



British Steel

J.A.Packer
J.E.Henderson 著
J.J.Cao (曹俊杰)

空心管结构连接 设计指南

● 科学出版社

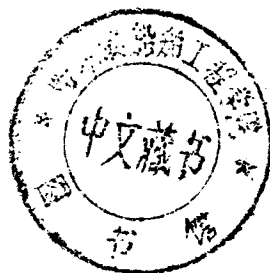
403698

空心管结构连接设计指南

J. A. Packer

J. E. Henderson 著

J. J. Cao (曹俊杰)



科学出版社

1997

内 容 简 介

空心管材已被世界各国广泛应用于各类钢结构中,但其连接设计一直是空心管结构设计中的一个棘手问题,受到各国科研人员越来越大的重视。

本书汇集了当前世界上各种最新的空心管结构的连接设计方法,其中包括国际焊接协会(IIW)和国际管结构发展与研究委员会(CIDECT)多年的研究成果和所推荐的设计方案。

本书适合从事钢结构设计的工程技术人员、研究生及高校有关专业的高年级大学生和教师参考。

空心管结构连接设计指南

J. A. Packer

J. E. Henderson 著

J. J. Cao(曹俊杰)

责任编辑 杨 岭

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

*

1997年7月第一版 开本:850×1168 1/32

1997年7月第一次印刷 印张:12 1/4

印数:1-900 字数:320 000

ISBN 7-03-006028-8/TU·57

定 价: 30.00 元

英文版序言

本书汇集了当前空心管(Hollow Structural Section)结构连接设计的各种方法,主要是为结构设计工程师而编写的。在钢结构设计中连接的强度经常对空心管的选择起控制作用,连接部位不易进行内部加强可能会成为设计工程师的难题。然而,当了解连接的特性,从而进入理性设计阶段后,连接部位的内部加强通常可以避免,这样可通过使用空心管获得最大的经济效益。

在本书的撰写过程中,很大程度上依靠了国际管结构发展与研究委员会 CIDECT (Comité International pour le Développement et l'Etude de la Construction Tubulaire) 所资助的研究工作、它的专题论文与设计手册,也依靠了国际焊接协会 IIW (International Institute of Welding) 管结构焊接接头分会 (Subcommission on Welded Joints in Tubular Structures of IIW) 的设计方法。作者要感谢 Stelco 公司提供其“Design Guide for Hollow Structural Section Connections”(sec. ed., 1981) 中的内容,该手册为本书的前身。本书的出版也有赖于加拿大空心管制造商的支持,有赖于钢结构教育基金会 (Steel Structures Education Foundation)、加拿大焊接协会 (Canadian Welding Bureau) 与美国钢铁协会 (American Iron and Steel Institute) 的资助。

加拿大与欧洲生产的空心管材被广泛应用于北美、欧洲及其它地区。本书给出了加拿大空心管材与欧洲空心管材的尺寸参数以供读者选用。本书的公式中尽可能使用无量纲参数,所有的例题均以公制进行计算。另外,本书的极限状态设计概念均与加拿大标准 CAN/CSA-S16.1-M89 相一致。

本书所提供的资料主要用于陆地建筑结构,是载荷/承载力计算的基础。然而,本书的有关章节也涉及到其它方面(如桥梁、照明

与信号支柱及起重机臂架设计中的疲劳强度)的应用。完整的设计例子是静载作用下用方管或圆管制造的桁架,例题计算中应用了各种设计图线。在适当的地方也提到了相应的计算机设计方法。

本书读者将会意识到,加拿大标准 CAN/CSA-S16.1-M89 “钢结构极限状态设计”第 13 节与第 18 节(用混凝土填充的空心管柱)已包括了空心管杆件的设计。加拿大钢结构协会(Canadian Institute of Steel Construction)的“Handbook of Steel Construction”(5th. ed., 1991)提供了 C 级与 H 级空心管柱的承载能力。因此,作者希望结构工程师们认识到,从 90 年代起本书将会成为空心管结构设计中有关连接设计的一本实用的参考手册,从而更广泛地使用这种外表美观的结构型材。实际上本书的设计方法并不仅局限于加拿大设计标准与加拿大管材,这些设计方法可应用于其它广泛使用的钢结构设计规范与其它规格的空心管材。欧洲钢结构设计规范(ENV 1993-1-1 Eurocode 3 : Design of Steel Structures)被广泛应用于欧洲,代表了当前欧洲钢结构设计的最高水平。作为一个应用实例,在本书 British Steel 前言中将本书的设计方法应用于欧洲钢结构设计规范与欧洲热轧空心管材。

