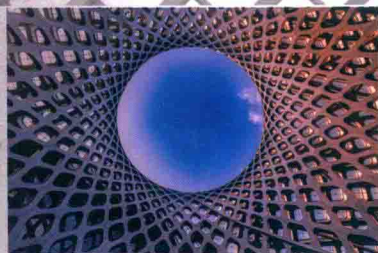


钢结构 检测鉴定指南



主 编 张心斌
副主编 罗永峰 耿树江

中国建筑工程工业出版社

钢结构检测鉴定指南

主 编 张心斌

副主编 罗永峰 耿树江

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构检测鉴定指南 / 张心斌主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018.9

ISBN 978-7-112-22459-3

I.①钢… II.①张… III.①钢结构—检测—鉴定—指南 IV.①TU391-62

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第161014号

本书为满足钢结构检测鉴定工程应用的需要而编写。全书共分 9 章, 系统地介绍了在建与既有钢结构检测、监测的内容、参数、检测方法、工作程序、检测报告要求以及既有钢结构的鉴定方法、鉴定等级评定方法与鉴定报告要求。本书可供钢结构检测鉴定专业人员使用, 也可供结构工程专业技术人员参考。

责任编辑: 武晓涛 王 跃

责任校对: 姜小莲

钢结构检测鉴定指南

主 编 张心斌

副主编 罗永峰 耿树江

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京点击世代文化传媒有限公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 $\frac{3}{4}$ 字数: 396 千字

2018 年 9 月第一版 2018 年 9 月第一次印刷

定价: 56.00 元 (含增值服务)

ISBN 978-7-112-22459-3

(32335)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本指南编写单位：中国钢结构协会钢结构质量安全检测鉴定专业委员会
国家工业建构筑物质量安全监督检验中心
同济大学
中冶建筑研究总院有限公司
太原理工大学
宝钢钢构有限公司
陕西省建筑科学研究院
青岛理工大学
清华大学
海南大学
北京工业大学
山东建筑大学
合肥工业大学
中国建筑股份有限公司技术中心
中建三局集团有限公司
河南日盛综合检测有限公司

本指南编委会:

主编 张心斌

副主编 罗永峰 耿树江

编委 (按姓氏笔画排序) 弓俊青 王 燕 韦永斌 叶智武
刘 新 刘春波 李永录 李晓东
李海旺 吴金志 完海鹰 张 伟
张文革 张宣关 陈 浩 幸坤涛
林 冰 罗立胜 周 勇 孟祥武
施 刚 贺明玄 袁贞义 席向东
韩腾飞 雷淑忠

各章执笔人:

第1章 绪论 罗永峰 张心斌 耿树江 李永录 席向东
林 冰

第2章 在建钢结构工程质量检测 刘春波 张宣关 袁贞义
贺明玄 周 勇 陈 浩
张 伟

第3章 既有钢结构工程检测 罗永峰 王 燕 张宣关
罗立胜 幸坤涛 张 伟
袁贞义 韩腾飞 安 琦

第4章 既有钢结构可靠性鉴定 席向东 罗永峰

第5章 既有钢结构抗震性能鉴定 李海旺 李永录 施 刚
雷淑忠 杜雷鸣

第6章 既有钢结构灾后检测鉴定 李晓东 施 刚 张文革

第7章 金属板围护系统检测鉴定 张文革 刘 新 席向东

李晓东 张 伟

第8章 钢结构桥梁鉴定评估 弓俊青 夏树威

第9章 钢结构工程监测 弓俊青 叶智武 吴金志 韦永斌

完海鹰 林 冰 林 中

总汇稿：罗永峰 耿树江

序

2017 年我国钢产量达到 8.32 亿吨，居世界首位，其中用于出口的只有 7524 万吨，说明国内仍是我国钢材的主要消费市场。钢产量的增长，为各类钢结构的应用发展创造了良好的物质条件。

