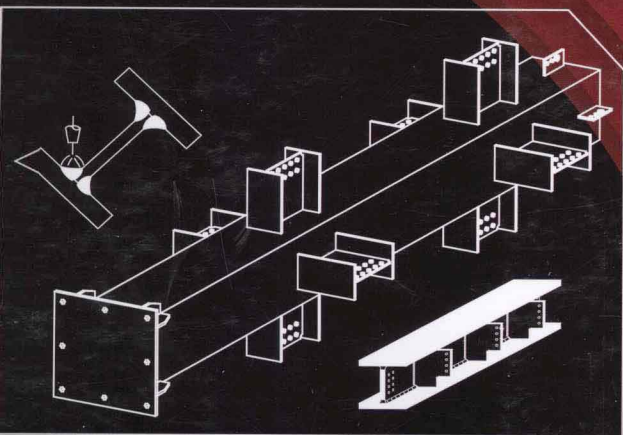




钢结构加工焊接 工艺与图解

GANGJIEGOU
JIAGONG HANJIE
GONGYI
TUJIE

张亚军 张 昊 编著
戴为志 主审



化学工业出版社

钢结构加工焊接 工艺与图解

张亚军 张 昊 编著

戴为志 主审

GANGJIEGOU JIAGONGHANJIE GONGYIYUTUJIE



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以图文并茂的形式,对钢结构产品加工生产工艺和焊接技术以及较先进的钢结构加工方法、焊接设备进行了详细的介绍。全书共 10 章。内容主要包括:钢结构加工概述,加工前准备,图纸深化,钢结构相关材料、焊接材料的选用与复验,钢结构加工专用设备介绍;焊接工艺评定与焊接工艺方案;建筑钢结构通用焊接技术;钢结构加工下料切割技术;焊接 H 钢制作工艺;焊接十字柱制作工艺;箱形构件制作工艺;钢结构产品防腐加工;钢结构栓钉焊接技术;钢结构产品包装等。书中内容反映了目前钢结构加工制造行业的工艺技术水平。

本书可作为钢结构加工企业技术人员和管理人员的岗位培训教材,也可作为建筑钢结构工程的施工单位技术管理、质量监理人员,钢结构专业本科、大中专学生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构加工焊接工艺与图解/张亚军,张昊编著. —北京:化学工业出版社,2013.8

ISBN 978-7-122-17790-2

I. ①钢… II. ①张…②张… III. ①钢结构-焊接工艺-图解 IV. ①TG457.11-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 137799 号

责任编辑:马燕珠

文字编辑:陈 喆

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:三河市延风印装厂

710mm×1000mm 1/16 印张 17 字数 314 千字 2013 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:49.80 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2013—17 号

序

众所周知，我国钢结构行业飞速发展，大踏步地进入成熟期；在带来技术进步和荣誉的同时，也带来了一系列的“发展中的问题”。

历史发展往往有惊人的相似之处，钢结构行业的发展过程和我国锅炉压力容器行业发展轨迹相似，从“无序状态”、问题积重难返的局面进入“法治”的转折期的关键阶段。

分析认为：钢结构企业无论是市场竞争、工程质量、人员素质、安全运营等方面，都存在不同程度的不足、缺陷和遗憾；目前在钢结构焊接工程中相继发生重大恶性的安全、质量事故，同时各地相继发现以焊缝裂纹为主的钢结构质量缺陷，足以说明钢结构行业也进入到“问题期”。从发展理论上分析：在形成钢结构产业之前，钢结构行业必须迅速渡过难关，转轨定向，提高行业的整体竞争力，所以，钢结构行业已经进入到十分关键的时刻；迫使人们正视和研究，冷静地去分析、思考对策，以期钢结构行业向产业化进军，实现可持续发展。

建筑钢结构制作、加工的首要问题就是焊接。实践证实：焊接是建筑钢结构的灵魂和生命。焊接，作为构建钢结构的一种主要的连接方法，在建筑钢结构中发挥了重要的作用。据统计，约50%以上的钢材在投入使用前需要经过焊接加工处理。所以人们愈来愈重视焊接技术的发展，重视焊接技术人才的培训，于是也就有了我们谈论建筑钢结构加工制作技术发展的社会基础。

由于钢结构焊接工程对象的不确定性，现代钢结构工程复杂性、市场竞争的残酷性、施工环境条件的多样性，焊接工作始终处于施工准备、人员培训、机具组合、焊接工艺评定、焊接方案编写等诸多工作交叉进行的局面，稍有不慎，将会犯“低级错误”。

