

江苏省地方标准

DB32

J 11814—2021

DB32/T 4116—2021

里氏硬度计法建筑结构钢抗拉
强度现场检测技术规程

Technical specification for in-site testing of tensile strength of
building structural steel by Leeb-hardness tester



统一书号: 155713 · 66

定 价: 18.00 元

2021-09-16 发布

2022-03-01 实施

江苏省住房和城乡建设厅
江苏省市场监督管理局

联合发布

WWW.ZYLJC.CN

江苏省地方标准

里氏硬度计法建筑结构钢抗拉
强度现场检测技术规程

Technical specification for in-site testing of tensile strength of
building structural steel by Leeb-hardness tester

DB32/T 4116—2021

主编单位：江苏省建筑工程质量检测中心有限公司
江苏省建筑科学研究院有限公司

批准部门：江苏省住房和城乡建设厅
江苏省市场监督管理局

实施日期：2022年3月1日

江苏凤凰科学技术出版社

2022 南京

江苏省地方标准

里氏硬度计法建筑结构钢抗拉强度现场检测技术规程

Technical specification for in-site testing of tensile strength of building structural steel by Leeb-hardness tester

DB32/T 4116—2021

主 编 江苏省建筑工程质量检测中心有限公司

江苏省建筑科学研究院有限公司

责任编辑 刘屹立 宋 平

出版发行 江苏凤凰科学技术出版社

出版社地址 南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009

出版社网址 <http://www.pspress.cn>

照 排 南京紫藤制版印务中心

印 刷 南京碧峰印务有限公司

开 本 850 mm×1168 mm 1/32

印 张 1.25

字 数 31000

版 次 2022年1月第1版

印 次 2022年1月第1次印刷

统一书号 155713·66

定 价 18.00 元

图书如有印装质量问题, 可随时寄印刷厂调换。

前 言

根据《省住房城乡建设厅关于印发〈2017年度江苏省工程建设标准和标准设计编制、修订计划〉的通知》(苏建科〔2017〕409号)的要求, 编制组结合里氏硬度计现场检测钢材抗拉强度的实践经验、新技术、新成果, 在广泛征求意见的基础上, 经过多次讨论, 修订了本规程。

本规程于2021年9月16日经主管部门批准发布, 自2022年3月1日起实施, 并替代《里氏硬度计现场检测建筑钢结构钢材抗拉强度技术规程》DGJ32/TJ 116—2011。

本规程的主要修订内容有: 扩大了本规程的适用的建筑用钢牌号范围, 将里氏硬度计现场检测建筑钢结构钢材抗拉强度的适用范围从Q235、Q345钢扩大到Q235、Q345、Q355、Q390、Q420和Q460钢; 修改和增加了里氏硬度计部分主要技术参数; 对里氏硬度计检定要求进行了修改; 增加了对标准里氏硬度块的检定要求; 增加了里氏硬度计每日首次使用前进行日常检查的要求; 对测区最小钢材厚度进行了修改; 对现场检测时测区测点的数量和测区里氏硬度值的计算方法进行了修改。

本规程共6章, 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 钢材抗拉强度范围的推定; 6 检测报告; 附录A~附录D。

本规程由江苏省住房和城乡建设厅负责管理, 由江苏省建筑工程质量检测中心有限公司负责具体技术内容的解释。各单位在执行过程中若有修改意见或建议, 请反馈至江苏省工程建设标准站(地址: 南京市江东北路287号银城广场B座4楼; 邮政编码: 210036)。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位：江苏省建筑工程质量检测中心有限公司
江苏省建筑科学研究院有限公司
参 编 单 位：江苏沪宁钢机股份有限公司
南通市建筑工程质量检测中心
昆山市建筑工程质量检测中心
苏州工业园区建设工程质量检测咨询服务有限
公司
主要起草人：杨晓虹 孙正华 汤东婴 朱田强 于荣庆
赵广辉 卜青青 张 莉 吴立辉 赵 弘
陈 淞 郑 彬 汪 晟 刘 洋
主要审查人：金孝权 曹平周 李延和 陆建民 贾 欣

