



第五届结构工程新进展论坛暨第七届海峡两岸及香港钢结构技术交流会文集

钢结构研究和新进展 (II)

Advances in Research and Practice of Steel Structures(II)

李国强 蔡克铨 陈绍礼 刘玉姝 主编

Editors in Chief: Guoqiang Li, K.C. Tsai, S.L. Chan, Yushu Liu

中国建筑工业出版社
China Architecture & Building Press

第五届结构工程新进展论坛暨第七届海峡两岸
及香港钢结构技术交流会文集

钢结构研究 and 应用的新进展(Ⅱ)

Advances in Research and Practice of Steel Structures(Ⅱ)

李国强 蔡克铨 陈绍礼 刘玉姝 主编

Editors in Chief: Guoqiang Li, K. C. Tsai, S. L. Chan, Yushu Liu

中国建筑工程工业出版社

China Architecture & Building Press

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构研究和应用的新进展 (Ⅱ) /李国强等主编.
北京:中国建筑工业出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-112-14818-9

I. ①钢… II. ①李… III. ①钢结构-学术会议-文集
IV. ①TU391-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 252706 号

责任编辑: 赵梦梅 刘婷婷 何亚楣

责任设计: 赵明霞

责任校对: 王誉欣 党 蕾

第五届结构工程新进展论坛暨第七届海峡两岸及香港钢结构技术交流会文集
钢结构研究和应用的新进展 (Ⅱ)

Advances in Research and Practice of Steel Structures (Ⅱ)

李国强 蔡克铨 陈绍礼 刘玉姝 主编

Editors in Chief: Guoqiang Li, K. C. Tsai, S. L. Chan, Yushu Liu

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20 $\frac{3}{4}$ 字数: 500 千字

2012 年 11 月第一版 2012 年 11 月第一次印刷

定价: 58.00 元

ISBN 978-7-112-14818-9
(22873)

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)

前 言 Preface

“结构工程新进展论坛”由中国建筑工业出版社、《建筑钢结构进展》编辑部和《Advances in Structural Engineering》编委会主办，旨在促进我国结构工程界对学术成果和工程经验的总结及交流，汇集国内外结构工程各方面的最新科研信息，提高专业学术水平，推动我国建筑行业科技发展。论坛每次有一个主题，前四届论坛分别在清华大学、大连理工大学、同济大学和东南大学举办，主题分别为：新型结构材料与体系；结构防灾、监测与控制；钢结构；混凝土结构。

“海峡两岸及香港钢结构技术交流会”由同济大学、台湾大学和香港理工大学合作发起，旨在促进海峡两岸及香港钢结构工程界对学术研究和工程经验的交流和探讨，交流会每隔两年一次，轮流在大陆、台湾及香港举行。继 2008 年在台湾和 2010 年在香港分别举行了第五届和第六届交流会之后，2012 年的第七届交流会又在大陆地区召开。

以上两个会议都是系列会议，每次的举办都非常成功。这次会议将两个系列会议合二为一，以钢结构研究与应用的新进展为主题，还得到了住建部执业资格注册中心的大力支持，会议除为科研和工程技术人员搭建了交流平台外，还为注册结构工程师提供了很好的继续教育内容，这也使得会议的交流更深入、影响更深远。

感谢中国钢结构协会、中国建筑金属结构协会、上海市金属结构行业协会对本次会议的支持，感谢中国建筑工业出版社、住房和城乡建设部执业资格注册中心、建筑钢结构教育部工程研究中心、香港理工大学《Advances in Structural Engineering》编委会、同济大学《建筑钢结构进展》编辑部为本次会议所做的组织工作。此外，还要感谢中建钢构有限公司对本次会议的鼎力支持。

目 录 Contents

台湾钢结构产业现况与展望/林伟凯 何长庆 陈纯森	1
COLD-FORMED STEEL-AN ALTERNATIVE FOR BUILDING DESIGN	
AND CONSTRUCTION/Ir Prof Paul PANG Ir Dr CHAN Wai Tai	11
国产钢结构钢材质量现状及质量控制措施/侯兆新 何文汇	30
冷弯成型钢管压弯构件抗震性能研究/沈祖炎 温东辉 李元齐	41
高温下冷弯不锈钢螺栓连接结构的试验研究/蔡炎城 杨立伟	51
应用反应谱分析法之阻尼器最佳化配置/黄婉婷 吕良正	62
采用高性能材料和可变形剪切连接件的大跨组合梁有限元分析/钟国辉 陈松基	82
高雄海洋文化及流行音乐中心结构设计概述/苏晴茂 陈陆民 陈焕炜 王胜辉	103
福州市海峡奥体中心体育馆屋盖结构设计概述/傅学怡 周 颖	117
大偏心单柱双层高架桥之设计与施工—以台湾国道 1 号五股杨梅段拓宽工程	
泰山至林口段为例/王泓文 蔡益成 陈光辉 林曜沧 王照烈 张荻薇	134
空间钢结构无线传感监测技术研究与实践/罗尧治	152
高层建筑伸臂桁架系统的发展/何伟明	162
CONSTRUCTION OF STEEL STRUCTURE IN HYBRID	
STRUCTURE FOR HIGH-RISE BUILDING/H. Wang	171
型钢高强钢筋混凝土结构柱在地下室逆作施工方案的	
应用与设计/刘志健, 李志城	179
日本 E-DEFENSE 五层楼实尺寸含制震斜撑钢构架振动台	
试验反应预测/蔡克铨 游宜哲 李昭贤 翁元滔 蔡青宜	191
脚手架和看台的二阶直接分析/刘耀鹏 陈绍礼	208
带竖向加劲肋钢板剪力墙设计研究/范 重 黄彦军 刘学林 肖 坚 王义华	221
面内挫屈斜撑之耐震行为与设计/陈诚直, 汤伟干	245
钢造双核心预力自复位斜撑发展与验证: 耐震实验	
与有限元素分析/周中哲 陈映全	256
波纹腹板 H 型钢的研究/李国强 张 哲	267
BIM 在钢结构制造中的应用/贺明玄 沈 峰	308

