

车桥喷漆循环水处理设备的设计

金莹¹, 鹿乐民¹, 康选林²

(1.咸阳职业技术学院, 陕西 咸阳 712046; 2.西安三化机电科技有限公司, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 为了提高车桥喷漆循环水处理效果, 减少喷漆废水的排放污染, 可在循环水中添加适宜的化学药剂, 增强漆雾捕集效率, 降低循环水油漆颗粒含量。添加化学药剂只有与合理的水处理工艺和良好的水处理设备配套使用, 才能达到理想的水处理效果。本文以西安三化研发小型喷漆循环水处理设备实践过程为依据, 对循环水处理药剂的添加、水处理工艺优化及配套设备的功能、原理和设计要点进行了全面分析和总结, 对喷漆循环水处理设备的设计具有一定的参考价值。

关键词: 汽车; 喷漆; 循环水; 水处理设备

中图分类号: X78

文献标识码: B

文章编号: 94047- (2017) 01-032-03

一、引言

汽车车桥壳体表面喷漆是汽车制造的重要工序, 一般采用水帘湿式喷漆法。水帘湿式喷漆法就是将水池的循环水加压雾化, 用于吸收和稀释油漆漆雾, 减少喷漆作业时对地面和空间的污染。当车桥壳体通过悬挂线输送到喷漆循环水池上方、循环水帘之前时, 喷射在壳体上过量的油漆会流落在水池里, 喷射在工件外的油漆漆雾通过水帘循环水吸收后, 回流到循环水池中, 水池中的循环水经过反复使用, 油漆量就会不断增加, 水的杂质成分就会超标, 循环水就变成喷漆废水, 需要排放更换处理^[1-3]。

喷漆废水中含有大量人工合成树脂等颗粒, 直接排放会严重污染环境。为了延长喷漆循环水的使用周期, 减缓和减少喷漆废水的形成, 应在循环水中添加化学药剂, 采用专用的设备, 将循环水中的漆渣不断分离出来, 控制水质在良好的范围内循环反复使用, 减少换水次数和新水添加量, 把循环水的污染降低到极限。我们经过多年对陕汽集团等企业车桥喷漆涂装线的研究实践, 探索研制出小型喷漆循环水处理配套设备, 在喷漆循环水处理中取得了良好的效果。

二、循环水处理药剂的添加与工艺优化

在喷漆涂装线上添加循环水处理设备前, 应首先确定循环水添加药剂的品种、优化循环水处理工艺。

循环水中加入水处理药剂, 可将循环水中的油漆颗粒分解、聚集, 提高漆雾捕集效率, 减少循环水中油漆颗粒含量, 防止漆雾颗粒黏附在设备管道及泵体内部, 保证循环水处理设备的正常运行。目前常用的水处理药剂有: 漆雾凝聚剂、PH值调节剂、消泡剂、杀菌剂、消黏剂等^[4], 而漆雾凝聚剂具有较好的综合水处理功能, 使用最为普遍。漆雾凝聚剂是一种二组份环保型造渣净水剂, 一般为A、B双组分, A剂用来破黏, 消除过喷漆水中油漆的黏性, 并形成分散的小颗粒。B剂凝聚, 将破黏后的细颗粒絮凝成多孔的可悬浮的大絮团, 漂浮在水面上, 便于人工定期打捞或设备除渣, 从而实现喷漆循环水洁净使用。

循环水处理药剂的添加位置、添加量对循环水处理效果有着直接影响, 随意添加水处理药剂, 不仅会造成药剂浪费, 而且会使循环水捕集漆雾的效率难以保证。因此, 在配备循环水处理设备前, 应对原喷漆涂装线循环水处理工艺流程进行优化, 以便满足配备水处理设备的要求, 提高循环水处理效

收稿日期: 2017-01-08

基金项目: 咸阳职业技术学院科学研究基金项目“汽车后桥喷漆循环水处理设备的研究与设计”(2016KYB03)

