

发展我国新型轻钢结构建筑体系

陶忠, 何保康

(西安建筑科技大学 土木工程学院, 西安 710055)

[摘要] 文章提出了新型轻钢结构建筑体系的概念, 对它的一些特点进行了探讨, 并简要介绍了它的一些最新发展动态, 最后就我国今后发展新型轻钢建筑体系将面临的问题和发展的方向提出了一些看法、建议。

[关键词] 新型; 轻钢结构; 发展; 问题; 对策

1 引言

人口膨胀、资源短缺、环境恶化是当前社会持续发展所面临的三大问题。人类在创造高度物质文明的同时, 也在不断地破坏人类赖以生存的生态环境, 并导致自然资源的贫化和枯竭。这些问题已成为阻碍国民经济持续、稳定发展的主要因素, 正引起社会广泛的关注^[1]。

建筑材料是建筑业的基础和先导。从可持续发展的战略考虑, 选用对资源和能源消耗尽可能少、对生态环境影响小、循环再生利用率高的生态环境建筑材料是我们在 21 世纪发展新型建筑体系的大趋势。

钢材属于生态环境材料。钢是人们知道的最易于回收的材料, 据统计学家估计, 60 年代和 70 年代生产钢的 45% 已经被回收再利用。从耗能来看, 技术进步已使炼钢所耗能源比 30 年前减少了 30%, 另外, 用回收的废钢铁炼钢所需能源是直接铁矿石炼钢的 35%~40%。钢铁企业持续不断的环保投资表明, 钢能满足现代环境标准, 因而钢是良好的建筑材料。从钢诞生以来的 100 多年, 它已经走在了建筑的最前沿, 成为现代建筑的同义语^[2]。

钢结构的发展与钢铁企业的发展息息相关。目

前, 钢铁企业和钢结构的发展都面临着很多挑战, 环境意识的增强, 科学技术的加速进步, 社会需求的不断增长使全球商业环境更具挑战性。在此大背景下, 一方面, 钢铁企业为了补偿被很多新材料产品所吞没的传统市场(一些典型的例子是铝和塑料已被用在原属于钢铁市场的汽车、包装和一般制造领域), 急于采用新的制造技术生产高品质、高附加值的产品来开拓新的市场; 另一方面, 建筑业也急于摆脱传统建筑材料(木、粘土砖等)费时、费工、经济性差、对生态环境破坏大的问题, 寻求高效、快速、经济、可持续发展的环保型建筑体系。在这一形势下, 新型轻钢结构建筑体系应运而生^[3], 它不仅使钢铁企业找到了巨大的潜在市场, 也使建筑业以此为契机来调整“产品结构”。文章就新型轻钢结构建筑体系的一些特点进行了探讨, 并简要介绍了它的一些最新发展动态, 最后就我国今后发展新型轻钢建筑体系将面临的问题和发展的方向提出了一些看法、建议。

2 新型轻钢结构建筑体系的特点和应用

新型轻钢结构是相对以前的轻钢结构而言的。大家知道, 在钢结构领域内, 主要有两类结构构件: 一类是由热轧型钢或厚钢板制成的重型构件;

另一类是由冷弯型钢或薄钢板制成的轻型构件。通常,我们把主要由第一类构件组成的结构称为热轧型钢结构或普通钢结构,而把主要由第二类构件组成的结构称为冷弯型钢结构。一般而言,因热轧型钢结构常用在荷载较大的高层建筑和重型工业厂房,我们又把前一类结构叫做重型钢结构,后一类结构叫做冷弯型钢结构或轻型钢结构^[4]。

不同于以往的由圆钢、小角钢或薄壁型钢组成的轻型钢结构^[5],新型轻钢结构建筑体系是指以新型高效能薄壁结构钢材和高效功能材料为主,各类高效装饰连接材料为辅组成的能满足建筑特定使用功能和特定使用空间需求的商品化房屋体系。表 1 列举的是新型轻钢结构建筑体系的主要材料,此类房屋体系具有以下一些共同特点:

