

UDC

山东省工程建设标准

DB37

P

DB37/T 5046-2015

备案号 J 13289-2016

里氏硬度法现场检测建筑钢材抗拉强度 技术规程

Technical specification for testing tensile strength of steel
construction in site by Leeb-hardness method

2015-12-14 发布

2016-02-01 实施

山东省住房和城乡建设厅

山东省质量技术监督局

联合发布

山东省工程建设标准

里氏硬度法现场检测建筑钢材抗拉强度 技术规程

**Technical specification for testing tensile strength of steel
construction in site by Leeb-hardness method**

DB37/T 5046—2015

住房和城乡建设部备案号: **J 13289—2016**

批准部门: 山东省住房和城乡建设厅

山东省质量技术监督局

施行日期: 2016 年 2 月 1 日

2015 济南

前 言

为规范里氏硬度法检测建筑钢材抗拉强度方法，为新建及既有结构工程质量和安全评价提供技术支持，特编制本标准。

根据山东省住房和城乡建设厅《关于印发<山东省工程建设标准编制管理规定>的通知》(鲁建标字[2011]8号)的要求，规程编制组经过广泛调查研究，在试验研究和试验数据分析的基础上，认真总结省内外关于钢材里氏硬度与抗拉强度之间关系的科研成果和实践经验，制定了本规程。

本规程的主要技术内容包括：1 总则；2 术语和符号；3 检测设备；4 检测技术；5 抗拉强度换算值与推定值；6 检测报告；附录。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东省建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送山东省建筑科学研究院（地址：山东省济南市天桥区无影山路 29 号，邮编：250031）。

本规程主编单位：山东省建筑科学研究院

本规程主要起草人员：绳钦柱 孙会社 于立强 崔士起
刘其贤 孙 波 张海宁 赵国栋
李成才 张宝明 胡 军 牛学超
曹文慧

本规程主要审查人员：赵考重 张维汇 王有志 徐新生
韩克胜 嵇 飙 鲁爱民 于 科
魏传钰

目 次

1 总 则	1
2 术语、符号	2
2.1 术 语	2
2.2 符 号	3
3 检测设备	5
3.1 技 术 要 求	5
3.2 检 定	7
3.3 保 养	7
4 检测技术	9
4.1 一 般 规 定	9
4.2 里氏硬度值测量	11
4.3 硬度计算	12
5 抗拉强度换算值与推定值	14
5.1 抗拉强度换算值	14
5.2 数据分析和抗拉强度推定值	14
6 检测报告	17
附录 A 里氏硬度法检测钢材抗拉强度记录表	18
附录 B 钢材里氏硬度与抗拉强度换算表	19
附录 C 非水平状态检测时硬度值修正值	23
附录 D 异常数据的判断和处理	25
附录 E 格拉布斯检验临界值表	28
附录 F 检验批样本容量与推定区间系数	30
条文说明	34

1 总 则

1.0.1 在工程现场检测中,采用里氏硬度计现场检测建筑用钢材抗拉强度,是一种无损检测的方法,为了规范该检测方法,保证工程现场检测的质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用里氏硬度法检测并推定工业与民用建筑中钢结构用型钢(H型钢、工字钢、钢板、钢管)及钢筋混凝土内钢筋的抗拉强度,型钢包括 Q235、Q345、Q390、Q420 钢,钢筋包括 HPB235、HPB300、HRB335、HRB400、HRB500,抗拉强度范围在 370~680MPa 之间。

本规程不适用于钢材表层与内部质量有明显差异或内部存在缺陷的建筑钢材的检测。

1.0.3 使用里氏硬度计进行工程检测的人员,应经专业培训。

1.0.4 对钢材及钢筋抗拉强度进行检测时,除应执行本规程外,尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 里氏硬度 leeb hardness

用规定质量的冲击体在弹簧力作用下以一定的速度垂直冲击试样表面，以冲击体在距试样表面 1mm 处的回弹速度 (v_r) 与冲击速度 (v_A) 的比值来表示材料的里氏硬度。

2.1.2 检测批 inspection lot

由同一牌号、同一质量等级、同一规格、同一轧制制度或同一热处理制度的钢材组成一批钢材，每批重量不大于 60 t。

2.1.3 抽样检测 sampling inspection

从检验批中抽取样本，通过对样本的测试确定检验批质量的检测方法。

2.1.4 测区 test area

检测结构或构件钢材强度时的一个检测单元。

2.1.5 测点 test point

在测区内进行的一个检测点。

2.1.6 测区钢材抗拉强度换算值 conversion value of steel strength of test area

由测区的平均里氏硬度值，通过测强曲线计算得到的该检测单元的钢材抗拉强度值。

2.1.7 工程质量检测 inspection of structural quality

为评定结构工程质量与设计的要求或与设计规范规定的符合性所实施的检测。

2.1.8 结构性能检测 inspection of structural performance

为评估结构的安全性、适用性、耐久性或抗灾害能力所实施的检测。

2.1.9 强度推定值 estimated strength

相当于强度换算值总体分布中保证率不低于 95% 的强度值。

2.2 符 号

HL_i ——水平状态检测时第 i 个测点的里氏硬度值，为通用的里氏硬度，对于具体的硬度标尺要使用相应的硬度标尺表示硬度值。

HLD_i ——采用 D 冲击装置水平状态检测时第 i 个测点的里氏硬度值。

HLC_i ——采用 C 冲击装置水平状态检测时第 i 个测点的里氏硬度值。

$HLD_{m,j}$ ——采用 D 冲击装置检测时第 j 个测区平均里氏硬度值。

$HLC_{m,j}$ ——采用 C 冲击装置检测时第 j 个测区平均里氏硬度值。

$HLD_{ma,j}$ ——采用 D 冲击装置非水平状态检测时，第 j 个测区的平均里氏硬度值。

$HLC_{ma,j}$ ——采用 C 冲击装置非水平状态检测时，第 j 个测区的平均里氏硬度值。

$HLD_{aa,j}$ ——采用 D 冲击装置非水平状态检测时，第 j 个测区里氏硬度值的修正值。

$HLC_{aa,j}$ ——采用 C 冲击装置非水平状态检测时，第 j 个测区里氏硬度值的修正值。

R_a ——构件表面粗糙度，单位： μm 。

$f_{t,j}$ ——第 j 个测区按回归方程计算的钢材抗拉强度换算值，单位： N/mm^2 。

$f_{t,\min}$ ——构件或检测批钢材抗拉强度换算值的最小值，单

位：N/mm²。

$f_{t,m}$ ——构件或检测批钢材抗拉强度换算值的平均值，单

位：N/mm²。

$f_{t,e}$ ——构件或检测批钢材抗拉强度推定值，单位：

N/mm²。

s_{f_t} ——构件或检测批钢材抗拉强度换算值的标准差，单

位：N/mm²。

3 检测设备

3.1 技术要求

3.1.1 测定里氏硬度值的仪器，宜采用数显式的里氏硬度计。

3.1.2 里氏硬度计必须具有制造厂的产品合格证及检定单位的检定合格证，并应在硬度计的明显位置上具有下列标志：名称、产品型号、制造厂名称（或商标）、出厂编号、出厂日期和中国计量器具制造许可证 CMC 及许可证号等。

