

# Study on the Variation of Shear Strength in the Longitudinal and Transverse Directions of Welded Steel Mesh with Reinforcements of the Same Diameter

Xianyuan Gan

Anhui BRC & Ma Steel Weldmesh Co., Ltd., Ma'anshan, Anhui, 243000, China

## Abstract

According to the technical requirements of GB/T 1499.3-2022 *Steel for the Reinforcement of Concrete - Part 3: Welded Steel Fabric for the Reinforcement of Concrete*, the shear strength of the welded joints shall not be less than 0.3 times the specified yield force value of the tensioned reinforcement. The test method stipulates that 3 specimens shall be randomly intercepted along the same transverse reinforcement. When both directions of the welded steel fabric are single reinforcements, the thicker reinforcement shall be the tensioned reinforcement. This paper studies the differences in the shear strength values of the welded steel fabric in the longitudinal and transverse directions with the same diameter of reinforcement, and reveals that the depth of the welding molten pool is the key factor leading to the differences in the shear strength values. Based on this, it is proposed to revise the sampling rules for the specimens of the shear strength test in the standard GB/T 1499.3-2022 "Steel for the Reinforcement of Concrete - Part 3: Welded Steel Fabric for the Reinforcement of Concrete", and it is specified that when the diameters of the longitudinal and transverse reinforcements are the same, the longitudinal reinforcement should be taken as the tensioned reinforcement, providing a comprehensive and reliable theoretical support for the scientific application, inspection and acceptance of the welded steel fabric in engineering practice.

## Keywords

Welded steel fabric; Same diameter; Longitudinal and transverse directions; Shear strength value; Depth of the welding pool; Revised standard

## 相同直径钢筋焊接网纵横方向抗剪力变化的研究

甘先远

安徽马钢比亚西钢筋焊网有限公司, 中国·安徽 马鞍山 243000

## 摘 要

依据GB/T1499.3-2022《钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网》技术要求，焊点的抗剪力“应不小于受拉钢筋规定屈服力值的0.3倍”。其试验方法规定“应沿同一横向钢筋随机截取3个试样，焊接网两个方向均为单根钢筋时，较粗钢筋为受拉钢筋。”本文研究了相同直径钢筋焊接网纵横方向抗剪力值的差异，揭示了焊接熔池深度是导致抗剪力值差异的关键因素。基于此，提出了修订GB/T1499.3-2022《钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网》标准中抗剪力测试试样的取样规则，明确当纵横钢筋直径相同时应以纵向钢筋作为受拉筋，为钢筋焊接网在工程实践中的科学应用及检测验收提供全面且可靠的理论支撑。

## 关键词

钢筋焊接网；相同直径；纵横方向；抗剪力值；熔池深度；修订标准

## 1 引言

钢筋焊接网是纵向钢筋和横向钢筋分别以一定的间距排列且互成直角、全部交叉点均用电阻点焊方法焊接在一起的网片。相较于传统的绑扎钢筋，采用钢筋焊接网具有明显的优势：它在工厂采用数控机床自动化生产，运至现场即可

安装，大幅减少现场绑扎工作量，显著提升施工效率、缩短工期<sup>[1]</sup>；通过自动化焊接工艺，焊点质量可靠，钢筋间距均匀，能精准控制位置与保护层厚度，保障工程质量<sup>[2]</sup>；其合理的钢筋布置，既节省钢材，又能在混凝土中形成整体骨架，增强抗震性能，还利于混凝土振捣密实，抑制收缩裂缝，改善混凝土耐久性<sup>[3]</sup>。

【作者简介】甘先远（1974-），男，本科，工程师，从事冷轧带肋钢筋及钢筋焊接网、钢筋桁架等成型钢筋加工配送的生产技术与质量管理研究。

抗剪力作为钢筋焊接网的关键力学性能指标之一，直接关系到结构在承受剪切荷载时的工作性能和安全储备。依据GB/T1499.3-2022《钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网》的技术要求，焊接网焊点的抗剪力“应不小于受拉钢筋

规定屈服力值的0.3倍”，其试验方法规定抗剪力测试用试样“应沿同一横向钢筋随机截取3个试样，焊接网两个方向均为单根钢筋时，较初钢筋为受拉钢筋<sup>[4]</sup>。”

