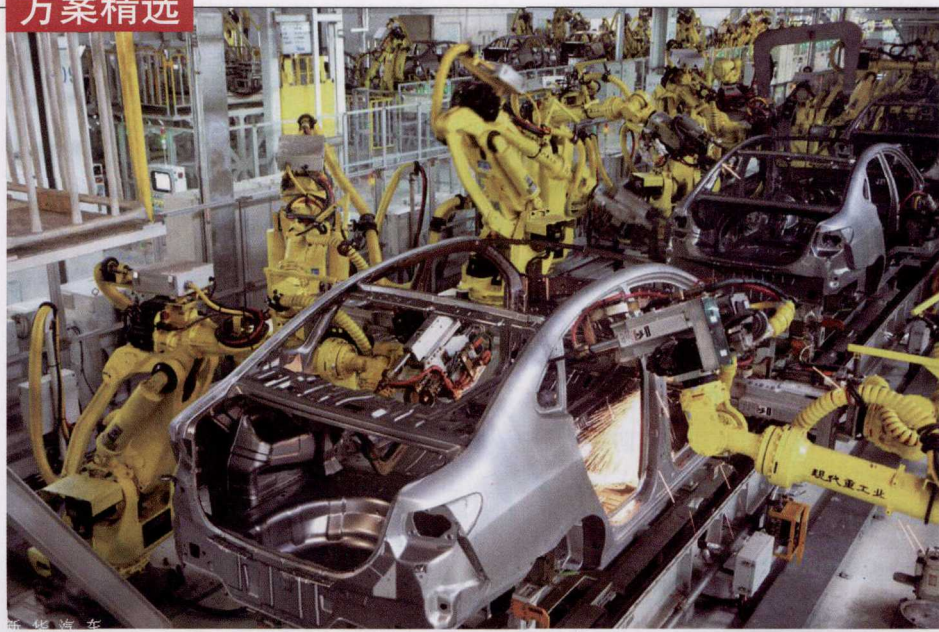




[焊接参数]

汽车焊装车间设备的节能改善

文章主要对汽车焊装车间工艺焊接设备参数优化进行探讨，分析讨论出既满足车身焊接强度质量，又满足企业节能的最佳控制方案。

文 / 郝江·奇瑞汽车股份有限公司

随着现代化工业进程的加快，能源需求不断膨胀，成为节能型企业是当代企业生存的不二法则，如何成为真正的节能型企业是现在企业最关心的问题。尤其是汽车行业，现在进入到微利时代，企业节能也被提上发展战略议程，尤其全球气候形势变得严峻，能源消耗更大。因此，汽车行业的能耗节能研究对全社会的节能有很大的贡献度。

车间能源消耗现状

汽车焊装自动化生产线根据其工艺要求和布局不同，每条生产线需普通点焊机由几十台到

几百台不等。而普通点焊机根据机器结构和应用场合的不同又分为移动式点焊机和固定式点焊机（即电阻焊形式）。目前焊装车间应用量最大的就是悬挂点焊机。

焊装白车身是由上百块冲压钢板由电阻焊的形式焊接起来的，而电阻焊机在汽车工业上的应用，主要是将冲压成形的薄板结构的车身覆盖件在其工件搭接连接处利用电阻热熔化金属形成焊点，将焊件联为一体。一台轿车车身的焊点约在3000 ~ 5000点之间。汽车车身点焊是电阻焊的主要形式之一，汽车车身焊装用的点焊设备占

全部电阻焊产品的90%以上，因此也就决定了焊装车间能源消耗主要是电能消耗。如，某焊装车间2009年全年用电费用270万，月均费用22.5万，其造成的能源消耗较大。

焊接原理及优化原则

电阻焊的热源是电流通过钣金焊接点产生的电阻热，根据焦耳定律，总热量 $Q = I^2 R_{\text{总}} T$ 。同时，根据焊接电流控制范围标准为 $\pm 10\%$ ，可以通过优化更改电阻、焊接时间这两个焊接参数达到降低耗电量的目的。

