

一、二级注册结构工程师 必备规范汇编 (下册)

(修订缩印本)

本社 编

中国建筑工程工业出版社

一、二级注册结构工程师 必备规范汇编

(修订缩印本)

(下 册)

本社 编

中国建筑工业出版社

总 目 录

(附条文说明)

上 册

● 1. 建筑结构可靠度设计统一标准 (GB 50068—2001)	1—1
● 2. 建筑结构荷载规范 (GB 50009—2012)	2—1
● 3. 建筑抗震设计规范 (GB 50011—2010)	3—1
● 4. 建筑工程抗震设防分类标准 (GB 50223—2008)	4—1
● 5. 建筑地基基础设计规范 (GB 50007—2011)	5—1
6. 建筑边坡工程技术规范 (GB 50330—2002)	6—1
● 7. 建筑地基处理技术规范 (JGJ 79—2012)	7—1
● 8. 建筑地基基础工程施工质量验收规范 (GB 50202—2002)	8—1
● 9. 混凝土结构设计规范 (GB 50010—2010)	9—1
● 10. 混凝土结构工程施工质量验收规范 (GB 50204—2002) (2010 年版)	10—1
11. 型钢混凝土组合结构技术规程 (JGJ 138—2001)	11—1
● 12. 钢结构设计规范 (GB 50017—2003)	12—1
13. 冷弯薄壁型钢结构技术规范 (GB 50018—2002)	13—1
● 14. 钢结构工程施工质量验收规范 (GB 50205—2001)	14—1

下 册

15. 钢结构焊接规范 (GB 50661—2011)	15—1
16. 高层民用建筑钢结构技术规程 (JGJ 99—98)	16—1
17. 空间网格结构技术规程 (JGJ 7—2010)	17—1
● 18. 砌体结构设计规范 (GB 50003—2011)	18—1
● 19. 砌体结构工程施工质量验收规范 (GB 50203—2011)	19—1
● 20. 木结构设计规范 (GB 50005—2003) (2005 年版)	20—1
● 21. 木结构工程施工质量验收规范 (GB 50206—2012)	21—1
● 22. 烟囱设计规范 (GB 50051—2013)	22—1
● 23. 高层建筑混凝土结构技术规程 (JGJ 3—2010)	23—1
24. 高层民用建筑设计防火规范 (GB 50045—95) (2005 年版)	24—1
● 25. 建筑桩基技术规范 (JGJ 94—2008)	25—1

- 26. 混凝土异形柱结构技术规程 (JGJ 149—2006) 26—1
- 27. 钢结构高强度螺栓连接技术规程 (JGJ 82—2011) 27—1
- 28. 城市桥梁设计规范 (CJJ 11—2011) 28—1
- 29. 城市桥梁抗震设计规范 (CJJ 166—2011) 29—1

附录一 2014 年度全国一级注册结构工程师专业考试所使用的规范、标准

附录二 2014 年度全国二级注册结构工程师专业考试所使用的规范、标准

(●为二级注册结构工程师考试必备规范)

中华人民共和国国家标准

钢结构焊接规范

Code for welding of steel structures

GB 50661—2011

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 2 年 8 月 1 日

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 1212 号

关于发布国家标准 《钢结构焊接规范》的公告

现批准《钢结构焊接规范》为国家标准，编号为 GB 50661-2011，自 2012 年 8 月 1 日起实施。其中，第 4.0.1、5.7.1、6.1.1、8.1.8 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国建筑工业

出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2011 年 12 月 5 日

前 言

本规范根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制订、修订计划（第二批）〉的通知》（建标〔2007〕126 号）的要求，由中冶建筑研究总院有限公司会同有关单位编制而成。

本规范提出了钢结构焊接连接构造设计、制作、材料、工艺、质量控制、人员等技术要求。同时，为贯彻执行国家技术经济政策，反映钢结构建设领域可持续发展理念，本规范在控制钢结构焊接质量的同时，加强了节能、节材与环境保护等要求。

本规范在编制过程中，总结了近年来我国钢结构焊接的实践经验和研究成果，编制组开展了多项专题研究，充分采纳了已在工程实际中应用的焊接新技术、新工艺、新材料，并借鉴了有关国际标准和国外先进标准，广泛征求了各方面的意见，对具体内容进行了反复讨论和修改，经审查定稿。

本规范的主要内容有：总则，术语和符号，基本规定，材料，焊接连接构造设计，焊接工艺评定，焊接工艺，焊接检验，焊接补强与加固等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中冶建筑研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。请各单位在本规范执行过程中，总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给中冶建筑研究总院有限公司《钢结构焊接规范》国家标准管理组（地址：北京市海淀区西土城路 33 号；邮政编码：100088；电子邮箱：jyz3408@263.net），以供今后修订时参考。

本规范主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

中国二冶集团有限公司

本规范参编单位：国家钢结构工程技术研究中心

中国京冶工程技术有限公司

中国航空工业规划设计研究院

宝钢钢构有限公司

宝山钢铁股份有限公司

中冶赛迪工程技术股份有限公司

水利部水工金属结构质量检验检测中心

江苏沪宁钢机股份有限公司

浙江东南网架股份有限公司

北京远达国际工程管理咨询有限公司

上海中远川崎重工钢结构有限公司

陕西省建筑科学研究院

中铁山桥集团有限公司

浙江精工钢结构有限公司

北京三杰国际钢结构有限公司

上海宝冶建设有限公司
中建钢构有限公司
中建一局钢结构工程有限公司
北京市市政工程设计研究
总院
中国电力科学研究院
北京双圆工程咨询监理有
限公司
天津二十冶钢结构制造有
限公司
大连重工·起重集团有限
公司
武钢集团武汉冶金重工有
限公司
武钢集团金属结构有限责
任公司

本规范主要起草人员：	刘景凤	周文瑛	段 斌
	苏 平	侯兆新	马德志
	葛家琪	屈朝霞	费新华
	马 鹰	江文琳	李翠光
	范希贤	董晓辉	刘绪明
	张宣关	徐向军	戴为志
	尹敏达	王 斌	卢立香
	戴立先	何维利	徐德录
	刘明学	张爱民	王 晖
	胡银华	吴佑明	任文军
	贺明玄	曹晓春	王 建
	高 良	刘 春	
本规范主要审查人员：	杨建平	李本端	鲍广鉴
	贺贤娟	但泽义	吴素君
	张心东	施天敏	尹士安
	张玉玲	吴成材	