近年来，我国钢构建（构）筑发展势头迅猛，众多大型、超高、复杂的建筑物或构筑物采用钢结构体系，大量超高层钢结构建筑、大型公共钢结构建筑、钢结构桥梁、钢结构工业建（构）筑物如雨后春笋般地矗立全国各地，这标志着我国钢结构领域的科研、设计、制作、安装等技术达到了世界先进水平，也标志着钢结构相关的设计、施工、验收标准规范已逐渐配套完善。

但是，随着钢结构在各个行业的普遍应用，钢结构工程的质量问题和工程事故仍然时有发生。据统计，到目前为止，发生质量安全事故的半数以上为在建钢结构工程，其余为既有钢结构工程，两者相差约 3%。已有钢结构事故的调查表明，施工过程中的结构质量问题和使用过程中的结构检测维护不到位，是导致事故的主要原因，因此，对在建钢结构工程进行检测，严格控制施工质量是十分必要的；同时，对于既有钢结构工程，由于使用环境、使用方式、不及时维护等因素，钢结构构件及节点可能产生不同形式的损伤，直接影响结构的安全使用。因此，对既有钢结构进行及时、适时的检测鉴定也是十分必要且必需的。

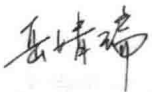
检测行业目前正成为我国发展前景最好、增长速度最快的服务业之一。如今全国土木工程检测机构有近 6000 家，其中施工和制作企业检测实验室约占 40%，监督检验机构占 30%，高等院校、科研机构和独立检测公司占 30%。由于技术门槛不高，众多检测机构的人员、技术和检测装备水平良莠不齐，特别是在钢结构检测领域，技术能力还有待提高。同时，当前钢结构检测标准尚不配套、完善，检测工作行为还有待进一步规范化。

钢结构的检测鉴定分为在建阶段的工程检测鉴定和使用阶段的既有工程检测鉴定。在建工程检测内容包括材料、构件、节点、连接、防护、整体结构等，大型工程还包括施工监测。检测和监测是保证在建工程质量安全的唯一重要手段，也是工程竣工验收的依据之一。当对工程质量有怀疑或争议时，还需在检测基础上对结构进行鉴定。既有钢结构工程检测主要是对结构现状进行检测，检测内容与在建工程基本相同，但更主要的是对整体结构的安全性、使用性和耐久性进行鉴定。

无论是在建钢结构工程还是既有钢结构工程的检测鉴定，都要求检测鉴定人员具有良好的业务素质、精湛的技术水平、丰富的工作经验和严谨负责的工作态度。针对当前

我国钢结构检测鉴定机构现状、社会需求和钢结构工程质量安全控制的需要，中国钢结构协会钢结构质量安全检测鉴定专业委员会和国家工业建构筑物质量安全监督检验中心组织国内检测鉴定行业知名专家编写了《钢结构检测鉴定指南》一书，书中对各类钢结构的检测鉴定内容、检测鉴定程序、检测设备要求、检测鉴定报告编写等方方面面都予以了翔实叙述，系统化分类汇总说明了有关钢结构检测、监测与鉴定的要求、方法与标准，为分类系列化、规范化钢结构检测、监测与鉴定工作提供了专用工具。本书体现了作者团队深厚的理论基础、丰富的实践经验和高超的专业技术水平。相信这本书对提高钢结构检测鉴定行业专业人员技术水平、规范化钢结构检测鉴定工作、提升我国钢结构工程的质量安全具有很好的推动作用。

中国工程院院士
中国钢结构协会会长



2018 年 5 月 20 日

前 言

近三十多年来,随着国民经济和基础设施建设的飞速发展,钢结构体系在我国基础建设中得到广泛引用,如航站楼、机库、高铁车站、体育场馆、会展馆、影剧院、超高层建筑、大跨度桥梁、干煤棚、输电塔、电视塔、大型观光设施等。很多地方建造了宏伟而富有特色的大型钢结构公共建筑或构筑物,已经成为城市或地方的象征性或标志性建筑物。现代钢结构建筑的跨度、体量或规模越来越大、形态越来越新异、体系越来越复杂,且采用了许多新材料和新技术,为钢结构设计计算理论、制作工艺、安装技术、施工控制技术的发展提供了机遇,同时也为钢结构检测技术、监测技术、鉴定理论方法的发展带来了机遇,将不断推动我国建筑技术的进步发展。