3.1.3 用于现场检测钢材表面硬度的里氏硬度计，其冲击装置应采用 D 型或 C 型。

3.1.4 D 型里氏硬度计主要技术参数如下：

表 1 D 型主要技术参数

冲击体的质量（g）	5.5
冲击能量（N.mm）	11.0
球头直径（mm）	3.0
球头顶端材质种类	碳化钨球

3.1.5 C 型里氏硬度计主要技术参数如下：

表 2 C 型主要技术参数

冲击体的质量（g）	3.0
冲击能量（N.mm）	2.7
球头直径（mm）	3.0
球头顶端材质种类	碳化钨球

3.1.6 冲击装置应符合下列要求：

- 1 冲击体质量的允许误差为 $\pm 0.03\text{g}$ 。
- 2 冲击体的碳化钨球的直径允许误差为 $\pm 0.06\text{mm}$ ，冲击体

的顶端球面半径允许误差为 $\pm 0.03\text{mm}$ 。

3 冲击体的顶端表面应抛光，无缺陷，其表面粗糙度 R_a 应不大于 $0.4\mu\text{m}$ 。

4 碳化钨球的硬度应不低于 1500HV。

5 冲击装置应工作可靠，操作灵敏，无卡住现象。

3.1.7 显示装置应符合下列要求：

1 显示装置的显示应清晰、无显示缺陷，并与打印输出的硬度示值一致。

2 在正常工作条件下，显示装置应连续稳定地工作。

3 打印纸走纸正常，打印字迹清楚、字形完整、不变形。

3.1.8 里氏硬度计的使用环境要求：

1 在使用过程中应避免铁屑、氧化皮、灰尘等异物进入机器内部。

2 检测时环境温度宜为 $5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 80\%$ 。

3 里氏硬度计不应在强烈振动、严重粉尘、腐蚀性气体和强磁场的场合下使用。

3.1.9 里氏硬度计应配有常用硬度范围的标准硬度块。试块应满足以下要求：

1 试块应专门制造，以确保试块的材料均质性、组织的稳定性和试验面硬度的均匀性。

2 标准块的硬度范围和均匀度如下：

表 3 标准块的硬度范围和均匀度

硬度表尺	硬度范围	均匀度的最大允许值
HLD、HLC	(790 $\pm$ 40)HL (630 $\pm$ 40)HL (530 $\pm$ 40)HL	9HL

注：HL 为通用的里氏硬度单位，对于具体的硬度标尺要使用相应的硬度标尺表示硬度值，如 620HLD 等。

3 标准块应无磁性。

4 标准块应妥善保管，标准块的试验面和支承面不得有锈蚀、裂纹和擦伤等缺陷。

3.1.10 为保证检测过程中构件和冲击装置之间不能产生相对运动，必要时应配备支承环；支承环应符合下列要求：

1 支承环应能牢固安装到冲击装置底部。支承面应带有橡胶涂层。

2 宜定期检查支承环，以防止支承环的磨损影响读数，橡胶涂层磨损后需更换新的支承环。

3 支承环的型号应与检测面的曲率半径相匹配。

3.2 检 定

3.2.1 里氏硬度计检验周期为一年，具有下列情况之一时应送检定单位检定：

- 1 新仪器启用前；
- 2 超过检定有效期；
- 3 经修理后的仪器；
- 4 遭受严重撞击或其他损害时。

3.2.2 里氏硬度计应由法定部门并按照国家现行标准《金属材料里氏硬度试验 第2部分 硬度计的检验与校准》GB/T 17394.2对里氏硬度计进行检定。

3.2.3 硬度测定前应使用里氏硬度计所带的相应标准硬度块对里氏硬度计进行检验。检定时冲击方向为垂直向下，冲击方向硬度修正值为0，其示值误差应不大于 $\pm 12\text{HL}$ ，示值重复性要求不大于12 HL。

3.3 保 养

3.3.1 里氏硬度计具有下列情况之一时应进行常规保养：

- 1 弹击超过 2000 次；
 - 2 检测值出现异常时；
- 3.3.2 常规保养应符合下列规定：
- 1 用尼龙刷清理冲击装置的导管及冲击体，清洁导管时先将支承环旋下，再将冲击体取出，将尼龙刷以逆时针方向旋入管内，到底后再轻轻拉出，如此反复 5 次，然后再装好冲击体及支承环。
 - 2 导管和冲击体间严禁使用任何润滑剂。
- 3.3.3 硬度计使用完毕后，应将冲击体释放。
- 3.3.4 在下列情况下需更换球头或冲击体：
- 1 根据硬度计与试件的不同，在测量 3000~12000 次后；
 - 2 当用标准洛氏硬度块进行检定，误差大于 2HRC 时。
- 3.3.5 常规保养后，应使用里氏硬度计所带的相应标准硬度块对里氏硬度计进行检验，如示值误差或示值重复性不满足本规程 3.2.3 条要求时，应送计量检定部门进行检定。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 采用里氏硬度法检测钢材、钢筋强度时，宜具有下列资料：