此外，经济发展形势在客观上要求钢结构要富有表现力，要有视觉冲击，这样就使钢结构复杂化、专业化，给钢结构行业的发展带来许多高指标和具体困难，加大了钢结构焊接工程的难度，特别是将焊接工程的地位提到一个很高的程度。所以，为了保证工程质量，钢结构焊接工程实际急需大批的焊接专业人员把关定向。

由于我国大专院校专业设置所造成的遗憾，建筑钢结构制作、焊接专业人员十分缺乏，目前钢结构从业人员中，无论是数量或者素质，同我国钢结构行业的规模和飞速发展的速度以及业务需求相比差距甚大。在我国钢结构行业从业人员中，懂得建筑钢结构制作、焊接应用技术的人员不多，精通的更少，大多数从事建筑钢结

构制作、焊接技术和焊接管理的人员，不是科班出身的建筑钢结构制作、焊接专业毕业，而是根据本行业、本单位发展的需要“半路出家”。可以十分肯定地说，建筑钢结构制作、焊接行业对专业工程技术人员人数上、素质上的需求，是目前的主要矛盾。

可是，长期以来，建筑钢结构制作、加工行业正规、系统的参考书籍很少，尽管各大期刊、杂志刊登了建筑钢结构制作、加工、焊接大量的论文和技术总结，发挥了无可替代的作用；然而，很难实现知识系统形成，不利于“半路出家”人员业务水平的提高。而这些“半路出家”的建筑钢结构制作、焊接从业人员，他们需要的不仅是基础理论，而更为需要的是和工程实践紧密结合的现成答案或参考资料，特别需要适合于本单位、本系统、本行业的实用教材作为工作中的指导和参考。这种实用教材使大多数非科班出身的建筑钢结构制作、焊接从业人员能够看得懂、用得上，少犯或不犯“低级错误”，以解工程燃眉之急。

这应当是目前解决科班出身的建筑钢结构制作、焊接专业人员严重不足的最为有效的途径。因此，本书应运而生；该书就是从焊接技术的角度，应用生产实践中大量的第一手资料，深入浅出地论证和阐述了建筑钢结构制作的全过程；同时应用图解的形式把复杂的建筑钢结构的制作过程简单化，十分直观，而且“一目了然”。该书包含包括笔者在内的生产一线人员的经验和诀窍，是十分宝贵的心血结晶；该书系统、直观、参考（甚至参照）性强，从这个意义上讲，本书填补了建筑钢结构行业的一项空白。

完全有理由预言，随着本书的出版发行，建筑钢结构制作、加工行业阅读本书人员的增加，建筑钢结构的“低级错误”将会愈来愈少，甚至消失，建筑钢结构的质量将会愈来愈好。

安徽鸿路钢结构（集团）股份有限公司总经理
开金伟
2013年7月于合肥

建筑钢结构产品是通过将钢材（板、管、型材等）根据设计要求，经过冷、热加工（下料、组装、焊接、表面处理等一系列加工工序）制作出符合设计所要求的各种类型钢结构产品及建筑工程所需要的各种规格、形状的建筑钢结构产品。

以往的工作实践中我们发现：在钢结构加工企业中仍然有部分管理人员“关键少数”对建筑钢结构制作、焊接应用技术“知其然不知其所以然”，他们用错误的认识去指导建筑钢结构制作、焊接，以致“低级错误”流行，质量问题时有出现。

有的人追求进度、提高产量心切，又没有完全掌握建筑钢结构制作、焊接应用技术的基本规律，甚至对建筑钢结构制作、焊接技术规程的强制规定了解也不全面，常常采用“经验主义”，于是留下了一些质量隐患就不足为奇了，但其后果是相当严重的。

而让这些人系统地学习焊接应用技术理论，肯定也是十分困难和不现实的；因为工作压力大，学习时间就是他们难以逾越的障碍，解决问题的最根本的办法就是培训和自学。但是客观条件给自学带来很多困难，由于各种原因，他们只能在工作岗位上，挤出时间零散地学习焊接应用技术理论，由于学习不系统、不连续、不直观、时间断断续续，容易造成记忆混乱和理解上的偏差；而“以干代学”影响因素更多，加上所用教材不对路，每个人的知识基础不一致，分析处理问题的能力有高有低，其效果也不十分理想。

