

《建筑结构金属材料强度仪器化压痕法检测技术规程》

编制说明

一、 编制任务的来源

建筑结构进行工程质量检测鉴定时，确定钢型材、铝合金型材、不锈钢型材、钢筋和钢绞线等部件中的金属材料力学性能是工程质量准确评价的重要前提。传统的金属材料力学性能检测方法是从构件上截取试样并制成标准试件进行拉伸试验，但是截取试样会对结构构件产生损伤，另外有些结构构件也不允许进行试样截取，造成无法完成金属材料力学性能检测。

采用无损检测方法现场测定金属材料力学性能具有重要的工程价值。现有钢材力学性能现场无损检测方法有：化学成分法和里氏硬度法。这些方法采用经验公式由现场测试得到的钢材化学成分或里氏硬度值推测钢材的抗拉强度。但是化学成分和制造工艺（铸造、锻造、轧制、热处理）均会对钢铁材料强度产生影响，仅以化学成分来推算钢材强度会出现较大的偏差。尽管里氏硬度计使用方法简单，但在实际工程应用中经常还会出现一些问题，例如里氏硬度计的检测误差较大、只能确定抗拉强度的范围等，同时工程现场影响里氏硬度计测定结果的因素也很多，例如工件厚度和质量、工件打磨状态、现场环境条件等，上述种种因素增加了里氏硬度计在工程现场金属材料力学性能准确检测的难度。

压痕法由于具有易操作性、非破坏性以及适用于局部薄弱区域等

特点，并且能够定量表征结构金属材料服役状态下的力学性能，因此受到越来越广泛的关注。随着研究的深入，适用于工程现场金属材料力学性能无损检测的仪器化压痕法应运而生。仪器化压痕法通过对金属材料表面多次施压，采用设备内置微型传感器测得压入过程的载荷和压痕深度的信息，经由力学理论模型求得金属材料的应力-应变曲线，再通过软件进行计算，就能在不破坏结构金属材料的前提下测定金属材料的抗拉强度、屈服强度、弹性模量、残余应力、断裂韧性等力学性能指标，从而实现结构金属材料力学性能的无损测试。由于仪器化压痕法在检测中只产生微小（深度为 0.15mm）的压痕印迹，属于一种微损或者无损检测方法，加上仪器化压痕法现场检测设备小巧轻便，因此非常适用于在现场对结构金属材料及产品在生产过程中的快速检测、在线检测、在役设备和结构的安全评价、事故现场评价、设备和结构寿命及重启评估等等，可广泛应用于建筑结构等土建行业现场检测。

根据中国钢结构协会“中钢构协[2022]第 45 号”文《关于发布中国钢结构协会 2022 年第三批团体标准编制计划的通知》，《建筑结构金属材料力学性能仪器化压痕法检测技术规程》（以下简称“检测标准”）作为协会标准在中国钢结构协会得到立项，由南京工业大学、南京工大建设工程有限公司作为主编单位，中国钢结构协会作为组织单位，会同有关单位共同起草编制《建筑结构金属材料强度仪器化压痕法检测技术规程》。计划编制周期为 2023 年至 2025 年。

参加本标准的编制单位共计 11 家，参编人共计 38 位。其中包括：

南京工业大学、南京工大建设工程有限公司、南京贺普科技有限公司、上海交通大学、北京春秋阳光科技有限公司、南京市房屋安全服务中心、南京安厦房屋安全鉴定检测事务所有限公司、南通市土木建筑学会、昆山市建设工程质量检测中心有限公司、南京江北新区建设和交通工程质量安全监督站、南京钢铁集团有限公司。

编制人员：彭洋、万里、杨伟、戴洪飞、余征跃、曹旷、许学龙、李进、陈建明、顾盛、于祥、朱萍、杨放、吕德鹏、田收、吴灿伟、谭赛、王炜伦、余日华、孙文、曹沁智、杨慰之、张雷、沈鹤鸣、周桂林、许晓峰、徐燕桥、秦国秀、姚海彬、郭太勇、唐鹏、孙彦平、胡桂宝、熊朝亮、赵睿、李华、冒鹏飞、施悦。