台湾钢结构产业现况与展望

林伟凯¹, 何长庆², 陈纯森³

- (1. 金属工业研究中心, 高雄 台湾 800;
2. 东和钢铁企业股份有限公司, 台北 104;
3. 成功大学建筑研究所, 台南 台湾 700)

摘要: 钢结构之高强度与高韧性颇适合于高层建筑之发展; 其轻量化与施工快速亦造就许多大跨距之桥梁与重型机具设施, 在近代工程已成为建设项目最主要之建材。由于钢结构之造价较混凝土结构略高, 在金融风暴与财务吃紧之环境, 其发展自然受到阻碍。本文谨就台湾钢结构产业之今昔汇整归纳, 供相关单位规划之参考, 并期望更美好之未来。

关键词: 高强度; 高韧性

THE STEEL STRUCTURE DEVELOPMENT AT PRESENT AND IN THE NEAR FUTURE OF TAIWAN

W. K. LIN¹, C. C. HO², C. S. CHEN³

- (1. Industrial Analyst, Metal Industries Research & Development Center, Kaohsiung 800, Taiwan;
2. Special Assistant to Board Director, Ton Ho Steel Enterprise Co., Taipei 104, Taiwan;
3. Associate Professor Expert, Cheng-Kung University Architecture Dept., Kaohsiung 700, Taiwan)

Abstract: The high strength and toughness performance of structural steel has always been used for high-rise buildings, other advantages of rapid construction schedule and lighter weight for steels are also provided for many long span bridges and heavy construction equipments. Actually, steel materials have become one of the most important construction materials. On the contrary, due to higher cost to compare with concrete, the steel structure industry development also presents some extent of difficulties. This paper collects some statistics information of steel structure industry in Taiwan for the time being and expects to develop more construction jobs in the near future.

Keywords: high strength; toughness

第一作者: 林伟凯 (1971—), 男, 产业分析师, 主要从事钢结构产业研究, E-mail: weikai@mail.mirdc.org.tw.

第二作者: 何长庆 (1956—), 男, 董事长特别助理, 主要从事钢结构材料质量营业管理; E-mail: davidho@tung-hosteel.com.

通讯作者: 陈纯森 (1948—), 男, 副教授专家, 主要从事钢结构技术推广与训练, E-mail: cscgrace@ms8.hinet.net.

1. 引言

所谓钢结构业，依经济部工业产品最新分类（2006 年 8 月），归类于金属结构制造业下的金属结构，SIC code 为 25210，其中又细分为厂房钢结构、大楼钢结构、桥梁钢结构、铁塔钢结构、其他金属建筑结构及组件等五大类产品。因钢结构是应用型钢、钢管、钢板等钢材，经加工、焊接、组立及安装后建造成之工程结构，故属钢铁下游加工产业之一。

钢结构具有高强度、高韧性、耐震性佳、工业化程度高、环境污染少，及施工速度快等特性，百年来发展非常快速，尤其是从 20 世纪下半叶起，随着世界钢铁产量的大幅增加，钢结构更加扩展了应用领域。钢结构成为高层建筑构造的主流，已是不可避免的趋势。

2. 产品应用鱼骨图

钢结构应用范围非常广泛，举凡桥梁、大楼、中低层住宅、厂房、造船、焚化炉、吊车、集尘设备、仓库、停机棚、高架电塔、汽车车体、火车车厢、储藏架、排水设备等，都会使用到钢结构，详细之产品应用范围整理如图 1。