图为电阻焊示意及电阻等效图，其中 $R_{\text{总}}$ 为焊接区总电阻； R_{ew} 为电极与焊件之间接触电阻； R_{w} 为焊件内部电阻； R_{c} 为焊件之间接触电阻。接触电阻包括电极与焊件之间接触电阻、焊件之间接触电阻，即 $R_{\text{c}} + 2R_{\text{ew}}$ 。

此外，影响接触电阻的因素还包括：

1. 表面状态。清洁度、粗糙度、油及锈等。
2. 加热温度。一般情况温度增高塑性变形增大，接触电阻降低。
3. 电极压力。压力与电阻成反比。

由于表面状态和加热温度是客观因素不可更改，减少压力可能引起焊点发生内飞溅，造成焊点不合格，因此接触电阻不可调；焊件内阻 R_{w} 也取决于焊件本身材料，因此焊件内阻不可调。

通过优化更改点焊电阻不可取，只能通过优化焊接电流和焊接时间达到优化效果。同时，需在保证焊接强度的原则下进行，即焊接时获得的热量必须满足 $Q \geq Q_{\text{最小值}}$ 。

焊接电流和时间的优化

在保证焊接时间无任何变化的前提下，正常点焊焊接电流监控范围为±10%，即焊接电流在范围值 $I \times (1-10\%) \sim I \times (1+10\%)$ 之间都可满足焊接强度；因此最多只能将电流下降到焊接电流的下限值，即获得极小值热量 $Q_{\text{极小值}}$ 的极小值焊接电流 $I_{\text{极小值}} = I \times (1-10\%)$ ；

鉴于电网和设备不稳定性，一般焊接电流波动值 $I_{\text{波动值}} = \pm 200\text{A}$ ，因此，焊接电流最小可优化更改为 $I' = I_{\text{极小值}} + I_{\text{波动值}} = I \times (1-10\%) + 200\text{A}$ ；焊接时间 $T' = T$ ；焊接能量 $Q' = [I \times (1-10\%) + 200\text{A}]^2 R_{\text{总}} T$ 。

同时，更改优化降低焊接时间和焊接电流，则焊接热量至少满足以下条件：

$$Q_{\text{调整}} = I_{\text{调整}}^2 R_{\text{总}} T_{\text{调整}} \geq Q' = [I \times (1-10\%) + 200\text{A}]^2 R_{\text{总}} T, \text{ 即 } I_{\text{调整}}^2 T_{\text{调整}} \geq [I \times (1-10\%) + 200\text{A}]^2 T.$$

考虑到其他外界因素，如钣金搭接状态等，需根据实际优化情况调整焊接电流和焊接时间，因此，焊接电流最小可优化更改为 $I_{\text{调整}} = [I \times (1-10\%) + 200\text{A}] T / T_{\text{调整}}$ ，焊接时间 $T_{\text{调整}} = [I \times (1-10\%) + 200\text{A}]^2 T / I_{\text{调整}}^2$ 。

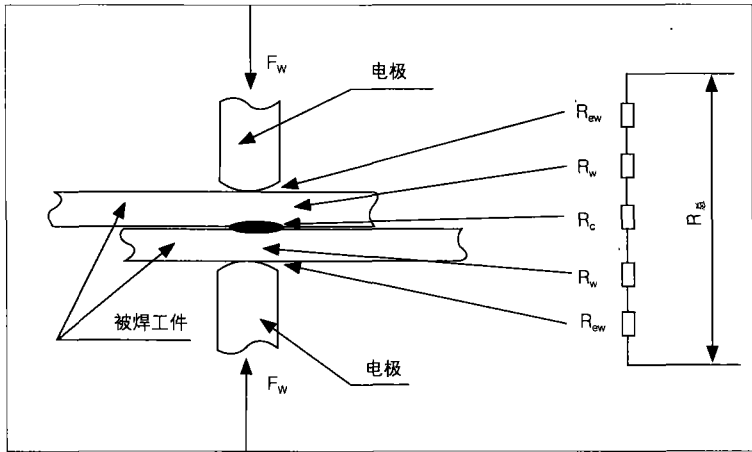


图 电阻焊示意及电阻等效原理

焊装车间应用情况

同时调整优化此三把焊钳焊接参数比较验证见表。

1. 焊接电量最小值确认

调整焊钳 X30-2515 焊接参数验证如下：

焊接电流为 $I = 9.5\text{kA}$ ，焊接时间 $T = 13\text{CYC} = 0.26\text{s}$ ，则需耗单点焊接所需能量为 $Q = 23465 R_{\text{总}} \text{kJ}$ ，换算为单点耗电量 $Q_{\text{优化前}} = (1.81 R_{\text{总}})^\circ$ ；