作者简介: 金莹(1974—), 男, 陕西商洛人, 副教授, 硕士研究生, 主要研究方向机械制造技术及机械CAD/CAM。

果。一般喷漆循环水处理工艺主要节点包括：喷漆水幕、循环水池、循环水泵、加药箱、加药泵、除渣设备和工艺管路等。根据循环水处理要求及西安三化循环水处理设备的特点，优化后的循环水处理工艺如图1所示。

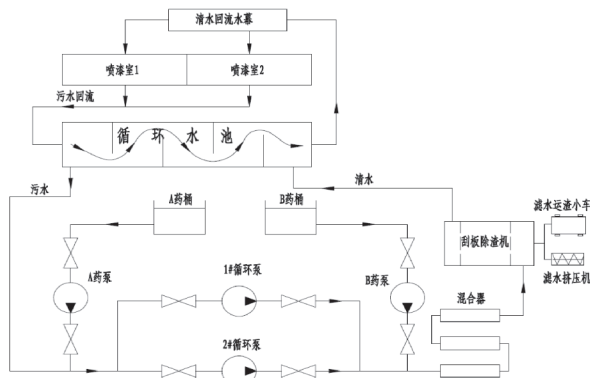


图1 喷漆循环水处理工艺

Fig.1 Spray paint circulating water treatment process

三、循环水处理设备的设计

国内新建涂装线较多的采用大型循环水处理设备，大型循环水处理设备投资巨大，维护成本高昂，工艺复杂，占地面积大，不适合于循环水处理改造项目^[5-6]。西安三化根据陕汽集团等企业车桥喷漆循环水处理改造项目需要，研发出经济实用的小型喷漆循环水处理设备。该设备包括药剂添加装置、刮板除渣机、滤水运渣小车及双螺旋滤水挤压机等，特别适用于原喷漆循环水系统没有水处理设备的项目改造。

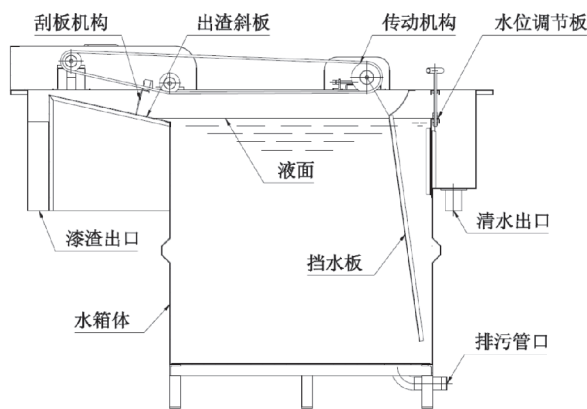


图2 刮板除渣机结构原理图

Fig.2 Structure principle diagram of scraper slag removing machine

1.刮板除渣机：刮板除渣机的功能是对喷漆循环水进行水、渣分离，保持循环水清洁使用。通过

循环水泵输送到该机的循环水，大部分油漆浮渣漂浮在水槽的表面，刮板机构间歇运动，将浮渣收集除掉，比重较大的颗粒沉积在水槽的底部，定期进行排水清理除渣。按照设备功能要求，该机结构包括：水箱、刮板机构、传动机构、水位调节板、出渣斜板及循环水管路等，如图2所示。设备调试证明要取得良好的除渣效果，刮板除渣机在设计时应考虑一下问题。

1) 水箱应该有足够的深度、宽度和长度，保证漆渣有相当的沉淀时间和漂浮面积，喷漆工作量越大水箱容积应越大。

2) 刮板运动轨迹应精确计算，保证刮板在水面每一处都能刮到而不留浮渣死角，刮板入水端应设圆弧引导板；刮板在水面之上的高度和水面之下的深度也要适当，以防浮渣在刮运中被溢出。