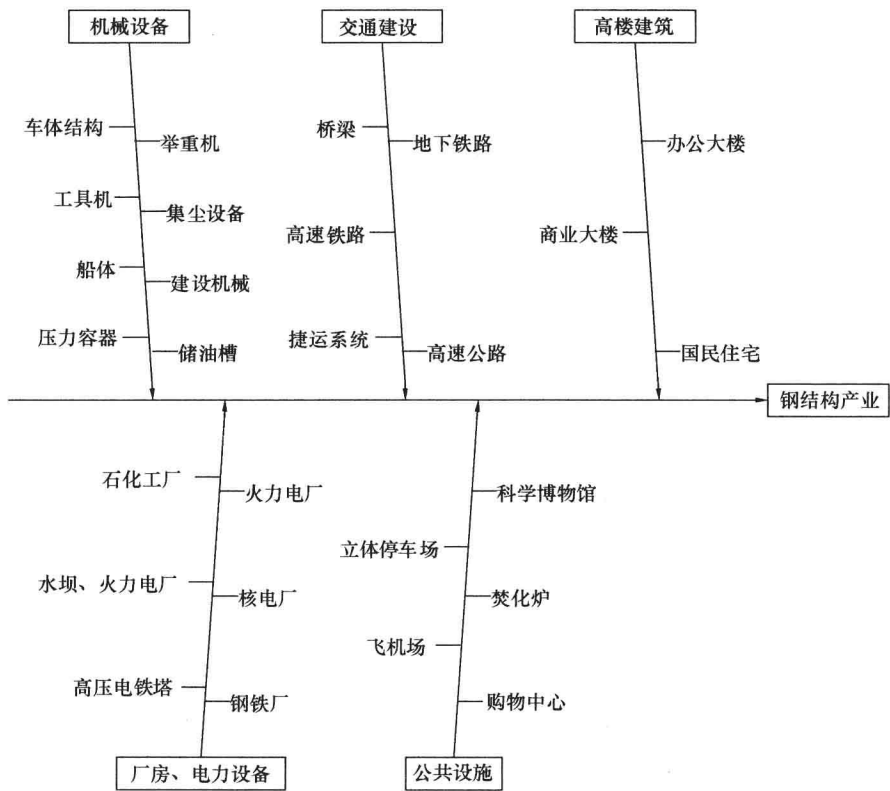


图 1 钢结构产品应用鱼骨图

3. 产业特质

在工业先进国家，钢结构产业均列为重工业的一环，其产业特质包括“劳力/资本密集产业”、“技术密集产业”、“内需市场为主”、“采订货生产，资金成本压力大”、“投入成本高，影响获利空间”、“上下游产业关联性高”等，说明如表 1。

钢结构产业特质 表 1

产业特质	说 明
劳力/资本密集产业	钢结构体积庞大，需要大量土地、厂房、设备供制造及原料储存，且因生产流程繁杂，需较多人力
技术密集产业	钢结构生产流程主要为设计/制造/生产管理三大环节，每一生产流程都必须有专门的技术人才及专用设备，才能确保钢结构质量并提升生产效率
内需市场为主	钢结构多为厚重长大型式，不适合长途运输，除了工厂制作之外，也需要现场进行实地安装，故外销比例不高，出口比例始终维持在 5% 以下
采订货生产， 资金成本压力大	钢结构无法做一标准规格的整合，因此钢构业者必须对各种不同的结构设计施工，无法生产固定产品。且钢结构多为大型建物，工程期间长，工程费用庞大，一般钢构厂必须事先投入相当多的工程资金
投入成本高，影响获利空间	钢结构产业固定成本高，且客户来源大部分是营造厂，此种发包制度使得钢构厂轮为丙方，因此在获利上自然受到严重压缩。 钢材成本高，比重约占总成本 60%，钢材的买卖常需现金交易，因此利息成本高，影响获利，且钢材价格不稳定，也会影响业者利润
上下游产业关联性高	钢结构上游产业主要为钢板及热轧 H 型钢制造商；钢板方面，中钢几乎皆可供应；热轧 H 型钢方面，东和钢铁、中龙已能满足国内需求。 在接单方面，受限于钢构业无法独立承包的缘故，均得透过营造厂商转包而来。所以，钢构业与其他产业关联性甚大

资料来源：金属中心产研组。

4. 钢结构产销分析

4.1 内部产销概况

目前参加钢铁公会钢结构小组的厂商有 28 家，年产能约 120 万吨；未参加钢铁公会之年产能合计约 100 万吨。因此台湾地区钢结构厂总产能约 220 万吨，但年需求量不足 100 万吨，呈现产能过剩现象。台湾钢结构产业的年产值占钢铁产业中的前五大，在金属工业中占有举足轻重的地位。然而，台湾虽有能力建造出全球最高的钢结构大楼，但因钢结构产业属于内需型的产业，大型工程除由大型厂商承揽外，转包或分包方式之加工情形亦十分普遍。在中小型与低技术性厂商进出抢标下，钢构厂普遍面临彼此削价竞争的局面，使得钢构业者之获利空间降低，加上 2000 年开始面临建筑业不景气，此状况持续了

2~3 年，钢结构产业深受影响，使得 2003 年钢结构产值衰退成不到新台币 300 亿元，是自 1991 年来的最低点。

2004 年起由于台湾地区多家 TFT-LCD 光电大厂纷纷投入扩厂计划，钢构市场的需求量明显激增，加上钢料价格大幅上涨，使得当年钢结构产值首次突破新台币 500 亿元，达到 522 亿元之历史新高，较 2003 年一举成长 77%。

2005 年钢结构产值回落到新台币 408 亿元，较 2004 年衰退 22%，2006 年起政府推动“加速推动都市更新”、“便捷生活设施”等公共建设计划，钢铁结构产值为新台币 440 亿元，较 95 年产值小幅成长 8%。

