

桥梁钢结构焊接材料的应用与发展

徐向军

1. 桥梁钢结构制造用焊材

目前国内桥梁结构钢主要采用Q345、Q370、Q390和Q420级别钢板，符合《低合金高强度结构钢》（GB/T 1591）或《桥梁用结构钢》（GB/T 714）标准。在桥梁钢结构制造上常用的焊接方法为埋弧焊和气体保护焊，少量采用焊条电弧焊。

根据钢桥所用结构形式不同，所采用的焊接方法和焊接材料的比例也不同，对于公路钢箱梁桥，气体保护焊用量大，约占85%，埋弧焊用量较少，约占15%，焊条电弧焊仅占约2%；对于桁架桥，埋弧焊用量较大，约占58%，气体保护焊用量约占40%，焊条电弧焊约占2%。不同强度级别钢板所采用的焊接材料如表1所示。

2. 桥梁钢结构焊接材料的应用与发展

（1）研发高强度、高韧性焊材　随着我国铁路建设向高速、重载方向发展，铁路钢桥向高速、重载、大跨度、结构美观新颖及全焊方向发展，所采用的桥梁结构钢已经不仅限于Q345q、Q370q和Q420q钢，为了满足主跨1 092m的世界第一跨度斜拉公铁两用大桥——沪通长江大桥设计需要，研发并应用了强度级别更高的Q500qE钢，该钢板也即将在芜湖长江公铁大桥上应用。由于Q500qE钢的性能指标高（屈服强度≥500MPa，抗拉强度≥630MPa，-40℃低温冲击吸收能量≥120J），为了满足焊接接头防裂、防断要求，对Q500qE钢板提出高标准接头力学性能要求，对Q500qE钢所采用的焊条、气体保护焊丝、埋弧焊丝和焊剂等焊接材料提出更高要求（见表2）。

（2）耐候桥梁钢焊材的需求　随着我国一带一路经济发展，位于东南沿海和西部的交通建设规模逐渐扩大，为了降低桥

表1　常用桥梁钢的焊接材料

材质	焊条电弧焊		埋弧焊		气体保护焊	
	型号	牌号	焊丝	焊剂	焊丝	保护气
Q345级 Q370级 Q390级	E5015 E5015—G	J507 J507Ni	薄板不开坡口对接焊缝H08MnA或H10Mn2	SJ101q	实芯ER50—6 ER50—G 药芯E501T—1 E501T—1L	CO_2
			开坡口对接焊缝H10Mn2或H08Mn2E	SJ101q SJ103M SJ105q		
			角焊缝H08MnA	SJ101q		
Q420级	E5515 E5515—G	J557 J557Ni	对接焊缝H60Q	SJ105q	实芯ER50—6 ER55—G 药芯E501T—1 E501T—1L E551T—1L	CO_2
			角焊缝H08Mn2E	SJ101q SJ105q		
Q345级 Q370级 Q390级 Q420级	—	—	—	—	药芯E500T—1	机器人CO_2气体保护焊

注：异种材质焊接时，按照强度级别较低的母材选择焊接材料。

表2　Q500qE钢所用焊接材料熔敷金属性能要求

屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率(%)	-40℃低温冲击吸收能量/J	熔敷金属扩散氢含量/mL·(100g)$^{-1}$
≥500	≥630	≥20	≥60	≤5

梁钢结构建成后的维护成本，减少环境污染，将逐渐推广建设免涂装的耐候钢桥梁，各大钢厂正在研发耐海洋气候和内陆大气腐蚀的耐候钢，我公司制造的美国阿拉斯加铁路免涂装耐候钢桥如图1所示。

为了满足耐候桥梁钢焊缝耐候性需要，在保证其焊接接头具有良好综合力学性能的同时，焊缝也需要向母材一样也具有耐候性能。参考美标ASTM G101对钢板的耐候性能评价标准，即钢材具有较好的耐大气腐蚀性能时，经计算得出的耐腐蚀性指数≥6.0，指数值越大的钢板耐腐蚀性能越好。

因为焊缝区域或多或少都会存在焊接残余应力，会降低焊缝的耐腐蚀性能，为了保证耐候钢焊接接头具有良好的耐腐蚀性能，要求耐候桥梁钢焊接材料熔敷金属的耐腐蚀性指数比钢板标准适当提高，耐候桥梁钢焊接材料熔敷金属的耐腐蚀性指数≥6.2，且熔敷金属扩散氢含量≤5mL/100g。

（3）复合钢板焊材的需求　为了解决桥面防腐问题，正在建设中的平潭海峡大桥和正在设计中的五峰山长江大桥的桥面板结构采用复合钢板，即在桥梁结构钢基材表面复合3mm厚的316不锈钢板。复合钢板的焊接需要采用三种焊材，即基材焊接采用低合金结构钢焊材，基材与复层交界处采用不锈钢焊材焊接过渡层，表面不锈钢复层焊接需要与316不锈钢板相匹配的不锈钢焊材。在桥梁复合板焊接中，不锈钢焊材用量将逐渐增加。

（4）机器人焊接用高效焊接材料的需求　目前，钢结构桥梁制造领域正在推广机械化和自动化焊接技术。为了适应机器人连续高效焊接，力学性能和工艺性稳定的桶装焊接材料受到制造厂的青睐，尤其随着Q500级桥梁钢的推广应用，工艺性能好、高强度、高韧性的机器人焊接用金属粉型气体保护焊药芯焊丝的用量将会逐渐增大。机器人焊接生产线如图2所示。



图1　美国阿拉斯加铁路免涂装耐候钢桥



图2　机器人焊接生产线

作者简介：徐向军，中铁山桥集团有限公司焊接室主任、教授级高工。

MW 20160322

《金属加工（冷加工）》2016年第8期要目

大直径回转窑齿圈在普通滚齿机上的加工
工艺孔在机械设计及加工中的应用
倒锥齿花键的加工与测量
立式五轴综合加工机CT-350的研发
简易实用的轴承外圈垂直差修磨工装设计
套筒式打滑螺栓取出器的设计
加工大直径长薄壁套的胀胎式心轴设计
16TA变速器总成装配使用工具设计与应用
数控深孔钻三级钻孔技术应用
控制阀阀孔精加工方法的改进及刀具设计
精滚齿工艺中滚刀极限窜刀位置的研究与应用
FANUC刀具补偿系统变量的功能和编程方法
iMonitor在设备故障管理中实现丝杠批量损坏故障的预判
FANUC系统功能在插齿机防碰撞方面的应用
AB PLC在三轴滚压成形机改造中的应用
慢走丝线切割降低成本的几点措施
小设备发挥大作用