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 检测设备	3
3.1 技术要求	3
3.2 检定	4
3.3 保养	5
4 检测技术	6
4.1 一般规定	6
4.2 里氏硬度值测量	6
4.3 硬度计算	8
5 钢材抗拉强度范围的推定	9
6 检测报告	10
附录 A 里氏硬度计法检测钢材强度范围记录表	11
附录 B 钢材里氏硬度与抗拉强度范围换算表	12
附录 C 非垂直向下状态检测时里氏硬度的修正值	15
附录 D 钢材厚度对里氏硬度测试值的修正值	16
本规程用词说明	17
引用标准名录	18
条文说明	19

1 总 则

1.0.1 为了规范里氏硬度计现场无损检测建筑钢结构用型钢强度的方法，保证检测质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用里氏硬度计法检测并推定工业与民用建筑钢结构工程中型钢（H 型钢、工字钢、钢板、槽钢等）抗拉强度的范围，且所测型钢的强度等级不高于 Q460 级；不适用于经过热处理的钢材强度的测试。

1.0.3 对钢结构抗拉强度范围进行检测时，除应符合本规程外，尚应符合国家、行业现行相关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 测区 test area

检测结构或构件钢材强度时的一个检测单元。

2.1.2 测点 test point

在测区内,取得检测数据的检测点。

2.1.3 测区钢材抗拉强度推定值 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。

2.2 符号

HL_i ——第 i 个测点的里氏硬度值。

HL_m ——测区或试件的里氏硬度平均值。

HL_{dm} ——经过方向或厚度修正后的垂直方向里氏硬度平均值。

HL_a ——非垂直向下检测时测区里氏硬度的修正值。

HL_t ——检测不同的钢材厚度时里氏硬度修正值。

R_a ——构件表面粗糙度。

$\sigma_{b, \min}$ ——钢材抗拉强度推定最小值。

$\sigma_{b, \max}$ ——钢材抗拉强度推定最大值。

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。里氏硬度计应配有常用硬度范围的标准硬度块。

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。

3.1.4 D 型里氏硬度计主要技术参数见表 3.1.4。

表 3.1.4 D 型里氏硬度计主要技术参数

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 冲击装置应符合下列要求:

- 1 冲击体质量的允许误差为 $\pm 0.03g$ 。
- 2 冲击体的碳化钨球的直径允许误差为 $\pm 0.004mm$, 冲击体的金刚石顶端球面半径允许误差为 $\pm 0.03mm$ 。
- 3 冲击体的顶端表面应抛光,无缺陷,其表面粗糙度不应大于 $0.4\mu m$ 。
- 4 碳化钨球的硬度不应低于 1500HV。

- 5 冲击体球头应无划痕、变形、污物及油脂等。
- 6 冲击装置应工作可靠,操作灵敏,无卡住现象。
- 3.1.6 显示装置应符合下列要求:
 - 1 显示装置的显示应清晰、可靠。
 - 2 在正常工作条件下,显示装置应连续稳定地工作。
- 3.1.7 配置有打印机的硬度计,打印字迹应清楚,打印机打印的硬度值应与硬度计显示装置上显示的硬度值一致。
- 3.1.8 里氏硬度计配备的支承环应符合下列要求:
 - 1 支承环应牢固安装到冲击装置的底部。
 - 2 宜定期检查支承环,防止支承环的磨损影响读数。应对支承环的底面进行目测检查,及时清除沉淀物和尘土。
- 3.1.9 里氏硬度计的使用应符合下列要求:
 - 1 试验时的环境温度宜为 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$,不在此范围内的应在试验报告中注明。
 - 2 试件的试验位置应避免出现磁场或电磁场。
 - 3 试验过程中试件和冲击装置之间不能产生相对运动。必要时应使用设计合理的固定夹具。试件的试验面和支承表面应清洁,无氧化皮、润滑剂、尘土等污物。

3.2 检 定

- 3.2.1 里氏硬度计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(有效期为1年)。
 - 3 弹击次数超过6000次。
 - 4 经拆卸并重新装配后。
 - 5 遭受严重撞击或其他损害时。
 - 6 经保养或间接检验不合格时。

3.2.2 应由法定部门按照《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对里氏硬度计进行检定。

3.2.3 里氏硬度计日常检查和间接检验用的标准里氏硬度块的标定周期一般不超过2年。

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 弹击次数超过2000次。
 - 2 对检测值有怀疑时。
- 3.3.2 常规保养应符合下列规定:
 - 1 应用软、长的尼龙刷清理冲击装置的导管及冲击体。
 - 2 清洁导管时,应先将支承环旋下,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~6次,然后再装好冲击体及支撑环。
 - 3 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次~12000次后。
 - 2 当用标准洛氏硬度块进行检定,误差均大于2HRC时。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 结构或构件钢材强度检测宜具有下列资料:

- 1 工程名称及设计、施工、监理和建设单位名称。
- 2 结构或构件名称、外形尺寸、数量及钢材钢号。
- 3 必要的设计图纸和施工记录。
- 4 检测原因。

4.1.2 里氏硬度计每日首次使用前应进行日常检查。

4.1.3 里氏硬度计检测钢材抗拉强度适用于单个构件的检测。结构钢材强度的里氏硬度检测宜根据《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的相关规定及现场情况确定检测构件的数量。

4.1.4 每一构件主要部件的测区数量不应少于 3 个,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 每一构件的测区应符合下列规定:

- 1 测区宜布置在里氏硬度计能垂直向下检测的钢材表面,也可布置在非垂直向下的钢材表面。
- 2 测区钢材的厚度不宜小于 6mm,曲面构件测区的曲率半径不应小于 30mm。
- 3 测区距焊缝距离不应小于 30mm。
- 4 测区宜布置在测试时不产生颤振的部位。对弹击时产生

颤动的薄壁、小型构件应进行固定。

4.2.2 测区的处理应符合下列规定:

1 测区钢材表面应进行打磨处理,打磨可用钢锉或角磨机等设备去除各种涂层,并应用粗、细砂纸打磨至表面粗糙度的平均值不大于 $1.6\mu\text{m}$ 。

2 每个测区打磨的区域不应小于 $30\text{mm}\times 60\text{mm}$ 。

3 测区表面粗糙度的测试应符合下列规定。

- 1) 表面粗糙度应用粗糙度测量仪量测;
- 2) 测量不应少于 5 次,每次读数应精确至 $0.01\mu\text{m}$ 。

4.2.3 里氏硬度的检测操作应符合下列规定:

1 在每个测区测试前,应在该仪器所带标准块上对里氏硬度计进行校准,校准时相邻两点读数差应小于 12HL。

2 对于测区的硬度测试,应按所用仪器使用说明书的要求进行,并按下列规定操作:

- 1) 向下推动加载套或用其他方式锁住冲击体;
- 2) 测试时,冲击装置支撑环应紧压在测区的测点上,冲击方向应与测试面垂直;
- 3) 平稳地按动冲击装置释放钮;
- 4) 读取硬度示值。

4.2.4 测区内测点的布置应符合下列规定:

- 1 每一测区应布置 7 个测点。
- 2 测点应在测区范围内均匀分布。
- 3 测点之间的距离应大于 4mm。
- 4 测点与试样边缘的距离不应小于 5mm。

4.2.5 测点的测试应符合下列规定:

- 1 同一测点只应测试 1 次。
- 2 每一测点的里氏硬度值应精确至 1HL。

4.3 硬度计算

4.3.1 测区的 7 个里氏硬度测试值应先剔除 2 个最大值和 2 个最小值, 余下 3 个硬度值相互之差不应超过 20HL。当不满足时, 应增加该测区测点数量。

4.3.2 满足本规程第 4.3.1 条的测区, 应按下式计算测区里氏硬度测试平均值:

$$HL_m = \frac{\sum_{i=1}^3 HL_i}{3} \quad (4.3.2)$$

式中: HL_m ——测区里氏硬度的测试平均值, 精确到 1HL;

HL_i ——测区余下 3 个测试值中第 i 个测点的里氏硬度值。

4.3.3 当测区的里氏硬度测试数据无须进行角度及钢板厚度的修正时, 可将测区里氏硬度测试值的平均值作为换算钢材抗拉强度的代表值。

4.3.4 非垂直方向检测钢结构构件表面时, 应按下式对测区里氏硬度平均值进行弹击角度和弹击方向修正:

$$HL_{dm} = HL_m + HL_a \quad (4.3.4)$$

式中: HL_{dm} ——修正后的垂直方向里氏硬度平均值;

HL_m ——非垂直向下检测时测区里氏硬度的平均值;