目次

1. 总则	15—6	7.6 预热和道间温度控制	15—31
2 术语和符号	15—6	7.7 焊后消氢热处理	15—32
2.1 术语	15—6	7.8 焊后消应力处理	15—32
2.2 符号	15—6	7.9 引弧板、引出板和衬垫	15—32
3 基本规定	15—6	7.10 焊接工艺技术要求	15—32
4 材料	15—7	7.11 焊接变形的控制	15—33
5 焊接连接构造设计	15—8	7.12 返修焊	15—33
5.1 一般规定	15—8	7.13 焊件矫正	15—33
5.2 焊缝坡口形式和尺寸	15—9	7.14 焊缝清根	15—34
5.3 焊缝计算厚度	15—9	7.15 临时焊缝	15—34
5.4 组焊构件焊接节点	15—12	7.16 引弧和熄弧	15—34
5.5 防止板材产生层状撕裂的节点、 选材和工艺措施	15—15	7.17 电渣焊和气压立焊	15—34
5.6 构件制作与工地安装 焊接构造设计	15—16	8 焊接检验	15—34
5.7 承受动载与抗震的 焊接构造设计	15—19	8.1 一般规定	15—34
6 焊接工艺评定	15—20	8.2 承受静荷载结构焊 接质量的检验	15—36
6.1 一般规定	15—20	8.3 需疲劳验算结构的 焊缝质量检验	15—37
6.2 焊接工艺评定替代规则	15—21	9 焊接补强与加固	15—39
6.3 重新进行工艺评定的规定	15—22	附录 A 钢结构焊接接头坡口形式、 尺寸和标记方法	15—40
6.4 试件和检验试样的制备	15—23	附录 B 钢结构焊接工艺 评定报告格式	15—46
6.5 试件和试样的试验与检验	15—26	附录 C 箱形柱（梁）内隔板电渣焊 缝焊透宽度的测量	15—52
6.6 免于焊接工艺评定	15—28	本规范用词说明	15—52
7 焊接工艺	15—29	引用标准名录	15—52
7.1 母材准备	15—29	附：条文说明	15—54
7.2 焊接材料要求	15—29		
7.3 焊接接头的装配要求	15—31		
7.4 定位焊	15—31		
7.5 焊接环境	15—31		

Contents

1	General Provisions	15—6	7.4	Tack Weld	15—31
2	Terms and Symbols	15—6	7.5	Welding Environment	15—31
2.1	Terms	15—6	7.6	Preheat and Ingterpass	
2.2	Symbols	15—6	Temperature	15—31	
3	Basic Requirement	15—6	7.7	Hydrogen Relief Heat	
4	Materials	15—7	Treatment	15—32	
5	Design of Welding		7.8	Stress Relief Treatment	15—32
Connections	15—8	7.9	Weld Tabs and Backing	15—32	
5.1	General Requirement	15—8	7.10	Technic Requirement of Welding	
5.2	Size and Form of Weld Groove	15—9	Procedure	15—32	
5.3	Theoretical Throat of Weld	15—9	7.11	Contral of Welding	
5.4	Welding Nodal Point of		Deformation	15—33	
Combined Welding Member	15—12	7.12	Repairs	15—33	
5.5	Technics for Avoid of		7.13	Correction	15—33
Lamellar Tearing	15—15	7.14	Backgouging	15—34	
5.6	Design of Shop and Field		7.15	Temporary Welds	15—34
Welding Connections	15—16	7.16	Striking and Extinguish		
5.7	Design of Welding Connections		of Arc	15—34	
Bearing Dynamic Load		7.17	ESW and EGW	15—34	
and Anti-earthquake	15—19	8	Inspection	15—34	
6	Welding Procedure		8.1	General Requirement	15—34
Qualifaction	15—20	8.2	Weld Inspection of Structure		
6.1	General Requirement	15—20	Bearing Static Load	15—36	
6.2	Substitute Principles of		8.3	Weld Inspection of Structure	
Welding Procedure		Bearing Dynamic Load	15—37		
Qualifaction	15—21	9	Strengthening and Repairing		
6.3	Requalifaction	15—22	of Existing Structures	15—39	
6.4	Preparation of Test		Appendix A	Form, Size and Symbol	
Pieces and Samples	15—23	of Weld Groove	15—40		
6.5	Testing	15—26	Appendix B	Format of WPQR	15—46
6.6	Principle of		Appendix C	Testing of ESW Weld of	
Prequalifaction	15—28	Box Members	15—52		
7	Welding Procedures	15—29	Explanation of Wordng		
7.1	Preparation of Base Metal	15—29	in This Code	15—52	
7.2	Requirement of Welding		List of Quoted Standards	15—52	
Consumables	15—29	Addition; Explanation of			
7.3	Assemble Requirement of		Provisions	15—54	
Welding Joint	15—31				

1 总 则

1.0.1 为在钢结构焊接中贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量、节能环保,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于工业与民用钢结构工程中承受静荷载或动荷载、钢材厚度不小于 3mm 的结构焊接。本规范适用的焊接方法包括焊条电弧焊、气体保护电弧焊、药芯焊丝自保护焊、埋弧焊、电渣焊、气电立焊、栓钉焊及其组合。

1.0.3 钢结构焊接必须遵守国家现行安全技术和劳动保护等有关规定。

1.0.4 钢结构焊接除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 消氢热处理 hydrogen relief heat treatment

对于冷裂纹倾向较大的结构钢,焊接后立即将焊接接头加热至一定温度(250℃~350℃)并保温一段时间,以加速焊接接头中氢的扩散逸出,防止由于扩散氢的积聚而导致延迟裂纹产生的焊后热处理方法。

2.1.2 消应热处理 stress relief heat treatment

焊接后将焊接接头加热到母材 A_{cl} 线以下的一定温度(550℃~650℃)并保温一段时间,以降低焊接残余应力,改善接头组织性能为目的的焊后热处理方法。

2.1.3 过焊孔 weld access hole

在构件焊缝交叉的位置,为保证主要焊缝的连续性,并有利于焊接操作的进行,在相应位置开设的焊缝穿越孔。

2.1.4 免于焊接工艺评定 prequalification of WPS

在满足本规范相应规定的某些特定焊接方法和参数、钢材、接头形式、焊接材料组合的条件下,可以不经焊接工艺评定试验,直接采用本规范规定的焊接工艺。

2.1.5 焊接环境温度 temperature of welding circumstance

施焊时,焊件周围环境的温度。

2.1.6 药芯焊丝自保护焊 flux cored wire selfshield arc welding

不需外加气体或焊剂保护,仅依靠焊丝药芯在高温时反应形成的熔渣和气体保护焊接区进行焊接的方法。

2.1.7 检测 testing

按照规定程序,由确定给定产品的一种或多种特

性进行检验、测试处理或提供服务所组成的技术操作。

2.1.8 检查 inspection

对材料、人员、工艺、过程或结果的核查,并确定其相对于特定要求的符合性,或在专业判断的基础上,确定相对于通用要求的符合性。

2.2 符 号

α ——焊缝坡口角度;

h ——焊缝坡口深度;

b ——焊缝坡口根部间隙;

