



地铁垫板断裂失效分析

姜志昆

【摘要】某地铁垫板上道未达到设计寿命状态下提前发生断裂失效，通过对断口宏观分析、焊缝显微硬度、金相组织检测以及原材化学成分、力学性能检验等手段对其失效性质及裂纹发生的原因进行了分析。结果表明：该垫板底板断裂裂纹源为点状裂纹源，起裂位置为焊缝的起弧、收弧位置。起弧和收弧阶段填充金属不足和焊接热影响区形成马氏体组织、硬度过高导致裂纹形成。同时，对该原因引起的缺陷，在加工工艺及原材选择方面给出了相应建议。

关键词：道岔垫板；滑床台板；焊接；失效

近期，收到某地铁机场东站送检道岔垫板一件，发现垫板撑轨槽靠近滑床台板处底板出现裂纹。该块垫板型号为：60—0滑床板（专线4232—67），由Q345台板和Q235B铁垫板焊接而成，用于60—9—4.6M渡线（SC471）上。该垫板上道时间较短未到一年，并且滑床台板作为铁路道岔转辙器重要配件，在保证基本轨横向稳定、降低尖轨

转换阻力方面起到重要作用，有必要对该断裂垫板进行断裂原因分析，并提出相应解决方案。

1. 测试过程与结果

（1）外观及断口形貌 滑床台板经除锈处理后，发现底板的裂纹是从滑床板焊脚处延伸而形成的。图1为滑床台板和垫板底板的焊缝起弧端或止弧端，裂纹从焊缝起、止弧端处向底板扩展。扩展方向并非沿着底板的法

线方向，而是（见图2）先沿某一圆弧发展，当其切线平行于底板长度方向时停止。从底板处形成的裂纹与上述圆弧末端相贯通。

为了分析裂纹形成的原因，利用三点支撑法对滑床台板施压力、垫板底端两点支撑，从而打开此处的裂纹。

打开裂纹后发现，垫板仅有小部分金属露出金属光泽（见图

表3 焊接参数

平均电流 /A	脉冲频率 /Hz	脉冲宽幅 (%)	焊接速度 /cm·min ⁻¹	弧长 /cm	钨极直径 /mm	喷嘴直径 /mm	氩气流量 /L·min ⁻¹
27	7	80	60~70	0.8~1.0	1.0	4	8

表 4

焊接方法	焊接速度/mm·min	焊接成本	焊接后密封效果	一次焊接合格率 (%)
手工氩弧焊	55~60	低	优	100
激光焊	5~7	高	良	80

[2] 刘云龙.焊接技师手册[M].北京：机械工业出版社，2004.

作者简介：杨渠远，滨特尔阀业（四川成都）有限公司。

MW 20170824

3)，其他部位颜色较暗，表明垫板送检前虽然未完全断裂，但未断裂金属的面积已经不能承受列车轮系所产生的拉压应力，垫板已经失去使用价值。从断口来看，导致垫板失效的裂纹源为点状裂纹源，裂纹源为滑床台与垫板的焊接处和垫板与滑床密贴面处。

(2) 焊缝金属显微硬度 在距离裂纹5cm处切取焊接断面，用来进行焊缝金属和热影响区显微硬度的检测（见图4）。硬度点为每1mm进行一点检测，结果如表1所示。

参考ISO15614—1:2012要求，焊接硬度应<380HV10。因此，478HV10的热影响区硬度超标。

(3) 焊接断面金相组织 使用奥林巴斯GX—51金相显微镜对底板一侧和滑床台板一侧焊缝热影响区进行金相检测。如图5、图6所示，底板一侧焊缝组织为先共析铁素体+少量珠光体+铁素体，热影响区组织为先铁素体+少量粒状贝氏体；滑床台板一侧焊缝组织为先共析铁素体+少量珠光体+铁素体，热影响区组织为铁素体+马氏体。

(4) 垫板化学成分 使用ARL4460型直读发射光谱仪对滑床台和垫板底板的化学成分进行检测，结果如表2所示。

与GB/T700—2006和GB/T1591—2008相比，化学成分中只有滑床板的磷含量超过标准值，其他项目均正常。

(5) 垫板底板力学性能 在距离裂纹10cm处切取试件，使用CMT5305型电子拉伸

试验机和JBN—300B半自动冲击试验机对垫板底板试件进行拉伸和冲击试验，试验结果为：抗拉强度443MPa，上屈服强度267MPa，断后伸长率33.5%；室温冲击试验，冲击吸收能量分别

为：25J、27J、31J。可见垫板底板拉伸性能达标，冲击性能不符合GB/T700—2006标准的要求。

(6) 垫板底板硫印检测 图7为垫板Q235B材料的硫印结果。结果表明，除板材中



图1 起弧端宏观图片



图2 底板侧面裂纹发展方向

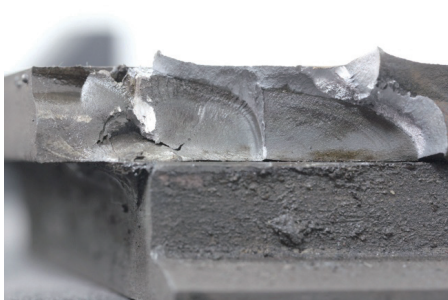


图3 点状裂纹源

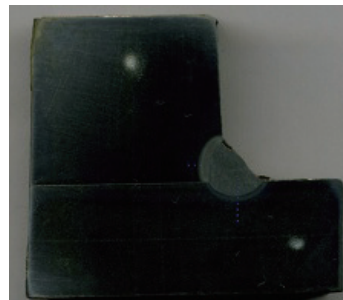


图4 焊接断面

表1 显微硬度结果 (HV10)

