

建筑钢结构抗震设计研究进展

王立军¹ 余海群¹ 谭晋鹏¹ 汪明¹ 刘耀鹏² 李星语¹ 夏兵¹ 余文华¹ 崔明芝¹

(1. 华诚博远工程技术集团有限公司, 北京 100043; 2. 华南理工大学土木与交通学院, 广州 510641)

摘要:中国抗震设计起步较晚,但在经历了几次重大地震后,通过吸收国外经验和自主研究,逐步建立了完整的抗震设计体系,其中也体现在钢结构领域。目前,我国钢结构抗震设计采用“三水准、两阶段”的设计方法,并已发展出基于性能的抗震设计理念。本文梳理了国内外建筑钢结构抗震设计的历史演进和最新进展,分别从我国钢结构抗震技术的历史发展过程、当前主流技术和对该领域技术的未来展望三个不同角度全面阐述了我国在钢结构抗震设计领域从无到有、从落后到逐步与世界接轨的发展过程。同时对不同时期国外发达国家在相关技术上的主要突破进行了简要概述。通过对比可见,我国钢结构抗震设计技术在过去的几十年内得到了快速的发展,但同时也论述了我国尚存的不足。最后,对我国未来在钢结构抗震相关技术和规范的发展方向给出了明确的建议。

关键词:抗震设计体系;钢结构抗震设计;三水准、两阶段;基于性能的抗震设计

结构抗震设计理论大致经历了静力设计阶段、反应谱设计阶段、动力分析阶段和目前的基于性能的抗震设计阶段。

水平静力抗震理论起源于20世纪初的日本,当时发生的关东大地震促进了抗震理论的发展。该理论将建筑物视为刚体,其地震作用为由地面峰值加速度得到的牛顿力乘以一个放大系数。可以看出它已具有反应谱的雏形。

反应谱设计理论由美国人于20世纪30年代提出。当时的旧金山大地震促进了美国结构抗震理论的发展。该理论考虑了结构自振周期与其地震反应的关系,并以等效静力的方式表达地震作用。因其概念清晰、操作简便,仍为目前抗震设计的主流方法。

动力分析方法主要表现在以动力时程求解结构的真实地震反应。对于复杂结构的弹塑性地震反应,该方法已成为主要计算方法。

进入21世纪,基于性能的抗震设计方法逐渐为人们所接受。该方法以结构性能目标为导向进行抗震设计,使设计更精细、更合理、更经济、更安全。

1 历史回顾

中国地处环太平洋地震带和欧亚地震带交汇处,地震活动频繁。抗震设计对于确保建筑物在地震中的安全至关重要。相比于欧美发达国家,我国的建筑抗震设计技术起步较晚,早期尤其在钢结构抗震理论和设计方法方面,远落后于发达国家。虽然在解放前已有一些如火车站、工业或军事设施采用了钢结构形式,但大部分设计由国外工程师完成,或者仅根据工程师经验施工,并未经过科学的结构设计。

新中国成立后,我国的工程抗震研究才进入了正式发展的阶段。早期的抗震设计理论起步于对苏联在工程抗震方面的研究成果的理解和吸收,例如我国曾于1955年翻译出版了苏联的《地震区建筑规范》^[1]。

1959年,由土木建筑研究所提出了我国第一版《抗震设计规范草案》,内容包括房屋、道桥、水坝、

第一作者:王立军,教授级高级工程师,主要从事超高层结构和复杂大跨钢结构设计、工程抗震等方面的研究。

Email:13901212966@sina.cn

收稿日期:2024-07-09

给排水等多种土木工程学科,并为设计单位试用,此草案是1957年苏联CH-8-57规范的等代使用。经过5年的试用,于1964年提出了第二版《抗震设计规范草案》。在此期间,那些工程理论发展较快的国家已经从弹性抗震设计逐渐过渡到弹塑性抗震设计。1957年,美国ASCE 7-10中^[2]加入了对于地震荷载的计算方法,这标志着作为结构工程设计的关键,给出了抗震设计的发展方向。1959年,美国地震工程研究中心(EERC)成立,为钢结构抗震设计提供了重要的理论基础和技术支持。EERC开展了大量的抗震试验和数值模拟,研究了钢结构的各种抗震性能,并提出了新的抗震设计方法——能力设计法^[3-4]。