(1) 设计理论先进,如采用空间体系分析方法,利用屈曲后强度,考虑蒙皮效应,塑性设计,优化设计等;

(2) 利用先进的计算机辅助设计(CAD)和制造(CAM)技术,编制通用的商业化软件包,能及时全面满足客户对建筑的设计制造要求,报价快,造价低,供货迅速。

(3) 冷弯型钢、压型钢板、连接件等构配件均为自动化、连续化、高精度生产,生产效率高,产品质量好,产品规格系列化、定型化、配套化,便于商品化;

(4) 型材经过镀锌、涂层后有利于提高自身的防腐能力并提供优美的外观,减少了围护和装修费用;

(5) 采用高效轻型薄壁型材,构件截面特性优良,相对承载力高,受力性能良好,整体刚度大,抗震性能好,可以大量节约材料,减轻结构重量,降低基础、运输和安装费用;

(6) 干法施工,装配化程度高,建设快速、高效,质量有保证,房屋投入使用早,见效快;

(7) 建筑空间布置灵活,建筑造型简洁、丰富,色彩多样,易于实现特殊功能的生产、生活要求。

由于新型轻钢结构建筑体系的突出优点,它已被广泛应用于一般工农业建筑,商业、服务性建筑,标准办公楼、学校、医院建筑,别墅、旅游建筑,各类仓库性建筑,娱乐、体育场馆,地震区建筑,活动式可拆迁建筑,建材缺乏地区的建筑,工期紧的建筑,旧房改建、翻修等建筑领域。

表 1 新型轻钢结构建筑体系主要用材

Table 1 Major components of new-type light-gage steel structure

结构材料	承重结构	高效冷弯薄壁型钢, 轻型 H 型钢(包括轧制、高频焊、焊接 H 型钢), 涂层压型钢板, 夹芯板等
	围护结构	彩色镀锌钢板, 铝合金板, 不锈钢板, 铝板, 夹芯板, 塑钢制品板等
功能材料	保温、隔热材料	超细玻璃棉, 玻璃棉, 聚苯乙烯、聚氨酯泡沫塑料, 岩棉等
	采光材料	玻璃, 有机物采光瓦等
	吸音、隔声材料	玻璃棉、岩棉、石膏板等
连接材料	密封、嵌缝材料	丙烯酸、聚氨酯、硅酮密封胶, 密封胶带等
	紧固件	自攻螺丝, 拉铆钉, 射钉, 膨胀螺栓, 普通螺栓, 高强螺栓等

3 新型轻钢结构建筑体系的一些最新发展趋势

3.1 新结构材料的开发应用

通常,新型高效结构钢材的开发主要靠合金化、控制加工过程、热处理等冶金工艺技术来实现。目前,对新结构钢的要求可以归纳为高强、高塑性和抗裂韧性、更长的疲劳周期、更好的抗腐蚀性和可焊接性,引进一个叫 TMCR (the Thermo-Mechanical Controlled Rolling) 过程或 CR (the Controlled Rolling) 过程可以部分实现上述要求^[6]。为了发展 21 世纪新型金属材料,日本通产省于 1993 年提出开发极限功能材料的设想。1997 年通产省汇总各个方面的开发成果,确定了超级极限功能材料研究开发的技术领域及项目,计划在 2001 年前完成从板坯开始制造厚度为 1 mm 以上具有均匀 1 μm 以下多相复合组织的微细组织材料及相应技术的开发,要求材料的强度和使用寿命比现用结构钢高 1 倍以上^[7]。如果这种材料开发成功将会对传统钢结构产生极大的影响。另外,结构上大量使用特种钢材,如高强合金钢、耐候钢、不锈钢,耐火钢等,也是未来发展的一种趋势。

3.2 新型轻钢结构建筑体系的 LCA 评价

建筑在建造、使用过程中需从环境中摄取大量的资源和能源,同时通过排放废弃物给环境带来负担,如何定量评价建筑的环境负担性,目前国际上广泛采用生态循环评估(Life Cycle Assessment)