二、 编制过程中所做的主要工作

（一）根据中国钢结构协会“中钢构协[2022]第 45 号”文，列入中国钢结构协会 2022 年第三批团体标准《建筑结构金属材料强度仪器化压痕法检测技术规程》编制工作要求。于 2023 年 11 月 3 日，在南京市召开了标准编制第一次工作会议，会议由主编单位南京工业大学土木工程学院副院长杨会峰教授主持，介绍了《建筑结构金属材料强度仪器化压痕法检测技术规程》的任务来源和立项过程。与会各位专家简要介绍了各自单位情况。主编彭洋副教授向编制组专家介绍了规程总体内容的章节安排及明确了各章节内容的编写原则及任务分工。耿树江秘书长传达了协会精神，宣讲了协会团体标准编制的流程，明确提出了标准编制要抓紧落实，争取 2025 年 9 月形成送审稿，2025 年底报批。专家们对草拟的《建筑结构金属材料强度仪器化压痕法检测技术规程》大纲进行了

详细的讨论，并对规程各章节的顺序做了相应增减与调整。同时明确了各个目录下具体内容编写的人员和召集人。会议还明确了规程编制的基本要求和时间节点。会议在杨会峰教授的组织下，对规程的编写大纲进行了热烈的讨论，与会专家各抒己见，提出了不少新的思路和建议。规程明确了适用对象，规程参照工程建设标准格式编写。此次参加会议的编制单位有 11 个，参加人员为 38 位，会议组织为主编单位南京工业大学土木工程学院和南京工大建设工程技术有限公司。会议期间交流了技术成果，为规程编制奠定了基础，会后专家们开始自己的编写工作。

（二）根据《建筑结构金属材料强度仪器化压痕法检测技术规程》编写进程的需要，于 2023 年 5 月 25 日在南京进行了第二次编制工作会议。会议由主编单位南京工大建设工程技术有限公司曹旷高工主持，有关章节编写负责人，具体介绍本章节编写内容，专家们逐章逐节地对内容进行了详细、深入的讨论。并提出增补缺少内容，形成初步讨论稿。

（三）此后一直持续不断地通过网络通信群，进行本标准的编制工作交流与讨论。各章节召集人根据第一、二次会议的专家意见，修改《建筑结构金属材料强度仪器化压痕法检测技术规程》内容，进行了充分沟通。专家们对全篇各个章节逐条、逐句进行了充分的讨论。经沟通协调，基本达成一致意见。需要增补、调整的内容线下由各章节召集人负责整理，增补。最终修改后形成汇总本。于 2025 年 9 月初返回编制组，统一进行汇总完成，形成初步上网征求意见稿。

（四）在编制过程中，编制人员还针对规程所涉及到的材料、技术、工艺、仪器、方法等进行了大量的科学研究、实践、调查走访、工程现

场考察，涵盖各种类型工程案例的大量实地参观、考察、调研、实测和实验室对比，掌握了大量的仪器化压痕法的工程现场检测实例，包括各种类型的钢结构和钢筋混凝土结构，给规程的制定提供了广泛详实的工程实践依据。

三、 标准中重点内容确定的依据及其成熟程度

本规程的主要内容为采用仪器化压痕法现场检测金属材料的强度，包括钢材、铝合金、不锈钢和热轧钢筋，规程中对测试范围、方法的基本原理、设备要求及构成，现场测试方法、强度推定方法和测试报告等内容做出了详尽的规定和说明。共计 6 章主要内容如下：

1、总则

本规程规范仪器化压痕法现场金属材料强度检测的范围、设备和方法。

2、术语和符号

主要为仪器化压痕法涉及的相关理论和技术方法的术语和符号。

3、检测设备与测试原理

首先介绍了检测设备的基本构成，试验机的技术指标，试验机标定方法和依据，环境温度等。

依据《金属材料 仪器化压入法测定压痕拉伸性能和残余应力》GB/T 39635 介绍了测试的原理，附录 A 中给出了强度计算方法，主要参考电力行业标准《电站金属材料力学性能仪器化压痕法检测技术规程》DL/T 2220。

4、检测方法

首先，介绍了检测的一般规定，包括根据检测对象的不同，划分了不同的检测方法，确定了检测批的构成，介绍了数据异常的处理办法等。

其次，型材检测为单独一类，包括钢材、铝合金型材和不锈钢型材，介绍了测点布置和要求、被测表面的处理方法和要求、压痕测点具体测试流程和参数取值，特殊情况下的取样检测，包括取样位置和方法、试样加工办法和要求、试验台的要求。

再次，构件中的热轧钢筋为单独一类，介绍了测点布置和要求、被测表面的处理方法和要求、压痕测点具体测试流程和参数取值，特殊情况下的取样检测，包括取样位置和方法、试样加工办法和要求、试验台的要求。附录 B 给出了钢筋芯部强度的检测方法，包括介绍了测点布置和要求，试验数据处理的样例和数据分析方法，可供鉴定“穿水钢筋”时参考。