在实际工程中，钢筋焊接网往往处于复杂的受力状态，其纵横方向均需承受不同程度的剪切力作用<sup>[5]</sup>。然而，目前学术界和工程界对钢筋焊接网力学性能的探讨多聚焦于不同直径组合下的性能分析，对相同直径条件下纵横方向抗剪力差异的研究相对较少<sup>[6]</sup>。这种研究现状导致在工程设计阶段，设计人员难以精准评估钢筋焊接网的实际抗剪性能，可能造成结构设计保守或存在安全隐患；在施工过程中，由于缺乏科学的指导依据，难以保证钢筋焊接网的安装质量<sup>[7]</sup>；在工程质量检测环节，也因缺乏明确的判定标准，无法对钢筋焊接网的性能进行准确评估。因此，开展相同直径钢筋焊接网纵横方向抗剪力值变化的研究，对于完善钢筋焊接网的设计理论、优化施工工艺、建立科学合理的质量检测标准具有重要的意义。本文以常用的Φ10 X 10mm/CRB550 钢筋焊接网为研究对象，探究相同直径钢筋焊接网纵横方向抗剪力的差异，分析了差异产生的原因，提出了修订GB/T1499.3《钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网》标准试验方法中抗剪力测试试样的取样规则。

## 2 试验材料及方法

### 2.1 试验材料

#### 2.1.1 抗剪力测试试样制备

以常用的Φ12mm/Q235 线材轧制Φ10mm/CRB550 冷轧带肋钢筋一卷，经调直工序后按顺序连续截取钢筋，在同一时间段、同一焊点采用同一工艺参数连续焊接成图1、图2所示抗剪力测试试样2组(单位：mm)，每组20根，按编号1、2、3……20备用。焊接时，纵向钢筋在下，横向钢筋均在上，且纵横钢筋经目测垂直度一致。测试时均将长钢筋多为受拉筋。

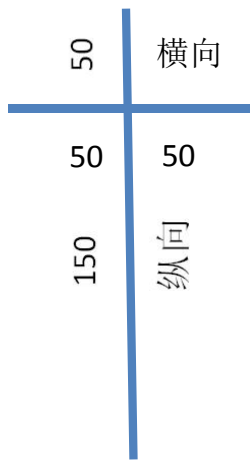


图1



图2

#### 2.1.2 焊接熔池深度测试试样制备

在焊接中心位置沿垂直于长钢筋的轴线用砂轮机切割图1、图2所示试样，观察长钢筋的熔池深度。

### 2.2 试验方法

#### 2.2.1 抗剪力试验

严格遵循GB/T33365《钢筋焊接网试验方法》所规定的流程和标准开展抗剪力试验<sup>[8]</sup>。试验装置采用专门设计的钢筋焊接网抗剪力B类型测试夹具(见图3)，确保试验结果能够真实反映钢筋焊接网在实际应用中的抗剪性能。将制备好的焊接试样准确安装在夹具上，均以长钢筋作为受拉筋进行试验，当测第一组试样时，纵向钢筋为受拉筋，当测第二组试样时，横向钢筋为受拉筋。试验加载设备选用万能材料拉伸试验机，采用位移控制加载方式，加载速率设定为10mm/min，这种匀速、稳定的加载方式能够更真实地模拟结构在实际受力过程中的荷载增长情况。在加载过程中，借助高精度的数据采集系统，实时、准确地采集拉力值数据。当试样出现焊接点破坏时，试验机自动停止加载，记录此时试验机显示的最大拉力值，即为该试样在相应受拉筋方向上的抗剪力值。

#### 2.2.2 受拉筋熔池深度测试

试样经4%硝酸酒精腐蚀，采用蔡氏显微镜观察受拉钢筋的焊接熔池深度。

## 3 试验结果

### 3.1 纵横钢筋作为受拉筋的抗剪力值差异

为保证可比性，所取试样均在同一根钢筋上连续截取、在同一时间段内、在同一焊点采用同一工艺参数焊接，排除了焊接气压、焊接电流、材料性能的影响，因此可以认为，试验中抗剪力值的变化主要是由不同的钢筋作为受拉筋引起的，确保了试验结果的可比性。

以纵、横向钢筋作为受拉筋的抗剪力值见表1及图4。可见，当以纵向钢筋作为受拉筋时，试样抗剪力平均值为15.7KN，当以横向钢筋作为受拉筋时，试样抗剪力平均值为12.5KN，纵向钢筋抗剪力值较横向钢筋抗剪力值高3.2KN，高出25.6%，且由图4可以看出，纵向钢筋的抗剪力值普遍高于横向钢筋，直观地反映出不同方向钢筋作为受拉筋时抗剪力的差异。