LCA方法^[1]。如澳大利亚、瑞典、芬兰和英国等国的专家均用LCA方法对不同建筑的环境负担性进行了评估^[8]。初步评估的结果是新型轻钢结构可以满足绿色结构的四个目标：1) 在生产过程中能源和原材料消耗低，废弃排放物少；2) 在使用过程中能源和原材料消耗低，废弃排放物少；3) 高的可重复使用性（质量和数量）；4) 高的可循环性（质量和数量）^[9]。为符合LCA评价，把轻钢结构建筑体系设计成更易于装拆，具有节能降耗措施（如自然空调等），减少加工过程中易污染环境的工艺，开发无污染、低耗能的辅助建筑材料，将是我们今后努力的方向。

3.3 新型轻钢结构在单层建筑中的应用

单层门式刚架轻钢结构起初是以用材经济、使用空间大、运输安装简便和工厂化生产等特点而出现的，最先的围护结构多是把石棉波纹板支承于热轧型钢檩条上。而后，冷弯型钢和涂层钢板的兴起不仅使门式刚架轻钢结构在工业建筑中得到进一步广泛的应用，而且也使它在很多非工业领域得到了普及和推广，如商业、公共建筑、体育和教育等建筑。

最近几年在美国兴起的一项新技术是用计算机辅助设计和制造的新型轻钢门式刚架建筑，它是由薄板焊接的等截面或变截面构件组成的，是一种结构合理、生产效率高、经济性好的结构形式。与传统的门式刚架相比，该结构的基本特点是：采用现代化的设计和制造方法，使结构所需材料少。因而该体系在不少国家得到广泛采用。目前我国已制定了门式刚架轻型房屋钢结构技术规程^[10]，这将对我国普及这一新型结构体系具有巨大的推动作用。

今后，门式刚架是主要推广的一类轻钢结构体系，主要结构简单，使用空间大。另外还有一类用于居住房屋的轻钢结构体系，称之为墙柱体系房屋（Wall-Stud system）尤适于建造小别墅和农村建筑，欧美一些国家广泛使用。

3.4 新型轻钢结构在多层建筑中的应用

多层轻钢结构房屋在美国、日本、澳大利亚等国具有较广泛的应用，在其他一些国家，如英国、法国、斯堪地那维亚地区国家，以前一直在一些多层房屋体系和住宅建筑中使用热轧型钢，但是最近几年他们也开始大力发展多层轻钢结构房屋。为此，欧洲 ECSC（European Coal and Steel Community）推出了与之相关的研究计划（the Mega Project），

旨在欧洲城市中推广应用钢结构，其中包括轻钢结构。针对轻钢房屋在城市住宅中推广应用的实验项目分别在英国、意大利、法国、芬兰、德国、荷兰六国进行。结果证明，新型轻钢结构有着较传统结构更优越的特性^[11]。

轻钢结构在多层房屋建筑中既可以独立构成一房屋体系，也可以作为热轧型钢主框架的辅助结构使用，如用做楼盖横梁体系、冷弯型钢与砼的组合楼板系统、墙面装修系统等。对多层轻钢结构体系，结构构件采用轧制、高频焊、焊接轻H型钢，冷弯箱形截面，钢管砼等；结构体系除传统的框架，框支结构外，国外还推广一种交错桁架体系。多层轻钢结构一般指十层以下结构，再高就成重钢结构了。

在组合楼板应用中，现在的趋势是把设施和结构合成为一体，以使楼层高度减到最小。一方面可增大柱间距（12~18 m），提供更大的分隔空间，另一方面可将设备、管线布置于结构中^[2]。

此外，轻钢结构也可用在旧建筑的翻新当中，如外立面装修、次框架支撑系统等，从欧洲的应用来看，获得了很好的效果^[12]。

3.5 应用最新信息技术的成果

对于一个现代建筑，它的整个建造过程就是一个复杂的信息处理过程，信息需要在建筑师、工程师、承建者、业主间进行大量可操作性的加工交流。以前我们经常看到的情景是，图纸满天飞、人员满地跑。人们常常为传递一个信息花费大量的时间和精力，到头来，信息还是在不知不觉中产生了破损和曲解，造成了大量不必要的麻烦，这令建设者大伤脑筋。这种传统的，必须面对面解决问题的信息处理方式的重大缺陷是缺乏准确性、及时性、多向性、异地性、统一性。