1966年邢台大地震对建筑物造成了严重破坏,促使中国工程师和科研人员更加迫切地深入研究适合我国实际情况的建筑物抗震设计方法。1972年由中国建筑科学研究院提出了《工业与民用建筑抗震规范草案》,经过两年的征求意见和修改,于1974年出版了我国第一部正式批准的抗震规范TJ 11—74《工业与民用建筑抗震设计规范(试行)》^[5]。1975年海城地震和1976年唐山大地震给地震工程留下了关于地震动和震害的重要资料,并将其体现在74版抗震规范的修订中,并于1978年正式出版了TJ 11—78《工业与民用建筑抗震设计规范》(简称《78抗规》)^[6]。《78抗规》成为我国真正意义上的第一版建筑抗震规范,适用于7~9度区,6度区可不设防。在设防水准方面,《78抗规》采用设防地震(中震)为设计烈度,即按“中震作用”进行抗震验算,同时考虑结构延性引入结构系数对地震作用进行折减,相当于按比“中震”降低1~2度的地震进行承载力计算。然而,受限于我国在钢结构抗震理论、工程经验以及相关震害资料方面的欠缺,《78抗规》并没有对钢结构的抗震构造措施作出明确的规定^[7-9]。在此期间,美国于1971年颁布了新的《建筑物地震设计规范》(UBC),该规范引入了地震区划的概念,并对不同地震区的结构提出了相应的抗震设计要求^[10-12]。1971年,日本对《建筑基准法》进行了修订,增加了新的抗震设计规定,同样引入了地震区划的概念^[13]。著名的443 m钢结构超高层Sears Tower(现称Willis Tower)于1973年建成。由此可见,20世纪70年代我国的钢结构抗震设计技术与世界发达国家之间存在着巨大差距。

经过十余年的工程经验累积,我国于1989年颁布了新版GBJ 11—89《建筑抗震设计规范》(简称

《89抗规》)^[14]。《89抗规》首次确定了“三水准”(小震不坏、中震可修、大震不倒)的基本抗震设计目标,并且将抗震设防区扩大到6度区,提出了重要抗震指标——抗震等级。另外,《89抗规》将《78抗规》的三类场地土改为四类(I、II、III、IV),并且考虑“近震”和“远震”影响,由场地条件和震中距确定特征周期,进而确定地震影响系数。《89抗规》首次将单层钢结构厂房的地震计算、构造措施等给出了针对性的规定。同时期,美国颁布了世界上第一部专门针对钢结构的抗震设计标准AISC 341—89《钢结构抗震设计规范》^[15]。另外,值得注意的是,从20世纪80年代开始,日本已经开始普遍利用阻尼器进行结构减震设计。

GB 50011—2001《建筑抗震设计规范》(简称《01抗规》)在继续保持“三水准”的设防目标的同时,对《89抗规》进行了较大改进^[16]。如用地震分组取代《89抗规》中体现震中距影响的“近震”和“远震”,引入楼层最小剪力控制系数,增加减隔震章节等。《01抗规》再次调整了地震反应谱曲线,将周期延至6 s,并且考虑了不同结构类型建筑材料的影响(阻尼比)^[16]。《01抗规》将“多层和高层钢结构房屋”单独成章,也体现了在此阶段我国大量民用钢结构建筑的出现,迫切需要对此类结构的抗震设计提供相关依据。这也体现在另一本重要的结构设计规范——JGJ 99—98《高层民用建筑钢结构技术规程》(《98高钢规》)^[17]中,该规程是我国首部专门针对高层建筑钢结构设计的技术规程。《98高钢规》对常用的高层钢结构体系进行了梳理,并对不同抗震烈度地区的钢结构体系的适用高度做出了明确的规定,在平面和竖向规则性方面给出了要求,为高层钢结构的抗震设计提供了基本的保障。客观地讲,《01抗规》及其同时期的其他结构设计规范为推动我国大规模基建和房屋建设做出了巨大贡献。纵观世界,发生在2001年的著名事件——9.11恐怖袭击事件对美国的超高层钢结构应对灾害事件的能力提出了更高的要求,其中也包括超高层钢结构抗震性能。9.11事件后,美国政府和行业开展了大量的研究和试验,以提高高层钢结构建筑的抗震和抗火性能^[18-20]。