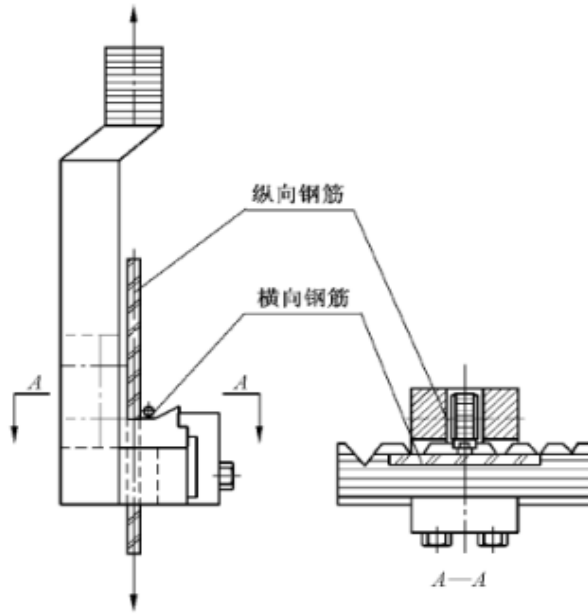


图3 B类型抗剪力测试夹具示意图

表1 分别以纵横钢筋作为受拉筋的抗剪力值对比(单位:KN)

试样编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
纵向钢筋受拉	14.5	17.2	17.0	16.6	16.0	13.2	14.6	15.0	17.2	14.2	15.1
横向钢筋受拉	13.7	13.3	12.0	14.0	10.8	12.2	9.4	13.6	12.6	12.6	11.4
试样编号	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均值	
纵向钢筋受拉	16.7	17.5	15.6	14.3	15.8	15.6	13.9	16.5	17.5	15.7	
横向钢筋受拉	13.0	12.1	12.2	14.1	11.5	14.3	12.4	12.2	13.5	12.5	