此外，为了改善钢结构产业体质，提升竞争力，达到永续经营之目标，中国钢铁公司与财团法人金属工业研究发展中心在经济部技术处的支持下，共同进行钢结构产业调查，发现钢结构建筑比钢筋混凝土（RC）建筑建造成本高 20%，此为钢结构未能全面普及化的最大障碍。因此，中钢公司于 2007 年 5 月邀集相关厂商及学研机构，共同筹组“钢结构高值化研发联盟”，期能提升台湾地区钢结构的使用比率与扩大市场需求。

4.1.1 供给面

2010 年钢结构产值为新台币 367.5 亿元，较 2009 年衰退 8.9%，2009 年钢结构产值为新台币 403.2 亿元，约略与 2005 年产值相当，钢结构近十年产值变化如图 2 所示。

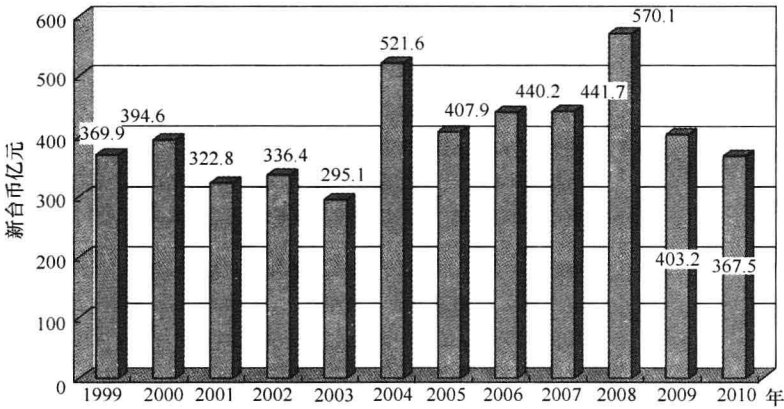


图 2 钢结构产值变化（1999~2010 年）

2010 年钢结构产值 367.5 亿元，较 2009 小幅衰退 35.7 亿元，原因为营建业需求未大幅提升，钢价水平适中，2008 年钢结构产值 570.1 亿元是有史以来最高，最主要原因是钢结构原物料钢材价格大幅飙涨。以中厚板为例，2007 年每吨平均价格为 23,583 元，2008 年飙涨至 35,317 元，足足涨了 50%；再以 H 型钢为例，2007 年每吨平均价格为 22,350 元，2008 年为 31,067 元，也涨了近 40%。如果从钢材生产量来看，2007 年钢板生产量约 139 万吨，2008 年约 130 万吨；H 型钢 2007 年生产量约 137 万吨，2008 年约 118 万吨，两者生产量 2008 年都是呈现衰退的现象。因此 2008 年钢结构产值虽然创下新高，较 2007 年多出 128 亿元，但在钢价大幅上涨及钢材减产状况下，实际上其产量应比 2007 年还少。

4.1.2 需求面

钢结构业之荣枯与下游房地产景气有着密切的关系，政府自 1992 年宣布全面实施容

积率管制，造成建商大量抢建，1992 年建造执照核准面积创下 7,644 万平方米的新高记录，而建物在 1994 年陆续申请使用执照，使核发使用执照面积也达到高峰 5,816 万平方米。之后建造执照与使用执照核准面积便开始逐年减少，加上 2000 年开始的建筑业不景气，使得 2001 年建造执照核准面积创下历史新低，仅 2,170 万平方米；紧接着 2002 年核发之建物使用执照为 2,369 万平方米，亦是最低记录。

2004 年在电子厂增建效应下，建造执照核准面积回升至 4,250 万平方米，2005 年仍维持在 4,320 万平方米，此后三年连续下滑，至 2008 年仅有 2,616 万平方米。至于使用执照核准面积在电子厂陆续完成建厂后，2006 年及 2007 年都回升在 3,600 万平方米左右，2008 年再下滑到 3,275 万平方米，在金融海啸的影响下，2009 年再下滑到 2,798 万平方米，2010 上升至 3,005 万平方米。参见图 3。

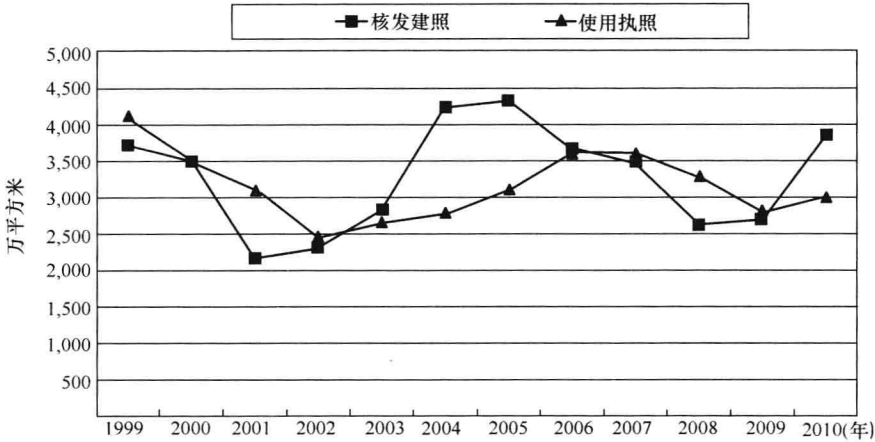


图 3 核发建造执照及使用执照总面积变化（1999～2010 年）

【资料来源：台湾/“内政部”营建署】

近 10 年钢结构市场供需分析汇整如表 2。由数据可以看出，2008 年钢结构在产值与需求都创下历史的新高，主要原因是钢结构原物料钢材价格大幅飙涨所造成，使得需求成长率高达 26.6%。至于自给率近年皆在 90%~95%左右，出口比例自 2004 年逐渐成长，2008 年已逼近 5%。种种数据显示钢结构业为高度内需型产业。