2008年汶川大地震后,工程师提高了对结构体系的完整性和延性的关注度,这也体现在GB 50011—2010《建筑抗震设计规范》(简称《10抗规》)^[21]和JGJ 99—2015《高层民用建筑钢结构技术规程》(简称《15版高钢规》)^[22]中。《10抗规》对钢

结构的抗震构造要求提出了更加具体和明确的规定,进一步推进了钢结构延性设计思想的贯彻。

2 研究现状

目前,钢结构的抗震设计通常采用传统的规范设计法,即自《89抗规》所规定的“三水准、两阶段”设计方法:“三水准”指遭遇第一水准烈度即多遇地震影响时,结构处于正常使用状态(简称“小震不坏”);第二水准烈度即设防地震影响时,结构进入非弹性工作阶段,其非弹性变形或结构体系的损坏控制在可修复的范围(简称“中震可修”);第三水准烈度即罕遇地震影响时,结构有较大的非弹性变形,但应控制在规定的范围内,避免倒塌(简称“大震不倒”);“两阶段”的第一阶段为承载力及变形验算,根据多遇地震的地震动参数计算结构的弹性地震作用效应,计算相应的多遇地震作用内力组合设计值进行结构构件截面及节点的承载力抗震验算(简称“小震承载力验算”),同时计算多遇地震作用内力组合标准值进行结构变形验算。对于一般结构,在满足了上述两项验算后即满足了“小震不坏”要求,同时也满足了“中震可修”和“大震不倒”;第二阶段对部分特殊结构验算罕遇地震作用下结构的变形来满足“大震不倒”的要求。

《抗规》规定了多高层钢结构房屋、单层工业厂房、以及大跨屋盖结构的抗震设计方法。多高层钢结构采用多遇地震承载力验算保证结构“小震不坏”,控制框架梁柱、中心支撑及消能梁段的截面板件宽厚比、框架柱及中心支撑的长细比,同时采用强节点弱构件和强柱弱梁验算,对节点域和柱脚等节点采用极限承载力验算及采取抗震措施,控制特殊结构的罕遇地震弹塑性位移来实现“中震可修”和“大震不倒”的性能目标^[23-24]。JGJ 99—2015除完全采用《抗规》的多高层钢结构房屋抗震设计规定外,还补充了连接节点极限承载力验算等方面的内容,这套设计方法操作简单、规定明确,虽然缺失对结构进入弹塑性受力状态后导致内力重分布方面的条文,但严格的抗震构造措施和相对较高的地震作用取值,使得整个结构抗震设计的可靠性基本处于合理范畴。单层工业厂房允许对轻屋盖厂房在满足2倍多遇地震承载力情况下采用弹性截面的抗震设计方法,使得许多工业设计院得以保留传统设计截面,避免了为满足截面板件宽厚比的抗震构造要求而大幅增加钢材用量^[25]。总之,作为我国最为权威的抗震设计规范,《抗规》不仅确定了其他相关规范

的钢结构抗震设计方法,也基本代表了我国钢结构抗震设计规范的最高水平。

应用最为广泛的门式刚架,通常采用GB 51022—2015《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(简称《门规》)进行抗震设计。《门规》采用多遇地震承载力验算,当多遇地震作用组合的效应控制结构设计时,补充了截面板件宽厚比、隅撑、柱脚、柱间支撑和柱长细比的规定。一般来说,《门规》的适用范围决定了该类结构即便在设防地震和罕遇地震作用下仍处于弹性状态的可能性较大,即便部分节点或构件进入塑性状态,其程度也相对较轻,因此,《门规》对于抗震构造措施方面的条文规定较为粗略^[26-27]。GB 50191—2012《构筑物抗震设计规范》(简称《构抗规》)规定了钢框排架、锅炉钢结构、钢井架、管道支架等钢结构的抗震设计方法,同样采用了多遇地震承载力验算和增加截面板件宽厚比限制,补充框架柱及支撑的长细比要求等抗震构造措施,其他方面基本上沿用各行业常规做法。由于《构抗规》涉及的各类构筑物屈服机制较难把控,因此,对于《构抗规》采用总结设计经验并增加抗震构造措施的抗震设计方法能否满足“中震可修”和“大震不倒”的性能目标,学界颇有疑虑。