P ——焊缝坡口钝边高度;

h_e ——焊缝计算厚度;

z ——焊缝计算厚度折减值;

h_f ——焊脚尺寸;

h_k ——加强焊脚尺寸;

L ——焊缝的长度;

B ——焊缝宽度;

C ——焊缝余高;

Δ ——对接焊缝错边量;

$D(d)$ ——主(支)管直径;

Φ ——直径;

Ψ ——两面角;

δ ——试样厚度;

t ——板、壁的厚度;

a ——间距;

W ——型钢杆件的宽度;

Σ_l ——角焊缝名义应力;

T_l ——角焊缝名义剪应力;

η ——焊缝强度折减系数;

f_l^w ——角焊缝的抗剪强度设计值;

HV_{10} ——试验力为 98.07N (10kgf),保持荷载 (10~15) s 的维氏硬度;

R_{eH} ——上屈服强度;

R_{eL} ——下屈服强度;

R_m ——抗拉强度;

A ——断后伸长率;

Z ——断面收缩率。

3 基本规定

3.0.1 钢结构工程焊接难度可按表 3.0.1 分为 A、B、C、D 四个等级。钢材碳当量 (CEV) 应采用公式 (3.0.1) 计算。

$$CEV(\%) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}(\%) \quad (3.0.1)$$

注:本公式适用于非调质钢。

表 3.0.1 钢结构工程焊接难度等级

影响因素 ^a	板厚 t (mm)	钢材 分类 ^b	受力状态	钢材碳 当量 CEV(%)
焊接难度等级				
A(易)	$t \leq 30$	I	一般静 载拉、压	$CEV \leq 0.38$
B(一般)	$30 < t \leq 60$	II	静载且板厚 方向受拉或 间接动载	$0.38 < CEV \leq 0.45$
C(较难)	$60 < t \leq 100$	III	直接动载、抗 震设防烈度 等于 7 度	$0.45 < CEV \leq 0.50$
D(难)	$t > 100$	IV	直接动载、抗 震设防烈度大 于等于 8 度	$CEV > 0.50$

注：a 根据表中影响因素所处最难等级确定整体焊接难度；
b 钢材分类应符合本规范表 4.0.5 的规定。

格证书的规定；

6 焊接热处理人员应具备相应的专业技术。用电加热设备加热时，其操作人员应经过专业培训。

3.0.5 钢结构焊接工程相关人员的职责应符合下列规定：

1 焊接技术人员负责组织进行焊接工艺评定，编制焊接工艺方案及技术措施和焊接作业指导书或焊接工艺卡，处理施工过程中的焊接技术问题；

2 焊接检验人员负责对焊接作业进行全过程的检查和控制，出具检查报告；

3 无损检测人员应按设计文件或相应规范规定的探伤方法及标准，对受检部位进行探伤，出具检测报告；

4 焊工应按照焊接工艺文件的要求施焊；

5 焊接热处理人员应按照热处理作业指导书及相应的操作规程进行作业。

3.0.6 钢结构焊接工程相关人员的安全、健康及作业环境应遵守国家现行安全健康相关标准的规定。

4 材 料

4.0.1 钢结构焊接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。

4.0.2 钢材及焊接材料的化学成分、力学性能复验应符合国家现行有关工程质量验收标准的规定。

4.0.3 选用的钢材应具备完善的焊接性资料、指导性焊接工艺、热加工和热处理工艺参数、相应钢材的焊接接头性能数据等资料；新材料应经专家论证、评审和焊接工艺评定合格后，方可在工程中采用。

4.0.4 焊接材料应由生产厂提供熔敷金属化学成分、性能鉴定资料及指导性焊接工艺参数。

4.0.5 钢结构焊接工程中常用国内钢材按其标称屈服强度分类应符合表 4.0.5 的规定。

表 4.0.5 常用国内钢材分类

类别号	标称屈服强度	钢材牌号举例	对应标准号
I	$\leq 295\text{MPa}$	Q195、Q215、Q235、Q275	GB/T 700
		20、25、15Mn、20Mn、25Mn	GB/T 699
		Q235q	GB/T 714
		Q235GJ	GB/T 19879
		Q235NH、Q265GNH、Q295NH、Q295GNH	GB/T 4171
		ZG 200-400H、ZG 230-450H、ZG 275-485H	GB/T 7659
		G17Mn5QT、G20Mn5N、G20Mn5QT	CECS 235

3.0.2 钢结构焊接工程设计、施工单位应具备与工程结构类型相应的资质。

3.0.3 承担钢结构焊接工程的施工单位应符合下列规定：

1 具有相应的焊接质量管理体系和技术标准；
2 具有相应资格的焊接技术人员、焊接检验人员、无损检测人员、焊工、焊接热处理人员；

3 具有与所承担的焊接工程相适应的焊接设备、检验和试验设备；

4 检验仪器、仪表应经计量检定、校准合格且在有效期内；

5 对承担焊接难度等级为 C 级和 D 级的施工单位，应具有焊接工艺试验室。

3.0.4 钢结构焊接工程相关人员的资格应符合下列规定：

1 焊接技术人员应接受过专门的焊接技术培训，且有一年以上焊接生产或施工实践经验；

2 焊接技术负责人除应满足本条 1 款规定外，还应具有中级以上技术职称。承担焊接难度等级为 C 级和 D 级焊接工程的施工单位，其焊接技术负责人应具有高级技术职称；

3 焊接检验人员应接受过专门的技术培训，有一定的焊接实践经验和水平，并具有检验人员上岗资格证；

4 无损检测人员必须由专业机构考核合格，其资格证应在有效期内，并按考核合格项目及权限从事无损检测和审核工作。承担焊接难度等级为 C 级和 D 级焊接工程的无损检测审核人员应具备现行国家标准《无损检测人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 中的 3 级资格要求；

