

焊接结构设计



DESIGN OF WELDED STRUCTURES

钢结构工程研究所译

译编者的话

《焊接结构设计》是美国“林肯弧焊基金会”出版的焊接结构设计和施工方面具有手册性质的专著。该书与欧美各国长期的焊接技术研究工作相协调，可视为有关规程、规范编制工作的背景材料。具有以下特点：

1. 基本概念清晰，结合工程实例演算，常用图表、曲线齐全，使用方便；
2. 重点反映了各种节点构造和应力分析，以及有关的焊接技术，结构构件等三大部分；
3. 各类建筑和桥梁连接构造节点，包括应力分析、施工要求，把结构计算和焊接要求紧密结合。对各种梁—柱、梁—梁、管结点、门形刚架、空腹桁架，以及槽罐容器等节点构造均有详细论述；
4. 涉及到各种特殊型式构件和结构，如蜂窝梁、曲梁的计算及连接；板梁的计算和制造，钢—混凝土组合结构的应用等等，以及焊接结构的选材，特别是大于40mm厚的板材选择，可焊性评定到焊接缺陷分析，均有较详细的阐述。

因此，我们认为该书内容丰富，本书可供钢结构设计、加工制作和施工人员，以及从事科研、教学工作者参考应用。也是焊接技术人员的参考书，还适用于对焊接工人的培训和作为教学的补充教材。

由于我们的水平所限，可能有不妥之处，诚恳欢迎读者批评指正。

译编者

1988.7月于北京

8910257

序 言

结构的焊接连接早就用于房屋建筑、桥梁和其它结构。首批采用焊接的建筑建于20年代——主要是多种型式的低标准建筑。1936年美国焊接协会首先公布了有关焊接桥的规范。但焊接连接的早期发展是缓慢的。

1936年Lincoln电气公司创建了James F. Lincoln电弧焊基金会以促进焊接结构的发展。通过奖励计划和教学活动，基金会为焊接技术的经验交流和推广应用创造了条件。

最近10年内，尤其是这几年，焊接技术除用于更多的普通结构外，还广泛应用于高层建筑和大型桥梁。

基金会出版这本书的目的是使建筑、结构、制造和施工等人员进一步了解掌握焊接结构，使其得到进一步的发展；还可供教学参考，让学生受到专业训练。该书描述了所有早期参加基金会的人员所积累的经验。作者将这些经验同美国和欧洲的近期研究成果进行协调，并且作者参加过不同的规范编写委员会工作的背景材料的编写。书中大部分直接教学资料曾用于有4000多名工程师参加的70多个学术会。

在著书的几年期间，作者一直都在努力修正书中的错误。作者将感谢为他指出尚没有发现的错误，并且欢迎读者来信提出问题。但是，作者和出版者都不对设计人员使用书中的数据和公式所产生的后果负责，因为每个设计都受到很多因素的影响。

电弧焊基金会秘书长

1966年6月

符号

- α 角加速度；梁曲率的夹角；形状系数
- Δ 垂直挠度；弯曲产生的挠度 (Δb)，剪切产生的挠度 (Δs)
- e 单位应变 (伸长或缩短)
- ε_s 剪切应变
- ν 泊松比 (钢材通常取0.3)；单位剪力
- ω 角焊缝焊角尺寸；角速度
- ϕ 单位扭转角；夹角；转角
- Σ 总和
- σ 正应力 (拉伸或压缩)；强度
- σ_b 弯曲应力
- σ_y 屈服强度
- τ 剪应力；剪切强度
- θ 扭转角；转角；梯形梁的坡度；任何指定的角
- a 应力作用面以外的截面面积；板的长度；加 (减) 速度；梁横向加劲肋间的距离
- b 截面宽度；面积重心到基准轴的距离
- c 中性轴到最外纤维的距离；弹性区中心到基准轴的距离
- d 截面高度；力臂；距离；梁两翼缘重心间的距离
- d_w 梁两翼缘的净距
- e 荷载偏心距；轴向总变形；力臂；有效宽度；蜂窝梁中T形截面的长度
- f 单位长度焊缝上的力；水平剪力；(矢量的)合力；焊缝的容许强度
- f'_c 混凝土抗压强度
- g 重力加速度
- h 高度；下落高度；蜂窝梁的扩展距离
- k 常数或放大系数
- m 质量；换算混凝土静矩 (组合结构)
- n 截面中性轴到基准轴的距离；序号
- p 内压力
- q 剪力连接件的许用力
- r 半径；回转半径
- s 曲梁段的长度；焊缝间的净距
- t 厚度；时间；时间间隔
- u 材料拉伸回弹模量
- u_u 材料的极限能抗
- w 均布荷载
- x 力臂长度 (曲梁)
- y 面积重心至全截面中性轴的距离
- A 面积；横截面面积