钢结构市场供需分析（1998～2010 年）表 2
单位：亿元新台币

项目	产值	出口值	进口值	台湾总需求	需求成长率	出口比例	进口依存度	台湾自给率
年	A	B	C	D=A-B+C	E	F=B/A	G=C/D	1-G
1998	397.2	11.2	22.2	408.2	-1.50%	2.82%	5.44%	94.56%
1999	369.9	8.4	28.1	389.6	-4.56%	2.27%	7.21%	92.79%
2000	394.6	8.2	19.9	406.3	4.29%	2.08%	4.90%	95.10%
2001	322.8	10.4	24.6	337.0	-17.06%	3.22%	7.30%	92.70%
2002	336.4	10.3	24.3	350.4	3.98%	3.06%	6.93%	93.07%
2003	295.1	11.5	29.5	313.1	-10.64%	3.90%	9.42%	90.58%
2004	521.6	11.6	27.3	537.3	71.61%	2.22%	5.08%	94.92%

续表

项目	产值	出口值	进口值	台湾总需求	需求 成长率	出口 比例	进口依存度	台湾 自给率
年	A	B	C	$D=A-B+C$	E	$F=B/A$	$G=C/D$	$1-G$
2005	407.9	11.7	22.8	419.0	-22.02%	2.87%	5.44%	94.56%
2006	440.2	13.3	32.4	459.3	9.62%	3.02%	7.05%	92.95%
2007	441.7	16.9	43.9	468.7	2.05%	3.83%	9.37%	90.63%
2008	570.1	28.2	51.5	593.4	26.61%	4.95%	8.68%	91.32%
2009	403.2	22.4	33.6	414.2	-30.18%	5.45%	7.97%	92.03%
2010	367.5	18.2	26.3	375.3	-9.42%	4.90%	6.93%	93.07%

资料来源：ITIS 产销数据库、海关进出口统计月报。

5. 进出口概况

5.1 进口

近 10 年钢结构进口变化如图 4 所示，2010 年进口量为 6.85 万吨，较 2009 年成长 15%，进口值为 41.2 亿元新台币，也较 2009 年成长 41.5%。2010 年受国际钢价上扬影响，进口平均单价每吨超过 6 万元，较 2009 年成长 24%，几乎比 2009 年多了 2 万元/公吨，2008 年进口平均单价虽较 2007 年下滑 9.8%，单价仍高达每吨近 6.4 万元新台币。

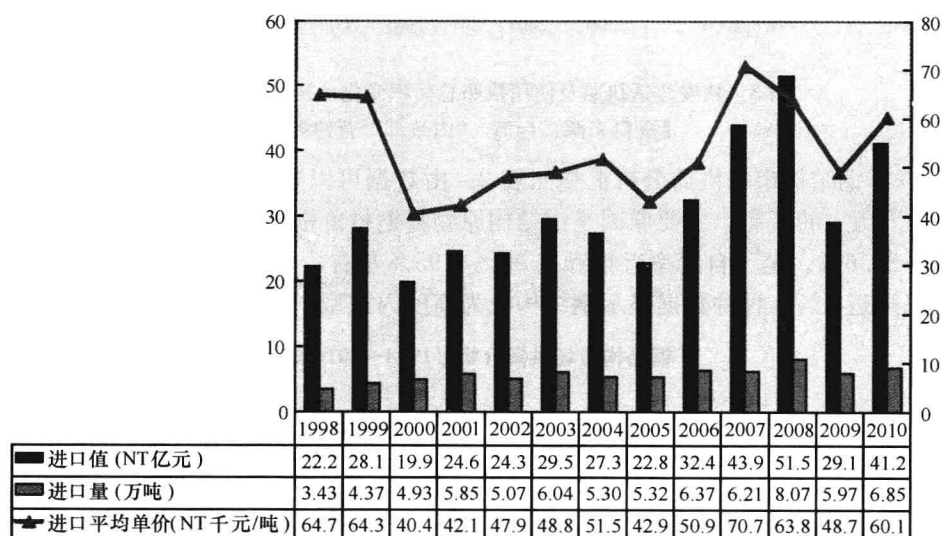


图 4 台湾钢结构进口变化分析（1998~2010 年）【资料来源：台经院】

在进口排名方面，中国内地、越南、日本名列前三，进口量占有率合计刚好九成，其中中国内地一枝独秀，占有率高达 71%。中国内地的进口量虽大，但其平均单价最低，每公吨约 3.9 万元，远不及整体进口平均单价的 6.4 万元/吨。从平均单价的数据来看，自美国进口的钢结构产品平均单价最高，每吨平均单价高达 209570 元；日本次之，每吨