HL_a ——非垂直向下检测时测区里氏硬度的修正值, 可按本规程附录 C 采用。

4.3.5 当测区钢材的厚度小于 12mm 时, 应按下式对测区里氏硬度平均值进行修正:

$$HL_{dm} = HL_m + HL_t \quad (4.3.5)$$

式中: HL_t ——检测不同的钢材厚度时里氏硬度修正值, 可按本规程附录 D 采用。

5 钢材抗拉强度范围的推定

5.0.1 钢结构用型钢抗拉强度范围推定值, 可按本规程第 4 章所求得的里氏硬度平均值, 按本规程附录 B 查表得出。

5.0.2 当有专用测强曲线时, 钢材抗拉强度推定值应按专用测强曲线推定得出。

6 检测报告

- 6.0.1 检测报告应包括下列内容：
- 1 工程名称及概况。
 - 2 委托单位。
 - 3 检测单位及检测人员。
 - 4 检测依据。
 - 5 所用检测仪器的型号、检定有效期等。
 - 6 检测日期及时间。
 - 7 钢材牌号、种类、生产厂家。
 - 8 所检构件的特点（是否经过热处理）。
 - 9 检测部位（图）。
 - 10 所检测钢材厚度。
 - 11 冲击方向。
 - 12 检测结果。
 - 13 试验中是否存在异常情况
- 6.0.2 若对检测结构有怀疑或者需进一步推定钢材牌号，可结合现场取样进行化学成分分析确定。
- 6.0.3 其他需要说明的事项，对于无法用文字表达清楚的内容，可附简图。里氏硬度计现场检测钢材抗拉强度范围记录表宜参考本规程附录 A。

附录 A 里氏硬度计法检测钢材强度范围记录表

表 A 里氏硬度计法检测钢材强度范围记录表

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、编号及检定有效期								
构件名称及编号								
构件外观描述								
钢材厚度（mm）								
构件测区位置示意图					测试方向示意图			
测区	里氏硬度值 HL_i							
	1	2	3	4	5	6	7	HL_m
	1							
	2							
	3							
备注								

测试：

记录：

第 页，共 页

附录 B 钢材里氏硬度与抗拉强度范围换算表

表 B 钢材里氏硬度与抗拉强度范围换算表

里氏硬度 (HL)	抗拉强度最 小值 $\sigma_{b, \min}$ (N/mm ²)	抗拉强度最 大值 $\sigma_{b, \max}$ (N/mm ²)	里氏硬度 (HL)	抗拉强度最 小值 $\sigma_{b, \min}$ (N/mm ²)	抗拉强度最 大值 $\sigma_{b, \max}$ (N/mm ²)
255	306	456	324	328	478
260	306	456	326	329	479
265	307	457	328	331	481
270	307	457	330	332	482
275	308	458	332	334	484
280	309	459	334	335	485
285	310	460	336	337	487
290	311	461	338	338	488
295	313	463	340	340	490
300	315	465	342	342	492
302	316	466	344	343	493
304	317	467	346	345	495
306	318	468	348	347	497
308	319	469	350	349	499
310	320	470	352	350	500
312	321	471	354	352	502
314	322	472	356	354	504
316	323	473	358	356	506
318	324	474	360	358	508
320	326	476	362	360	510
322	327	477	364	362	512

续表B

里氏硬度 (HL)	抗拉强度最 小值 $\sigma_{b, \min}$ (N/mm ²)	抗拉强度最 大值 $\sigma_{b, \max}$ (N/mm ²)	里氏硬度 (HL)	抗拉强度最 小值 $\sigma_{b, \min}$ (N/mm ²)	抗拉强度最 大值 $\sigma_{b, \max}$ (N/mm ²)
366	365	515	414	428	578
368	367	517	416	431	581
370	369	519	418	434	584
372	371	521	420	437	587
374	374	524	422	441	591
376	376	526	424	444	594
378	378	528	426	447	597
380	381	531	428	451	601
382	383	533	430	454	604
384	386	536	432	458	608
386	388	538	434	461	611
388	391	541	436	465	615
390	393	543	438	468	618
392	396	546	440	472	622
394	399	549	442	475	625
396	401	551	444	479	629
398	404	554	446	483	633
400	407	557	448	487	637
402	410	560	450	491	641
404	413	563	452	494	644
406	416	566	454	498	648
408	419	569	456	502	652
410	422	572	458	506	656
412	425	575	460	510	660

续表B

里氏硬度 (HL)	抗拉强度最 小值 $\sigma_{b, \min}$ (N/mm ²)	抗拉强度最 大值 $\sigma_{b, \max}$ (N/mm ²)	里氏硬度 (HL)	抗拉强度最 小值 $\sigma_{b, \min}$ (N/mm ²)	抗拉强度最 大值 $\sigma_{b, \max}$ (N/mm ²)
462	514	664	476	544	694
464	518	668	478	548	698
466	523	673	480	553	703
468	527	677	482	557	707
470	531	681	484	562	712
472	535	685	486	566	716
474	539	689	488	570	720
486	566	716	488	570	720