3) 刮板运行速度、运行方式应根据循环水中浮渣量确定。一般采用连续运转一两圈后停止一段时间再运转，停止时间长短根据循环水中产生的浮渣量大小确定。

4) 箱体出渣处应设计成斜坡面，当刮板运行到斜面长度约1/3处停留几分钟，让聚集的浮渣泄水后出渣，以便减少漆渣中的水分。

5) 漆渣悬浮物多少与喷漆生产量有关，为适应循环水除渣量的变化，刮板运动速度应变频可调。

2.滤水运渣小车：滤水运渣小车除了具有收集运送油漆浮渣功能外，还有对漆渣进行过滤水分的作用。停放在刮板除渣机出渣口的小车，将漆渣收集静置一定时间，油漆浮渣中大部分水分被过滤掉，以便漆渣的储运和最终处理。西安三化设计滤水运渣小车采用全不锈钢材质，将小车设计成三立面网状板和底板倾斜的结构形式，滤水速度快、除渣效果好、装卸运送漆渣方便，如图3所示。

3.双螺旋滤水挤压机：经过刮板除渣机收集的漆渣水分含量较大，采用小车静置过滤水需要较长时间，为了快速除去漆渣中的水分，满足漆渣终极方便处理，西安三化研制出双螺旋滤水挤压机。该机主要由输送螺旋、滤水挤压螺旋、传动机构、出渣调节机构、减速电机等组成，如图4所示。上部输送螺旋用于漆渣的输送和水分的初步过滤，下部滤水挤压螺旋机构用于漆渣水分的进一步过滤和压缩，最终使设备出渣接近固体状态。该机设计关键

点是：（1）合理选择各级螺旋绞龙的转速、螺旋节距和绞龙直径。（2）选择合理的螺旋压缩比，满足油漆悬浮物的除水要求。（3）压缩螺旋绞龙段滤网孔径大小应当适当，网口过小会出现堵塞而不出水，网口多大漆渣会随水排出，达不到滤水的效果。（4）出渣调节弹簧的弹力大小对出渣的含水量影响较大，弹力大小应与螺旋的推力应相平衡，设计计算后要经过调试最终确定。

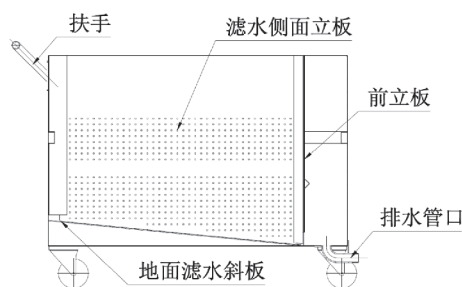


图3 滤水运渣小车 Fig.3 Water carriage

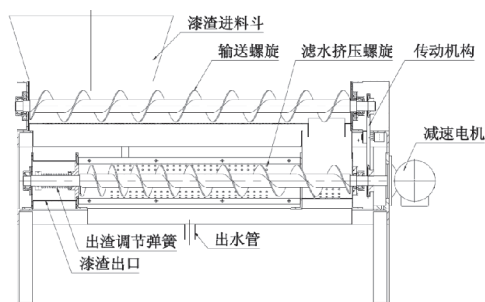


图4 双螺旋滤水挤压机构
Fig.4 Double screw extruder

4.加药装置：加药装置用于循环水管路中定时、定量添加药剂。包括两个储药桶、两个计量泵、加药管路及自动控制器等。药剂选用西安三化研制的SHA/SHB漆雾凝聚剂，采用计量泵自动加药，SHA药剂在循环水泵前添加，用于漆雾的破黏，SHB药剂在循环水泵之后添加，用于漆雾的凝聚，在此之后设有混合器，让两种药剂与循环水充分混合。为了设备外形美观，将加药装置做成箱体型，药箱、计量泵、控制器等元件全部集成在箱体内部，相关指示灯、仪表布局在箱体面板上。由于喷漆循环系统具有一定的腐蚀性，循环水泵、计量泵、水泵与管件等应选用不锈钢材质或PVC等塑料材质，储药桶一般选用PE材质较好^[7]。