- 1 工程名称及设计、施工、监理和建设单位名称；
- 2 构件名称、数量、尺寸及钢材型号；
- 3 必要的设计图纸和施工记录；
- 4 检测原因。

4.1.2 里氏硬度计在使用前后，均应在标准硬度块上做检验，并应符合本规程第 3.2.3 条的规定。

4.1.3 钢材抗拉强度检测可采用以下两种方式进行：

1 单个构件检测：适用于单个柱、梁、杆、支撑等钢构件，或混凝土中单根钢筋检测，其检测结论不得扩大到未检测的构件和范围。

2 按批抽样检测：适用于同一检测批钢构件的钢材或混凝土中钢筋的抗拉强度的检测。

表 4 检测批最小样本容量

检验批 的容量	检测类别和样本的最 小容量		检验批 的容量	检测类别和样本的最 小容量	
	A	B		A	B
2~8	2	2	91~150	8	20
9~15	2	3	151~280	13	32
16~25	3	5	281~500	20	50
26~50	5	8	501~1200	32	80
51~90	5	13	1201~3200	50	125
注：检测类别 A 适用于一般质量的检测，检测类别 B 适用于结构质量或性能的检测。					

4.1.4 按批抽样检测时，应进行随机抽样，且抽测构件最小数量应符合表 4 的规定。

4.1.5 构件的测区应符合下列要求：

1 测区宜选在使里氏硬度计处于水平方向检测钢材表面硬度。当不能满足这一要求，可使里氏硬度计处于非水平方向检测钢材表面。

2 单个构件检测时，每个的测区数不应少于 5 个，对于长度小于 4.5m，且另一方向尺寸小于 0.3m 的构件，其测区数量可适当减小，但不应少于 3 个。

3 按批进行检测时，每个构件测区数不得少于 3 个。

4 检测前应对钢材表面进行处理，完全清除表面涂层、氧化皮、污物或者其他表面不规则性，表面不能有润滑剂。在处理过程中应避免由于发热而造成钢材硬度的变化。

5 测区表面粗糙度 R_a 应不大于 $1.6\mu\text{m}$ 。

6 使用 D 冲击装置检测构件时，钢材厚度不宜小于 10mm，不应小于 8mm；使用 C 冲击装置检测构件时，钢材厚度不宜小于 5mm，不应小于 3mm；对于表面为凹、凸圆柱面等曲面的构件，其表面曲率半径不应小于 30mm。

7 检测部位宜选在有垂直支撑的部位，应避免检测部位刚度不足而产生的振动。对弹击时产生颤动的薄壁、小型构件应进行固定。

4.1.6 混凝土中钢筋测区除应满足上述有关要求外，尚应符合下列的规定：

1 应将钢筋保护层剔除，露出钢筋外侧一半的表面积。剔凿钢筋混凝土保护层时，不得过度挠动钢筋，以确保钢筋内侧与混凝土牢固粘结。

2 钢筋表面应进行打磨处理，带肋钢筋应将肋高磨平，处理后的钢筋检测面曲率半径不应小于 30mm。

4.1.7 测区应标有清晰的编号，必要时应在记录纸上描述测区布置

示意图和外观质量情况。

4.2 里氏硬度值测量

4.2.1 检测面打磨处理

里氏硬度值测量前，应对钢材或钢筋表面进行打磨处理，可用钢锉或角磨机等设备打磨构件表面，除去表面涂层、氧化皮、污物或者其他表面不规则性，再分别用粗、细砂纸打磨构件表面，直至露出金属光泽。型钢每个测区打磨区域不应小于 $30 \times 30 \text{mm}^2$ ，混凝土内钢筋测区打磨区域不应小于 $10 \times 50 \text{mm}^2$ 。

4.2.2 粗糙度值测量

打磨后用粗糙度测量仪测量检测面的粗糙度值，测量不应少于 5 次，取其平均值。每次读数精确至 $0.01 \mu\text{m}$ 。测试表面粗糙度应小于 $1.60 \mu\text{m}$ 。

4.2.3 硬度测试时，应按以下程序进行：

- a) 向下推动加载套或用其他方式锁住冲击体；
- b) 将冲击装置支承环紧压在试样表面上，冲击方向应与测试面垂直；
- c) 平稳地按动冲击装置释放钮；
- d) 读取硬度示值。

4.2.4 对于表面为凹、凸圆柱面等曲面的构件，其表面曲率半径小于 50mm 时，应安装支承环，以确保检测面与冲击装置间不产生相对运动，检测面与支承环表面应清洁，无氧化皮、润滑剂、尘土等污物。

4.2.5 测点在测区范围内均匀分布，任意两压痕中心之间距离应大于 4mm，任一压痕中心距试样边缘距离不应小于 5mm。同一测点只能测试一次。每一测区应测试 9 个值，每一测点的里氏硬度值精确至 1。

4.3 硬度计算

4.3.1 应从 9 个里氏硬度值中剔除 2 个最大值和 2 个最小值，余下的 5 个里氏硬度值相互之差不应大于 20HL。

4.3.2 计算平均里氏硬度值，余下的 5 个里氏硬度值应按下式计算：

1 采用 D 型冲击装置检测时

$$HLD_{m,j} = \frac{\sum_{i=1}^5 HLD_i}{5} \quad (4.3.2-1)$$

式中 $HLD_{m,j}$ ——第 j 个测区里氏硬度平均值，精确到 1；

HLD_i ——第 i 个测点的里氏硬度值。

2 采用 C 型冲击装置检测时

$$HLC_{m,j} = \frac{\sum_{i=1}^5 HLC_i}{5} \quad (4.3.2-2)$$

式中 $HLC_{m,j}$ ——第 j 个测区里氏硬度平均值，精确到 1；

HLC_i ——第 i 个测点的里氏硬度值。

4.3.3 非水平方向检测钢结构构件表面时，应按下式修正：

1 采用 D 型冲击装置检测时

$$HLD_{m,j} = HLD_{m\alpha,j} + HLD_{a\alpha,j} \quad (4.3.3-1)$$

式中 $HLD_{m\alpha,j}$ ——非水平方向检测时第 j 个测区的平均里氏硬度值，精确至 1；

$HLD_{a\alpha,j}$ ——非水平方向检测时第 j 个测区里氏硬度修正

值，可按本规程附录 C 采用。

2 采用 C 型冲击装置检测时

$$HLC_{m,j} = HLC_{m\alpha,j} + HLC_{a\alpha,j} \quad (4.3.3-2)$$

式中 $HLC_{m\alpha,j}$ ——非水平方向检测时第 j 个测区的平均里氏硬度值，精确至 1；

$HLC_{a\alpha,j}$ ——非水平方向检测时第 j 个测区里氏硬度修正

值，可按本规程附录 C 采用。

4.3.4 当使用的里氏硬度计具有方向修正功能，且仪器内置的修正值符合本规程附录C时，可在使用里氏硬度计前设置检测方向，硬度计算时不再进行修正。

5 抗拉强度换算值与推定值

5.1 抗拉强度换算值

5.1.1 对于采用 D 冲击装置检测时，钢材或钢筋第 j 个测区抗拉强度换算值 $f_{t,j}$ ，应根据测区里氏硬度平均值 $HLD_{m,j}$ 由附录 B 查表，或由下列公式计算：