最后，介绍了型材和构件中钢筋检测采用的工装构成及其要求。

5、数据处理与强度推定

明确给出了强度数据异常值的剔除办法、强度推定方法。

6、记录和报告

详细说明了试验记录应给出试验的详细信息，附录 C 给出了记录表模板。

条文说明，对相关内容的理论背景和实践基础做了补充和诠释。

四、与国外相关标准水平的对比

在编制过程中，编制组既通过考察、调研现有的工程实例，又参

考、对比了目前国际、国内先进的相关标准。

本标准的明显特点是：

1、国内外标准定位于仪器化压痕法理论，本标准针对在建与既有金属结构中的型材和钢筋混凝土结构中的钢筋强度现场检测，提出了可行且经过工程实践检验的检测方法。

2、国内外标准定位于金属材料，本规程将仪器化压痕法的检测范围拓展到热轧钢筋。

3、本规程系统性介绍了适用于土建领域结构的仪器化压痕法检测工装，特别是首次详细介绍钢筋混凝土构件检测工装。

4、国内外标准缺乏强度数据分析和推定的相关内容，本规程基于科研成果，详细制定了适用于仪器化压痕法的强度数据分析和推定方法。

五、标准实施后的经济效益和社会效益以及对标准的初步总评价

对于相同材料，用仪器化压痕法测试的拉伸性能与使用传统万能拉伸试验机测试的结果相比较，抗拉强度偏差基本在 $\pm 5\%$ 以内，屈服强度偏差基本在 $\pm 10\%$ 以内，对结构构件无损伤、现场环境要求低、劳动强度小，设备轻便易携，适用于各种类型钢结构和钢筋混凝土结构钢筋强度的现场无损检测。国内近年来在这方面的理论研究越来越多，都已进入到工程应用阶段。水利部水工金属结构质量检测中心、中国特种设备检测研究院、国家能源总局国电锅炉压力容器检测中心、大唐锅炉压力容器检测中心有限公司、上海交通大学、上海海

关工业品与原材料检测技术中心等引进了韩国 Frontics 公司的 AIS 仪器化压痕试验机，通过对国内大量工程中的实际应用，进行了与传统试验方法的比对性验证工作，得出此方法在金属材料力学性能和残余应力测试方面的有效性。当前，国内钢铁、特种设备检验、电力、船舶、高铁等企业及研究所均采用仪器化压痕法设备用于服役设备检验和安全性评定。仪器化压痕法可用于金属材料强度现场快速无损检测，能够快速获取金属材料的弹性模量、屈服强度和抗拉强度，具有环境要求低、精度高、成本低的优势。对于一些无法取样的工程检测项目，具有重大的应用潜力，在工程现场无需复杂的准备即可得到准确的金属材料和钢筋的强度。

本规程为土建领域首部仪器化压痕法现场强度检测规程，详细介绍了现场强度检测的原理、设备和方法，经过团队大量的实验室和工程现场检测项目的基础研究，充分表明了仪器化压痕法的优势。本标准属于专用技术类标准。本标准的编制与实施，将会弥补我国现场金属材料和钢筋强度的缺失，广泛应用于金属结构和钢筋混凝土结构的强度检测中，技术先进性、经济合理性将达到国际领先水平。通过强度检测，为结构鉴定和评估提供了坚实的数据基础，更为准确的评估金属结构和钢筋混凝土结构的结构性能，大大提高了经济效益和社会效益。

本规程编制同时以《工程建设规范编制工作指南》（建标函[2018]31 号）为编制指导，严格限定在强度检测领域涉及保障人的生命财产安全、生态环保安全、人身健康、工程质量安全、促使能源

资源节约利用、满足经济建设和社会发展的范围内，严格控制即要有所创新，又紧密结合当前技术发展趋势。本规程的编制，以技术专业为对象，其内容涵盖原理、设备、方法和强度推定等环节，为金属材料和钢筋强度现场检测提供最基本的执行标准，作为行业的指导文件。

六、 标准中尚存在主要问题和今后需要进行的主要工作

通过编制《建筑结构金属材料强度仪器化压痕法检测技术规程》，编制组走访调研了大量实际工程，获取了大量用户与市场的需求信息。今后还需要在下面几方面继续展开研究开发工作：

1. 金属结构残余应力的检测方法 with 评定标准；
2. 结构构件工作应力的检测方法 with 评定标准；
3. 过火后金属材料强度的检测方法 with 评定标准。

七、 标准审查申请

经编制人员两次编制工作会讨论和网上沟通，并邀请相关专家征询意见后，对专家们提出的意见又进行了反复的讨论研究。对相关内容进行了分析讨论后，整理汇总形成了送审稿。编制组认为已具备送审条件，现请对本标准送审稿进行审查。