材料	钢板原材			焊接热影响区	焊缝		
Q345	214	234	299	478	253	267	254
Q235B	158	166	183	210	242	244	250

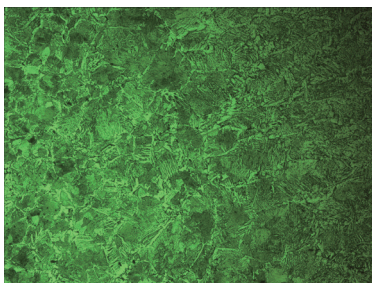


图5 底板一侧焊缝金相组织 (200×)

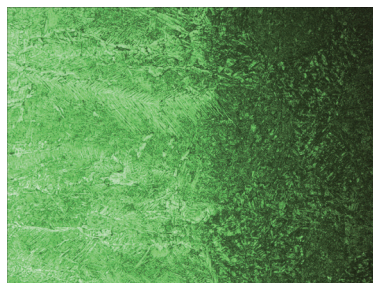


图6 滑床台板一侧焊缝金相组织 (200×)

表2 化学成分分析结果 (质量分数) (%)

化学元素	C	Si	Mn	S	P
滑床板Q345	0.20	0.49	1.36	0.016	0.043
底板Q235B	0.167	0.18	0.52	0.018	0.010
GB/T1591—2008 (Q345A)	≤0.20	≤0.50	≤1.70	≤0.035	≤0.035
GB/T700—2006 (Q235B)	≤0.20	≤0.35	≤1.40	≤0.045	≤0.045

心存在轧制流线外，在距离板边5~6mm位置，存在长度约为10mm的硫偏析。

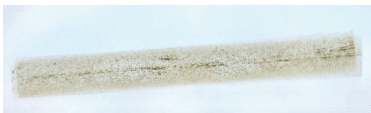


图7 垫板底板的硫印结果

2. 分析与讨论

从以上对滑床板和垫板的焊接原材料和焊接后的断面试验结果来看，Q345滑床板材料磷含量偏高，垫板原材存在部分硫偏析，垫板室温冲击性能偏低。两母材焊接后，滑床台板焊缝一侧热影响区硬度高并且存在马氏体。

其中，硫偏析不严重，在力学性能上来讲，如若不存在较大Z向应力，此位置的偏析不会对垫板存在影响。

Q345滑床板的磷元素含量偏高，会影响到焊缝金属的化学成分，但其含量未超出另一侧底板垫板的成分控制水平，在理论上，其对焊缝质量影响有限。

观察失效断口可以发现起裂位置存在明显的撕裂痕迹，表明起弧端焊接质量较好，曾经承受了轨底对滑床垫板的应力。

由图1可见，垫板底板与滑床台焊接时焊缝长度方向尺寸不足。焊缝金属填充焊缝后处于三

向应力状态，滑床板和垫板的受力最终都会传递到焊缝金属，因此增大焊脚尺寸，增加焊缝的受力面积对于降低整个垫板的失效起到重要作用。在焊接起弧和收弧阶段，如果出现未填满状态，此处焊缝强度薄弱，在焊道温度降低和拘束力共同作用下，起弧和收弧位置容易产生微裂纹和气孔。未填满状态也可以理解为焊脚尺寸不足，导致受力后开裂。滑床板焊缝一侧热影响区存在马氏体并且硬度高，导致从热影响区到焊缝金属或者从热影响区到母材的硬度梯度增大，受力后易破坏；热影响区存在马氏体，使得热影响区附近金属处于高应力状态。

在列车通过道岔产品时，钢轨轨底会对滑床垫板产生压应力和剪切力。在列车持续行进过程中，裂纹易沿受力方向扩展，出现图2所示裂纹发展方向。

3. 结论与建议

该垫板底板断裂裂纹源为点状裂纹源，起裂位置为焊缝的起弧、收弧位置。起弧和收弧阶段因填充金属不足和焊接热影响区存在马氏体、硬度高而导致裂纹形成。

为避免同样问题的产生，建议采取下列措施：

(1) 起弧和收弧均延长到

设计焊缝长度以外，之后打磨掉多余部分。这样能够保证这两个位置填充饱满，避免在此过程中焊缝金属内部出现微裂纹。

(2) 优化焊接工艺，可以选择焊前预热或焊后处理等方式改善焊接热影响区组织，降低热影响区硬度，减少焊接应力。

(3) 对于Q235B钢板相关技术条件未做必检项目要求，建议采用高一级别的钢种，如Q235C，可以在使用前就进行原材检测。同时提高级别后，能够保证较低温度下的冲击韧性，在近些年我国南方城市冬季温度较低背景下，更好的保证行车安全。

参考文献：

- [1] 文妮. 高速铁路轨道施工与维护[M]. 成都：西南交通大学出版社，2005：132.
- [2] 钱海盛，等. 焊接工艺参数对Q235钢焊接残余应力的影响[J]. 热加工工艺，2015，3(5)：169-171.
- [3] 刘金辉，赵志刚，胡伟. 16Mn钢板与Q235钢板焊接的实践[J]. 河北冶金，2005(3)：42-43.

作者简介：姜志昆，中铁山桥集团有限公司。

MW 20170628

Hypertherm海宝再次被钢铁服务中心管理人员评为切割第一品牌

Hypertherm海宝在最近一次的钢铁服务中心管理人员的调查中被评为“最佳切割品牌”。此次调查由金属中心新闻杂志发起，调查范围涵盖所有的切割方式，包括火焰、等离子和激光。

最终排名显示了切割品牌所拥有的市场份额和客户满意度。因为在进行这项调查时，金属中心新闻杂志让参与者选择他们将来愿意推荐和购买的品牌。

(海宝)