笔者身为长期在钢结构加工企业生产一线的工艺技术管理者，通过多年的生产实践和管理经历，深刻了解目前钢结构行业产品加工的实际情况，以及生产一线工艺技术人员迫切需要。为了规范产品加工工艺技术、提升企业生产技术工人的技术水平、提高工程建设产品质量，将常见的建筑钢结构构件加工工艺技术进行了总结和编辑整理编写了本书。

本书主要介绍建筑钢结构产品加工工艺过程，通过图文并茂的形式，简明介绍加工过程中的各种工艺技术和过程控制方法。总共分为10章内容，第1章概述钢结构加工工艺流程，加工前的构件详图深化和材料的选用与复验；第2章介绍钢结构加工焊接工艺评定及焊接专项方案；第3章介绍建筑钢结构通用焊接技术的应用；第4章介绍钢板拼接焊技术和计算机辅助下料等技术；第5章介绍焊接H钢加工技术；第6章介绍十字柱加工技术；第7章介绍箱形构件加工技术；第8章介绍钢结构构件的表面处理加工；第9章介绍钢结构栓钉焊接技术；第10章介绍产品包装。

本书主要特点：利用图片资料，将钢结构加工工艺技术转换为图解形式，让读者能够比较容易地掌握钢结构加工工艺知识与技术。

本书可作为钢结构加工企业、技术工人和管理人员的岗位培训教材，以

前言

FOREWORD

钢结构加工焊接工艺与图解

GANGJIEGOU JIAGONG HANJIE GONGYI YU TUJIE

及建筑钢结构工程的施工单位技术管理、质量监理、钢结构专业大、中专学生的学习参考资料。

本书在编写过程中参考了相关标准规范，得到了中国工程建设焊接协会焊接专家戴为志先生、中国京冶设计院顾问专家何文汇先生和中国京冶焊接研究所马德志高级工程师的大力支持，在此表示衷心的感谢。

本书由张亚军、张昊编著，参加编写工作的还有廖宁宁、张晟、曾祥文。由于笔者水平所限，书中不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者 张亚军
2013年7月

第 1 章 概述 1/

- 1.1 建筑钢结构加工流程 1
- 1.2 钢结构加工前准备 1
- 1.3 构件加工前材料复验 10
- 1.4 钢结构产品加工设备简介 20

第 2 章 焊接工艺评定及焊接工艺规程 29/

- 2.1 建筑钢结构焊接工艺评定的定义及其特点 29
- 2.2 建筑钢结构焊接工艺评定的具体实施 31

第 3 章 建筑钢结构焊接通用及特殊技术 42/

- 3.1 通用焊接工艺 42
- 3.2 特殊焊接技术 51

第 4 章 建筑钢结构的下料技术 55/

- 4.1 钢板拼接 55
- 4.2 钢板切割号料 68
- 4.3 传统钢板下料切割技术 84
- 4.4 H 钢、十字柱翼缘板与腹板连接焊缝的坡口切割 92

第 5 章 焊接 H 钢加工工艺 107/

- 5.1 H 钢组立 108
- 5.2 H 钢主焊缝焊接 113
- 5.3 H 钢焊接变形矫正 131
- 5.4 H 钢构件加工过程质量检查 135
- 5.5 H 钢构件取长加工 137
- 5.6 H 钢构件钻孔加工 139
- 5.7 H 钢两端头过焊孔、坡口加工 141
- 5.8 连接板、加劲板等小件板加工 144
- 5.9 H 钢柱牛腿加工 145
- 5.10 H 钢加劲板装配、焊接 147
- 5.11 H 钢柱加工 150
- 5.12 H 钢构件质量终检 154

第 6 章 焊接十字柱加工工艺 161/

- 6.1 构件预先抛丸除锈 161
- 6.2 T 形钢构件的加工 162
- 6.3 十字柱的组装 163
- 6.4 十字柱主焊缝焊接 166
- 6.5 十字柱钢构件的矫正 168
- 6.6 十字柱加劲板、柱底板的装配焊接 168
- 6.7 十字柱栓钉焊 172
- 6.8 十字柱产品终检 172

