



高性能桥梁用钢焊接材料的选择

王秀菊 宋迪 张剑峰 黄河珍

【摘要】随着大跨径钢桥梁的建设需求,高性能钢材应用越来越广,要在大型桥梁钢结构中应用,必须对高性能钢材的焊接性进行研究,选择与高性能钢材匹配的焊接材料,总结其焊接方法、焊接工艺,以满足大跨径桥梁用高性能钢生产制造的需要。

桥梁用钢在很大程度上制约着桥梁结构的发展,从某种意义上讲桥梁用钢技术水平也代表着桥梁建造水平。目前,国内桥梁用钢以Q345钢材和Q370钢材为主,部分桁梁受力较大的构件采用Q420钢,并正在向高强度、高性能方向发展。随着跨度、载荷及运行速度的不断提升,桥梁用钢的强度级别在提高,厚度越来越大,对焊接质量提出越来越高的要求,从而要求加大高强度桥梁钢的焊接技术研发,确保焊接施工性能良好、接头力学性能优良,以满足使用性能要求。

1. 研究背景

沪通大桥为主跨1 092m的公铁两用斜拉桥,在受力较大的主塔两侧各4个节间,辅助墩顶7个节间,全桥共30个节间采用Q500qE钢。为了更好地了解和掌握Q500qE钢材的焊接性,使之能更好地运用在桥梁结构上,通过试验手段全面掌握Q500qE钢材的焊接性,在国内现有焊接材料的基础上选择与Q500qE钢

材相匹配的焊接材料,开发满足Q500qE钢材性能要求的焊接工艺。

2. 焊接材料的选择

焊接材料的合理选用在整个工程的焊接中非常关键,随着钢材冶炼水平的提高,对焊接材料的发展提出挑战,国内焊接材料的研发一直在进行,但与高性能钢材的匹配使用仍然需要我们去进一步的优化和比选。高性能桥梁用钢的焊接材料选择方面,在低碳的基础上,选择高纯净度,低S、P含量,少量微合金化元素及控制Ni等关键元素的含量,来保证焊接接头的低温冲击韧性。

3. 试验内容

选择8mm、20mm、40mm、56mm共4种厚度规格的Q500qE钢材进行试验。

(1) 钢板母材性能的验证试验 要选择与钢材匹配的焊接材料,必须对钢材进行焊接性研究,对母材的性能进行深入的了解。母材的性能验证试验主

要进行了化学成分分析、力学性能试验、微观组织分析、冷裂敏感指数分析。试验均按照相应的国家标准进行,从化学成分上看:①试验用Q500qE钢材为超低碳贝氏体钢, $w_C \leq 0.07\%$ 。②S、P等有害元素的含量都控制在较低的水平, w_P 一般在0.008%~0.011%, w_S 都在0.006%左右, Cr、Ni、Mo、Cu等主要元素的成分控制都比较稳定。③在钢中添加了Ti、Nb、B等微合金元素以改善组织性能。④冷裂敏感指数均 $<0.20\%$ 。

比较稳定的化学成分及较低的S、P含量为钢板获得较稳定的力学性能和焊接性奠定了良好的基础。

(2) 选择与Q500qE钢材匹配的焊接材料 对各种焊材组合进行熔敷金属力学性能试验,根据试验结果选择与Q500qE钢材匹配的焊接材料。主要包括:埋弧焊材组合为H65Q+SJ105q、H60Q+SJ105q、H08Mn2E+SJ105q;气体保护

焊焊丝为WH70Q、WH60Q、YJCJ651Ni—QL、YJCJ601Ni—QL、LW—81Ni1、Sup81Ni1。

焊材的熔敷金属试验结果表明：①埋弧焊、气体保护焊均可以应用于Q500qE钢材的焊接。

②从焊丝化学成分上看，所选焊材碳含量低，S、P含量低，有一定的Ni及少量微合金化元素，与母材成分匹配，能保证焊缝的强度和低温冲击韧性。

③采用埋弧焊时，焊丝H65Q、H60Q配焊剂SJ105q，熔敷金属力学性能值与Q500qE钢材相匹配，可以用于焊接对接焊缝、坡口角焊缝等。焊丝H08Mn2E的强度较低，韧性较好，可以用于Q500qE钢角焊缝的焊接。