根据最小电量原则，焊接电流可优化更改为 $I' = I \times (1-10\%) + 200\text{A}$ ， $T' = T$ ，那么调整焊钳 C20-1214 焊钳参数如下： $I' = 8.8\text{kA}$ ， $T' = 13\text{CYC} = 0.26\text{s}$ 。可得单点焊接所需能量为 $Q' = 20134.4 R_{\text{总}} \text{kJ}$ ，换算为单点耗电量为 $Q_{\text{优化最小}} = (1.55 R_{\text{总}})^\circ$ 。

2. 软规范参数优化法

调整焊钳 X30-2515 焊接参数验证如下：

优化调整焊接电流至 $I_{\text{调1}} = 8.5\text{kA}$ ，则焊接时间为 $T_{\text{调1}} = [I \times (1-10\%) + 200\text{A}]^2 T / I_{\text{调1}}^2 = 0.28\text{s} = 14\text{CYC}$ 。

可得单点焊接所需能量为 $Q_{\text{调整1}} = 202300 R_{\text{总}} \text{kJ}$ ，换算为单点耗电量为 $(1.56 R_{\text{总}})^\circ$ ；参数优化前后单点焊接共可节省 $(0.25 R_{\text{总}})^\circ$ 电量。

表 优化后焊接参数		
焊钳型号	焊接时间 CYC/s	焊接电流 /kA
X30-2515	13	9.5

采用软规范焊接参数优化法，即降低焊接电流，增大焊接时间，焊钳单点耗电量节省比率为13.8%。

3. 硬规范参数优化法（降低焊接时间，增大焊接电流）

调整焊钳 X30-2515 焊接参数验证如下：

焊接电流为 $I = 9.5\text{kA}$ ，焊接时间 $T = 13\text{CYC} = 0.26\text{s}$ ，则需耗单点焊接所需能量为 $Q = 23465 R_{\text{总}} \text{kJ}$ ，换算为单点耗电量为 $(1.81 R_{\text{总}})^\circ$ ；

优化调整焊接时间 $T_{\text{调整2}} = 10\text{CYC} = 0.20\text{s}$ ，则焊接电流为 $I_{\text{调整2}}^2 = [I \times (1-10\%) + 200\text{A}]^2 T / T_{\text{调整2}}$ ，则 $I_{\text{调整}} = 10\text{kA}$ ；

可得单点焊接所需能量为 $Q_{\text{调整2}} = 20000 R_{\text{总}} \text{kJ}$ ，换算为单点耗电量为 $(1.54 R_{\text{总}})^\circ$ ；参数优化前后单点焊接共可节省 $(0.27 R_{\text{总}})^\circ$ 电量。

采用硬规范焊接参数优化法，焊钳单点耗电量节省比率为14.9%。

由于必须满足条件 $Q_{\text{调整}} \geq Q_{\text{优化最小}}$ ，而硬规范焊接参数优化法所得能量 $Q_{\text{调整}} < Q_{\text{优化最小}}$ ，影响车身焊点强度质量，因此，硬规范参数优化法优化不可用。

结论

通过数据 $I = 9.5\text{kA}$ ， $T = 13\text{CYC} = 0.26\text{s}$ ，单点耗电量为 $(1.81 R_{\text{总}})^\circ$ ，针对此参数使用软规范参数优化法得： $I_{\text{调整1}} = 8.5\text{kA}$ ， $T_{\text{调整1}} = 14\text{CYC} = 0.28\text{s}$ ，换算为单点耗电量为 $(1.56 R_{\text{总}})^\circ$ ，参数优化前后单点焊接共可节省 $(0.25 R_{\text{总}})^\circ$ 电量，单点耗电量节省比率为13.8%是比较合理的优化方案。MM