值得庆幸的是，这一局面正渐渐在改变。电子信息技术的进步为我们提供了一条有效的信息管理途径。眼下一种集三维模型、数据库、互联网技术为一体的3D CAD、CAM系统在新型轻钢建筑中得到实验性应用^[13]。这种系统最大的优越性是把房屋建造的每一过程通过3D模型下的共享数据库联系起来。这个共享数据库使所有参与部门可随时查询所需信息，并及时反馈他们的意见。所有有关数据都在一个数据库中，就可以为建筑预算员、加工制造厂、投标者、更重要的是为客户和未来住户提供他们所感兴趣的内容。数据库中还含有所有的

标准件、预先设计好的联接件以及必要的说明。从这些数据可以产生所有可资利用的文件,如透视图、材料加工图以及装配图等。

4 我国发展新型轻钢结构的问题和对策

我国轻钢结构的发展一直处在引进、消化、吸收的发展速度较慢的状态。新型轻钢结构体系的发展也是从引进开始的^[14,15]。面临新世纪,轻钢结构的发展不仅具有很好的机遇,而且也存在亟待解决的诸多问题。

4.1 有利条件和存在的问题

改革开放以来,我国的钢铁工业持续高速发展,钢产量从1978年的31.78 Mt增加到1996年的101.24 Mt,年均增长率为7.6%,中国已成为目前世界上最大的钢铁生产国和钢材消费国^[16]。重视钢结构、扩大钢结构的使用范围,已经成为钢铁企业进一步发展的迫切需要。随着钢铁企业进一步推出适宜建筑使用的高品质钢材(如高强、耐候钢材等),钢结构将迎来更加良好的发展机遇。

从建筑市场容量来看,以1990年价格计算,我国建筑业年增长速度大约为13%,最近几年更是出现了大的增长势头。近期,我国建筑市场主要有以下几个方面:1)国家、地区重点项目——此类项目一般都技术复杂、材料要求高且用量大、工期和质量要求严。2)住宅建设——目前,各地的安居工程、筒子楼改造工程正在热火朝天地进行,住宅建设已成为保证我国国民经济持续稳定发展的新增长点。3)城镇建设——市场潜力巨大。4)农村建筑市场——将是增长最快、需求很大的市场。因此,国外建筑公司都纷纷看好中国市场,其中当然也包括国外的轻钢公司。

从轻钢结构目前的发展情况来看,存在的主要问题有:

(1) 设计、施工规程和规范跟不上轻钢结构实际发展的需要。

(2) 制造质量不高,构件和配件不齐全,功能材料不配套,形不成符合国情的房屋建筑商品化体系。

(3) 缺乏科研、设计、生产制造以及施工等单位全方位的通力合作以及与国际上的友好合作。

(4) 缺乏环境意识,单纯追求低造价而忽视轻钢结构质量要求。

(5) 缺乏对轻钢结构的教育和普及工作。

(6) 轻钢在工业建筑领域有一定市场,但在民用建筑领域的市场有待开发。

(7) 高效、低价和防腐、防火材料的研制亟待加快。

4.2 对策

针对上述国际、国内情况,建议今后我国在发展新型轻钢结构房屋体系时应尽快采取以下措施:

(1) 建立推广新型轻钢结构房屋体系的机制,有组织地开展引进、消化、吸收和改造的工作,发展符合我国国情的新型轻钢结构房屋体系,在消化吸收的基础上,大力开展相关研究项目,制定前瞻性、指导性、应用性具佳的轻钢结构设计、施工规程和规范,完善学科体系。

(2) 在巩固并扩大工业建筑领域应用的同时,开发民用建筑系列,尤其是住宅系列的轻钢房屋建筑。

(3) 适时开展学术、技术交流,形成有关新型轻钢结构房屋体系各类学术、行业协会,以便推动新材料、新技术、新体系在轻钢建筑领域内的应用。

(4) 加强轻钢结构的教育和普及工作。高校应增加有关轻钢结构的选修课,编撰有关轻钢结构的统编教材;在社会上开办有关轻钢结构的各类讲座,出版轻钢结构方面普及型及专业型的书刊,普及轻钢结构的基本知识。