$$f_{t,j} = 200.90 \times e^{(0.002714 \times HLD_{m,j})} \quad (5.1.1)$$

式中 $f_{t,j}$ ——第 j 个测区抗拉强度换算值，单位：N/mm²，

精确至 1；

$HLD_{m,j}$ ——第 j 个测区里氏硬度平均值。

5.1.2 对于采用 C 冲击装置检测时，钢材或钢筋第 j 个测区抗拉强度换算值 $f_{t,j}$ ，应根据测区里氏硬度平均值 $HLC_{m,j}$ 由附录 B 查表，或由下列公式计算：

$$f_{t,j} = 172.47 \times e^{(0.0026 \times HLC_{m,j})} \quad (5.1.2)$$

式中 $f_{t,j}$ ——第 j 个测区抗拉强度换算值，单位：N/mm²，

精确至 1；

$HLC_{m,j}$ ——第 j 个测区里氏硬度平均值。

5.2 数据分析和抗拉强度推定值

5.2.1 按批检测时，应进行异常数据的判断和处理，异常数据的判

断和处理应符合 GB/T 4883 的规定，详见附录 D。

5.2.2 按批检测或测区大于 5 个时，钢材或钢筋抗拉强度换算值的平均值、标准差和变异系数应分别按下列公式计算：

$$f_{t,m} = \frac{\sum_j^n f_{t,j}}{n} \quad (5.2.2-1)$$

$$s_{f_t} = \sqrt{\frac{\sum_j^n (f_{t,j})^2 - n(f_{t,m})^2}{n-1}} \quad (5.2.2-2)$$

$$\delta = \frac{s_{f_t}}{f_{t,m}} \quad (5.2.2-3)$$

式中 $f_{t,m}$ ——测区抗拉强度换算值的平均值，单位：N/mm²，

精确至 1；

n ——测区的总数量；

s_{f_t} ——测区抗拉强度换算值的标准差，单位：N/mm²，

精确至 0.1；

δ ——测区抗拉强度换算值的变异系数。

5.2.3 按单个构件检测时，以各测区抗拉强度换算值的最小值作为该构件的钢材或钢筋抗拉强度推定值：

$$f_{t,e} = f_{t,\min} \quad (5.2.3)$$

式中 $f_{t,e}$ ——钢材或钢筋抗拉强度推定值，单位：N/mm²，

精确至 1；

$f_{t,\min}$ ——测区抗拉强度换算值的最小值，单位：

N/mm²， 精确至 1。

5.2.4 按批抽样检测时，检测批抗拉强度的推定值按下列公式计算：

$$f_{t,e} = f_{t,m} - ks_{f_t}$$

式中 $f_{t,e}$ ——抗拉强度的推定值，单位： N/mm²，

精确至 1。

k ——推定系数，根据测区数量由附录 F 查得；

5.2.5 按批抽样检测时，钢材或钢筋测区抗拉强度换算值的变异系数不应大于0.15，否则可提供单个构件的检测结果，单个构件检测结果推定应符合本规程5.2.3的要求。

6 检测报告

6.0.1 检测报告应包括如下内容

1. 工程名称及概况;
2. 委托单位;
3. 检测单位及检测人员;
4. 本规程编号;
5. 所用检测仪器的型号、冲击装置、检定有效期等;
6. 检测日期及时间;
7. 检测时环境温度;
8. 钢材牌号、种类、生产厂家;
9. 所检构件的特点;
10. 检测具体部位;
11. 冲击方向;
12. 检测结果;
13. 试验中是否存在异常情况及异常情况描述;
14. 相关标记;
15. 结论及建议。

附录 A 里氏硬度法检测钢材抗拉强度记录表

里氏硬度法检测钢材抗拉强度记录表

检测日期： 年 月 日

工程名称										
建设单位										
设计单位										
施工单位										
监理单位										
检测依据										
检测仪器：（型号、编号、冲击装置及检定有效期）										
构件名称及编号										
构件外观描述										
构件测区位置 示意图			测试方向 示意图			环境温度				
						测区粗糙度				
测区	里氏硬度值 HL_i									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	HL_n
1										
2										
3										
4										
5										
备注										

测试：

记录：

第 页,共 页

附录 B 钢材里氏硬度与抗拉强度换算表

表 B.1 D 冲击装置里氏硬度与抗拉强度换算值

里氏 硬度 (HLD)	抗拉强度 换算值 f_t (N/mm ²)	里氏 硬度 (HLD)	抗拉强度换 算值 f_t (N/mm ²)	里氏 硬度 (HLD)	抗拉强度 换算值 f_t (N/mm ²)
220	365	268	416	316	474
222	367	270	418	318	476
224	369	272	420	320	479
226	371	274	423	322	481
228	373	276	425	324	484
230	375	278	427	326	487
232	377	280	430	328	489
234	379	282	432	330	492
236	381	284	434	332	495
238	383	286	437	334	497
240	385	288	439	336	500
242	387	290	441	338	503
244	390	292	444	340	506
246	392	294	446	342	508
248	394	296	449	344	511
250	396	298	451	346	514
252	398	300	454	348	517
254	400	302	456	350	519
256	402	304	458	352	522
258	405	306	461	354	525
260	407	308	463	356	528
262	409	310	466	358	531
264	411	312	469	360	534
266	414	314	471	362	537

里氏 硬度 (HLD)	抗拉强度 换算值 (N/mm ²)	里氏 硬度 (HLD)	抗拉强度换 算值 (N/mm ²)	里氏 硬度 (HLD)	抗拉强度 换算值 (N/mm ²)
364	540	394	585	424	635
366	542	396	588	426	638
368	545	398	592	428	642
370	548	400	595	430	645
372	551	402	598	432	649
374	554	404	601	434	652
376	557	406	605	436	656
378	560	408	608	438	660
380	563	410	611	440	663
382	567	412	615	442	667
384	570	414	618	444	670
386	573	416	621	446	674
388	576	418	625	448	678
390	579	420	628	450	681
392	582	422	632	—	—
注：表中数据在应用时不得外推，表内未列数据，可用内插法求得，精确至 1MPa。					