第 7 章 箱形构件制作工艺 175/

- 7.1 柱贯通箱形构件加工 176
- 7.2 梁贯通箱形构件加工 214

第 8 章 钢结构产品防腐加工 230/

- 8.1 钢结构产品表面抛丸除锈、摩擦面加工 230
- 8.2 钢结构产品表面喷漆、涂装 232

第 9 章 钢结构栓钉焊 237/

- 9.1 拉弧栓钉焊的焊接过程 237
- 9.2 建筑钢结构栓钉焊施工工艺流程 247
- 9.3 质量标准 255

第 10 章 钢结构产品包装 258/

- 10.1 构件成品的标识 258
- 10.2 包装运输 261

参考文献 264/

第1章

概述

1.1 建筑钢结构加工流程

建筑钢结构的产品加工、制作是一个复杂的系统工程，它包括工程结构设计、钢结构深化设计、材料（钢材、焊材）复验、新钢种焊接性试验、焊接工艺评定（PQR）、焊接工艺方案的编制（WPS）、原材料（包括钢板、钢管、型材等）下料、焊接、无损检测（NDT）、钢结构的组装及安装、表面处理及涂装等内容。

建筑钢结构产品种类繁多，包括 H 型钢、箱形构件、十字柱、网架、桁架（管桁架、角钢桁架、H 型钢桁架、塔架）等构件，下面介绍常见构件的基本加工工艺流程。

① 钢结构产品加工过程为：工程设计图纸技术交底—钢结构产品加工详图深化—原材料采购验收入库—加工生产计划清单的制定—钢板拼接、下料—钢板矫正—构件组装—焊接—过程检验—构件取长—构件牛腿小件板装配组立—焊接—检验—构件表面处理—防腐涂装—编号合格证—最终检查—打包装车。

② 常见构件加工工艺流程：H 型钢、十字柱加工工艺流程如图 1-1 所示。

③ 箱形结构制作工艺流程及重点检查如图 1-2 所示。

1.2 钢结构加工前准备

1.2.1 构件加工图深化设计

生产加工前首先要进行图纸会审，了解设计意图，与业主总包方进行技术交流，根据工程设计交底的情况，综合考虑总包对工程进度、构件运输、安装等方面的具体要求，确定构件设计和加工的内容和原则。其次，根据业主和设计院提供的工程结构施工图，进行构件的加工图深化设计。最后，在深化设计完成之后，报工程设计方审核，得到设计单位确认并签字盖章之后，加工企业才可依据钢结构构件的加工生产图，准备构件的加工。钢结构加工工艺技术人员应根据施工详图制定构件加工工艺，生产车间则根据构件加工详图和构件加工工艺，进行构件的生产计划制定并进行加工生产。