5 焊工应按所从事钢结构的钢材种类、焊接节点形式、焊接方法、焊接位置等要求进行技术资格考试，并取得相应的资格证书，其施焊范围不得超越资

续表 4.0.5

类别号	标称屈服强度	钢材牌号举例	对应标准号
Ⅱ	>295MPa 且 ≤370MPa	Q345	GB/T 1591
		Q345q、Q370q	GB/T 714
		Q345GJ	GB/T 19879
		Q310GNH、Q355NH、 Q355GNH	GB/T 4171
Ⅲ	>370MPa 且 ≤420MPa	Q390、Q420	GB/T 1591
		Q390GJ、Q420GJ	GB/T 19879
		Q420q	GB/T 714
		Q415NH	GB/T 4171
Ⅳ	>420MPa	Q460、Q500、Q550、 Q620、Q690	GB/T 1591
		Q460GJ	GB/T 19879
		Q460NH、Q500NH、 Q550NH	GB/T 4171

注：国内新钢材和国外钢材按其屈服强度级别归入相应类别。

4.0.6 T形、十字形、角接接头，当其翼缘板厚度不小于40mm时，设计宜采用对厚度方向性能有要求的钢板。钢材的厚度方向性能级别应根据工程的结构类型、节点形式及板厚和受力状态等情况按现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313的有关规定进行选择。

4.0.7 焊条应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117、《低合金钢焊条》GB/T 5118的有关规定。

4.0.8 焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110及《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045、《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493的有关规定。

4.0.9 埋弧焊用焊丝和焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293、《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470的有关规定。

4.0.10 气体保护焊使用的氩气应符合现行国家标准《氩》GB/T 4842的有关规定，其纯度不应低于99.95%。

4.0.11 气体保护焊使用的二氧化碳应符合现行行业标准《焊接用二氧化碳》HG/T 2537的有关规定。焊接难度为C、D级和特殊钢结构工程中主要构件的重要焊接节点，采用的二氧化碳质量应符合该标准中优等品的要求。

4.0.12 栓钉焊使用的栓钉及焊接瓷环应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433的有关规定。

5 焊接连接构造设计

5.1 一般规定

5.1.1 钢结构焊接连接构造设计，应符合下列规定：

- 1 宜减少焊缝的数量和尺寸；
- 2 焊缝的布置宜对称于构件截面的中性轴；
- 3 节点区的空间应便于焊接操作和焊后检测；
- 4 宜采用刚度较小的节点形式，宜避免焊缝密集和双向、三向相交；
- 5 焊缝位置应避开高应力区；
- 6 应根据不同焊接工艺方法选用坡口形式和尺寸。

5.1.2 设计施工图、制作详图中标识的焊缝符号应符合现行国家标准《焊缝符号表示法》GB/T 324和《建筑结构制图标准》GB/T 50105的有关规定。

5.1.3 钢结构设计施工图中应明确规定下列焊接技术要求：

- 1 构件采用钢材的牌号和焊接材料的型号、性能要求及相应的国家现行标准；
- 2 钢结构构件相交节点的焊接部位、有效焊缝长度、焊脚尺寸、部分焊透焊缝的焊透深度；
- 3 焊缝质量等级，有无无损检测要求时应标明无损检测的方法和检查比例；
- 4 工厂制作单元及构件拼装节点的允许范围，并根据工程需要提出结构设计应力图。

5.1.4 钢结构制作详图中应标明下列焊接技术要求：

- 1 对设计施工图中所有焊接技术要求进行详细标注，明确钢结构构件相交节点的焊接部位、焊接方法、有效焊缝长度、焊缝坡口形式、焊脚尺寸、部分焊透焊缝的焊透深度、焊后热处理要求；
- 2 明确标注焊缝坡口详细尺寸，如有钢衬垫标注钢衬垫尺寸；
- 3 对于重型、大型钢结构，明确工厂制作单元和工地拼装焊接的位置，标注工厂制作或工地安装焊缝；

4 根据运输条件、安装能力、焊接可操作性和设计允许范围确定构件分段位置和拼接节点，按设计规范有关规定进行焊缝设计并提交原设计单位进行结构安全审核。

5.1.5 焊缝质量等级应根据钢结构的重要性、荷载特性、焊缝形式、工作环境以及应力状态等情况，按下列原则选用：

1 在承受动荷载且需要进行疲劳验算的构件中，凡要求与母材等强连接的焊缝应焊透，其质量等级应符合下列规定：

- 1) 作用力垂直于焊缝长度方向的横向对接焊

- 缝或 T 形对接与角接组合焊缝，受拉时应为一级，受压时不应低于二级；
- 2) 作用力平行于焊缝长度方向的纵向对接焊缝不应低于二级；
 - 3) 铁路、公路桥的横梁接头板与弦杆角焊缝应为一级，桥面板与弦杆角焊缝、桥面板与 U 形肋角焊缝（桥面板侧）不应低于二级；
 - 4) 重级工作制（A6~A8）和起重量 $Q \geq 50t$ 的中级工作制（A4、A5）吊车梁的腹板与上翼缘之间以及吊车桁架上弦杆与节点板之间的 T 形接头焊缝应焊透，焊缝形式宜为对接与角接的组合焊缝，其质量等级不应低于二级。

2 不需要疲劳验算的构件中，凡要求与母材等强的对接焊缝宜焊透，其质量等级受拉时不应低于二级，受压时不宜低于二级。

3 部分焊透的对接焊缝、采用角焊缝或部分焊透的对接与角接组合焊缝的 T 形接头，以及搭接连接角焊缝，其质量等级应符合下列规定：

- 1) 直接承受动荷载且需要疲劳验算的结构和吊车起重量等于或大于 50t 的中级工作制吊车梁以及梁柱、牛腿等重要节点不应低于二级；
- 2) 其他结构可为三级。