钢结构传统的规范抗震设计方法的基本模式是满足多遇地震承载力验算,辅之以确定的抗震构造措施。众所周知,严格的抗震构造措施意味着较高的用钢量和结构造价,这也是我国钢结构用钢量显著高于国外同类工程的主要原因。这种抗震设计方法虽然简单,但对于相当多的工程来说,相对较差的经济性却没能得到较高抗震安全性的回报。针对传统规范抗震设计方法的现状,GB 50017—2017《钢结构设计标准》(简称《17钢标》)引入了抗震性能化设计理念^[28]。与传统的规范抗震设计方法不同,《17钢标》虽然也采用弹性设计计算方法,但需要设计者权衡结构的延性和弹性承载力需求,选择“低延性-高承载力”或“高延性-低承载力”设计思路。对于采用“高延性-低承载力”设计思路进行设计的钢结构进行延性开展机构的控制。具体而言,设计者首先确定结构的塑性耗能区和弹性区,针对塑性耗能区和弹性区采用不同的承载力要求,以期实现预定的屈服机制,同时对在强烈地震作用下可能进入塑性的构件和节点(潜在的塑性耗能区),根据其抗震承载力的高低采取相应的抗震构造措施。一般来说,框架结构的塑性耗能区设定为框架梁、节点域及柱脚,支撑系统的塑性耗能区设定为支撑,偏心支

撑的塑性耗能区设定为消能梁段^[29]。有别于《抗规》统一的高延性抗震构造措施,《17 钢标》补充了中等延性和低延性钢结构的抗震设计规定,比如,允许支撑结构的应用,允许框架结构、框架-中心支撑结构采用低于《抗规》延性要求的设计方法。《17 钢标》的抗震设计方法补充和完善了传统的规范设计方法,为许多工程问题的合理解决方案提供了规范依据。但由于《17 钢标》采用对构件和节点的具体设计要求来进行抗震设计,缺失结构设计方面的规定,系统性和可操作性有待完善。

目前我国规范基本能够满足钢结构抗震设计要求,但也存在不少问题。由于历史原因,我国规范的编制偏重经验性和可操作性,对标准技术内容应用研究的理论支撑重视不足,标准技术内容的基础理论研究与欧美日等发达国家存在较大的差距。同时,现行的工程建设标准编制依然遵循传统模式,在标准要素表达形式、语言、术语、逻辑和条文表达习惯与国际通行做法不接轨^[30-31]。目前,政府主管部门正在采取由法律、行政法规、部门规章中的技术性规定与全文强制性工程建设规范构成“技术法规”体系,技术标准构成实施体系,以形成技术法规与技术标准并行的国际通行规则。因此,根据建筑用途、重要性及设防水准制定合理的性能目标并对钢结构抗震设计设定统一的原则,同时按照统一的原则梳理和细化各类钢结构抗震设计要求,并以此来编制一部高水平的钢结构抗震设计标准的时机已经成熟。

3 发展展望

在过去的四十年里,我国建筑行业经历了快速发展和国际化进程的加速。在这一过程中,钢结构抗震设计方法取得了显著进步。这些进步得益于广大科研工作者和设计人员在国际先进抗震设计理念的学习,以及结合我国科研和工程实践的丰富成果。然而,作为一个地震多发国家,我国在历次大地震中遭受了巨大的生命和财产损失。如何在有限的财力下有效控制地震损失,并确保重要钢结构建筑在震后不受严重破坏或能在有限的人力下迅速修复,是科研工作者和设计人员面临的重大挑战。新技术、新方法和新材料的不断涌现,为钢结构抗震设计提供了新的机遇。因此,未来的钢结构抗震设计方法和标准需要在以下几个方面与时俱进。

1) 进一步研究和推广基于性能的抗震设计方法,以提高结构的抗震性能和安全性。

目前,《17 钢标》引入了抗震性能化设计理念,并对传统的规范设计方法进行了补充和完善,其适用范围为抗震设防烈度不高于 8 度的地区,结构高度不超过 100 m 的框架结构、支撑结构和框架-支撑结构的构件和节点的抗震性能化设计^[28]。然而,随着钢结构应用范围的不断扩大和复杂化,各种钢结构体系的抗震性能差异较大。从耗能能力来看,不同体系之间的差异可达到 2~3 倍。因此,需要进一步研究不同结构体系的破坏机理和性能系数,以提供更加合理的设计方法和构造要求,确保设计人员能够设计出安全、经济的钢结构建筑。

