发能抗低应力断裂的钢种,一旦我们掌握了适合我国资源能抗低应力断裂的优质钢种,我们也就可以越过由于氢脆和应力腐蚀开裂所引起的一系列技术难题,走一条省时、省力的研究路线,将一个复杂研究课题化解为一个简单、目标明确的技术攻关。这份科研报告提交给航天部,经中国运载火箭研究院材料研究所认定之后,被认为立论有理,支持立题,纳入计划,拨款研究。

后来的研究证明:由于钨这个合金元素能改变钢在热处理时的相变行为,确保获得很高强度而避免形成氢脆敏感的合金相,从而改变了钢的合金相组成,确保此类超高强度钢具有抵抗低应力破断的优良性能。

这个立论思维方式的创新之处是,思考不局限于材料学科,而是按照系统学的方法,提升系统层次进行思索。我们比对为什么苏美航天科技进展并驾齐驱,而在材料有关断裂力学学术领域问题上有着巨大的差异——为什么在美国暴露出大量的断裂问题,论文如潮地研讨断裂力学、氢脆和应力腐蚀,而前苏联没有开展这方面的学术研究,航天器照样上了天。这个差异启发我们去比对苏美合金钢体系不同的问题,再把问题引伸到中美国家关系的历史状况,把纯技术性的问题与国家之间政治历史问题结合起来加以思考,从而开展了一项颇有意义的研究,取得重要成果。

科技创新首先要从思维模式切入,需要学科大跨度思维、评判性思维和辩证思维。这是我的一点体会。

(责任编辑 王芷)