表 B.2 C 冲击装置里氏硬度与抗拉强度换算值

里氏 硬度 (HLC)	抗拉强度 换算值 f_t (N/mm ²)	里氏 硬度 (HLC)	抗拉强度 换算值 f_t (N/mm ²)	里氏 硬度 (HLC)	抗拉强度 换算值 f_t (N/mm ²)
290	367	300	376	310	386
292	368	302	378	312	388
294	370	304	380	314	390
296	372	306	382	316	392
298	374	308	384	318	394

里氏 硬度 (HLC)	抗拉强度 换算值 (N/mm ²)	里氏 硬度 (HLC)	抗拉强度 换算值 (N/mm ²)	里氏 硬度 (HLC)	抗拉强度 换算值 (N/mm ²)
320	396	374	456	428	525
322	398	376	458	430	528
324	400	378	461	432	530
326	403	380	463	434	533
328	405	382	466	436	536
330	407	384	468	438	539
332	409	386	471	440	541
334	411	388	473	442	544
336	413	390	475	444	547
338	415	392	478	446	550
340	417	394	480	448	553
342	420	396	483	450	556
344	422	398	485	452	559
346	424	400	488	454	562
348	426	402	490	456	564
350	428	404	493	458	567
352	431	406	496	460	570
354	433	408	498	462	573
356	435	410	501	464	576
358	437	412	503	466	579
360	440	414	506	468	582
362	442	416	509	470	585
364	444	418	511	472	588
366	447	420	514	474	591
368	449	422	517	476	595
370	451	424	519	478	598
372	454	426	522	480	601

里氏 硬度 (HLC)	抗拉强度 换算值 (N/mm ²)	里氏 硬度 (HLC)	抗拉强度 换算值 (N/mm ²)	里氏 硬度 (HLC)	抗拉强度 换算值 (N/mm ²)
482	604	500	633	518	663
484	607	502	636	520	667
486	610	504	639	522	670
488	613	506	643	524	674
490	617	508	646	526	677
492	620	510	650	528	681
494	623	512	653	530	684
496	626	514	656	—	—
498	630	516	660	—	—
注：表中数据在应用时不得外推，表内未列数据，可用内插法求得，精确至 1MPa。					

附录 C 非水平状态检测时硬度值修正值

表 C.1 D 冲击装置非水平状态检测时硬度值修正值

HLD				
200	+7	+14	-9	-19
250	+7	+13	-9	-18
300	+6	+12	-8	-17
350	+6	+12	-7	-15
400	+6	+11	-7	-14
450	+5	+10	-7	-14
500				

表 C.2 C 冲击装置非水平状态检测时硬度值修正值

HLC				
250	0	0		
350	+8	+15		
400	+7	+14	不规定	不规定
450	+6	+13		
500	+7	+1		
550				

附录 D 异常数据的判断和处理

(规范性附录)

D. 0. 1 异常数据的判断

依据《数据的统计处理 and 解释 正态样本离群值的判断与处理》GB/T 4883, 可采用格拉布斯准则进行异常值判断, 将检测批抗拉强度换算值从小到大顺序排列 $f_{t,1}$ 、 $f_{t,2}$ 、……、 $f_{t,n}$, 计算统计量:

$$G_n = (f_{t,n} - f_{t,m}) / s_{f_t} \quad (D.1-1)$$

$$G'_n = (f_{t,m} - f_{t,1}) / s_{f_t} \quad (D.1-2)$$

式中 G_n , G'_n ——格拉布斯检验统计量;

$f_{t,1}$ ——构件或检测批抗拉强度换算值最小值;

$f_{t,n}$ ——构件或检测批抗拉强度换算值最大值;

$G_{0.975}$ 、 $G_{0.995}$ ——格拉布斯检验临界值, 按检测批测区数量由附录 E 查得。

取检出水平 α 为 5%, 剔除水平 α^* 为 1%, 按双侧情形检验, 检出水平 α 对应临界值为 $G_{0.975}$, 剔除水平 α^* 对应临界值为

$G_{0.995}$ 。

若 $G_n' > G_n$ ，且 $G_n > G_{0.975}$ ，则判断 $f_{t,n}$ 为离群值，否则，判断没有离群值。

对于检出的离群值 $f_{t,n}$ ，若 $G_n > G_{0.995}$ ，则判断 $f_{t,n}$ 为统计离群值，可考虑剔除，否则，判断未发现统计离群值， $f_{t,n}$ 为歧离值。

若 $G_n' > G_n$ ，且 $G_n' > G_{0.975}$ ，则判断 $f_{t,1}$ 为离群值，否则，判断没有离群值。

对于检出的离群值 $f_{t,1}$ ，若 $G_n' > G_{0.995}$ ，则判断 $f_{t,1}$ 为统计离群值，可考虑剔除，否则，判断未发现统计离群值， $f_{t,1}$ 为歧离值。

D.0.2 异常数据的处理

若检出了一个离群值，应用相同的检出水平和相同的规则，对除去已检出离群值后余下的数值继续检验，直到不能检出离群值为至。对于除去已检出离群值后余下的数值，应按本规程 5.2.2 条重新计算强度换算值的平均值、标准差和变异系数。检出的离群值总数不宜超过样本量的 5%，若检出的离群值总数超过了这个上限，对此样本应做慎重的研究和处理。

检出歧离值后，不得随意舍去歧离值，应尽可能寻找其技术和物理上的原因，若在技术上或物理上找到产生它的原因，则应剔除或修正；若未找到产生它的物理上和技术上的原因，则不得剔除或进行修正。

为保证结构安全，建议按下列方法进行处理：

- (1) 高端歧离值可从样本中直接删除；
- (2) 底端歧离值在有充分理由说明其异常原因时，可以剔除；
- (3) 当无充分理由说明其异常原因时，在低端歧离值附近位置重新取样复测，根据复测结果，判断是否剔除；
- (4) 保留歧离值，补充检测，增加样本数后重新检验异常值；
- (5) 保留歧离值，重新划分检测批后重新检测；
- (6) 歧离值剔除应由主检签字认可，并应记录剔除的理由和必要的说明。