2) 新材料、新技术的发展与应用。

近年来,减隔震技术在钢结构中的应用取得了显著进展。通过在减隔震建筑结构中引入减震装置或隔震层,能够有效减少地震作用对结构的影响。然而,减隔震技术的应用对钢结构本身的构造等诸多方面要求提出了新的挑战。针对这些新要求,需要开展深入的研究,以明确减隔震技术在不同钢结构体系中的具体应用方法和设计要求。

2011 年新西兰基督城地震后复建的项目中,大量采用了钢结构建筑。近年来,可快速更换耗能组件结构、自复位结构、摇摆结构等新的钢结构抗震体系逐渐应用于实际工程。形状记忆合金在日本的高层钢结构建筑中也得到应用。在我国自复位结构也有所应用^[32]。钢结构抗震设计的相关标准应进一步完善以适应新技术、新材料的发展与应用。

3) 国际化进程中的标准衔接。

随着“一带一路”倡议的推进,中国的钢结构建筑在国际市场上的应用越来越广泛。这也要求我国的钢结构设计标准应与国际主流标准接轨。目前,如何将我国现行的抗震设计标准体系与国际标准进行衔接,是规范标准主管部门和行业专家们需要重点关注的问题。通过对比分析国际规范与我国现行规范的差异,找出关键点,并进行适当的调整和优化,才能更好地推动我国钢结构设计技术的国际化进程^[33-34]。

4) 基础研究与教育培训。

钢结构抗震设计的关键在于从本质上理解各种结构形式在地震作用下的反应特点和破坏模式。这不仅需要在规范条文中明确相关要求,还需要在学校教育、行业培训和科学研究中得到贯彻,从根本上理解结构的抗震行为,才能避免机械套用规范条文而导致的设计不合理。因此,应加强相关教育和培训,提升设计人员的专业素养和抗震设计水平。

钢结构抗震设计在我国建筑行业中的重要性不容忽视。随着加强基础教育和行业培训的不完善、钢结构抗震的基础研究工作不断深入、新技术的应用和国际化进程的推进,钢结构抗震设计将迎来更加广阔的发展空间。我们有理由相信,我国的钢结构抗震设计将更加科学、合理,并最终走向国际。