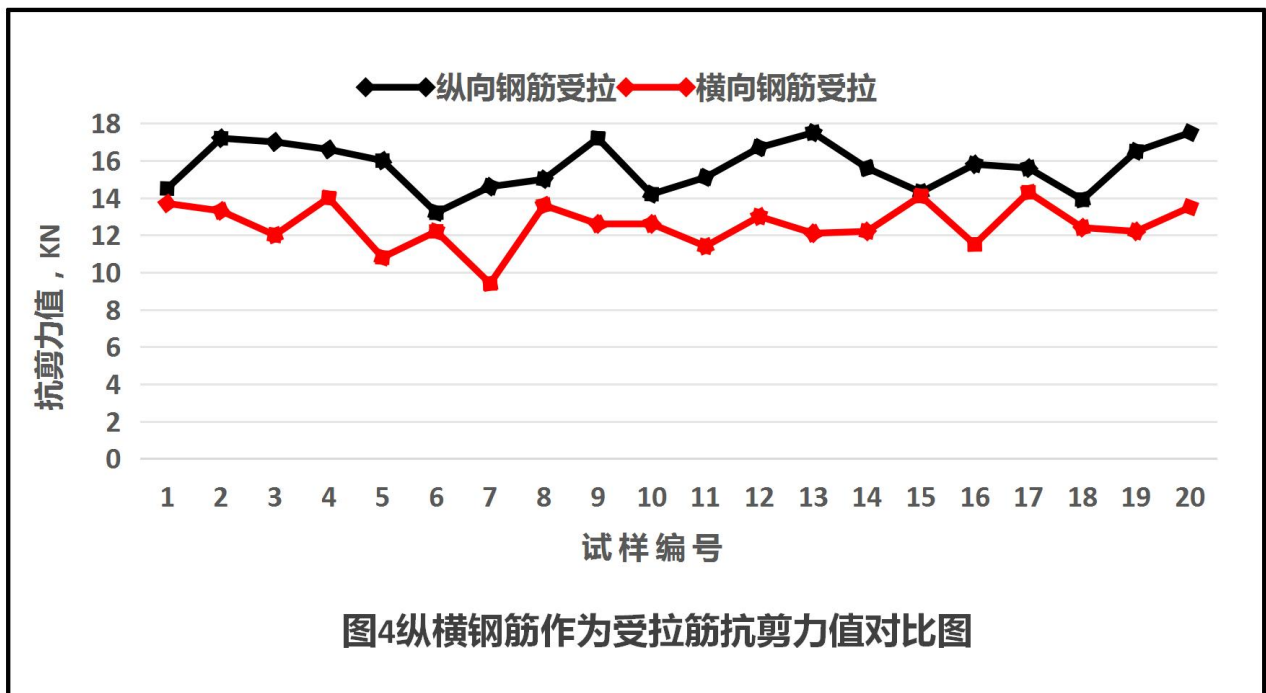


图4纵横钢筋作为受拉筋抗剪力值对比图

### 3.2 纵横钢筋作为受拉筋时的焊接熔池深度

试验结果见图5,可见,1#试样的熔池深度要大于2#

试样的熔池深度,表明钢筋焊接网焊接时,纵向钢筋的焊接熔池深度要大于横向钢筋的熔池深度。

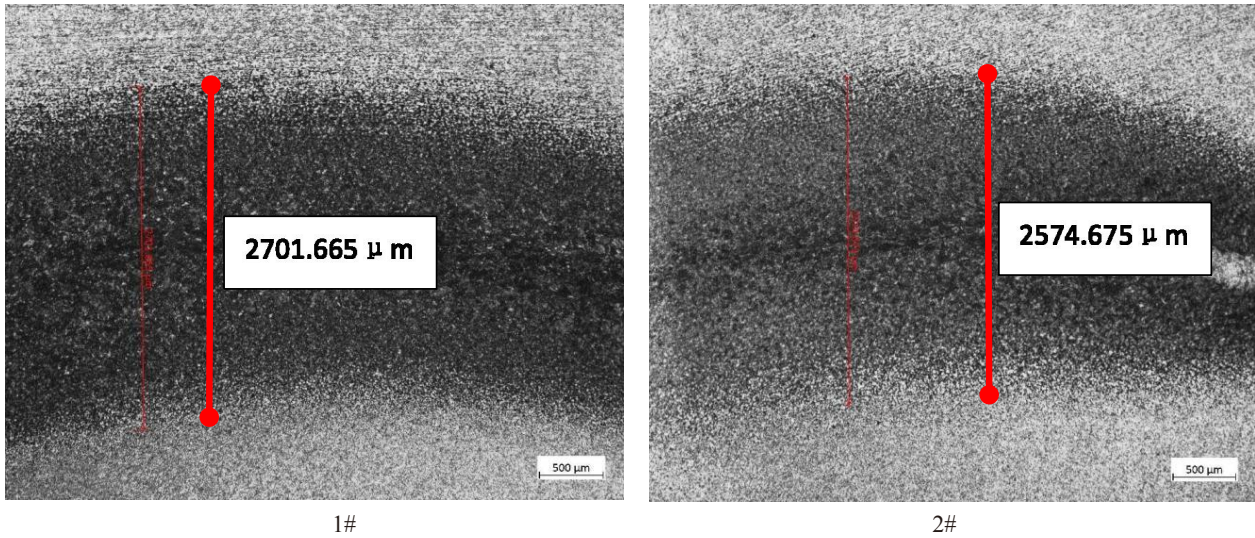


图5 纵横钢筋焊接熔池深度

## 4 抗剪力值差异原因

### 4.1 纵横向焊接熔池深度的影响

为深入探究导致纵横方向抗剪力值差异的内在原因,本研究综合运用多种先进检测手段对焊接试样进行微观结构分析。通过扫描电子显微镜(SEM)对焊接节点处的微观形貌进行高分辨率观察,结果发现纵向钢筋与横向钢筋的焊接熔池存在显著差异。纵向钢筋的焊接熔池深度明显较大,在其焊缝区域,金属组织呈现出更为致密的状态,晶粒细化程度较高;而横向钢筋的焊接熔池相对较浅,焊缝内部存在一定数量的微小气孔和疏松区域<sup>[9]</sup>。

### 4.2 纵横向焊接熔池深度差异的原因分析

焊接熔池深度差异的形成,主要归因于焊接过程中电流分布和散热条件的不同。在电阻点焊过程中,电极与纵向钢筋和横向钢筋的接触电阻存在差异,这种差异导致电流在钢筋中的分布不均匀。由于接触电阻的影响,纵向钢筋获得的热量相对更多,在电流产生的电阻热作用下,纵向钢筋局部温度升高更为显著,从而使得焊接熔池深度增加。而横向钢筋在焊接过程中,由于其与电极的接触情况、周围环境等因素,散热速度相对较快,热量散失较多,这也使得其熔池深度相对较浅<sup>[10]</sup>。