5.2 焊缝坡口形式和尺寸

5.2.1 焊接位置、接头形式、坡口形式、焊缝类型及管结构节点形式(图 5.2.1)代号，应符合表 5.2.1-1~表 5.2.1-5 的规定。

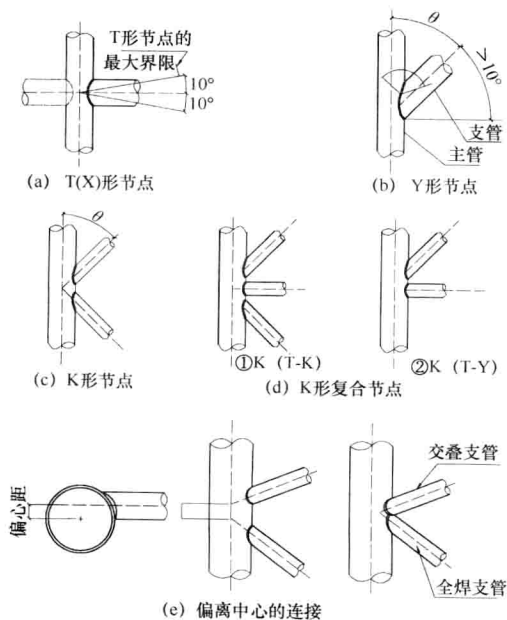


图 5.2.1 管结构节点形式

表 5.2.1-1 焊接位置代号

代 号	焊接位置
F	平焊
H	横焊
V	立焊
O	仰焊

表 5.2.1-2 接头形式代号

代 号	接头形式
B	对接接头
T	T 形接头
X	十字接头
C	角接接头
F	搭接接头

表 5.2.1-3 坡口形式代号

代 号	坡口形式
I	I 形坡口
V	V 形坡口
X	X 形坡口
L	单边 V 形坡口
K	K 形坡口
U ^a	U 形坡口
J ^a	单边 U 形坡口

注：a 当钢板厚度不小于 50mm 时，可采用 U 形或 J 形坡口。

表 5.2.1-4 焊缝类型代号

代 号	焊缝类型
B(G)	板(管)对接焊缝
C	角接焊缝
B _c	对接与角接组合焊缝

表 5.2.1-5 管结构节点形式代号

代 号	节点形式
T	T 形节点
K	K 形节点
Y	Y 形节点

5.2.2 焊接接头坡口形式、尺寸及标记方法应符合本规范附录 A 的规定。

5.3 焊缝计算厚度

5.3.1 全焊透的对接焊缝及对接与角接组合焊缝，采用双面焊时，反面应清根后焊接，其焊缝计算厚度 h_e 对于对接焊缝应为焊接部位较薄的板厚，对于对接与角接组合焊缝（图 5.3.1），其焊缝计算厚度 h_e 应

为坡口根部至焊缝两侧表面（不计余高）的最短距离之和；采用加衬垫单面焊，当坡口形式、尺寸符合本规范表 A. 0. 2~表 A. 0. 4 的规定时，其焊缝计算厚度 h_e 应为坡口根部至焊缝表面（不计余高）的最短距离。

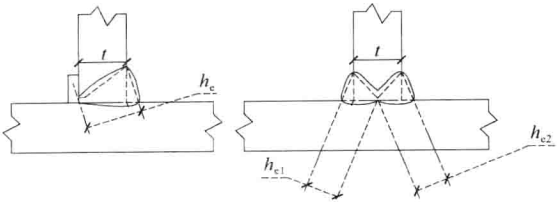


图 5. 3. 1 全焊透的对接与角接组合焊缝计算厚度 h_e

5. 3. 2 部分焊透对接焊缝及对接与角接组合焊缝，其焊缝计算厚度 h_e （图 5. 3. 2）应根据不同的焊接方法、坡口形式及尺寸、焊接位置对坡口深度 h 进行折减，并应符合表 5. 3. 2 的规定。

V 形坡口 $\alpha \geq 60^\circ$ 及 U、J 形坡口，当坡口尺寸符合本规范表 A. 0. 5~表 A. 0. 7 的规定时，焊缝计算厚度 h_e 应为坡口深度 h 。

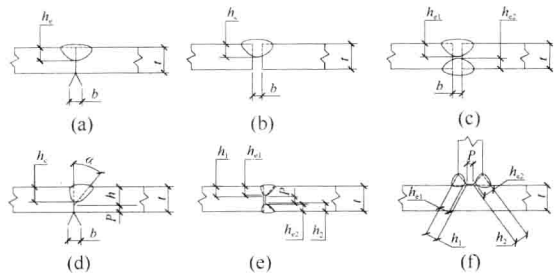


图 5. 3. 2 部分焊透的对接焊缝及对接与角接组合焊缝计算厚度

表 5. 3. 2 部分焊透的对接焊缝及对接与角接组合焊缝计算厚度

图 号	坡口形式	焊接方法	t (mm)	α ($^\circ$)	b (mm)	P (mm)	焊接位置	焊缝计算厚度 h_e (mm)
5. 3. 2(a)	I 形坡口单面焊	焊条电弧焊	3	—	1.0~1.5	—	全部	$t-1$
5. 3. 2(b)	I 形坡口单面焊	焊条电弧焊	$3 < t \leq 6$	—	$\frac{t}{2}$	—	全部	$\frac{t}{2}$
5. 3. 2(c)	I 形坡口双面焊	焊条电弧焊	$3 < t \leq 6$	—	$\frac{t}{2}$	—	全部	$\frac{3}{4}t$
5. 3. 2(d)	单 V 形坡口	焊条电弧焊	≥ 6	45	0	3	全部	$h-3$
5. 3. 2(d)	L 形坡口	气体保护焊	≥ 6	45	0	3	F, H	h
							V, O	$h-3$
5. 3. 2(d)	L 形坡口	埋弧焊	≥ 12	60	0	6	F	h
							H	$h-3$

续表 5. 3. 2

图 号	坡口形式	焊接方法	t (mm)	α ($^\circ$)	b (mm)	P (mm)	焊接位置	焊缝计算厚度 h_e (mm)
5. 3. 2(e)、(f)	K 形坡口	焊条电弧焊	≥ 8	45	0	3	全部	$h_1 + h_2 - 6$
5. 3. 2(e)、(f)	K 形坡口	气体保护焊	≥ 12	45	0	3	F, H	$h_1 + h_2$
							V, O	$h_1 + h_2 - 6$
5. 3. 2(e)、(f)	K 形坡口	埋弧焊	≥ 20	60	0	6	F	$h_1 + h_2$