(5) 采用高品质钢材(如高强、防腐钢材等),积极研制开发新一代的高效冷弯型钢产品;积极研制开发与新型轻钢结构配套使用的高效功能材料,包括保温隔热、吸声隔声、防火以及连接材料等;积极研制开发与轻钢有关的各种组合结构,扩大轻钢的使用范围。

(6) 加强LCA理论的研究和应用,树立环保意识,努力创造可持续发展的生态环境轻钢房屋建筑,为子孙后代留下一个可发展的空间。

5 结论

新型轻钢结构建筑正显示出它环保型建筑可持续发展的优势,体现出经济、高效、快速、工厂化生产的特点。发展符合我国国情的新型轻钢结构房屋体系将对建筑业调整“产品结构”,同时推动钢铁企业向高层次发展具有重大的意义。可以预测,在21世纪,轻钢结构将在我国得到更广泛的应用。

与发展。

参考文献

- [1] 于涛, 肖定全. 一个新的研究领域—生态环境材料 [J]. 金属功能材料, 1999, 6 (1): 8~11.
- [2] Dowling P J, Burgran B A. Steel Structures in the New Millennium [J]. J. Constr. Steel Research, 1998 46 (1~3), Paper No. 423
- [3] 何一民, 史万春. 关于发展新型轻钢结构建筑的建议 [J]. 钢结构, 1996 No. 3
- [4] Yu W W. Cold-Formed Steel Design [M]. John Wiley & sons, 1985.
- [5] 汪一骏, 等. 轻钢结构设计手册 [M]. 中国建筑工业出版社, 1999.
- [6] Yuhshi Fukumoto. New constructional steels and structural stability [J]. Engrg. Struct., 1996, 18 (10): 786~791.
- [7] 陈国钧, 王成德. 评日本政府的“极限功能材料”研究计划 [J]. 材料导报, 1999, 13 (1): 6~7
- [8] Popovic O. Sustainable Aspects of Longspan Lightweight Steel Structures [J]. J. Constr. Steel Research, 1998, 46 (1~3), Paper No. 409
- [9] Anderson J. Development of an Environmental Research Strategy in Sweden [J]. J. Constr. Steel Research, 1998, 46 (1~3), Paper No. 161
- [10] 中国工程建设标准化协会. 门式刚架轻型房屋钢结构技术规程 [M]. 1999
- [11] Ogden R G, Lawson R M, Grubb P J. Steel in Housing as Part of ECSC Mega Project [J]. J. Constr. Steel Research, 1998, 46 (1~3), Paper No. 214
- [12] Lawson R M, Popo Ola S, Pedreschi R. Design of Over-cladding Systems to Existing Buildings [J]. J. Constr. Steel Research. 1998, 46 (1~3), Paper No. 213
- [13] Burstrand H. Light-gauge Steel Framing Leads the Way to an Increased Productivity for Residential Housing [J]. J. Constr. Steel Research. 1998, 46 (1~3), Paper No. 209
- [14] 郭彦林. 轻钢结构工业厂房的主要形式—山形门式刚架结构 [J]. 工业建筑, 1997, 27 (8): 18~21
- [15] 弓晓芸. 轻钢结构建筑体系的发展及展望 [J]. 工业建筑, 1995, 25 (7): 18~24
- [16] 孟宪常. 2000年我国钢材市场前景预测 [J]. 鞍钢技术, 1999, 2: 1~6

Developing New-type Light-gage Steel Structure in China

Tao Zhong, He Baokang

(College of Civil Eng., Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

[Abstract] This paper describes the concept of new-type light-gage steel structure system and discusses the characteristics of it. Some current developments of this system are introduced. The problems that we faced and will face have been put forward. Some suggestions have also been made to develop new light-gage steel structure in China.

[Key words] new type; light-gage steel structure; development; problems; suggestions