非常感谢在本书出版中得到的多方面的帮助,包括加拿大钢结构协会的 Messrs. M. I. Gilmor, D. L. T. Oakes 与 E. Y. Chien 对本书的编辑加工, R. M. Korol 与 G. A. Morris 教授、K. M. Kerluke 先生、A. M. van Wingerde 博士对部分章节的审阅,以及 B. H. Goodall 先生将本书应用于欧洲设计规范与热轧空心管。

1992 年 7 月

J. A. Packer

J. E. Henderson

中文版序言

最早的空心管结构出现在东方,也就是将竹子作为建筑材料。目前具有高承载力的空心管材已在世界各地得到广泛的应用,但在中国这类材料的应用还不普及。随着当前中国经济的飞速增长,建筑业得到蓬勃发展,此刻正是鼓励与促进空心管材在中国广泛应用的最好时机。为此,作者将本书献给中国的工程技术人员。

本书英文版作者 J. A. Packer 教授(加拿大多伦多大学)与 J. E. Henderson 先生(加拿大 Henderson 工程服务公司)非常高兴能与 J. J. Cao 博士(曹俊杰,加拿大多伦多大学)合作出版中文版《空心管结构连接设计指南》。非常感谢英文版的出版者加拿大钢结构协会同意出版本书的中文版。本书中文版是根据 1992 年英文版翻译而来,并对书中个别印刷错误作了修正。另外,由于英国钢铁有限公司对本书中文版的资助,本书第一章增加了欧洲热轧空心管的最新技术数据。本书作者衷心地感谢杨国静博士将中文稿输入计算机并对文稿翻译进行校正以及上海交通大学陈铁云教授对全书的审阅。

同时,对科学出版社杨岭先生对本书出版所作出的努力表示感谢。

1996 年 8 月

J. A. Packer

J. E. Henderson

J. J. Cao (曹俊杰)

CISC 前 言

加拿大钢结构协会(CISC)为全国性的工业界组织,代表了加拿大结构钢、开口型钢与钢板的加工工业。CISC 成立于 1930 年,于 1942 年获得联邦政府证书,为一个非盈利组织,旨在促进有效且经济地将加工后的结构钢应用于建筑工程中。

CISC 非常高兴出版这本设计手册。CISC 在不断地努力提供最新的、实用的资料,以帮助设计者、加工者、教育者及其他对钢在建筑中的应用感兴趣者的过程中,本书为一个重要的组成部分。

本设计手册的出版得到了钢结构教育基金会(SSEF)、加拿大焊接协会(CWB)与美国钢铁协会(AISI)的大力支持。

SSEF 成立于 1985 年,旨在通过教育促进钢材在结构中的应用。

CWB 为联邦政府组成的非盈利的证书组织,负责管理有关焊接加工工业、焊接消耗材料工业及焊接检查工业的证书计划。证书计划为不同的 CSA 标准,像 W47、W48 与 W178。加拿大标准委员会(Standards Council of Canada)委托 CWB 负责 W47.1 与 W47.2。CWB 在加拿大全国及欧洲设有办事处,总部设在安大略省的 Mississauga。

AISI 为一个非盈利组织,其成员包括整个西方世界许多钢铁制造公司。协会的活动包括钢铁工业及其产品的研究、技术与工程、收集与散发统计数据、资料的流通、公共事务、包括健康与安全的工业间关系的讨论。

CISC 与钢结构教育基金会紧密配合,开展与钢结构设计与施工有关的教育课程与计划,本书就是一个例子。CISC 支持并积极参与了加拿大标准委员会、加拿大标准协会(Canadian Standards Association)、全国建筑规范委员会(Associate Committee on the

National Building Code)及加拿大与其它国家的许多组织的研究工作与标准的制定。

工程计划的准备不属于 CISC 的工作范围,但协会通过其专业工程技术人员,通过编辑与发行其出版物,通过讲座、课程、会议、录像带及计算机程序提供技术信息,欢迎建筑师、工程师及其他对钢结构感兴趣者使用 CISC 的信息。

虽然 CISC 尽一切努力去保证本书中所有数据的真实性,保证数据的精度与现行的设计规范相一致,但 CISC 并不准备承担由于使用本书中的内容而产生错误与失误的责任。凡使用本书者应自行承担所引起的后果。对本书改进所提出的建议均会转达于本书的作者以在再版中加以考虑。