④实芯焊丝WH70Q、WH60—G采用20%CO₂+80%Ar保护时，熔敷金属力学性能值与Q500qE钢材相匹配，其中WH70Q的强度较高。当WH70Q采用CO₂保护时，强度有所下降、冲击韧性严重下降，因此实芯焊丝焊接不建议采取纯CO₂气体保护。从控制焊缝强度不超强的角度出发，推荐WH60Q富氩气体保护焊用于Q500qE钢材的焊接。⑤从焊接工艺性看，实芯焊丝选用20%CO₂+80%Ar保护时，由于熔池气液相之间表面张力较大、流淌性不好，容易产生气孔、夹渣等焊接缺陷，所以对焊工的操作技能要求较高。⑥药芯焊丝YJCJ651Ni—QL、YJCJ601Ni—QL、LW—81Ni1、Sup81Ni1采用CO₂保护时，LW—81Ni1、Sup81Ni1两种焊丝力学性能值与Q500qE钢材相匹配，YJCJ651Ni—QL、YJCJ601Ni—

QL两种焊丝的强度略低。因此推荐药芯焊丝LW—81Ni1、Sup81Ni1用于Q500qE钢材的焊接。

4.试验结果与分析

经过母材性能试验研究、焊材选择的试验研究，通过对试验结果的分析，可以得出如下结论：①Q500qE钢在强度、伸长率、冲击韧性等各方面均具有良好的性能，各项参数指标均高于规定值，在-40℃下具有较高且稳定的冲击吸收能量，低温冲击韧性良好。②通过化学成分分析，武钢的Q500qE为超低碳、低硫磷、高纯净度、微合金化高强度结构钢。冷裂敏感指数均<0.20%，通过HAZ最高硬度试验和斜Y形坡口裂纹试验，表明Q500qE具有良好的抗冷裂能力，焊接性良好。

③通过焊材匹配试验和典型接头焊接试验结果表明，选用的H65Q+SJ105q、H60Q+SJ105q、H08Mn2E+SJ105q埋弧焊材组合；武钢的WH70Q、WH60Q实芯焊丝+富氩气体保护焊组合；LW—81Ni1、Sup81Ni1药芯焊丝均能与Q500qE进行匹配。对于8~12mm的薄板焊接宜采用强度较高的WH70Q+富氩气体保护进行焊接。YJCJ651Ni—QL、YJCJ601Ni—QL强度偏低，需进一步试验验证。④厚板埋弧焊发现有接头软化倾向，建议厚板焊接的工艺参数需严格控制热输入<35kJ/cm，并控制较低的焊接道间温度。针对该问题，由于试验数据较少，后续需进一步研究。⑤实芯焊丝富氩气体保护焊由于熔池气液相表面张力的影

响，其工艺性比药芯焊丝CO₂保护焊稍差，对焊工的操作技能要求较高，在产品制造时应进行培训和提高。

5.结语

上述试验结果表明，Q500qE钢具有稳定的力学性能和较好的焊接性，能够满足桥梁结构的受力要求及钢梁生产的焊接需要。试验所选用的埋弧焊、实芯焊丝富氩气体保护焊和药芯焊丝CO₂保护焊三种焊接方法及配套的焊材均能够满足Q500qE钢焊接接头性能匹配的需要，为后续工程应用奠定了基础。

作者简介：王秀莉、张剑、黄河珍，中铁宝桥集团有限公司；宋迪，辽宁省高等级公路建设局。

MW 20160116

2015年12月份 规模以上工业 增加值增长5.9%

2015年12月份，规模以上工业增加值同比实际增长5.9%（以下增加值增速均为扣除价格因素的实际增长率），比11月份回落0.3个百分点。从环比看，12月份，规模以上工业增加值比上月增长0.41%。2015年全年，规模以上工业增加值比上年增长6.1%。

（中国焊接网）