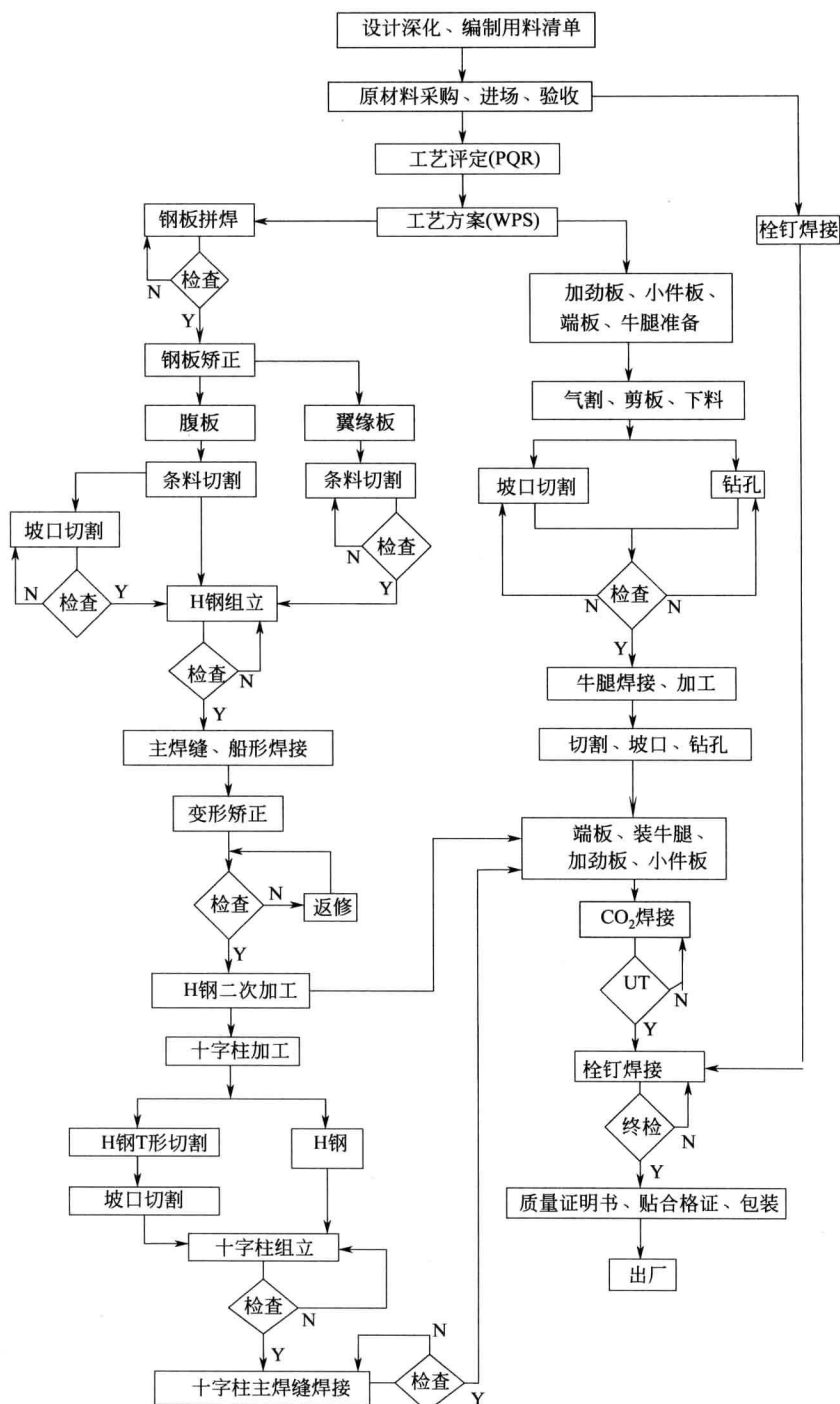


图 1-1 H 形钢、十字柱加工工艺流程

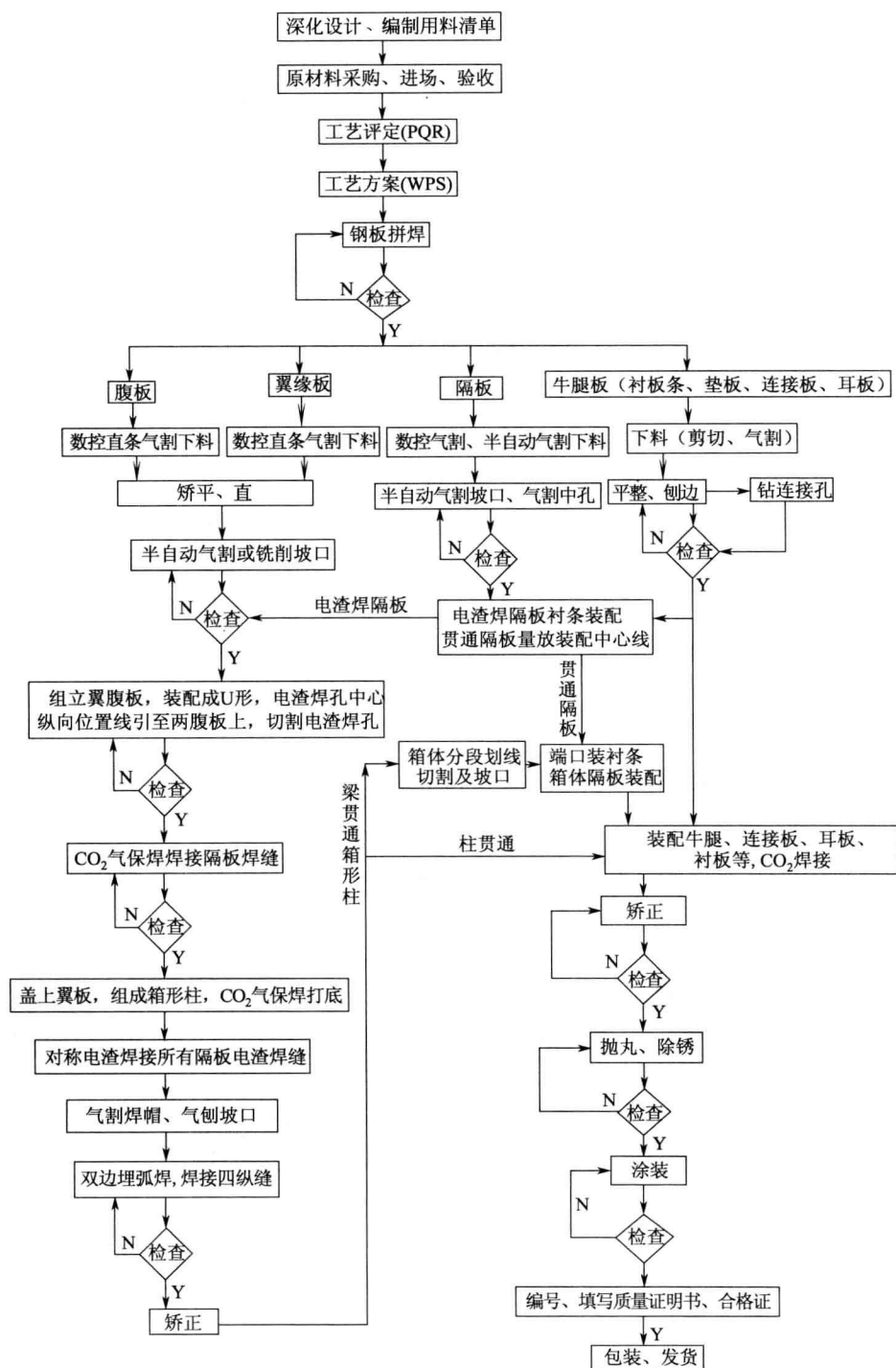


图 1-2 箱形结构加工工艺流程

1.2.1.1 详图深化设计

深化设计开始时，应认真阅读设计总说明，了解结构的使用功能、总体布置和重要性等级，了解设计荷载取值和抗震设防要求，掌握各类构件采用的钢材牌号、质量等级和钢板厚度，掌握各类构件的焊缝质量等级和探伤要求，以及螺栓、锚栓、各种连接件及配件的技术要求。钢结构详图设计是继钢结构施工图设计之后的设计阶段。详图设计人员根据施工图提供的构件布置、构件截面图形、节点构造及各种有关数据和技术要求，并严格遵守《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)、《钢结构焊接规范》(GB 50661—2011)及相关图纸和规范的规定，对构件的构造予以完善，为工厂的生产加工提供零件详图。并根据制造厂的生产条件和现场施工条件，考虑运输要求、吊装能力和安装条件，确定构件的分段。最后运用钢结构制图软件（如 AutoCAD、Takla Structures StruCad 等），将构件的整体形式、构件中各零件的尺寸和要求，以及零件间的连接方法等详细地表现在图纸上，以便制造和安装人员通过图纸，清楚地领会设计意图和要求。

钢结构施工详图应根据结构设计文件和有关技术文件进行编制，并应经原设计单位确认；当需要进行节点设计时，节点设计文件也应经原设计单位确认。

钢结构施工详图设计主要包括节点构造设计和施工详图绘制。节点构造设计是按便于加工制作和安装的原则，对构件的构造予以完善，根据钢结构设计施工图提供的内力进行焊缝计算或螺栓连接计算确定连接板尺寸，并考虑运输和安装的能力确定构件的分段，见图 1-3～图 1-5。