附录 E 格拉布斯检验临界值表

（规范性附录）

测区数	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$	测区数	$G_{0.975}$	$G_{0.995}$
3	1.155	1.155	26	2.841	3.157
4	1.481	1.496	27	2.859	3.178
5	1.715	1.764	28	2.876	3.199
6	1.887	1.973	29	2.893	3.218
7	2.020	2.139	30	2.908	3.236
8	2.126	2.274	31	2.924	3.253
9	2.215	2.387	32	2.938	3.270
10	2.290	2.482	33	2.952	3.286
11	2.355	2.564	34	2.965	3.301
12	2.412	2.636	35	2.979	3.316
13	2.462	2.699	36	2.991	3.330
14	2.507	2.755	37	3.003	3.343
15	2.549	2.806	38	3.014	3.356
16	2.585	2.852	39	3.025	3.369
17	2.620	2.894	40	3.036	3.381
18	2.651	2.932	41	3.046	3.393
19	2.681	2.968	42	3.057	3.404
20	2.709	3.001	43	3.067	3.415
21	2.733	3.031	44	3.075	3.425
22	2.758	3.060	45	3.085	3.435
23	2.781	3.087	46	3.094	3.445
24	2.802	3.112	47	3.103	3.455
25	2.822	3.135	48	3.111	3.464

49	3.120	3.474	76	3.287	3.654
50	3.128	3.483	77	3.291	3.658
51	3.136	3.491	78	3.297	3.663
52	3.143	3.500	79	3.301	3.669
53	3.151	3.507	80	3.305	3.673
54	3.158	3.516	81	3.309	3.677
55	3.166	3.524	82	3.315	3.682
56	3.172	3.531	83	3.319	3.687
57	3.180	3.539	84	3.323	3.691
58	3.186	3.546	85	3.327	3.695
59	3.193	3.553	86	3.331	3.699
60	3.199	3.560	87	3.335	3.704
61	3.205	3.566	88	3.339	3.708
62	3.212	3.573	89	3.343	3.712
63	3.218	3.579	90	3.347	3.716
64	3.224	3.586	91	3.350	3.720
65	3.230	3.592	92	3.355	3.725
66	3.235	3.598	93	3.358	3.728
67	3.241	3.605	94	3.362	3.732
68	3.246	3.610	95	3.365	3.736
69	3.252	3.617	96	3.369	3.739
70	3.257	3.622	97	3.372	3.744
71	3.262	3.627	98	3.377	3.747
72	3.267	3.633	99	3.380	3.750
73	3.272	3.638	100	3.383	3.754
74	3.278	3.643	—	—	—
75	3.282	3.648	—	—	—

附录 F 检验批样本容量与推定区间系数

（规范性附录）

测区数 n	k	测区数 n	k	测区数 n	k
5	3.40	26	2.12	47	1.98
6	3.09	27	2.11	48	1.97
7	2.89	28	2.10	49	1.97
8	2.75	29	2.09	50	1.97
9	2.65	30	2.08	51	1.96
10	2.57	31	2.07	52	1.96
11	2.50	32	2.06	53	1.95
12	2.45	33	2.05	54	1.95
13	2.40	34	2.05	55	1.95
14	2.36	35	2.04	56	1.94
15	2.33	36	2.03	57	1.94
16	2.30	37	2.03	58	1.94
17	2.27	38	2.02	59	1.94
18	2.25	39	2.02	60	1.93
19	2.23	40	2.01	61	1.93
20	2.21	41	2.00	62	1.93
21	2.19	42	2.00	63	1.93
22	2.17	43	1.99	64	1.92
23	2.16	44	1.99	65	1.92
24	2.15	45	1.99	66	1.92
25	2.13	46	1.98	67	1.92

68	1.91	94	1.87	120	1.84
69	1.91	95	1.87	121	1.84
70	1.91	96	1.87	122	1.84
71	1.91	97	1.86	123	1.84
72	1.90	98	1.86	124	1.84
73	1.90	99	1.86	125	1.84
74	1.90	100	1.86	126	1.84
75	1.90	101	1.86	127	1.84
76	1.90	102	1.86	128	1.83
77	1.90	103	1.86	129	1.83
78	1.89	104	1.86	130	1.83
79	1.89	105	1.86	131	1.83
80	1.89	106	1.85	132	1.83
81	1.89	107	1.85	133	1.83
82	1.89	108	1.85	134	1.83
83	1.88	109	1.85	135	1.83
84	1.88	110	1.85	136	1.83
85	1.88	111	1.85	137	1.83
86	1.88	112	1.85	138	1.83
87	1.88	113	1.85	139	1.83
88	1.88	114	1.85	140	1.82
89	1.88	115	1.85	141	1.82
90	1.87	116	1.84	142	1.82
91	1.87	117	1.84	143	1.82
92	1.87	118	1.84	144	1.82
93	1.87	119	1.84	145	1.82

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时，写法为：“应按……执行”或“应符合……规定（或要求）”。

引用标准名录

- 1 《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》 GB 1499.1
- 2 《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》 GB 1499.2
- 3 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 4 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 5 《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344
- 6 《金属材料 里氏硬度试验 第 1 部分：试验方法》 GB/T 17394.1
- 7 《金属材料 里氏硬度试验 第 2 部分：硬度计的检验与校准》 GB/T 17394.2
- 8 《金属材料 里氏硬度试验 第 3 部分：标准硬度块的标定》 GB/T 17394.3

山东省地方标准

里氏硬度法现场检测建筑钢材抗拉强度

技术规程

Technical specification for testing tensile strength of steel
construction in site by Leeb-hardness method

DB37/T xxxx-201x

条文说明

目次

1	总 则	36
3	检测设备	38
3.1	技 术 要 求	38
3.2	检 定	39
3.3	保 养	39
4	检测技术	41
4.1	一 般 规 定	41
4.2	里氏硬度值测量	43
4.3	硬度计算	43
5	抗拉强度换算值与推定值	45
5.1	抗拉强度换算值	45
5.2	数据分析和抗拉强度推定值	45