附录 C 非垂直向下状态检测时里氏硬度的修正值

表 C 非垂直向下状态检测时里氏硬度的修正值

里氏硬度 (HL)	硬度修正值 (HL)			
				
200	-7	-14	-23	-33
250	-6	-13	-22	-31
300	-6	-12	-20	-29
350	-6	-12	-19	-27
400	-5	-11	-18	-25
450	-5	-10	-17	-24
500	-5	-10	-16	-22
550	-4	-9	-15	-20
600	-4	-8	-14	-19
650	-4	-8	-13	-18
700	-3	-7	-12	-17
750	-3	-6	-11	-16
800	-3	-6	-10	-15
850	-2	-5	-9	-14
900				

附录 D 钢材厚度对里氏硬度测试值的修正值

表 D 钢材厚度对里氏硬度测试值的修正值

板厚 (mm)	硬度修正值 (HL)
6	+30
7	+22
8	+18
10	+10
12	0

注：当钢材厚度介于表中数据之间时，可采用线性差值方法确定硬度修正值。

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”；
- 4) 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的，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《金属材料 里氏硬度试验 第1部分：试验方法》
GB/T 17394.1
- 2 《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
- 3 《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
- 4 《金属材料 里氏硬度试验 第4部分：硬度值换算表》
GB/T 17394.4
- 5 《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222
- 6 《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》
GB/T 2975
- 7 《碳素结构钢》GB/T 700
- 8 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 9 《黑色金属硬度及强度换算值》GB/T 1172
- 10 《里氏硬度计检定规程》JJG 747
- 11 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344
- 12 《金属材料 硬度值的换算》GB/T 33362

江苏省地方标准

里氏硬度计法建筑结构钢抗拉 强度现场检测技术规程

DB32/T 4116—2021

条 文 说 明

修订说明

本规程是在《里氏硬度计现场检测建筑钢结构钢材抗拉强度技术规程》DGJ32/TJ 116—2011 的基础上修订而成,上一版的主编单位是江苏省建筑科学研究院有限公司、江苏省建筑工程质量检测中心有限公司,参编单位是江苏沪宁钢机股份有限公司、南通新华钢结构工程有限公司,主要起草人员是杨晓虹、方平、孙正华、李天艳、顾颖、陈明珠、汤东婴等。

本规程修订过程中,编制组进行了广泛而深入的调查研究,总结了我国里氏硬度计现场检测钢结构钢材抗拉强度的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准,通过对不同牌号、批号、厚度的钢材进行里氏硬度检测和钢材拉伸试验,验证了钢材里氏硬度值和抗拉强度之间的换算关系。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定,《里氏硬度计法建筑结构钢抗拉强度现场检测技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目次

1 总则	23
3 检测设备	25
3.1 技术要求	25
3.2 检定	26
3.3 保养	28
4 检测技术	29
4.1 一般规定	29
4.2 里氏硬度值测量	30
4.3 硬度计算	32
5 钢材抗拉强度范围的推定	34

1 总 则

1.0.1 以往的研究表明：金属硬度与强度之间存在着相关的关系。里氏硬度计法是一种通过动态硬度测试推断钢材抗拉强度的无损检测技术，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，其计算公式如下：

$$HL = 1000 \times (v_R/v_A) \quad (1)$$

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）。

1.0.2 我国既有的大部分建筑结构用钢材主要是《碳素结构钢》GB/T 700 中的 Q235 钢和原《低合金高强度结构钢》GB/T 1591—2008 中的 Q345 钢。但为了与欧盟标准的 S355 钢材牌号对应，新版《低合金高强度结构钢》GB/T 1591—2018 规定，自 2019 年 2 月 1 日起，取消 Q345 钢材牌号，新增 Q355 钢材牌号。同时，近年来 Q390、Q460 钢材在建筑结构中的应用日益广泛，故本规程修订过程中针对里氏硬度计法在 Q355、Q390、Q420、Q460 钢材的适用性进行了试验研究和数据分析。研究表明，里氏硬度计现场检测建筑钢结构钢材抗拉强度方法可以适用于 Q355、Q390、Q420、Q460 钢材。此次修订，编制组增加 Q390、Q420 和 Q460 钢材进行了试验研究。按照《低合金高强度结构钢》GB/T 1591，Q390 钢的抗拉强度是 490MPa～650MPa，Q460 钢的抗拉强度是 550MPa～720MPa，经试验，测试结果和本规程建议方法吻合良好，故改为不高于 Q460 级。