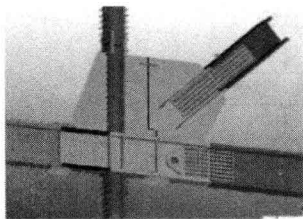


图 1-3 构件分段（一）

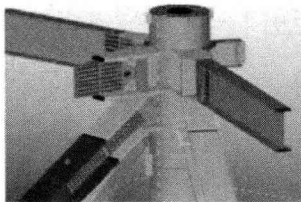


图 1-4 构件分段（二）

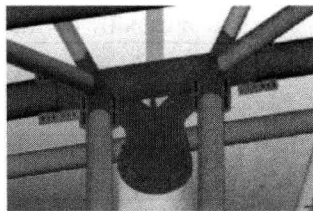


图 1-5 构件分段（三）

钢结构施工详图审批主要由原设计单位签认，其目的是验证施工详图与结构设计施工图的符合性。

本条所述有关技术文件主要包括钢结构制作、运输和安装等需要在施工详图中考虑的技术要求，如构件分段分节、加工工艺措施、吊装措施、预设尺寸等，

以及施工详图设计前由混凝土工程、幕墙工程、机电工程等分部工程提供的技术要求,见图 1-6、图 1-7。

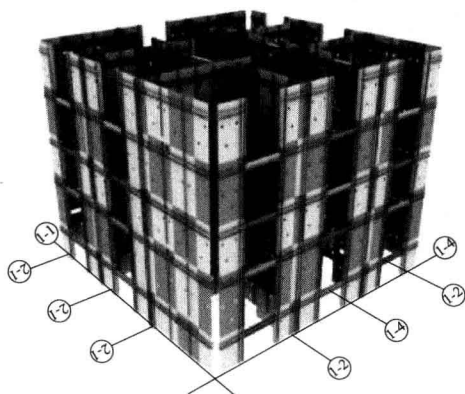


图 1-6 钢板剪力墙的分段分节

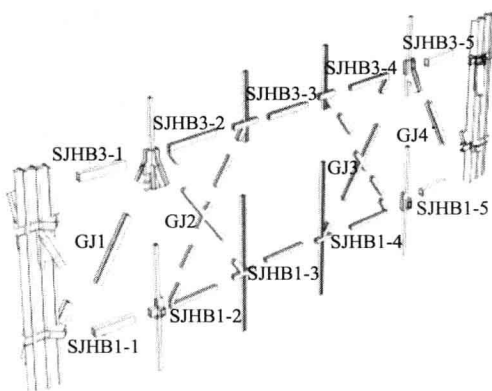


图 1-7 桁架的分段分节

施工详图设计应满足钢结构施工构造、施工工艺、构件运输等有关技术要求。

施工详图设计重点考虑的施工构造、施工工艺要求主要包括以下方面。

- ① 封闭或管截面构件应采取相应的防水或排水构造措施。
- ② 钢管混凝土结构柱底板和内隔板应设置混凝土浇筑孔和排气孔,必要时可在柱壁上设置浇筑孔和排气孔。内隔板浇筑孔径不应小于 200mm,排气孔孔径宜为 25mm。
- ③ 构件加工和安装过程中,根据工艺要求设置的工艺措施,保证施工过程装配精度、减少焊接变形等。
- ④ 管桁架支管可根据制作装配要求设置对接接头;铸钢节点应考虑铸造工艺要求。
- ⑤ 安装用的连接板、吊耳等宜根据安装工艺要求设置,在工厂完成;安装用的吊装耳板要求进行验算,包括计算平面外受力。
- ⑥ 与索连接的节点,应考虑索张拉工艺的构造要求。
- ⑦ 桁架等大跨度构件的预起拱;构件的分段分节。

钢结构施工详图应包括图纸目录、设计总说明、构件布置图、构件详图和安装节点详图等内容;图纸表达应清晰、完整,空间复杂构件和节点的施工详图宜增加三维图形表示。复杂节点的三维图形表示见图 1-8。

施工详图总说明是对钢结构加工制作和现场安装要强调的技术条件和对施工安装的相关要求;构件布置图主要为构件在结构布置图的编号,包括构件编

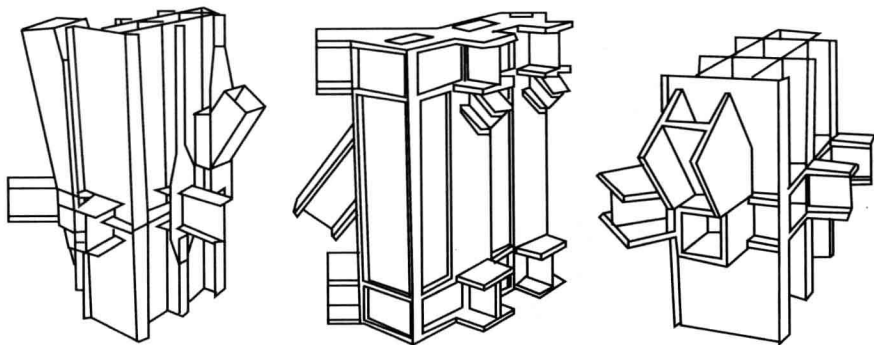


图 1-8 复杂节点的三维图形表示

号原则、构件编号和构件表；构件详图主要为构件及零部件的大样图以及材料表；安装节点主要表明构件与外部构件的连接形式、连接方法、控制尺寸和有关标高。

构件重量应在钢结构施工详图中计算列出，钢板零部件重量宜按矩形计算，焊缝重量可以按焊接构件重量的 1.5% 计算。

1.2.1.2 深化设计质量控制流程

首先在工程项目启动前，对工厂进行图纸设计技术交底。

工程项目启动前组织工厂技术、采购、生产计划、质量、产品资料管理、下料、装配、焊接、油漆、包装等工序生产人员进行产品加工生产前的技术交底。目的是使所有参加产品加工的管理人员、各生产工序的技术工人了解产品的加工计划、工序、质量标准，确保产品质量满足要求。