5. 3. 3 搭接角焊缝及直角角焊缝计算厚度 h_e （图 5. 3. 3）应按下列公式计算（塞焊和槽焊焊缝计算厚度 h_e 可按角焊缝的计算方法确定）：

1 当间隙 $b \leq 1.5$ 时：

$$h_e = 0.7h_f \quad (5. 3. 3-1)$$

2 当间隙 $1.5 < b \leq 5$ 时：

$$h_e = 0.7(h_f - b) \quad (5. 3. 3-2)$$

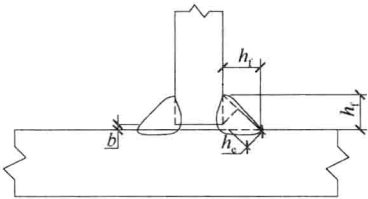


图 5. 3. 3 直角角焊缝及搭接角焊缝计算厚度

5. 3. 4 斜角角焊缝计算厚度 h_e ，应根据两面角 Ψ 按下列公式计算：

1 $\Psi = 60^\circ \sim 135^\circ$ [图 5. 3. 4(a)、(b)、(c)]：

当间隙 b 、 b_1 或 $b_2 \leq 1.5$ 时：

$$h_e = h_f \cos \frac{\Psi}{2} \quad (5. 3. 4-1)$$

当间隙 $1.5 < b$ 、 b_1 或 $b_2 \leq 5$ 时：

$$h_e = \left[h_f - \frac{b \text{ (或 } b_1, b_2)}{\sin \phi} \right] \cos \frac{\Psi}{2} \quad (5. 3. 4-2)$$

式中： Ψ ——两面角，($^\circ$)；

h_f ——焊脚尺寸，mm；

b 、 b_1 或 b_2 ——焊缝坡口根部间隙，mm。

2 $30^\circ \leq \Psi < 60^\circ$ [图 5. 3. 4(d)]：

将公式(5. 3. 4-1)和公式(5. 3. 4-2)所计算的焊缝计算厚度 h_e 减去折减值 z ，不同焊接条件的折减值 z 应符合表 5. 3. 4 的规定。

3 $\Psi < 30^\circ$ ：必须进行焊接工艺评定，确定焊缝计算厚度。

表 5.3.4 30°≤Ψ<60°时的焊缝计算厚度折减值 z

两面角 Ψ	焊接方法	折减值 z(mm)	
		焊接位置 V 或 O	焊接位置 F 或 H
60°>Ψ ≥45°	焊条电弧焊	3	3
	药芯焊丝自保护焊	3	0
	药芯焊丝气体保护焊	3	0
	实心焊丝气体保护焊	3	0
45°>Ψ ≥30°	焊条电弧焊	6	6
	药芯焊丝自保护焊	6	3
	药芯焊丝气体保护焊	10	6
	实心焊丝气体保护焊	10	6

5.3.6 圆管、矩形管 T、Y、K 形相贯节点的焊缝计算厚度 h_e ，应根据局部两面角 Ψ 的大小，按相贯节点趾部、侧部、跟部各区和局部细节计算取值(图 5.3.6-1、图 5.3.6-2)，且应符合下列规定：

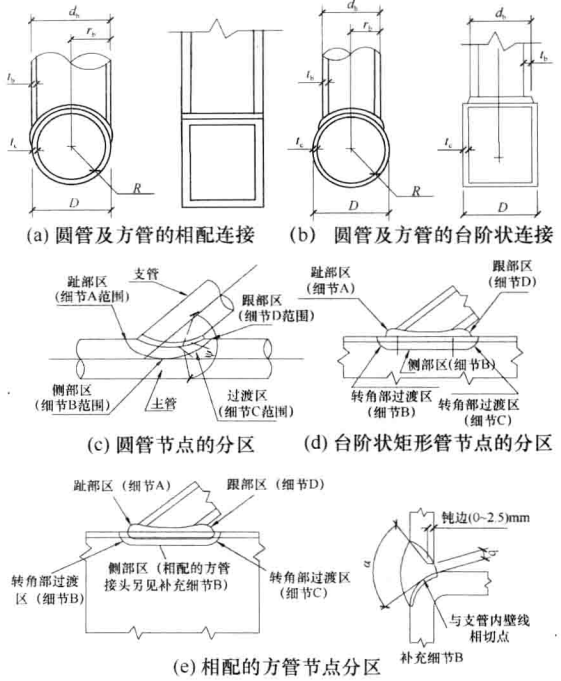


图 5.3.6-1 圆管、矩形管相贯节点焊缝分区

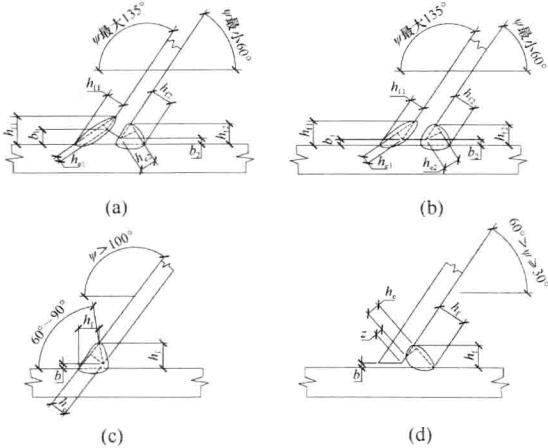


图 5.3.4 斜角角焊缝计算厚度

Ψ—两面角； b_1 或 b_2 —根部间隙； h_1 —焊脚尺寸；
 h_e —焊缝计算厚度； z —焊缝计算厚度折减值

5.3.5 圆钢与平板、圆钢与圆钢之间的焊缝计算厚度 h_e 应按下列公式计算：

1 圆钢与平板连接[图 5.3.5(a)]：
$$h_e = 0.7h_f \quad (5.3.5-1)$$

2 圆钢与圆钢连接[图 5.3.5(b)]：
$$h_e = 0.1(\varphi_1 + 2\varphi_2) - a \quad (5.3.5-2)$$

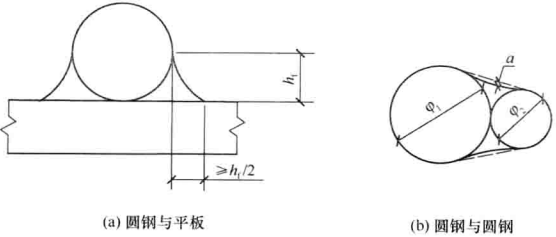


图 5.3.5 圆钢与平板、圆钢与圆钢焊缝计算厚度
式中： φ_1 ——大圆钢直径，mm；
 φ_2 ——小圆钢直径，mm；
 a ——焊缝表面至两个圆钢公切线的间距，mm。