钢结构在我国广泛应用与快速发展的同时,也发生了一些工程事故,造成了生命财产损失与不利的社会影响。调查数据表明,到目前为止,钢结构工程事故中约有 53% 发生在施工过程中,其他工程事故发生在使用过程中。而发生钢结构工程事故的原因,主要是由于施工或使用不当造成的,有极少部分是由于设计不当造成的,因此,对施工过程中的钢结构及其临时支承结构系统进行实时监测、定期定点检测,是进行安全合理的施工过程控制、保证施工质量的必要手段与技术基础,同时,对正常使用过程中的钢结构进行实时的健康监测、定期定点检测与结构状态或性能评估,是保证既有钢结构安全使用的前提。

钢结构设计理论与施工技术的发展相对较早,目前的技术成果已有很多,相应的技术规范也较为成熟,而关于钢结构的检测、监测与鉴定技术的研究与发展相对较晚,相应的技术规范也较少,且尚不完善。另外,目前国内外关于结构检测鉴定的研究成果与技术标准,主要针对混凝土结构或砖混结构,相应的技术方法难以或不宜直接应用于钢结构,因此,全面、详细、具体的说明或解释钢结构检测、监测与鉴定的内容、要求、方法与评定标准,是规范化钢结构检测、监测与鉴定工作必需的技术手段之一,也是推进相应技术发展、标准修订与完善的技术基础,也是普及和提高钢结构检测、监测与鉴定人员技术水平的方法之一。同时,根据钢结构材料与体系特点,针对性地制定相应的检测、监测与鉴定方法,是非常必要且必须的。

本书编写委员会自 2016 年开始筹备并准备资料,2017 年初开始编写工作,经过一年多的努力工作,完成了书稿编写。

本书共分 9 章。第 1 章为绪论,介绍钢结构检测鉴定的目的、特点、范围及工作程序;第 2 章为在建钢结构工程质量检测,介绍在建钢结构检测的内容、参数、检测方法及检

测报告要求；第3章为既有钢结构工程检测，介绍既有钢结构检测的内容、参数、检测方法 & 检测报告要求；第4章为既有钢结构可靠性鉴定，介绍既有钢结构可靠性鉴定的内容、分析方法、鉴定评级以及可靠性鉴定报告要求；第5章为既有钢结构抗震性能鉴定，介绍既有钢结构抗震性能鉴定的内容、分析方法以及抗震性能鉴定报告要求；第6章为既有钢结构灾后检测鉴定，介绍既有钢结构灾后结构性能评定的内容、分析方法、等级评定以及灾后鉴定报告要求；第7章为金属板围护系统检测鉴定，介绍既有金属板围护系统检测鉴定基本要求、检测内容、检测方法、等级评定以及检测鉴定报告要求；第8章为钢结构桥梁鉴定评估，介绍钢结构桥梁检测评定依据，检测内容、评定方法；第9章为钢结构工程监测，介绍钢结构工程监测的内容、参数、检测方法、设备要求、数据处理预评估以及检测报告要求。

在本书编写过程中，中国钢结构协会、同济大学、中冶建筑研究总院有限公司、太原理工大学、宝钢钢构有限公司、陕西省建筑科学研究院、青岛理工大学、清华大学、海南大学、北京工业大学、山东建筑大学、合肥工业大学、中国建筑股份有限公司技术中心、中建三局集团有限公司、河南日盛综合检测有限公司等单位为本书的编写提供了很多帮助，在此表示感谢。