为 184261 元，详见表 3。

2010 年钢结构前五大进口国家贸易表现 表 3
单位：吨、百万新台币、元/t

排 名	进口国家	进 口 量	占 有 率	进 口 值	平均单价
1	中国大陆	56,468	71.3%	2,237.3	39,615
2	越南	5,628	8.5%	254.8	45,273
3	日本	3,844	5.4%	708.3	184,261
4	韩国	2,671	3.9%	317.7	118,944
5	美国	1,024	1.7%	214.6	209,570

资料来源：台经院。

5.2 出口

2010 年钢结构出口量较 2009 年成长 24%，达 2.51 万吨，出口值也达到 12.8 亿元新台币，较 2009 年成长 33%，2008 年出口量值都是历年之最高。2008 年出口平单价则与 2007 年相当，每吨出口平均单价为 5.6 万元，见图 5。

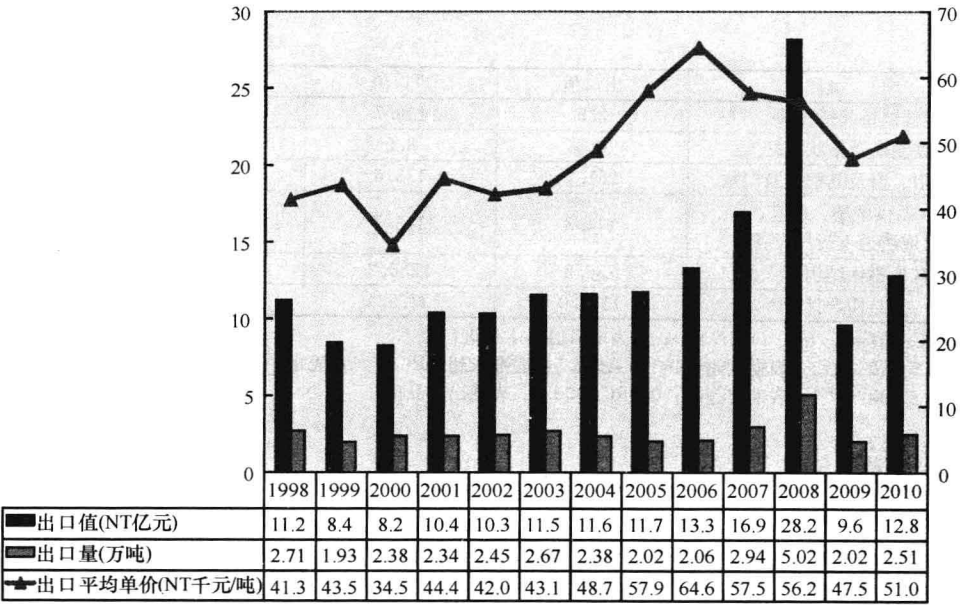


图 5 钢结构出口变化分析（1998～2010 年）【资料来源：台经院】

出口国排名方面，美国为台湾钢结构外销最主要的市场，2010 年出口量占有率达 29.5%，出口值达 531.6 百万新台币。新加坡则为第二大出口市场，出口量占有率为 9.2%，出口值为 179.8 百万新台币。其中，值得注意的是新加坡出口量逐年升高，排名已跃居第二名，反观日本以往在 2～3 名徘徊，2010 年落至第 5 名。若以出口平均单价来比较，2010 年出口至日本的平均单价最高，每吨出口平均单价达 59286 元，参见表 4。

2010 年钢结构前五大出口国家贸易表现

表 4

单位：吨、百万新台币、元/t

排 名	出口国家	出 口 量	占 有 率	出 口 值	平均单价
1	美国	12,986	29.5%	531.6	40,936
2	新加坡	4832	9.2%	179.8	37,210
3	阿拉伯	2980	6.7%	117.6	39,463
4	越南	2017	5.7%	81.5	40,406
5	日本	1906	5.4%	113.0	59,286

资料来源：台经院、本研究。

5.3 出入超指标

台湾钢结构产品 2010 年出口比例及进口依存度仅为 3.98% 及 5.85%，虽然贸易量并不大，但就外贸逆顺差的角度而言，钢结构产品仍以入超倾向为主，两大强入超产品分别为“其他钢铁结构体”与“钢铁制桥及桥体段”，RCA 值分别为 1.52 及 1.96。属于准出超品产品则有“钢铁制供鹰架、窗套、支柱或坑道支持用设备”与“钢铁制门、窗及其框架及门坎”，2010 年钢结构产品出入超倾向如表 5 所示。

2010 年台湾钢结构产品出入超倾向指针分析

表 5

单位：百万新台币

项 目	出口值	进口值	RCA 值	出入超倾向
钢铁制桥及桥体段	2.5	109.7	1.96	强入超品
钢铁制塔及格状桅杆	6.5	8.5	1.13	准入超品
钢铁制门、窗及其框架及门坎	251.7	133.6	0.69	准出超品
钢铁制供鹰架、窗套、支柱或坑道支持用设备	144.8	143.7	0.99	准出超品
其他钢铁结构体	736.2	2330.2	1.52	强入超品
钢结构合计	1162.0	2729.4	1.40	准入超品