CISC 地址: 201 Consumers Road

Suite 300

Willowdale

Ontario M2J 4G8

Canada

电 话 : +1-416-491-4552

传 真 : +1-416-491-6461

电子邮址 : 76331.1001@compuserve.com

泛 网 : <http://www.buildingweb.com/cisc/index.html>

British Steel 前 言

本书所给出的 SHS (在欧洲用 SHS 表示空心管,在北美用 HSS 表示空心管)焊接接头的设计方法主要基于 CIDECT (Comité International pour le Développement et l'Etude de la Construction Tubulaire)与 IIW(International Institute of Welding)所进行的研究工作,因此这些设计方法在国际上得到广泛应用。英国钢铁有限公司管材分部(British Steel plc Tubes & Pipes,简称为 BS T & P)是 CIDECT 的成员之一,对 CIDECT 的研究工作做出了很大的贡献。

BS T & P 多年来一直在积极促进管结构的发展,其中包括:

i) 出版大量的技术文件以向工程师与建筑师提供 SHS 在建筑设计与应用中的基本方法,有关的技术文件为:

TD 167 热轧空心管(Hot Finished Structural Hollow Sections)

TD 364 技术数据(Technical Data)

TD 328 焊接(Welding)

TD 325 SHS 的连接(SHS Jointing)

TD 384 SHS 的连接-盲孔螺栓 (SHS Jointing-Flowdrill & Holo-bolt)

TD 365 根据英国标准 BS 5950 第一部分设计 SHS 结构 (SHS Design to BS 5950:Part 1)

TD 296 混凝土填充柱设计手册第一、二部分 (Design Manual for Concrete Filled Columns- Parts 1 &2)

以上这些技术文件可向英国钢铁有限公司位于英国 Corby 的总公司及位于世界各地的国际销售部索取,有关地址附于本节尾部。

ii) 正在进行一项增加管结构应用的发展计划。在完善焊接接头设计方法的同时,对混凝土填充的 SHS 柱进行了研究以增加柱的承载能力与耐火性能,并发展“盲孔螺栓”(Flowdrill & Holo-bolt)系统以便于与 SHS 柱相连接。

iii) BS T & P 在世界各地的工程师与技术顾问及结构设计中,对 SHS 连接及其它技术问题提供全世界范围内的技术咨询服务。但有一点要注意,BS T & P 的建议仅供参考,设计工程师应对设计负责。

虽然本书是基于加拿大极限状态设计规范与加拿大所用的 HSS 的规格与截面参数,但却提供了管结构设计,特别是管结构接头设计的一般方法。因此,对于设计工程师,本书是一本优秀的设计指南,可应用于其它广泛采用的钢结构设计规范及不同的材料规格。欧洲钢结构设计规范(ENV 1993-1-1 Eurocode 3: Design of Steel Structures -Part 1.1: General rules and rules for buildings)被广泛应用于欧洲,代表了当前欧洲钢结构设计的最高水平。

本书第十三章中给出了标准 Warren 桁架的具体设计计算。为了演示其它设计规范的应用,现用欧洲钢结构设计规范(ENV 1993-1-1 Eurocode 3)预选中部上下弦杆截面(参见 13.2.2 节),所用热轧 SHS 符合以下英国标准:

BS EN 10210-1: 成品技术要求 (Technical delivery requirements)

BS EN 10210-2: 公差、尺寸与截面参数 (Tolerances, dimensions and sectional properties)

预选杆件截面

中部上弦杆

杆件 8-10 上载荷为 -1420kN , L_{eff} 为 $0.9 \times 1875 = 1690$, 试用 $180 \times 180 \times 8$ RHS (级别为 S355J2H)

$$A = 54.7\text{cm}^2 \quad N_{\text{brd}} = 1799\text{kN}$$

利用率为 $1420/1799=0.79$ 。

若仅考虑轴向承载力,该截面强度足够,但局部接头的强度还需校核。

中部下弦杆

杆件 9-11 上载荷为 1440kN,

$$A_{(\min)} = N_{\text{sd}} \gamma_{\text{M0}} / f_y = 1440 \times 1.05 \times 10 / 355 = 42.6 \text{ cm}^2$$

试用 $150 \times 150 \times 10$ RHS(级别为 S355J2H)

$$A = 55.5 \text{ cm}^2 \quad N_{\text{tRd}} = 1876 \text{ kN}$$

利用率为 $1440/1876=0.77$ 。

以上符号为:

L_{eff} 有效长度 N_{bRd} 屈曲承载力设计值

N_{sd} 设计内力 γ_{M0} 钢材安全因子,以上为英国应用值

f_y 材料屈服强度 N_{tRd} 受拉承载力设计值

请参阅欧洲钢结构设计规范(ENV 1993-1-1 Eurocode 3: Design of Steel Structures-Part 1.1: General rules and rules for buildings)。