由于知识水平有限、时间紧迫，书中难免有失误和不妥之处，恳请读者提出宝贵意见和批评指正，来函联系电子邮件地址：gangjiegoujiance@163.com。

《钢结构检测鉴定指南》编委会

2018年4月16日

目 录

第 1 章 绪 论	001
1.1 钢结构检测鉴定的目的	001
1.2 钢结构检测鉴定的特点	005
1.3 钢结构检测鉴定的范围	008
1.4 钢结构检测鉴定工作程序	009
本章参考文献	013
第 2 章 在建钢结构工程质量检测	014
2.1 概述	014
2.2 结构用材料检测	014
2.3 结构构件检测	030
2.4 连接与节点检测	034
2.5 变形或位移检测	061
2.6 涂装检测	063
2.7 安装质量检测	070
2.8 在建钢结构工程质量检测报告	085
本章参考文献	086
第 3 章 既有钢结构工程检测	088
3.1 概述	088
3.2 检测测点布置原则	089
3.3 结构用材料检测	089
3.4 结构构件检测	095

3.5 连接与节点检测	103
3.6 变形或位移检测	111
3.7 结构体系检测	112
3.8 结构振动测试	112
3.9 钢结构疲劳检测与评定	124
3.10 结构性能荷载试验	126
3.11 既有钢结构工程检测报告	137
本章参考文献	137
第 4 章 既有钢结构可靠性鉴定	139
4.1 既有钢结构可靠性鉴定的工作内容	139
4.2 既有钢结构的计算分析	140
4.3 既有钢结构的鉴定评级	141
4.4 既有钢结构可靠性鉴定报告	147
本章参考文献	148
第 5 章 既有钢结构抗震性能鉴定	149
5.1 既有钢结构抗震性能鉴定的内容	149
5.2 既有钢结构抗震性能分项评定	152
5.3 既有钢结构抗震性能鉴定	162
5.4 既有工业构筑物钢结构抗震鉴定	163
5.5 既有钢结构抗震性能鉴定报告	176
本章参考文献	178
第 6 章 既有钢结构灾后检测鉴定	179
6.1 概述	179
6.2 既有钢结构火灾后鉴定	180

6.3 既有钢结构风灾后鉴定	186
6.4 既有钢结构的地震后鉴定	190
6.5 既有钢结构的爆炸后鉴定	193
本章参考文献	195
第 7 章 金属板围护系统检测鉴定	196
7.1 概述	196
7.2 检测鉴定的基本要求及主要工作内容	196
7.3 调查与检查的主要工作内容	199
7.4 检测的主要工作内容和抽样方案	200
7.5 抗风揭静态检测	202
7.6 抗风揭动态检测	203
7.7 水密性检测	206
7.8 气密性检测	207
7.9 热工性能检测	210
7.10 隔声性能检测	211
7.11 抗踩踏性能检测	212
7.12 金属板现场抗拉拔检测	212
7.13 计算与校核	214
7.14 金属板围护系统部件的鉴定评级	215
7.15 金属板围护系统鉴定单元的鉴定评级	218
7.16 金属板围护系统检测鉴定报告	219
本章参考文献	220
第 8 章 钢结构桥梁鉴定评估	221
8.1 概述	221
8.2 钢结构桥梁检测评定依据	221

8.3 钢结构桥梁基础资料 and 检测	222
8.4 钢结构桥梁的评定	233
本章参考文献	239
第 9 章 钢结构工程监测	240
9.1 概述	240
9.2 监测基本流程和监测内容与参数	242
9.3 监测系统及测点布置原则与方法	244
9.4 常用监测设备及测试方法	248
9.5 钢结构监测数据处理及结构状态评估	267
9.6 监测报告	277
本章参考文献	280
附录 A 常见可燃物和不燃物的燃烧特性	282
附录 B 高温过火后结构钢的屈服强度折减系数	284
附录 C 多层钢结构房屋地震破坏等级划分标准	285

第 1 章 绪 论

1.1 钢结构检测鉴定的目的

1.1.1 钢结构发展的前景

钢铁工业的快速发展为我国工业化进程、制造业的快速发展提供了巨大资源。用于钢结构的产品包括热轧中厚板、冷轧薄板、热轧 H 型钢、焊接 H 型钢、工槽角型钢、冷弯型钢、压型板、夹芯板、圆管、方矩管、焊接球、螺栓球、高强螺栓、预应力钢绞线及锚具、拉索及索具等一应俱全，钢材的牌号和强度等级也多种多样，这些都为钢结构发展创造了良好的条件。