5.设备控制与联锁：喷漆循环水处理设备设计为全自动定量添加药剂、分离收集漆渣，并与喷漆生产线联动或单动运行。

（1）在涂装线输送链前端设置工件计数器，当输送链有工件生产时，加药计量泵开启，并根据工件数量定量添加药剂。

（2）当输送链空转无工件时，加药计量泵停止。

（3）输送链运行则循环水泵启动，输送链停止则循环水泵停止。

（4）循环水泵启动则刮板除渣机运转，循环水泵停转则刮板除渣机停转^[8]。

小型喷漆循环水处理配套设备2014年设计试制成功后，在陕汽集团汽车后桥喷漆涂装线经过使用取得了良好的效果，原来每周要更换一次循环水而现在几个月才换一次，循环水的洁净度比原来大大提高，没有以往水槽暂存浮渣现象，循环水泵的故障率也大大减小。2015年该设备在该厂其它涂装线添加了5套，收到了应有的水处理效果。

四、结论

1. 喷漆循环水处理设备设计时，应根据循环水所添加药剂的特点优化水处理工艺，以便适应循环水处理设备的配置。

2. 生产实践证明小型喷漆循环水处理设备具有良好的水处理效果，安装灵活、使用方便，无需对原喷漆涂装线做较大改动，非常适合于车桥喷漆循环水生产线改造项目。

参考文献

- [1]蔡开建,陈文峰,陈斌.汽车厂涂装喷漆循环水处理技术的应用现状及发展趋势[J].工业水处理,2010.3(3):4-8.
- [2]周德坤.汽车涂装废水处理工艺改进综述[J].广州化工,2011,39(7):32-35.
- [3]刘颖.浅谈机械加工项目漆雾的治理对策[J].环境保护与循环经济,2015(3):39-41.
- [4]王琳.一种用于油漆废水处理的新型絮凝剂的研究.辽宁:东北大学,2012.
- [5]彭皓.有机/无机高分子絮凝剂在某汽车厂涂装废水处理中的应用[D].重庆:重庆大学,2007.
- [6]陈音瑜,周杰,成亚君.油漆车间过喷漆雾处理及VOC的控制[J].现代涂料与涂装,2015(08).
- [7]米德伟,杨昌柱,王子建,李新立.喷漆房循环水处理系统维护与管理[J].环境工程,2010(06):4-7.
- [8]康选林.喷漆循环水处理机操作使用说明书[K].西安三化机电科技有限公司,2016(2).

[责任编辑、校对：王军利]

机械耦合作用下钢筋表面轮廓的形成机理

雷海涛^{1,2}

(1.咸阳职业技术学院, 陕西 咸阳 712000; 2.西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 钢筋表面轮廓状况对其力学性能存在较大影响。基于表面粗糙度特征技术, 本文对腐蚀钢筋表面锈蚀坑深度的不均匀分布进行了详细分析, 发现腐蚀高度算术平方根Ra可直观描述腐蚀表面的粗糙程度。另外, 在相同腐蚀条件下对腐蚀试验和耦合机械腐蚀试验作用下钢筋表面轮廓数据进行分别采集, 经对比分析发现: 钢筋腐蚀表面粗糙度受机械耦合腐蚀作用显著于单纯氯离子作用, 且该现象与热力学的机械耦合腐蚀机理完全一致。

关键词: 锈蚀钢筋; 非均匀腐蚀; 表面粗糙度; 机械耦合

中图分类号: TU375

文献标识码: A

文章编号: 94047-(2017)01-035-03

0 引言

钢筋混凝土结构在服役过程中受周围环境以及自身应力条件影响较为严重, 且其已成为影响钢筋混凝土结构安全使用的严重问题。为了促进钢筋混凝土的有效利用, 了解钢筋腐蚀形态是确保结构在使用寿命期限内具有稳定性能的关键因素。