技术交底项目如下。

- ① 结构类型、工程特点和要求。
- ② 详图深化设计要求（依据《钢结构设计规范》GB 50017—2003）。
- ③ 材料（主材、辅材）的采购计划。
- ④ 材料质量要求，包括主材、焊接材料和其他次材（依据工程设计和国家规范要求）。
- ⑤ 材料复验计划，包括主材、焊接材料和其他次材（依据《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001 和设计要求）。
- ⑥ 加工工艺要求、焊接要求、产品表面处理和包装要求（依据工程设计和国家规范要求）。
- ⑦ 焊接工艺评定试验要求（依据《钢结构焊接规范》GB 50661—2011）。
- ⑧ 加工质量要求及质量验收标准（依据《钢结构工程施工质量验收规范》

GB 50205—2001)。

⑨ 发货计划要求与生产计划 (依据工程项目计划和要求)。

⑩ 钢结构工程产品资料的管理。产品资料是产品整个加工过程中质量检验信息的记录,是产品交工验收、工程结算时必须提供给业主、总包、监理的档案文件。产品资料的内容包括:工程设计图纸、加工详图、工程建设期间发生的所有与工程相关的工程设计、图纸、加工计划变更签字、确认的联系函等,焊接工艺评定报告、焊接工艺规程,以及原材料(主材、辅材)的质保单、原材料复验报告、焊工证、焊接产品生产过程中尺寸质量检验记录、过程焊接质量检验记录、返修通知单,以及产品终检资料:焊接质量、产品外观尺寸质量、油漆质量、业主监理验收报告等,工程产品资料要求一式4份,钢结构公司档案室、钢结构工厂资料室、业主、监理各执一份,存档保管年限不少于产品规定的设计使用年限。

1.2.2 材料选用与采购

钢结构工程用钢材及焊接材料应符合设计文件的要求,并应具有钢厂和焊接材料厂出具的产品质量证明书或检验报告,其化学成分、力学性能和其他质量要求应符合国家现行有关标准的规定。钢材订货合同应对材料牌号、规格尺寸、性能指标、检验要求、尺寸偏差等有明确的约定。定尺钢材应留有复验取样的余量。钢材的交货状态,按设计文件对钢材的性能要求与供货厂家商定并在质量证明文件中标明。

1.2.2.1 钢材

制造所用主材,特别是柱、梁材料的牌号,应严格按设计文件要求,并有合格的质量证明书。采购时材料供应商或钢厂必须提供代表所采购材料质量保证书原件(加盖钢材生产厂的质检红章),质量保证书上的炉批号必须与材料钢板标牌上的炉批号一致。

采购时,应选用合格供应商的产品,以确保钢材的可靠性。

所用柱材原则上以定长、定宽订货,其宽度方向应满足下3或4块料,两侧共留有20mm余量即可。长度方向以不拼接为宜,且不得有过多的余料(规定为50~80mm),以免浪费。

钢材表面与内部质量必须符合要求,不得有夹层、裂纹、非金属夹杂,也不得有气孔、结疤、折叠等缺陷。锈蚀严重的钢板不得使用。

为防止钢材层状撕裂而采用的Z向性能钢板,钢厂应提供包含Z向性能指标的质量证明书。

Chapter

1

Chapter

2

Chapter

3

Chapter

4

Chapter

5

Chapter

6

Chapter

7

Chapter

8

Chapter

9

Chapter

10

1.2.2.2 焊接材料

焊接材料的品种、规格、性能等应符合国家现行有关产品标准和设计要求，常用焊接材料产品标准宜按表 1-1 采用。焊条、焊丝、焊剂、电渣焊熔嘴等焊接材料应与设计选用的钢材相匹配，且应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661—2011 的有关规定。

表 1-1 常用焊接材料产品标准

标 准 编 号	标 准 名 称
GB/T 5117	《碳钢焊条》
GB/T 5118	《低合金钢焊条》
GB/T 14957	《熔化焊用钢丝》
GB/T 8110	《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》
GB/T 10045	《碳钢药芯焊丝》
GB/T 17493	《低合金钢药芯焊丝》
GB/T 5293	《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》
GB/T 12470	《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》
GB/T 10432.1	《电弧螺柱焊用无头焊钉》
GB/T 10433	《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》

焊接材料的选用应以被焊母材等强性原则为准，质量应符合各相应标准的要求，采购时厂方应提供产品质量保证单。常用钢材的焊接材料见表 1-2。

焊剂使用前需进行烘干处理。

烧结焊剂 SJ101 烘干温度 300～350℃，保温 2h。

熔炼焊剂 HJ431 烘干温度 200～250℃，保温 2h。

烘干机见图 1-9，焊接材料烘干工艺见图 1-10。



图 1-9 焊剂烘干设备