英国钢铁有限公司管材分部(BS T & P)地址如下:

PO Box 101

Weldon Road, Corby

Northants, NN17 5UA

UK

电话: +44 1536 402121

传真: +44 1536 404111

英国钢铁(亚洲)有限公司在亚洲的有关地址如下:

英国钢铁(亚洲)有限公司 [British Steel (Asia)Ltd]

香港 北角 英皇道 260 号 怡安中心六楼

电话: +852 2807 0196

传真: +852 2807 1805

英国钢铁(亚洲)有限公司台湾分行

台湾省 台北市 新生南路一段 50 号 14 楼

电话: +886 2395 4638

传真: +886 2321 8088

英国钢铁(亚洲)有限公司北京联络处

北京市 建国门外大街 1 号 国贸大楼 2718 号

邮编: 100004

电话: +86 10 6505 3182

传真: +86 10 6505 2805

英国钢铁(亚洲)有限公司上海办事处

上海市 延安东路 100 号 联谊大厦 908 室

邮编: 200002

电话: +86 21 6326 2280

传真: +86 21 6326 2185

英国钢铁(亚洲)有限公司广州联络处

广州市 流花路 109-9 号 达宝广场 903 室

邮编: 510010

电话: +86 20 8667 4064

传真: +86 20 8667 7464

目 录

第一章 绪 论	(1)
1.1 HSS 结构	(1)
1.2 HSS 连接设计的发展过程	(5)
1.3 加拿大和欧洲的 HSS 加工过程与标准	(8)
1.3.1 加工过程	(8)
1.3.2 钢材级别	(9)
1.3.3 尺寸范围	(11)
1.3.4 截面尺寸	(12)
1.3.5 圆角半径	(12)
1.4 HSS 的物理性能	(13)
1.5 符号与缩写	(47)
第二章 标准桁架设计	(56)
2.1 成本分析	(56)
2.1.1 与其它型钢相比的成本分析	(56)
2.1.2 各种 HSS 的成本分析	(57)
2.2 桁架设计的内力计算	(59)
2.2.1 桁架形状	(59)
2.2.2 桁架分析	(60)
2.3 受压杆件的有效长度	(63)
2.3.1 简化规则	(63)
2.3.2 对 HSS 腹杆的经验方法	(64)
2.3.3 侧向长距离无支撑的受压弦杆	(65)
2.4 桁架变形	(69)
2.5 有关静强度重要事项	(69)
2.5.1 一般注意事项	(70)
2.5.2 特殊注意事项	(70)

2.6	桁架设计过程	(71)
第三章	标准桁架焊接连接	(74)
3.1	符号与偏心	(74)
3.2	弦杆与腹杆均为 HSS 的桁架	(75)
3.2.1	K 型与 N 型接头	(75)
3.2.1.1	K 型与 N 型接头的失效模式	(76)
3.2.1.2	K 型与 N 型接头的设计公式	(79)
3.2.2	T、Y 及 X 型接头	(82)
3.2.2.1	T、Y 及 X 型接头的设计公式	(82)
3.2.3	KT 型接头	(83)
3.3	宽翼缘弦杆与 HSS 腹杆组成的桁架	(85)
3.4	可行范围	(98)
3.4.1	圆管弦杆与腹杆	(98)
3.4.2	方管弦杆与方管或圆管腹杆	(98)
3.4.3	矩形管弦杆与矩形管、方管或圆管腹杆	(100)
3.4.4	宽翼缘弦杆与矩形管、方管或圆管腹杆	(102)
3.5	设计图线	(103)
3.6	弦杆拼接	(114)
3.7	加强接头的设计	(114)
3.7.1	用加强板	(115)
3.7.1.1	K 型与 N 型接头	(115)
3.7.1.2	T、Y 与 X 型接头	(118)
3.7.2	用混凝土填充	(120)
3.8	弦杆折点的 HSS 接头	(122)
第四章	非标准桁架设计	(125)
4.1	双弦杆 HSS 桁架	(125)
4.1.1	双弦杆桁架类型	(125)
4.1.2	双弦杆桁架的试验研究	(128)
4.1.3	双弦杆桁架设计指导	(129)
4.1.3.1	焊接分离双弦杆桁架	(129)
4.1.3.2	螺栓连接分离双弦杆桁架	(130)
4.1.3.3	背靠背双弦杆桁架	(130)