钢筋的腐蚀形态具有不规则和不稳定等特点。由于局部损伤的发展, 钢筋剩余截面将逐渐失去其规则性, 且其表面轮廓沿周长及长度出现较大差异。在描述钢筋表面腐蚀状况, 通常采用腐蚀质量损失率等指标, 而对表面形貌的非均匀分布和局部腐蚀深度较少涉及。但是, 最近研究表明钢筋表面状况对其力学性能存在较大影响^[1-5]。袁迎曙等^[6-7]通过研究发现不同腐蚀表面特征的钢筋对钢筋混凝土结构造成不同程度的力学性能恶化。即使在相同质量损失的情况下, 点蚀损伤由于极易引起局部失效, 往往伴随严重危害^[8]。Jaffer and Hansson^[9]通过氯离子腐蚀试验, 发现在不同加载荷载条件下, 相同腐蚀龄期内的钢筋混凝土梁裂缝形式不同。Ahn and Reddy^[10]发现梁在疲劳荷载作用下最大弯矩处的负电位显著高于静载条件。基于表面粗糙度特征技术, 本文旨在探索一种描述钢筋在不同腐蚀环境中表面非均匀化过程的新方法。通过获取不同腐蚀水平钢筋表面轮廓曲线, 并计算相关粗糙度参数, 结

合机械耦合效应机理, 对受腐蚀钢筋不同表面粗糙度的形成机理进行讨论。

1 实验方案

1.1 实验材料及试件尺寸

材料按照GB/175选用波兰特P-O42-5水泥。细骨料选用河沙。粗骨料为天然白云岩砾石。氯离子溶液模拟腐蚀环境。混凝土的配合比见表1。根据ISO标准 No.6935-1, 钢筋选用热轧型, 直径12mm。钢筋混凝土试件大小为150mm×150mm×550mm。各混凝土试件内钢筋分别编号为RS-a、RS-b(内部引入氯离子)和RSL-a、RSL-b(内部引入氯离子及拉应力耦合)。

表1 混凝土配参数比例

水泥 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	砂 (kg/m ³)	粗骨料 (kg/m ³)	氯化钠 (kg/m ³)
365	192	730	1095	9.6

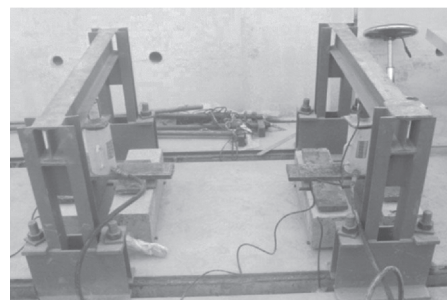


图1 静载试验示意图

收稿日期: 2016-10-10

作者简介: 雷海涛(1980—), 男, 西安人, 硕士, 副教授, 主要从事土木工程方面的教学和研究工作。

1.2 试验方法及试件加工

为得到含腐蚀钢筋的钢筋混凝土试件,需将浇筑并养护完毕后的试件进行腐蚀试验。

试件(RS)标准养护28天后,水中浸泡在12h,然后用烤箱烘干12h($50 \pm 1^\circ\text{C}$),允许烘干过程中钢筋受氯离子作用。

试件(RSL)标准养护28天后,在装置(见图1)中承受荷载作用。静荷载为试件开裂荷载的0.9倍。将装置及试件掩埋于湿砂中12h后取出,试件在氯离子腐蚀和拉应力耦合作用下进行烘干处理12h。

当锈蚀试验完毕后,将试件内钢筋刨除并除去表面腐蚀产物,分别计算其腐蚀质量损失率(S)。

锈蚀钢筋表面粗糙度的测试:选取锈蚀钢筋最粗糙的表面作为测试面,采用单尖头百分尺(精度为0.1毫米),每隔2.5mm以径向 45° 测试八条腐蚀钢筋表面轮廓曲线。 R_a 以表面垂直高度算术平方根反映锈蚀钢筋粗糙度统计参数,其被定义为采样长度内轮廓线与平均线之间垂直偏差的绝对平均值,其数学表达式如式(1)所示^[1]:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |z_i - m| \quad (1)$$