从设计、施工、钢结构工业化生产看，越来越多的标志性钢结构建筑，已经证明我国的钢结构建筑无论从设计到施工，还是从设计到钢结构构件的工业化生产加工，专业钢结构设计人员的素质在实践中得到不断提高，一批有特色、有实力的专业研究院所、设计院、建筑施工单位、施工监理单位都在日臻成熟，专业性、技术性、规模化更加完善。

随着钢结构建筑的遍地开花，我国各地分别建起了标志性钢结构建筑，如：高度 632m 的上海中心，高度 636m 的武汉绿地中心，跨度 1490m 的润扬长江大桥，跨度 550m 的上海卢浦大桥，高度 370m、跨度 2756m 的浙江舟山 - 大陆 500kV 输电铁塔，以及诸多机场、体育场馆等工程，标志着我国钢结构技术已达到国际领先水平。

从钢结构应用范围看，我国的钢结构建筑正从高层重型和空间大跨度工业和公共建筑钢结构向钢结构住宅发展。近年来，钢结构住宅作为一种绿色环保建筑，已被住建部列为重点推广项目，钢结构住宅的研究开发、设计制造、施工安装技术发展迅速。

钢结构作为绿色环保产品，与传统的混凝土结构相比较，具有自重轻、强度高、抗震性能好等优点。不但适用于活荷载占总荷载比例较小的结构，更适合于大跨度空间结构、高耸构筑物，并适合在软土地基上建造，同时，也符合环境保护与节约、集约利用资源的国策，其综合经济效益越来越为各方投资者所认同，客观上将促使设计者和开发商们选择钢结构。

钢结构的发展趋势表明，我国发展钢结构存在着巨大的市场潜力和发展前景，主要源于：

1. 自 1996 年，我国钢产量超过 1 亿吨，此后钢产量快速增长，2017 年钢产量达到 8.32 亿吨，居世界首位。其中用于出口的只有 7524 万吨，说明国内仍是钢材的主要消费市场。

钢产量的增长，为钢结构的发展创造了良好条件。

2. 高效的焊接工艺和新的焊接、切割设备的应用以及焊接材料的开发应用，都为钢结构工程创造了良好的制作条件。

3. 1997 年 11 月，建设部发布的《中国建筑技术政策》中，明确提出发展建筑钢材、建筑钢结构和建筑钢结构施工工艺的具体要求，使我国长期以来实行的“合理用钢”政策转变为“鼓励用钢”政策，为促进钢结构的推广应用起到积极作用。

4. 钢结构行业将出现一批有特色有实力的专业设计院、研究院所；年产量超过 20 万吨的大型钢结构制造厂；有几十家技术一流、设备先进的施工安装企业，上千家中小企业相互补充、协调发展，逐步形成较规范的竞争市场。

发展钢结构住宅是我国住宅产业化的必由之路。住宅产业化是我国住宅发展的必由之路，将成为推动我国经济发展新的增长点。钢结构住宅体系易于工业化生产、标准化制作，与之相配套的墙体材料可以采用节能、环保的新型材料，属于绿色环保性建筑，可再生重复利用，符合可持续发展战略，因此，钢结构体系住宅成套技术的研究成果必将大大促进住宅产业的快速发展，直接影响着我国住宅产业的发展水平和前途。

2008 年“5·12”汶川地震中，钢结构建筑表现出良好的抗震性能，开始将钢结构拉入民用住宅应用视野。有业内人士统计，四川省的门式轻型钢房屋，在地震中极少倒塌，与周边房屋的倒塌和破损形成鲜明的对比。随着国家建设节约型社会战略决策的实施，发展既节能又省地的住宅越来越受到中央和地方重视，北京、上海、广东、浙江等地都建造了大量钢结构住宅示范点示范工程，体现了钢结构住宅发展的良好势头。住建部也组织 36 项钢结构住宅体系及关键技术研究课题，开展试点工程，并出台了行业标准《钢结构住宅设计规程》CECS 261。钢结构具有绿色、节能、环保功能，将成为我国住宅建筑的发展趋势。