1 总 则

1.0.1 研究表明：金属硬度与强度之间存在着相关的关系。里氏硬度法推断钢材抗拉强度是一种无损检测技术，即用硬度计的冲击装置将冲击体（碳化钨或金刚石球头）从固定位置释放，冲击在试样表面，测量其球头距试样表面1mm 处的冲击速度与反弹速度，里氏硬度值以球头反弹速度与冲击速度之比来表示。计算公式如下：

$$HL=1000 \times (v_R/v_A)$$

式中：HL—里氏硬度值，HL；

v_A —球头的冲击速度，m/s；

v_R —球头的反弹速度，m/s。

本规程的部分内容参考了《金属材料 里氏硬度试验 第1部分：试验方法》GB/T 17394.1、《金属材料 里氏硬度试验 第2部分：硬度计的检验与校准》GB/T 17394.2、《金属材料 里氏硬度试验 第3部分：标准硬度块的标定》GB/T 17394.3等相关的标准。

1.0.2 我国现在的建筑结构用钢材主要是《碳素结构钢》GB/T 700中的Q235 钢和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591中的Q345 钢。山东省建筑科学研究院通过对《钢结构设计规范》GB 50017中使用的Q235、Q345、Q390、Q420钢有针对性地进行试验研究，得出钢材里氏硬度与抗拉强度之间的关系，根据研究成果将《钢结构设计规范》GB 50017中使用的钢材纳入本规程的范围。

混凝土中钢筋的化学成份与《钢结构设计规范》GB 50017中钢材的化学成份类似，而且与混凝土结合在一起，测试时不会产生颤动，只要表面处理得当，里氏硬度法检测抗钢筋的拉强度同样适用，因此本规程也将《混凝土设计规范》GB50010

中涉及的普通钢筋纳入适用范围。

1.0.4 凡本规程涉及的其它有关方面,如高空作业时的安全技术和劳动保护等,均应遵守相应的标准、规范或规程。

3 检测设备

3.1 技术要求

3.1.1 硬度计是根据弹性冲击原理制成的,由冲击装置和显示装置两部分组成。仪器数字显示硬度值,体积小、重量轻,可以手握冲击装置直接对被测材料和工件进行硬度检验。

3.1.2 由于里氏硬度计为计量仪器,因此在里氏硬度计明显的位置上要标明名称、型号、制造厂名、生产编号及生产日期,尤其要有中国计量器具制造许可证标志CMC 及许可证证号等。

3.1.3 里氏硬度计的质量及测试性能直接影响钢材抗拉强度推断结果的准确性。D 型为标准冲击装置,适合大部分材料,用于常规检测;DC 型适用于测量孔或圆柱筒内;DL 型测量细长窄槽或孔;D+15 型接触面细小、加长,适宜测量沟槽或凹入的表面;C 型冲击装置冲击力小,对被测表面损伤很小,不破坏硬化层,适用于测量小轻薄部件;G 型冲击装置适用于测量大厚重及表面较粗糙的铸锻件。E 型冲击装置适用于测量硬度极高的材料。

3.1.8 铁屑、氧化皮、灰尘等异物进入机器内部,会造成电路短路烧毁机器。强电磁干扰的场合,如:小灵通天线、高频炉等周围,会造成仪器工作异常。环境温度异常时,会对里氏硬度计的性能有影响,从而影响测试精度,故规定了其使用时的环境温度。

3.1.9 标准块是标定硬度计和冲击装置系统性能的重要依据,本条对标准块的要求,参考了《金属材料 里氏硬度试验 第3部分:标准硬度块的标定》GB/T 17394.3。

3.1.10 本条要求参考了《金属材料 里氏硬度试验 第1部分:试验方法》GB/T 17394.1。如果被测构件表面为曲面,测试时冲击装置与被测构件间容易产生滑移,读数就会偏小,支撑环的

作用就是使冲击装置与被测构件间不产生移动。

3.2 检 定

3.2.1 目前国内外里氏硬度计生产不能保证每台里氏硬度计均为标准状态，特别是一些国外进口仪器未完全按我国有关标准生产及检定，因此新仪器在使用前必须检定。里氏硬度计检定有效期参照《里氏硬度计检定规程》JJG747-1999 确定，检定周期一般不超过一年，使用单位可根据实际情况进行日常检查，使用频繁应加大核查力度。

3.2.2 本条明确指出，检定里氏硬度计的单位应由当地技术监督部门授权，并按照《金属材料 里氏硬度试验 第2部分：硬度计的检验与校准》GB/T 17394.2 进行。开展检定工作要备有精密天平、立式光学计、投影仪、工具显微镜、干涉显微测量仪等。

3.2.3 本条规定的是里氏硬度计的检定要求。

1 示值误差 δ 按下式计算：

$$\delta = HL_m - HL$$

式中： HL —标准里氏硬度块的硬度值；

HL_m ——5点硬度测点的算术平均值。

2 硬度计的重复性 R 按下式计算：

$$R = HL_{\max} - HL_{\min}$$

式中： $HL_{\max}$ ——5点硬度测定的最大值；

$HL_{\min}$ ——5点硬度测定的最小值。

3.3 保 养

3.3.1 本条规定了里氏硬度计常规保养的要求。

3.3.2 本条规定了清理导管时的步骤及注意事项。清理导管需注意不能在导管和冲击体间使用润滑剂，否则，使用中由于污垢，将使冲击体摩擦力变化，直接影响检测结果。

3.3.3 硬度计不用时，一定要释放冲击簧（即不能在加载状态），以免冲击簧因疲劳而损坏。

3.3.4 根据硬度计与试件的不同，在测量3000~12000 次后，冲击体球头的磨损可能导致测值不准确，需更换球头或冲击体；当用标准洛氏硬度块进行检定时，误差大于2HRC 时，可能是球头磨损失效，需更换球头或冲击体。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 本条列举的1~3项资料,是为了对被检测的构件有全面、系统的了解。

4.1.3 由于里氏硬度法检测具有快速、简便的特点,能在短期内进行较多数量的检测,以取得代表性较高的总体钢材抗拉强度值,故作此规定。此外,抽取试样应严格遵守“随机”的原则,并宜由建设单位、监理单位、施工单位会同检测单位共同商定抽样的范围、数量和方法。

4.1.4 检测批最小样本容量参考了《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344第3.3.13条,其目的是要保证抽样结果具有代表性。由于本规程不适用于严格检测、复检或仲裁检测,因此表内未列检测类别为C类时的抽样数量。

4.1.5 1 室内的里氏硬度的测试一般是垂直向下进行的,但实际上现场检测方向为水平更为方便,有时垂直向下不能实现。山东省建筑科学研究院课题《里氏硬度法检测建筑钢材强度试验研究》也是在水平方向下完成的研究,因此选在使里氏硬度计处于水平方向检测钢材表面硬度。