注：RCA 值 = $1 - (E - I) / (E + I)$ ；E 为出口值，I 为进口值

1.5 < RCA ≤ 2：表强入超；1 < RCA ≤ 1.5：表准入超；RCA = 1：表水平贸易品

0.5 ≤ RCA < 1：表准出超品；0 ≤ RCA < 0.5：表强出超品

6. 产业前景分析

近年来台湾各地兴建为数不少的高层及高密度之钢筋混凝土集合式住宅，集合式住宅可降低土地成本，并提高土地的利用率，但 921 地震发生后，在市郊地区，民众开始青睐低层数的轻钢构建筑，在高地价之市区，则兴建钢结构高层建筑，主要是希望以钢材之韧性来承担作用力。另外，由于劳动人口减少、工资高涨、工地安全与环保的重视、建材轻量化的趋势、建材防火性的要求、工程质量的提升以及工期的缩短，传统厚重的建材（钢筋混凝土）与需要众多劳力的施工方式已逐渐式微，取而代之的是高质量、轻量化的营建材料，以及短工期与低劳动量的施工方法，因此造成钢构建筑逐渐受到重视。因此从以上因素得知，不论未来的建筑是往高楼或低层建筑方向发展，在钢构渐被采用的同时，国内营建业面对生存环境的改变与转型，已是不争之事实，也显示出营建业转型的必要性。

钢结构产业为一内需型产业，其产业前景深受营建业的荣枯与政府公共工程释出量的

影响，对于未来影响钢构业发展的正负面因素整理如表 6。其中较近期的正面因素主要在于日本大地震，未来东北地区重建需求可观，加上大地震后，将更强化钢结构建筑的重要性与安全性，再者，政府推动扩大内需方案，包括桥梁、快速道路等工程，以提振经济。此外政府积极推动绿建筑钢构造的观念，将有利于钢结构市场之推广。再者，未来二氧化碳排放量的管制，水泥在制造生产与用于营建时所产生的环保问题，以及 RC 建筑物在拆除重建时再利用有其困难，采用钢结构似乎是建筑发展趋势。因此世界各国皆不断地发展以钢材为建筑物的基本原料，针对市场的需求之下，近 20 年来钢结构已渐渐地在世界各国成为重要建筑与桥梁所使用的主流建材。

负面因素为自 2008 年下半年起，金融风暴席卷全球，营建业亦遭受波及，连带影响钢结构市场之正常发展。除此之外，钢结构专业人才不足，证照、检验制度未落实，钢结构管理规范不完备及营造业体制不健全，钢结构成本仍偏高、绿建筑观念仍不普及等。

有鉴于欧美先进国家广泛采用钢结构为主要建筑材料，对于国家资源及人民安全多了份保障，台湾地区也亟须政府法令规范以及消费者和建商建立共识。在生命财产重于成本考虑的观念导正下，政府如能正视问题所在，修改营建法规相关法令，缩短钢结构与钢筋混凝土之成本价格差距，钢结构建筑的推动才得以具体落实。

未来钢结构市场发展正负面因素分析 表 6

因素项目	正面影响	负面影响	说明分析
日本大地震，未来东北地区重建需求可观	✌		2011 年 3 月 11 日 13 时 46 分，日本东北地区和关东地区受地震影响最大，而这两个地区是日本工业重地，未来东北地区重建需求可观
政府扩大公共工程建设	✌		2009 年台湾推动扩大内需方案，全台有近 60 座桥梁将优先展开维修兴建，这与钢结构较为相关
环保问题与建筑发展趋势	✌		由于水泥的开采设限与设厂制造对环境的冲击，以及砂石的短绌，环保意识的不断提高的时代，使用具环保且可回收的钢材作为建筑材料，应是台湾未来发展的一个重要趋势
政府积极推动“绿建筑”观念	✌		钢结构具有维护生态环境之绿建筑指标，将有利于钢结构市场之推广
钢结构专业人才不足，证照、检验制度未落实		✌	1. 学校教育师资不足，建筑、土木、营建科系学生对钢结构相关的素养普遍不足。2. 设计、施工相关教材不足。3. 施工专业技术人员（放样、吊装、焊接、检验）缺乏。4. 专业技术人员能力之重要性未被肯定，造成薪资结构不合理
全球金融风暴		✌	自 2008 年下半年起，金融风暴席卷全球，营建业亦遭受波及，2009 年市场景气依旧处于低迷状态，连带将影响我国钢结构市场之正常发展
部分钢构设施投资高，维护不易		✌	台湾地区地属潮湿多雨之海岛型气候，钢铁结构之防锈蚀乃极为重要，如何提高钢结构之耐久性为努力目标
营造业体制之加强		✌	营造业贵为钢构业之业主，体制有待加强，主管建筑机关专业能力及人力不足，无法有效监督
尚未建立完整的现场监督机制		✌	钢构组装，须现场人工焊接之部位甚多，而施工人员良莠不齐，容易产生人为的疏误及瑕疵，因此有必要建立完整的现场监督与质量检测机制，以确保钢构建筑的耐震安全

7. 结论

就技术观点言，钢结构确实具备许多优点。如何使钢结构能更进一步之发展，依赖产业界、学术界及政府机关之正视与共同努力。

参考文献

- [1] Ho Ming Kam, Steel construction building science and technology R & D and industrial development, Republic of China Steel Structure Association, the sixth General Assembly, April 27, 2007
- [2] Republic of China Customs import and export statistics, Directorate General of Customs of the Ministry of Finance
- [3] Industrial Production Statistics Monthly, Ministry of Economic Affairs and Statistics Department