式中, z 是轮廓峰的高度; m 是平均线的高度; n 是测量点的数量。

2 结果和讨论

图2给出了不同腐蚀水平钢筋的表面轮廓曲线。腐蚀条件不同,钢筋表面轮廓曲线差异显著。通过对测量表面数据计算,得到不同锈蚀水平下各试件 R_a 的最大值和平均值,如表2所示。从表2可以看出,腐蚀钢筋表面粗糙度随锈蚀损失率的增加而增加。对比RS和RSL发现,当锈蚀损失率大致相同的情况下,试件RS的表面粗糙度明显低于试件RSL。由此可见,耦合机械作用对点蚀坑深度的分布具有显著作用,可显著增加腐蚀表面粗糙度参数。

表2 不同腐蚀条件下锈蚀钢筋的表面粗糙度参数

编号	锈蚀率 (%)	平均锈蚀深度 (μm)	最大锈蚀深度 (μm)
RS-a	0.68	40.7	55.5
RSL-a	0.69	60.3	108.3
RS-b	2.44	76.3	128.6
RSL-b	2.26	84.0	249.0

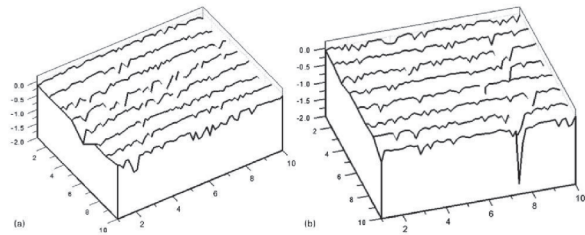


图2 不同腐蚀水平下钢筋表面轮廓曲线示意图

(a 为RS-b; b为RSL-b)

根据金属材料热力学理论,钢铁的化学势 μ 可表示为:

$$\mu = \mu^0 + RT \ln \alpha \quad (2)$$

式中, μ^0 为标准化学势; R 为气体常数, T 为热力学温度; α 为热力学活度。

在氯离子作用下,钢铁的电化势可以表示为:

$$\bar{\mu} = \mu^0 + RT \ln \alpha + nF\phi = \mu + nF\phi \quad (3)$$

式中, n 是金属阳离子的价数; F 是法拉第常数; ϕ 是微腐蚀电势。

在机械耦合效应下,腐蚀系统必须考虑应力作用的影响。此时其电化学势系统, $\tilde{\mu}$,可以表示为下式:

$$\tilde{\mu} = \mu^0 + RT \ln \alpha + nF\phi + VP = \bar{\mu} + VP \quad (4)$$

式中, V 为金属的摩尔体积; P 为荷载代表值。

基于此,将方程(2)和(4)合并可得:

$$\tilde{\mu} = \mu^0 + RT \ln \tilde{\alpha} \quad (5)$$

式中, $\tilde{\alpha}$ 定义为金属的力学电化学的活性度,可表示为

$$\tilde{\alpha} = \alpha \exp\left(\frac{VP + nF\phi}{RT}\right)$$

在平衡条件下,腐蚀的电化学势系统趋近于零, $\tilde{\mu} \rightarrow 0$,则此时由公式(4)可得:

$$\phi_0 = \frac{RT}{nF} \ln \frac{\alpha^0}{\alpha_0} - \frac{VP}{nF} \quad (6)$$

式(6)中, ϕ_0 为平衡电势; α^0 为标准热力学平衡活度; α_0 为热力学平衡状态的活度。

上文可知,阳离子系统的平衡电位随钢筋承担荷载的增加而减小,如式(7)所示:

$$\Delta\phi_0 = -\frac{V\Delta P}{nF} \quad (7)$$

在机械耦合作用下, 由于腐蚀系统的平衡状态被破坏, 钢筋正负极分化逐渐发生, 这将导致金属阳离子的电化学活度增加。另外, 当钢筋处于电解质环境中, 其几乎不受荷载影响, 此时其机械电化学活度等于热力学活度, 如方程(8)和(9)所示:

$$\frac{\alpha}{\alpha_s} = \alpha \exp\left(\frac{V\Delta P + anF\Delta\phi}{RT}\right) \quad (8)$$

$$\frac{\alpha}{\alpha_s} = \frac{\alpha}{\alpha_s} = \alpha_s \exp\left(-\frac{\beta nF\Delta\phi}{RT}\right) \quad (9)$$