4.1.4	分离双弦杆桁架接头设计	(131)
4.2	腹杆端部缩头或压扁的桁架	(132)
4.2.1	圆管弦杆	(133)
4.2.2	方管弦杆	(135)
4.3	腹杆与弦杆角连接的桁架	(138)
4.4	用矩形管制造的梁	(141)
第五章	多平面焊接接头	(145)
5.1	双 X 型(XX)接头	(145)
5.1.1	圆管接头	(145)
5.1.2	矩型管接头	(146)
5.2	三角形桁架	(147)
5.2.1	圆管三角形桁架	(149)
5.2.2	方管三角形桁架	(150)
第六章	HSS 承弯接头	(153)
6.1	方管或矩形管空腹接头	(153)
6.1.1	空腹桁架	(153)
6.1.2	接头的特性与强度	(156)
6.1.3	接头的柔度	(162)
6.1.4	设计实例	(163)
6.1.4.1	杆件的塑性设计	(163)
6.1.4.2	杆件的弹性设计	(169)
6.2	角接头	(171)
6.3	平面内与平面外弯矩作用的 T 型与 Y 型接头	(175)
6.3.1	矩形管受平面内弯矩	(176)
6.3.2	圆管受平面内弯矩	(177)
6.3.3	矩形管受平面外弯矩	(178)
6.3.4	圆管受平面外弯矩	(180)
6.4	加强的方管与矩形管接头	(182)
第七章	螺栓连接桁架接头	(186)
7.1	圆管法兰接头	(186)
7.2	矩形管法兰接头	(191)

7.2.1	矩形管两侧布置螺栓的接头	(191)
7.2.2	矩形管四周布置螺栓的法兰接头	(195)
7.3	其它螺栓拼接接头	(196)
7.4	矩形管与节点板的连接	(199)
7.4.1	净截面积、有效净截面积与折减有效净截面积	(201)
7.5	其它螺栓连接	(205)
7.6	设计举例	(209)
7.6.1	螺栓节点板连接	(209)
7.6.2	板插入 HSS 端部的连接	(214)
第八章	加工、焊接与检验	(221)
8.1	加工	(221)
8.1.1	HSS 端部的压扁	(221)
8.1.2	HSS 的冷弯	(223)
8.1.3	排水与内部防腐	(227)
8.2	焊接与检验	(228)
8.2.1	规范与标准	(229)
8.2.2	焊接过程	(230)
8.2.3	焊缝种类	(232)
8.2.3.1	角焊缝	(232)
8.2.3.2	部分焊透对接焊缝	(233)
8.2.3.3	完全焊透对接焊缝	(235)
8.2.3.4	规范焊接接头	(237)
8.2.4	焊接接头在 HSS 结构中的应用	(237)
8.2.4.1	接头类型	(237)
8.2.4.2	焊缝的有效性	(245)
8.2.5	检查	(249)
8.2.5.1	检查方法	(249)
8.2.5.2	各种检测方法在 HSS 结构中的应用	(251)
8.2.6	应避免的一些问题	(252)
第九章	梁与 HSS 柱的连接	(256)
9.1	绪论	(256)
9.2	矩形管梁与矩形管柱	(256)

9.2.1	螺栓连接	(256)
9.2.2	无加筋的焊接连接	(260)
9.2.3	有加强设置的焊接连接	(261)
9.3	宽翼缘梁与矩形管柱	(264)
9.3.1	简单剪力连接	(264)
9.3.2	弯矩连接	(268)
9.3.2.1	连续梁	(268)
9.3.2.2	梁与梁的连续	(269)
9.3.2.3	柱表面加强	(273)
9.3.2.4	用 T 型钢加强梁翼缘	(277)
9.4	宽翼缘梁与圆管柱	(277)
第十章	桁架及底板与 HSS 柱的连接	(281)
10.1	桁架与 HSS 柱的连接	(281)
10.2	底板	(281)
第十一章	板与 HSS 的连接	(288)
11.1	板与矩形管的连接	(288)
11.2	板与圆管连接	(289)
第十二章	承受疲劳载荷的 HSS 结构	(292)
12.1	引言	(292)
12.2	疲劳设计的热点应力法	(293)
12.3	平面桁架接头疲劳设计步骤	(295)
12.4	方管接头的应力集中系数	(301)
12.5	圆管接头的应力集中系数	(302)
12.6	材料与焊接	(306)
12.7	设计实例	(307)
12.8	HSS 与底板的连接	(312)
第十三章	标准桁架举例	(316)
13.1	概要	(316)
13.2	方管 Warren 桁架	(316)
13.2.1	预选截面所需考虑的问题	(318)
13.2.2	预选杆件截面	(319)