COLD-FORMED STEEL-AN ALTERNATIVE FOR BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION

Ir Prof Paul PANG¹, Ir Dr CHAN Wai Tai²

(1. Honorary Fellow, Hong Kong Institute of Steel Construction

2. Vice-President and Membership Officer, Hong Kong Institute of Steel Construction)

Abstract : Cold-formed steel is made from quality steel plate or coil that is formed into shape either through press-braking (for heavy gauge metal plate) or bend braking (for light gauge metal sheet) (see Figure 1), or more commonly, by roll-forming through a series of dies at ambient temperature (see Photo 7) . No heat is required to form the section and thus the name “cold-formed steel” is acquired.

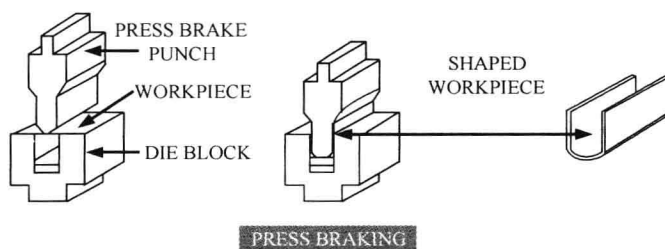


Fig 1 Press braking process

(Bend braking process is similar but its punching rate is faster) (Wikipedia)

The use of cold-formed steel as primary structural members in building design and construction has been prevailing in countries such as Australia, Mainland China, Japan, European countries and Northern American countries, etc.

In the Code of Practice for the Structural Use of Steel 2005 (i. e. Steel Code 2005), it gave recommendations only for the design of cold-formed sheet profiles (i. e. thin gauge corrugated open sections) with nominal thickness up to 4mm and other cold-formed steel sections (both open sections and closed hollow sections) with nominal thickness up to 8mm. Welding was not permitted and this hampers the wide application of cold-formed steel in building design and construction.

In the advent of the Code of Practice for the Structural Use of Steel 2011 (i. e. Steel Code 2011), design guidelines are substantially formulated for the use of cold-formed steel hollow sections with nominal thickness up to 22mm and cold-formed steel sheet pile sections with nominal thickness up to 16mm. Their requirements on tensile strength, notch toughness and ductility should comply with the essential requirements for the parent hot-rolled steel.

Another revamp in the Steel Code 2011 is the permission of welding within a length of 5 times the section thickness on either side of cold-formed zone. Occasionally, sections may be cold-formed with tight cor-

ners which violate the minimum radius-thickness ratio and no pre-normalizing treatment is done. In these circumstances, the Registered Structural Engineer should submit a valid Welding Procedure Specification for the approval of the Building Authority before the carrying out of welding works in cold-formed zones.

During cold-forming of steel sections, high residual stresses are created at the bent locations. This may render cracking/peeling at bent corners when the sections undergo hot-dip galvanizing bath. Special consideration should be made for this particular phenomenon at the time of order placement.

As the Steel Code 2011 promulgates the use of cold-formed steel, it offers the construction industry an alternative to choose. Now that special steel grades to BS 10149 Part 2 and Part 3 are stipulated in the Steel Code 2011, very tight corners of cold-formed sections with inside bend radius equal to the plate thickness are permitted. It is anticipated that peculiar section shapes generally not available from hot-rolled products can be tailor-made using the cold-forming technologies so as to produce an aesthetic outlook that tallies with innovative design conceived by the architects.

Keywords : Cold-formed steel, hollow section, sheet pile section, radius-thickness ratio, external corner profile, inside radius, Welding Procedure Specification, Welding Procedure Approval Record, hydrogen embrittlement, circular hollow section (CHS), rectangular hollow section (RHS), square hollow section (SHS), tight corner, cracking.

Use of Cold-formed steel in Steel Code 2005

In the Steel Code 2005, it gave recommendations only for the design of cold-formed sheet profiles (i. e. thin gauge corrugated open sections) with nominal thickness up to 4mm and other cold-formed steel sections (i. e. open and closed hollow sections) with nominal thickness up to 8mm. Welding was not permitted.

Mechanical properties of cold-formed steel

Cold forming is a process whereby the main forming of metal section is done at ambient temperature. It changes the material properties of steel and impairs ductility as well as notch toughness but enhances strength. These changes may also limit the ability to weld in cold-formed zones. The extent to which the properties are changed depends upon the type of steel, the forming temperature and the degree of deformation. The basic requirements on strength, notch toughness and ductility shall comply with parent material. Figure 2 shows the stress-strain relationship of cold-formed steel.

Cold-formed thin gauge corrugated open sections

Cold-formed thin gauge corrugated sheet profiles are commonly used, such as Lysaght Bondek sections and Lysaght Spandek sections, etc.

For instance, Lysaght Bondek section is of re-entrant sheet profile which is well known for its excellent capacities for greater strength and less deflection and is usually used as permanent formwork for composite slab construction. It has re-entrant ribs of 54mm indented into the concrete slab at about 200mm centre to centre spacing. It is availa-