2 选取不同部位进行检测是为了防止钢材材质不均匀。

4 一般钢结构中钢材表面有防腐、防锈涂层,里氏硬度法检测时检测面应为钢材表面,故应对钢结构构件的表面涂层进行打磨,使检测面应清洁、平整,直至露出金属光泽。检测部位表面不应有裂纹、气泡、结疤、夹杂、折叠、拉裂等缺陷,不应有氧化皮及其他污物,是为了保证检测结果不受缺陷影响。

5 对于粗糙的钢材表面,由于表面凹凸不平,当冲头落在试

件表面时，使凸起的部分产生变形，吸收了能量，从而降低了冲头回弹速度，使硬度值偏低。又由于凹凸表面的不规则性，使冲头落下时能量的消耗不定，因此每次测试之间示值变化加大，即数据离散性较大，所以对于表面粗糙度有一定的要求。一般情况下D冲击装置要求表面粗糙度不大于 $1.6\mu\text{m}$ ，C冲击装置要求表面粗糙度不大于 $0.4\mu\text{m}$ ，但 $0.4\mu\text{m}$ 的粗糙度在现场很难达到要求，所以不管是采用D或C冲击装置，均要求表面粗糙度不大于 $1.6\mu\text{m}$ ，这样采用C冲击装置测试时里氏硬度值偏小，是名义里氏硬度，但这与山东省建筑科学研究院课题《里氏硬度法检测建筑钢材强度试验研究》研究时的条件是一致的，该研究D或C冲击装置均在测区表面粗糙度不大于 $1.6\mu\text{m}$ 条件下得出测强曲线。

6 研究发现，厚度较大的构件D冲击装置下计算出的抗拉强度误差较小，厚度较薄的构件C冲击装置下计算出的抗拉强度误差较小。

对于表面为凹、凸圆柱面等曲面的构件，应使用适当的支撑环，以保证冲头冲击瞬间位置偏差在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内。

7 对于薄壁小型构件，如果约束力不够，弹击时产生颤动，会造成冲击能量损失，使检测结果偏低。因此必须加以固定使之有足够的约束力方可检测。

4.1.6 钢筋检测时首先将保护层剔除，露出钢筋，钢筋外露面积不能过小，以便进行打磨。同时内侧钢筋与混凝土应粘结良好，防止测试时钢筋颤动，影响检测结果。

4.1.7 在记录纸上描述测区在构件上的位置和外观质量(例如有无裂缝、变形、损伤)，目的是为推定和分析处理结果时参考。

4.2 里氏硬度值测量

4.2.2 本条规定在测量硬度前应先对构件表面进行打磨,打磨后测量其表面粗糙度,满足要求后方可测量其硬度值,如果粗糙度不满足要求,还需进一步打磨直至构件表面粗糙度满足要求。

4.2.3 检测时应注意冲击方向应始终垂直于构件的检测面,并且要平稳地按动冲击装置释放钮,否则硬度读数不准确。

4.2.5 参考原有的国家标准《金属里氏硬度试验方法》GB/T 17394-1998,试样的每个测量部位一般进行5次试验,数据分散不应超过平均值的 ± 15 HL,现场检测时如果只测5个点,难以保证数据分散不超过平均值的 ± 15 HL。经计算对比,现场测试9个点,取中间5点,一般能够保证数据分散不超过平均值的 ± 15 HL,这样不必立即在现场计算和补点。故本条根据试验的经验规定每一测区测试9个点。同一测点只能测试一次,若重复测试,则后者的硬度值高于前者,因为经冲击后该局部位位置较密实,再次冲击时吸收的能量较小,使表面硬度值偏高,从而会引起较大的误差。同时这种做法会减短冲击装置传感器的使用寿命。

4.3 硬度计算

4.3.1 《金属材料 里氏硬度试验 第1部分:试验方法》GB/T 17394.1第7.8条规定,硬度值相互之差超过20HL,应增加试验次数,算其算术平均值。

4.3.3 由于现场检测条件的限制,有时不能满足水平方向检测钢结构构件表面的要求,需按照规定进行方向修正。附录C系参考国家标准《金属里氏硬度试验方法》GB/T 17394—1998,以水平方向为基准推算得出。

4.3.4 山东省建筑科学研究院采用可以设置冲击方向的里氏硬

度计分别对试件在水平和向上90度两个方向上进行冲击，测试钢材硬度，在进行水平测试时，仪器设置测试方向为“水平”，向上测试时，仪器设置测试方向为“向上90度”，两组不同方向测试的数据对比，可知同一试件由两个方向测的里氏硬度值没有明显的差异。这是因为仪器在测试时设置了测试方向，并按其内置程序经过了修正。现在市面上大多数仪器都具有选择冲击方向的功能，因此做出此条规定。

5 抗拉强度换算值与推定值

5.1 抗拉强度换算值

5.1.1~5.1.2 山东省建筑科学研究院根据 C 型冲击装置和 D 型冲击装置取得的试验结果，由多种一元函数拟合得出钢材里氏硬度和抗拉强度关系曲线，经比较，以指数函数的数学模型拟合得出关系曲线相关系数最大，平均相对误差、相对标准差最小，具体如下：

C 型冲击装置下：

指数函数 $y = 172.4687 \times e^{(0.0026 \times R_m)}$

相关系数 $R = 0.5784$

平均相对误差 $\delta = 10.5\%$

相对标准差 $c_r = 12.9\%$

D 型冲击装置下：

指数函数 $y = 200.89881 \times e^{(0.002714 \times R_m)}$

相关系数 $R = 0.6524$

平均相对误差 $\delta = 10.1\%$

相对标准差 $c_r = 12.2\%$

5.2 数据分析和抗拉强度推定值

5.2.1 检测数据中混杂有异常数据则必然会歪曲检测结果，另一方面，由于在特定条件下试验量测的随机波动性，致使量测数据有一定的分散性。如果人为的丢掉一些误差较大，而不属于异常的数据，这样会造成虚假的高精度，因此，必须正确的剔除异常数据。本条提供了异常数据的舍弃标准。

5.2.4 本条款参照《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2 附录 B 特征值检验规则，推定值为具有 95%保证率的标准值的计算方法。

5.2.5 根据相关研究，同一批钢材抗拉强度变异系数不超过 0.15，若变异系数过大，说明检测批内各构件钢材抗拉强度差异较大，应按单个构件进行检测或重新划分检测批。