参考文献

- [1] 中央纺织工业部设计公司翻译组. 地震区建筑规范[M]. 北京:纺织工业出版社,1957.
- [2] American Society of Civil Engineers. Minimum design loads for building and other structures: ASCE 7 - 10 [S]. USA: ASCE, 1957.
- [3] Veletsos A S, Newmark N M, Chelapati C V. Deformation spectra for elastic and elastoplastic systems subjected to ground shock and earthquake motions[C]//Proceedings of the Third World Conference on Earthquake Engineering. Wellington, New Zealand: 1965: 663-680.
- [4] Veletsos A S. Maximum deformations of certain nonlinear systems [C]//Proceedings of the 4th World Conference on Earthquake Engineering. Santiago: Chile, 1969:155-170.
- [5] 中华人民共和国建设部. 工业与民用建筑抗震设计规范(试行):TJ 11—74[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1974.
- [6] 中华人民共和国建设部. 工业与民用建筑抗震设计规范:TJ 11—78[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1978.
- [7] 罗开海,保海娥,左琼. 我国建筑抗震设防水准的历史沿革、现状及展望[J]. 地震工程与工程振动,2018,38(4):41-47.
- [8] 王亚勇,戴国莹.《建筑抗震设计规范》的发展沿革和最新修订[J]. 建筑结构学报,2010,31(6):7-16.
- [9] 翟长海,谢礼立. 抗震规范应用强度折减系数的现状及分析[J]. 地震工程与工程振动,2006,26(2):1-7.
- [10] American National Standards Institute. Uniform building code: UBC[S]. USA: ANSI,1957.
- [11] Newmark N M, Hall W J. Seismic design criteria for nuclear reactor facilities [C]//Proceedings of the 4th World Conference on Earthquake Engineering. Santiago: Chile, 1969:37-50.
- [12] Newmark N M, Hall W J. A rational approach of seismic design standards for structures[C]//Proceedings of the 5th World conference on Earthquake Engineering. San Francisco: USA, 1973.
- [13] 国土交通省住宅局. 建築基準法令集[M]. 東京:日本建築学会,1971.
- [14] 中华人民共和国建设部. 建筑抗震设计规范:GBJ 11—89 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,1989.
- [15] American Institute of Steel Construction. Seismic provisions for structural steel buildings: AISC 341-89[S]. USA:AISC, 1989.
- [16] 中华人民共和国建设部. 建筑抗震设计规范:GB 50011—2001 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [17] 中华人民共和国建设部. 高层民用建筑钢结构技术规程:JGJ 99—98[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [18] Arroyo-Espinoza D, Teran-Gilmore A. Strength reduction factors for ductile structures with passive energy dissipating devices[J]. Journal of Earthquake Engineering, 2003, 7(2):297-325.
- [19] Tong G S, Z Y F. Seismic force modification factors for modified-clough hysteretic model [J]. Engineering Structures, 2007, 29 (11):3053-3070.
- [20] Building Seismic Safety Council. NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures[R]. USA, Washington: Building Seismic Safety Council National Institute of Building Science, 2004.
- [21] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑抗震设计规范:GB 50011—2010[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [22] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 高层民用建筑钢结构技术规程:JGJ 99—2015[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [23] 杨俊芬. 中心支撑钢框架的结构影响系数和位移放大系数研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2009.
- [24] 陆懿,顾强. 多层抗弯钢框架的结构影响系数[J]. 苏州科技学院学报(工程技术版),2008,21(4):1-4.
- [25] 李宏,刘正辉. 地震区钢结构设计的关键问题探讨[J]. 地震工程与工程振动,2013,33(5):45-52.
- [26] Elnashai A S, Guan L J. Seismic performance of steel portal frames with semi-rigid connections[J]. Journal of Structural Engineering, 2004, 130(5): 779-788.
- [27] Zhu Z, Xu W. Seismic behavior of steel portal frames with semi-rigid connections[J]. Steel and Composite Structures, 2020, 36 (4): 507-518.
- [28] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 钢结构设计标准:GB 50017—2017[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [29] 肖明葵. 基于性能的抗震结构位移及能量反应分析方法研究[D]. 重庆:重庆大学,2004.
- [30] 李慧. 中、美、欧、日建筑抗震规范地震作用对比研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2011.
- [31] 李赫,罗超英,刘军,等. 中美抗震规范的差异对比研究[J]. 建筑结构,2011,41(9):123-126.
- [32] Fang C, Wang W, Qiu C X, et al. Seismic resilient steel structures: A review of research, practice, challenges and opportunities [J]. Journal of Constructional Steel Research, 2022, 191: 107-145.
- [33] 施刚,胡方鑫,石永久. 各国规范钢框架结构抗震设计方法对比研究(I):设防目标与地震作用[J]. 建筑结构,2017,47 (2):1-6.
- [34] 施刚,胡方鑫,石永久. 各国规范钢框架结构抗震设计方法对比研究(II):承载力、延性与侧移要求[J]. 建筑结构,2017,47(2):7-15.

Research Process in Seismic Design of Building Steel Structures

Lijun Wang¹ Haiqun Yu¹ Jinpeng Tan¹ Ming Wang¹ Yaopeng Liu² Xingyu Li¹

Bing Xia¹ Wenhua Yu¹ Mingzhi Cui¹

(1. Huachengboyuan Engineering Technology Group, Beijing 100043, China;

2. School of Civil Engineering and Transportation, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract:

China's seismic design started late, but after experiencing several major earthquakes, it has gradually established a comprehensive seismic design system through the absorption of foreign experiences and independent research, resulting in significant progress in the field of steel structures. Currently, China's steel structure seismic design adopts the "three-level, two-stage" approach and has developed a performance-based seismic design philosophy. This paper reviews the historical evolution and latest advancements in seismic design for building steel structures both domestically and internationally. It comprehensively explains China's development process in steel structure seismic design from scratch, from lagging behind to gradually aligning with world standards, through three perspectives: the historical development of China's steel structure seismic technology, current mainstream technologies, and future prospects for this field. On the other hand, this paper provides a brief overview of major breakthroughs in relevant technologies from developed countries at different periods. Through comparison, it is evident that China's steel structure seismic design technology has rapidly developed over the past few decades, but the paper also discusses the existing shortcomings. Finally, clear recommendations are provided for the future development of steel structure seismic-related technologies and standards in China.

Key words: seismic design system; steel structure seismic design; three levels-two stages; performance-based seismic design