式中, α_s 为电解质溶液离子的热力学活度; α 和 β 为电化学反应的转移系数, $\alpha + \beta = 1$ 。

结果表明, 耦合机械耦合作用会导致金属腐蚀的电化学活度, 并提供支持腐蚀过程的能量。另外, 由于点蚀损伤处的应力集中作用和局部高应力对点蚀坑发展的促进作用, 点蚀损伤表面的腐蚀损伤分布非均匀性和粗糙化程度显著。

3 结论

拉应力对腐蚀过程中钢筋表面轮廓的不均匀性具有显著影响。腐蚀钢筋表面粗糙度受耦合机械耦合作用明显高于单纯氯离子化学作用。同时, 基于热力学理论观点, 耦合机械作用可显著增加腐蚀过程中金属阳离子的活度, 并为腐蚀过程提供能量, 进而导致点蚀损伤处在应力集中作用下腐蚀速率加剧。

参考文献

- [1]范颖芳,周晶.考虑蚀坑影响的锈蚀钢筋力学性能研究[J].建筑材料学报,2003,6(3):248-252.
- [2]徐港,王青.锈蚀钢筋与混凝土粘结性能研究进展[J].混凝土,2006,5:13-16.
- [3]金伟良,赵羽习.混凝土结构耐久性研究的回顾与展望[J].浙江大学学报(工学版),2002,36(4):371-380.
- [4]刘会颖,张家生,孟飞,等.主筋锈蚀对钢筋混凝土梁承载特性的影响①[J].铁道科学与工程学报,2014,11(4).
- [5]Yingshu W Q Y. Experimental study on the deterioration of mechanical properties of corroded steel bars[J]. China Civil Engineering Journal, 2008, 12: 010.
- [6]Yingshu Y, Xinsen Z, Yongsheng J. A comparative study on structural behavior of deteriorated reinforced concrete beam under two different environments[J]. China Civil Engineering Journal, 2006, 3: 005.
- [7]叶超,杜楠,赵晴,等.不锈钢点蚀行为及研究方法的进展[J].腐蚀与防护,2014,35(3):271-276.
- [8]易伟建,孙晓东.锈蚀钢筋疲劳后静力力学性能试验研究[J].工业建筑,2007,37(9):101-103.
- [9]S.J.Jaffer and C. M. Hansson. Chloride-induced corrosion products of steel in cracked-concrete subjected to different loading conditions[J]. Cem. Concr. Res., 2009, 39, (2): 116-125.
- [10]W. Ahn and D. V. Reddy. Galvanostatic testing for the durability of marine concrete under fatigue loading [J]. Cem. Concr. Res., 2001, 31, (3): 343-349.
- [11]Gadelmawla E. S.,Koura M. M., Maksoud T. M. A., et al. Roughness parameters[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2002, 123(1): 133-145

[责任编辑、校对: 王军利]

On Thermodynamic formation mechanism of corroded morphology of reinforcing bars

LEI Hai-tao^{1,2}

(1.Xianyang Vocational & Technical College, Xianyang Shaanxi 712046;

2. Civil Engineering School, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an Shaanxi 710055)

Abstract: The surface morphology of reinforcing bar has an great influence on the mechanical property. In this study, based on the surface roughness characterization technology, the non-uniform distribution of corrosion depth on corroded reinforcing bars surface is analyzed in a detailed manner. It is found that the arithmetical mean deviation, Ra, can straightway represents the non-uniform distribution of the corroded surface morphology of reinforcing bar. Moreover, the bar surface profile data of corroded surface attacked by corrosion test and coupled chemo-mechanical effect is collected. The result is shown that the roughness corresponding to coupled chemo-mechanical effect is more than that of chloride attack under the similar corrosion mass loss ratio through comparisons and analyses; this is agreed with the mechanism of mechanical coupling based on thermodynamics.

Key words: corroded reinforcing bar, non-uniform corrosion, surface roughness, mechanical coupling.