在正常情况下，钢材强度的检验与评定应按《碳素结构钢》

GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《金属材料拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1、《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 执行。

钢结构中钢材强度宜优先采用现场截取钢材试样的方法进行检测。钢材强度试验取样位置及试样制备应按《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975 的规定执行。不允许因为有了本规程而不按上述标准抽样检测。

但是，当对钢结构构件实际强度范围有检测要求时，且对于现场取样困难的结构，可考虑采用里氏硬度计法推定钢材强度大致范围。

由于里氏硬度计法是通过里氏硬度计检测钢材表面硬度从而推断钢材抗拉强度大致范围的一种方法，因此不适用于表层与内部质量有明显差异或内部存在缺陷的钢结构构件的检测。当钢结构表面经过热处理、遭受了化学物质侵蚀或内部有缺陷时，就不能直接采用里氏硬度计法检测。

根据本规程编制组及国内相关的初步试验研究，对于混凝土中钢筋，目前的试验研究尚未有明确的相关性，螺栓、锚栓等各种连接件不属于结构钢材的范畴，故本规程不适用于混凝土中钢筋、螺栓、锚栓的强度检测。

1.0.3 凡本规程涉及的其他有关方面，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 里氏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。数显式的里氏硬度计，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测。

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 型适用于测量细长窄槽或孔；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及表面较粗糙的铸锻件；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。

3.1.5 原冲击装置的技术要求主要参考《里氏硬度计检定规程》JJG 747，计量检定规程较旧，指标偏低。本规程冲击装置的技术要求依据《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 进行了更新。

本条中的各项要求按照《里氏硬度计检定规程》JJG 747 和《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 的规定从严确定。

3.1.8 本条根据《金属材料 里氏硬度试验 第1部分：试验

方法》GB/T 17394.1 增加了对支承环的技术要求。

3.1.9 被试材料和硬度计两者的温度相差太大可能会影响到试验结果,因此宜保证两者的温差不会对硬度试验结果产生不利影响。

试件的试验位置出现的磁场或电磁场会影响里氏硬度试验结果,故应避免试验位置出现磁场或电磁场。强电磁干扰的场合如高频炉等周围,会造成仪器工作异常。

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相关标准生产及检定,因此,新仪器在使用前必须检定。里氏硬度计检定有效期应参照《里氏硬度计检定规程》JJG 747 确定,检定周期一般不超过1年。

间接检验检查内容为硬度计的重复性和误差,可独立地用于使用中的硬度计的定期常规检验。间接检验应符合《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 的规定,按下列要求进行:

(1) 间接检验应在 $10^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内进行,若在此温度范围以外进行检验,则应在检验报告中注明。

(2) 将标准里氏硬度块稳固地放置在选好的水平支承面上。应使硬度计(或冲击装置)垂直置于标准里氏硬度块的试验面上,均匀分布测量5点,并计算5点硬度的算术平均值。两相邻压痕中心距离不得小于3mm,压痕中心至标准里氏硬度块边缘的距离不得小于5mm。

(3) 将每一标准里氏硬度块上测定的5点的硬度值 H_1 、 H_2 、 H_3 、 H_4 、 H_5 按照从小到大递增的次序排列,在规定的检

验条件下,硬度计的示值重复性 r 应按下式计算,硬度计的示值重复性 r 不应大于12HL:

$$r = H_5 - H_1 \quad (1)$$

(4) 在规定的检验条件下,硬度计的示值误差 E 应按下式计算,硬度计的示值误差 E 不应大于 $\pm 12\text{HL}$:

$$E = \overline{H_i} - H_e \quad (2)$$

式中: $\overline{H_i}$ ——5点硬度的算术平均值;

H_e ——标准里氏硬度块标定的硬度值。

(5) 5点硬度的算术平均值 $\overline{H_i}$ 应按下式计算:

$$\overline{H_i} = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5}{5} \quad (3)$$