目前，我国钢结构发展具以下有利条件：

1. 钢材产量高、品种多，满足建筑钢结构需求；
2. 钢结构设计、施工、维护技术日趋成熟；
3. 高层、大跨结构的发展对钢结构需求大；
4. 钢结构建筑绿色环保，适应可持续发展目标；
5. 民用钢结构住宅市场刚刚起步，前景广阔；
6. 符合装配化和产业化的必要条件；
7. 符合抗震防灾、多功能建筑的发展需要。

1.1.2 我国现代钢结构发展存在的问题

目前，我国钢结构行业还存在不少问题，主要包括：一是对钢结构产业是符合节能环保型、可持续性发展的行业认识还有待提高。最近几年，日本、加拿大、英国政府和研究机构发表了很多文章，专门论述发展钢结构房屋的优点和措施，可供借鉴。二是设

计理念不能适应市场需要。如目前超高层和有特殊要求的建筑大多是国外建筑师的方案中标,他们在规划、环境、建筑、功能上确有独特之处,但连接节点过于复杂,给制作安装带来困难,同时,钢材消耗过多,增加了工程成本。三是部分地区钢结构企业盲目上马,一哄而起,导致产能过剩并浪费大量资源。四是市场运行不规范,投标企业竞相压价,加上钢材涨价,造成加工和安装企业亏损。五是钢结构科研开发资金不足,标准及规范修订周期太长;标准及应用规范、规程缺项、滞后;钢材标准与工程设计、施工规范规程衔接不上等。六是钢结构加工厂和施工安装企业的装备、计算机管理、劳动生产率还需进一步提高。七是钢结构专业技术人员、技术工人缺乏,尤其在中小企业更为短缺,企业技术质量和管理工作都不适应生产的需要。八是行业协会作用和功能远未到位。特别在规范和引导市场秩序、服务于企业、开拓钢结构市场、标准规范的编制修订和专业人才的培养等方面,还有大量工作要做。

虽然目前国内的钢结构建筑市场前景广阔,但发展中还是显露出很多问题:

1. 钢结构所占建筑市场份额较小。截至2010年,美国钢结构住宅建筑占全部建筑用钢总量的65%,日本为50%,而中国国内钢产量为6.9亿吨,建筑用钢量为15000万吨,钢结构用钢量为2600万吨,占建筑用钢量的18%,远低于发达国家。

2. 标准及规范修订周期太长,且还不完全配套。

3. 钢结构建筑设计在防火、防腐、保温、隔声、防震和稳定性等方面的设计尚不够成熟,限制了钢结构在民用建筑中的发展。

4. 钢结构技术人员匮乏。在所有钢结构施工企业中,由于缺少专业钢结构技术人员,很多从事钢结构施工的人员都是从其他建筑相关专业调用,没有经过相关培训,直接指导现场钢结构施工。

5. 行业协会的作用和功能还未到位。特别在引导和规范市场秩序、服务企业,开拓国际市场、标准规范编制和人才培养上,仍有很大空间可以发挥作用。

1.1.3 钢结构检测鉴定的必要性

近年来,我国钢材产量飞速增长,钢材的使用也经历了从“节约到合理使用进而大力推广”的过程。生产的钢材品种、规格越来越齐全,钢材质量有了很大提高,建筑结构也得到了迅猛发展。在这种形势下,钢结构工程检测也就逐渐成为一个热门技术领域,与其相关的专业检测机构(公司、检验所、检测站、检测中心等)以及管理机构已超过2000多家。目前,钢结构检测技术日趋成熟和先进,有关钢结构工程检测的标准、规范相继发布、施行,使钢结构检测工作进一步规范化,对保证工程质量起到了良好的作用。

钢结构现场检测是钢结构发展的必要环节,其原因有以下几点:

1. 建筑结构质量的检验检测是保证建筑工程质量安全的必要环节;
2. 钢结构工程质量事故和安全事故时有发生;