### 4.3 焊接熔池深度对焊缝力学性能的影响分析

从材料力学的角度分析,熔池深度的差异对焊缝的力学性能产生了决定性影响。较深的熔池在冷却凝固过程中,能够为焊缝提供更充足的液态金属填充,从而减少内部缺陷的产生,显著提高焊缝的强度和韧性<sup>[11]</sup>。当钢筋焊接网承受剪切荷载时,纵向钢筋焊缝凭借其更致密的结构,能够更有效地传递荷载,阻碍裂纹的扩展,进而表现出更强的抗剪能力。在实际建筑结构中,纵向钢筋通常作为主要受力钢筋,

承担着较大的荷载,其受力方向与焊接点的抗剪方向更为一致,这种受力状态有利于充分发挥其抗剪性能;而横向钢筋主要起到约束混凝土、防止纵向钢筋侧向失稳以及协助传递剪力等辅助作用,其受力状态相对复杂,在一定程度上削弱了其抗剪能力。

## 5 结论与展望

本研究通过系统的试验研究和深入的理论分析,对相同直径钢筋焊接网纵横方向抗剪力值的变化进行了全面探究,得出以下主要结论,并对以后研究方向做了规划:

①相同直径钢筋焊接网在纵横方向上抗剪力值存在显著差异,纵向钢筋作为受拉筋时的抗剪力值明显高于横向钢筋,纵向抗剪力平均值比横向高出3.2kN,增幅达25.6%。

②焊接熔池深度差异是导致纵横方向抗剪力值不同的主要原因。纵向钢筋焊接熔池深度较大,使得焊缝填充更为密实,内部缺陷较少,从而具备更强的抗剪承载能力。

③基于研究结果,提出修订GB/T1499.3标准中受拉钢筋选取规则的建议,明确在相同直径条件下应以纵向钢筋为受拉钢筋,为工程设计和施工、检测验收提供科学指导。

④尽管本研究在相同直径钢筋焊接网纵横方向抗剪力值变化研究方面取得了一定的成果,但仍存在诸多有待进一步深入探究的问题。如钢筋焊接网焊接时,同一排横向钢筋焊点之间、同一根纵向钢筋的前一点与后一点之间,抗剪力值均有差异。未来拟在焊接工艺优化方面展开研究,改变现有的电极块间接冷却方式,采用直接水冷;通过改变电极块的材质、形状和尺寸,优化焊接过程中的电流分布和热传递效率,深入探究其对纵横钢筋焊接熔池深度差异的影响规律。

## 参考文献

- [1] 郭正兴, 刘华, 张弦. 钢筋焊接网在大型基础筏板中的应用[J]. 施工技术, 2010, 39(11): 103-105.
- [2] 赵顺波, 刘富华, 王新堂. 钢筋焊接网混凝土梁受剪性能试验研究[J]. 郑州大学学报(工学版), 2011, 32(4): 1-4, 10.
- [3] 王铁成, 纪金豹, 李树忱. 冷轧带肋钢筋焊接网混凝土板抗冲击性能试验研究[J]. 土木工程学报, 2006, 39(10): 40-44.
- [4] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB/T1499.3-2022 钢筋混凝土用钢 第3部分: 钢筋焊接网[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [5] 胡克旭, 刘树堂, 孙维栋. 钢筋焊接网在混凝土路面中的应用研究[J]. 混凝土, 2013(5): 133-135.
- [6] 马芹永, 周婷婷, 陈陆望. 新型高强钢筋焊接网力学性能试验研究[J]. 建筑材料学报, 2016, 19(3): 438-443.
- [7] 刘立京, 宋波, 徐国权, 等. 钢筋焊接网力学性能及工程应用研究[J]. 建筑结构学报, 2008, 29(1): 127-133.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T33365-2016 钢筋混凝土用钢筋焊接网 试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [9] Wang, Y., Li, H., & Liu, X. (2018). Influence of welding parameters on the microstructure and shear strength of resistance spot welded joints. *Materials Science and Engineering: A*, 729, 16-23.
- [10] 张万城. 焊接冶金学(基本原理)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.
- [11] 黄继华, 吴爱萍, 任家烈. 现代焊接技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2018.
- [12] GB 50010-2010(2015年版) 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.