式中: H_1 、 H_2 、 H_3 、 H_4 、 H_5 ——5点中各点的硬度值。

3.2.2 本条明确指出,检定里氏硬度计的单位应由当地市场监督管理部门授权,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 的相关内容进行。

球头直径、硬度、表面粗糙度和表面状态的检测可按照《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 第4.2.2~4.2.5条的相关方法进行,检测结果应满足本规程第3.1.5条的要求。冲击体质量和顶端球面半径的检测方法可按照《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 第4.3.2、4.3.3条的方法进行,检测结果应满足本规程第3.1.5条的要求。显示装置的检测可按照《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 第4.4.2条的方法进行,检测结果应满足本规程第3.1.6条的要求。

开展检定工作所需计量器应具有精密天平(最小分度值为0.001g)、立式光学仪(示值最大允许误差为 $\pm 0.25\mu\text{m}$)、投影仪(100倍以上)、工具显微镜(50倍)、干涉显微测量仪(不确

定度为5%~22%, $k=3$)、维氏硬度计(HV1,示值最大允许误差为±8%,试验力为9.807N,最大允许误差为1.0%)。

3.2.3 标准里氏块的硬度和表面状态会随着弹击次数的增加而变化,故规定标准里氏块宜每两年标定一次,标准里氏块的标定应符合《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的相关要求。

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,会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,一定要释放冲击弹簧(即不能在加载状态),以免冲击弹簧因疲劳而损坏。

3.3.4 本条说明如下:

1 根据硬度计与试件的不同,在测量3000次~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。

2 当用标准洛氏硬度块进行检定,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 本条列举的第1~3款资料,是为了对被检测的构件有全面、系统的了解。

4.1.2 使用者应在每天使用硬度计之前,对所使用的硬度计进行检查。检查时应在标准硬度块上至少打出3个压痕。如果测量的3个压痕硬度值的算术平均值与标准硬度块标准值之差在±12HL之内,则该硬度计检查合格。如果误差超出规定的允许值,应立即对其进行间接检验;间接检验不合格时应送检定单位检定。所测数据应当保存一段时间,以便监测硬度计的复现性和稳定性。

4.1.3 由于里氏硬度计法检测具有快速、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强度的范围,故作此规定。

此外,抽样应遵守《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344的相关抽样规定进行随机抽样,也可以由委托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 选取3个不同部位进行检测是为了防止钢材材质不均匀。同一构件的不同部件(如工字钢的翼缘和腹板)厚度不同,材质可能不均匀。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或构件钢材强度范围时参考。

4.2 里氏硬度值测量

4.2.1 本条说明如下:

- 1 当测区里氏硬度计垂直向下检测时, 无须进行修正。
- 2 当测区钢材厚度小于 6mm 和曲面构件测区的曲率半径小于 30mm 时, 检测数据有较大偏差。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。
- 3 钢材焊缝附近的抗拉强度会受到热影响区的影响, 故规定测区距焊缝距离不应小于 30mm。

4 测试时测区钢材会产生颤振。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。

4.2.2 一般钢结构中钢材表面有防腐、防锈涂层, 里氏硬度计法检测时, 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。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, 会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, 造成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。

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 本条规定了测点的测试方法。检测时, 应注意冲击方向

要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。

4.2.4、4.2.5 原《金属里氏硬度试验方法》GB/T 17394—1998 规定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 $\pm 15\text{HL}$, 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 $\pm 15\text{HL}$ 。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 $\pm 15\text{HL}$, 这样不必立即在现场计算和补点, 故原《里氏硬度计现场检测建筑钢结构钢材抗拉强度技术规程》DGJ32/TJ 116—2011 (以下简称“原规程”) 根据试验的经验规定每一测区测试 9 个点。新版《金属材料 里氏硬度试验 第 1 部分: 试验方法》GB/T 17394.1—2014 对里氏硬度的测量方法进行了修改。该标准第 7.8 节规定: 测定里氏硬度, 试验应至少进行三次, 并计算其算术平均值。如果硬度值相互之差超过 20HL , 应增加试验次数, 并计算算术平均值。为研究测点数量对硬度测试值的影响, 本规程编制组分别采用下列 6 种不同测点选择方法计算测区最终所选测点数据满足《金属材料 里氏硬度试验 第 1 部分: 试验方法》GB/T 17394.1—2014 第 7.8 节的情况:

方法 1: 原规程方法 (现场测试 9 个点, 取中间 5 点)。

方法 2: 每个测区前 3 个测点数据。

方法 3: 每个测区前 5 个测点数据, 去掉最大值和最小值后剩余 3 个测点数据。

方法 4: 每个测区前 7 个测点数据, 去掉 2 个最大值和 2 个最小值后剩余 3 个测点数据。

方法 5: 每个测区前 9 个测点数据, 去掉 3 个最大值和 3 个最小值后剩余 3 个测点数据。

方法 6: 每个测区前 9 个测点数据, 去掉 2 个最大值和 2 个最小值后剩余 5 个测点数据。

分析数据来自本规程编制组的试验。共选择了 60 个构件、180 个测区数据（每个构件 3 个测区）。试验结果见表 1。

表 1 不同测点选择方法下测区里氏硬度数据分散满足《金属材料 里氏硬度试验 第 1 部分：试验方法》GB/T 17394.1—2014 情况

方法	方法 1 (原规程方法)	方法 2 (3 选 3)	方法 3 (5 选 3)	方法 4 (7 选 3)	方法 5 (9 选 3)	方法 6 (9 选 5)
成功率	99.4%	85.6%	98.3%	99.4%	100%	98.9%

从方法 2~方法 5 的数据可以看出，在最终同样选择 3 个测点的情况下，供选择的测点数越多，去掉一定数量最大值和最小值后得到的数据分散度越小。从方法 5、方法 6 的数据可以看出，在供选择测点数均为 9 个时，最终选择的测点数量为 3 个，数据的分散度最小。

根据上述试验结果，本规程编制组推荐使用方法 4（每个测区取 7 个测点数据，去掉 2 个最大值和 2 个最小值，计算剩余 3 个测点算术平均值作为该测区里氏硬度值）作为使用里氏硬度计现场检测时测区测点数选择方法。该方法既减少了现场检测工作量，又与《金属材料 里氏硬度试验 第 1 部分：试验方法》GB/T 17394.1—2014 保持一致且与原规程方法成功率相当。

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，因此这种做法不允许存在。

4.3 硬度计算

4.3.2 本条规定了里氏硬度代表值，经过修正的里氏硬度平均值也称为代表值，代表值可用于换算强度。

4.3.3 同时存在弹击角度和钢材厚度修正问题时，应先进行弹击角度的修正。

4.3.4 由于现场检测条件的限制，有时不能满足垂直方向检测钢结构构件表面的要求，故需按照规定进行修正。

4.3.5 根据本规程编制组的试验研究，不同钢板的厚度对里氏硬度测试值有影响，随着钢材厚度的增加，所测出的里氏硬度值相应增加。这是因为对于较薄的试件在冲击过程中会产生颤动，从而使冲头回弹速度偏低，导致所测里氏硬度测试值偏低。本规程附录 D 的修正值是根据编制组的试验得出的，该修正值有待工程实践的进一步检验，随着数据的进一步积累，该修正值可能会有所调整。

5 钢材抗拉强度范围的推定

5.0.1 钢材测强曲线可以采用下列三类：

(1) 统一测强曲线：由全国生产规模较大、轧制工艺好的钢铁企业生产的建筑用型钢，通过试验所建立的曲线。

(2) 地区测强曲线：由本地区常用的钢材，通过试验所建立的曲线。

(3) 专用测强曲线：由与钢结构或构件相同的型钢，通过试验所建立的曲线。

对有条件的地区和部门，应制订本地区的测强曲线或专用测强曲线，经上级主管部门组织审定和批准后实施。各检测单位应按专用测强曲线、地区测强曲线、统一测强曲线的次序选用测强曲线。

地区测强曲线应与制定该测强曲线条件相同的钢结构用型钢相适应，不得超出该测强曲线的适用范围。应经常抽取一定数量的建筑钢结构用型钢试件进行校核，当发现有显著差异时，应及时查找原因，且不得继续使用。

本规程附录 B 中里氏硬度与钢材抗拉强度之间的关系是编制组根据工程中应用的共 815 组试样的里氏硬度值和抗拉强度试验值的数据进行统计分析得到的。本次修订时，编制组对原规程数据的适用性进行了进一步研究，新增了 616 组数据，其中包括 Q235、Q345、Q355、Q390、Q460 钢。试验数据分析表明，原规程附录 B 中里氏硬度与钢材抗拉强度之间的关系适用性良好，能够满足工程需要。随着试验数据的积累，本规程提供的附录 B 可进行修正。