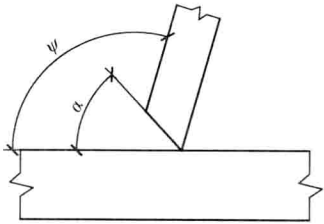


图 5.3.6-2 局部两面角 Ψ 和坡口角度 α

1 管材相贯节点全焊透焊缝各区的形式及尺寸细节应符合图 5.3.6-3 的要求，焊缝坡口尺寸及计算厚度宜符合表 5.3.6-1 的规定；

2 管材台阶状相贯节点部分焊透焊缝各区坡口形式与尺寸细节应符合图 5.3.6-4(a)的要求；矩形管材相配的相贯节点部分焊透焊缝各区坡口形式与尺寸细节应符合图 5.3.6-4(b)的要求。焊缝计算厚度的折减值 z 应符合本规范表 5.3.4 的规定；

3 管材相贯节点各区细节应符合图 5.3.6-5 的要求，角焊缝的焊缝计算厚度 h_e 应符合表 5.3.6-2 的规定。

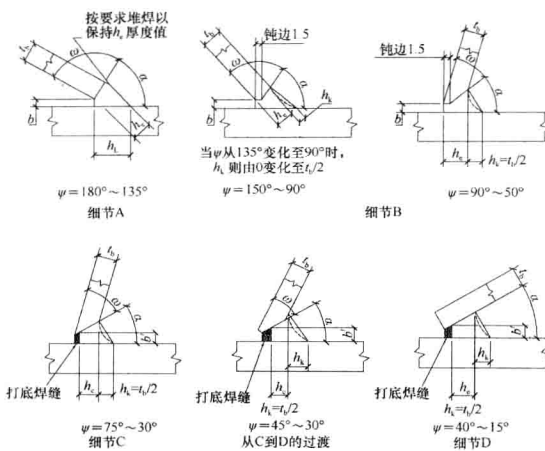


图 5.3.6-3 管材相贯节点全焊透焊缝的各区域坡口形式与尺寸(焊缝为标准平直状剖面形状)

1—尺寸 h_e 、 h_L 、 b 、 b' 、 ψ 、 ω 、 α 见表 5.3.6-1;
 2—最小标准平直状焊缝剖面形状如实线所示;
 3—可采用虚线所示的下凹状剖面形状; 4—支管厚度; 5— h_k : 加强焊脚尺寸

表 5.3.6-1 圆管 T、K、Y 形相贯节点全焊透焊缝坡口尺寸及焊缝计算厚度

坡口尺寸		细节 A $\Psi=180^\circ \sim 135^\circ$	细节 B $\Psi=150^\circ \sim 50^\circ$	细节 C $\Psi=75^\circ \sim 30^\circ$	细节 D $\Psi=40^\circ \sim 15^\circ$
坡口角度 α	最大	90°	$\Psi \leq 105^\circ$; 60°	40°; Ψ 较大时 60°	—
	最小	45°	37.5°; Ψ 较小时 1/2 Ψ	1/2 Ψ	—
支管端部斜削角度 ω	最大	—	90°	根据所需的 α 值确定	—
	最小	—	10° 或 $\Psi > 105^\circ$; 45°	10°	—
根部间隙 b	最大	5mm	气体保护焊: $\alpha > 45^\circ$: 6mm; $\alpha \leq 45^\circ$: 8mm 焊条电弧焊和药芯焊丝自保护焊: 6mm	—	—
	最小	1.5mm	1.5mm	—	—
打底焊后坡口底部宽度 b'	最大	—	—	焊条电弧焊和药芯焊丝自保护焊: $\alpha = 25^\circ \sim 40^\circ$: 3mm; $\alpha = 15^\circ \sim 25^\circ$: 5mm 气体保护焊: $\alpha = 30^\circ \sim 40^\circ$: 3mm; $\alpha = 25^\circ \sim 30^\circ$: 6mm; $\alpha = 20^\circ \sim 25^\circ$: 10mm; $\alpha = 15^\circ \sim 20^\circ$: 13mm	

续表 5.3.6-1

坡口尺寸	细节 A $\Psi=180^\circ \sim 135^\circ$	细节 B $\Psi=150^\circ \sim 50^\circ$	细节 C $\Psi=75^\circ \sim 30^\circ$	细节 D $\Psi=40^\circ \sim 15^\circ$
焊缝计算厚度 h_e	$\geq t_b$	$\Psi \geq 90^\circ$ 时, $\geq t_b$; $\Psi < 90^\circ$ 时, $\geq \frac{t_b}{\sin \Psi}$	$\geq \frac{t_b}{\sin \Psi}$, 最大 1.75 t_b	$\geq 2t_b$
h_L	$\geq \frac{t_b}{\sin \Psi}$, 最大 1.75 t_b	—	焊缝可堆焊至满足要求	—

注: 坡口角度 $\alpha < 30^\circ$ 时应进行工艺评定; 由打底焊道保证坡口底部必要的宽度 b' 。

表 5.3.6-2 管材 T、Y、K 形相贯节点角焊缝的计算厚度

Ψ	趾部	侧部		跟部		焊缝计算厚度 (h_e)
	$>120^\circ$	110°~120°	100°~110°	$\leq 100^\circ$	$<60^\circ$	
最小 h_f	支管端部切斜 t_b	1.2 t_b	1.1 t_b	t_b	1.5 t_b	0.7 t_b
	支管端部切斜 1.4 t_b	1.8 t_b	1.6 t_b	1.4 t_b	1.5 t_b	t_b
	支管端部整个切斜 60°~90° 坡口角	2.0 t_b	1.75 t_b	1.5 t_b	1.5 t_b 或 1.4 t_b + z 取较大值	1.07 t_b

注: 1 低碳钢 ($R_{eH} \leq 280\text{MPa}$) 圆管, 要求焊缝与管材超强匹配的弹性工作应力设计时, $h_e = 0.7t_b$; 要求焊缝与管材等强匹配的极限强度设计时, $h_e = 1.0t_b$;
 2 其他各种情况, $h_e = t_c$ 或 $h_e = 1.07t_b$ 中较小值; t_c 为主管壁厚。

5.4 组焊构件焊接节点

5.4.1 塞焊和槽焊焊缝的尺寸、间距、焊缝高度应符合下列规定:

- 塞焊和槽焊的有效面积应为贴合面上圆孔或长槽孔的标称面积;
- 塞焊焊缝的最小中心间隔应为孔径的 4 倍, 槽焊焊缝的纵向最小间距应为槽孔长度的 2 倍, 垂直于槽孔长度方向的两排槽孔的最小间距应为槽孔宽度的 4 倍;
- 塞焊孔的最小直径不得小于开孔板厚度加 8mm, 最大直径应为最小直径值加 3mm 和开孔件厚度的 2.25 倍两值中较大者。槽孔长度不应超过开孔件厚度的 10 倍, 最小及最大槽宽规定应与塞焊孔的

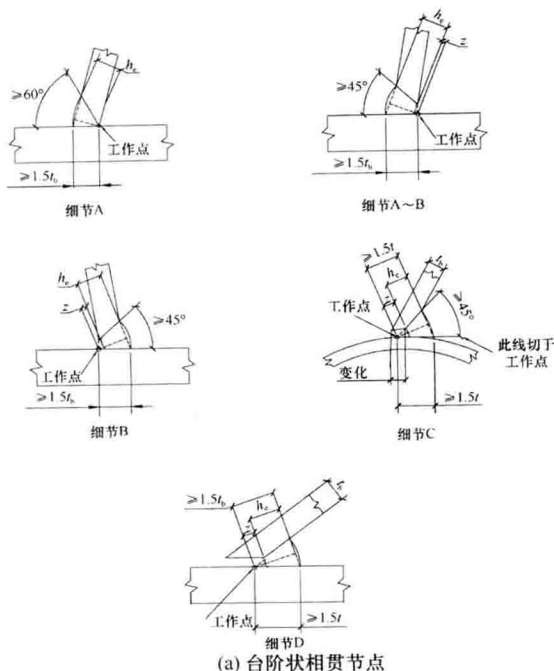


图 5.3.6-4 管材相贯节点部分焊透焊缝各区坡口形式与尺寸 (一)

1— t 为 t_b 、 t_c 中较薄截面厚度；

2—除过渡区域或跟部区域外，其余部位削斜到边缘；

3—根部间隙 0mm~5mm；4—坡口角度 $\alpha < 30^\circ$

时应进行工艺评定；5—焊缝计算厚度 $h_e > t_b$ ，

z 折减尺寸见本规范表 5.3.4；6—方管截面角部过渡区的接头应制作成从一细部圆滑过渡到另一细部，焊接的起点与终点都应在方管的平直部位，转角部位应连续焊接，转角处焊缝应饱满

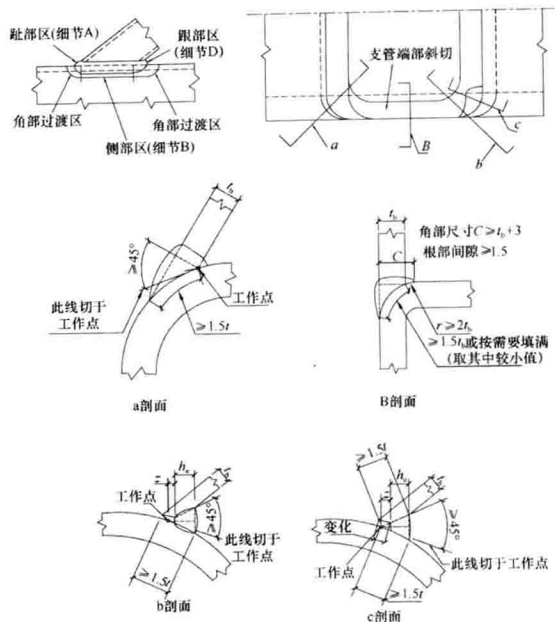


图 5.3.6-4 管材相贯节点部分焊透焊缝各区坡口形式与尺寸 (二)

1— t 为 t_b 、 t_c 中较薄截面厚度；

2—除过渡区域或跟部区域外，其余部位削斜到边缘；

3—根部间隙 0mm~5mm；4—坡口角度 $\alpha < 30^\circ$ 时

应进行工艺评定；5—焊缝计算厚度 $h_e > t_b$ ，

z 折减尺寸见本规范表 5.3.4；6—方管截面角部过渡区的接头应制作成从一细部圆滑过渡到另一细部，焊接的起点与终点都应在方管的平直部位，转角部位应连续焊接，转角处焊缝应饱满

最小及最大孔径规定相同；

4 塞焊和槽焊的焊缝高度应符合下列规定：

- 1) 当母材厚度不大于 16mm 时，应与母材厚度相同；
- 2) 当母材厚度大于 16mm 时，不应小于母材厚度的一半和 16mm 两值中较大者。

5 塞焊焊缝和槽焊焊缝的尺寸应根据贴面上承受的剪力计算确定。

5.4.2 角焊缝的尺寸应符合下列规定：

1 角焊缝的最小计算长度应为其焊脚尺寸 (h_f) 的 8 倍，且不应小于 40mm；焊缝计算长度应为扣除引弧、收弧长度后的焊缝长度；

2 角焊缝的有效面积应为焊缝计算长度与计算厚度 (h_e) 的乘积。对任何方向的荷载，角焊缝上的应力应视为作用在这一有效面积上；

3 断续角焊缝焊段的最小长度不应小于最小计算长度；

4 角焊缝最小焊脚尺寸宜按表 5.4.2 取值；

5 被焊构件中较薄板厚度不小于 25mm 时，宜

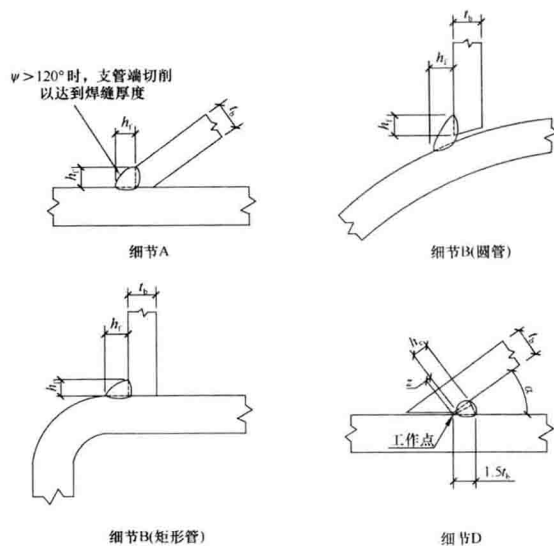


图 5.3.6-5 管材相贯节点角焊缝接头各区形状与尺寸

1— t_b 为较薄件厚度；2— h_f 为最小焊脚尺寸