- C 弯矩分配中使用的刚度系数；常数
 E 拉伸弹性模量；电弧电压
 E_s 剪切弹性模量
 E_t 切线模量
 E_k 动能
 E_p 势能
 F 力；径向力
 I 惯性矩；焊接电流
 J 极惯性矩；入热量
 K 最小荷载与最大荷载之比（疲劳）；腹板高度与腹板厚度之比；梁翼缘外表面到腹板角焊缝焊趾的距离；导热系数；常数
 L 构件长度；跨度
 L_e 柱子的有效长度
 M 弯矩
 M_o 外加弯矩
 M_p 连接处的塑性弯矩
 N 循环次数；梁在支座上的最小承压长度
 P 集中荷载
 Q 剪力中心；盖板梁中盖板截面积对中性轴的静矩
 R 反力；杆件的扭转抗力；焊缝冷却速度
 S 截面模量
 T 扭矩；温度
 U 储存能量
 V 垂直剪切荷载；剪切反力；速度；体积；弧线速度
 W 总荷载；重量；总宽
 Y 底板上有有效承压长度
 Z 塑性截面模量
 C.G. 重心
 HP 马力
 N.A. 中和轴
 RPM 每分钟转数

目 录

第一章 引言

1.1 焊接结构介绍	(1)
------------	-------

第二章 荷载与应力分析

2.1 材料的性能	(10)
2.2 截面性能	(16)
2.3 组合抗拉构件	(28)
2.4 弯曲分析	(29)
2.5 弯曲挠度	(34)
2.6 梁的剪切挠度	(60)
2.7 曲线梁的挠度	(64)
2.8 冲击荷载下的设计	(67)
2.9 疲劳荷载下的设计	(78)
2.10 扭转荷载下的设计	(89)
2.11 复合应力分析	(121)
2.12 板的屈曲	(130)

第三章 柱子设计

3.1 压杆分析	(149)
3.2 受压杆件的设计	(164)
3.3 柱基	(203)
3.4 柱的拼接	(240)
3.5 承压型一销连接	(244)
3.6 组合柱的设计	(247)

第四章 梁的设计

4.1 建筑用焊接板梁	(262)
4.2 高效板梁	(292)
4.3 桥梁用焊接板梁	(303)
4.4 变截面的桥用板梁	(324)
4.5 水平曲梁	(333)
4.6 变截面梁	(333)
4.7 蜂窝梁	(347)
4.8 房屋组合结构的剪力连接件	(382)
4.9 桥梁组合结构的剪力连接件	(393)
4.10 桥面板系统	(400)
4.11 正交各向异性桥面板	(404)
4.12 板梁和盖板梁的制造	(414)
4.13 房屋结构的工地焊接	(421)

4.14 桥梁工地焊接	(426)
第五章 焊接连接设计	
5.1 梁、柱连接	(432)
5.2 柔性支座角钢	(442)
5.3 加劲牛腿支座	(453)
5.4 腹板连接角钢	(460)
5.5 简支梁与抗风撑连接的顶部连接板	(471)
5.6 半刚性连接的顶部连接板	(490)
5.7 梁柱的连续连接	(501)
5.8 次梁与梁的连续连接	(538)
5.9 桁架设计	(544)
5.10 钢管结构接头	(567)
5.11 刚架节点 (弹性设计)	(585)
5.12 塑性设计的焊接连接	(603)
5.13 空腹桁架的焊接连接	(638)
第六章 其它结构设计	
6.1 刚架设计 (弹性设计)	(646)
6.2 空腹檩条	(679)
6.3 钢筋	(682)
6.4 单元板的加强	(684)
6.5 贮罐、贮仓和贮水槽	(689)
6.6 吊耳与托板的设计	(698)
第七章 节点的设计与制作	
7.1 焊接结构用钢选择	(710)
7.2 可焊性和焊接工艺	(722)
7.3 接头设计	(740)
7.4 确定焊缝尺寸	(749)
7.5 预测焊接成本	(771)
7.6 原有结构上的焊接	(784)
7.7 收缩与变形的控制	(789)
7.8 焊接结构的油漆与防腐蚀	(800)
7.9 焊缝质量与检查	(803)

1.1 焊接结构介绍

1. 结构工程上焊接技术的重要性

焊接技术对经济发展起着重要作用。焊接设备和焊条的改进、焊接工艺和焊接结构理论的发展，以及焊接技术的广泛应用，使得焊接技术成为发展工程结构的强有力手段。

越来越多的房屋建筑和桥梁是按照焊接结构设计规程建造的。焊接技术的经济性补偿了材料价格和劳务费用的不断增长。采用焊接结构既缩短生产周期，又加快建设速度。

焊接结构使许多建筑师、结构工程师、承包商，以及他们的顾客获益非浅。当更多的人掌握了更深的焊接知识和焊接经验时，焊接技术将会发挥更重要的作用。

2. 焊接技术得到广泛的承认

经过开拓者们多年勤奋努力，焊接技术得到了广泛的承认，被认为是结构连接的一种安全手段，并且根据研究成果形成了有关焊接技术的大量文献。

今天，多数人都不蔑视焊接技术。大部分地方管理机构和联邦政府都承认满足规范规定的焊接连接，这些规定是规范编写组织如美国钢结构协会和美国焊接协会制定的。

然而在这种条件下，为了取得焊接结构应用的最大效率，仍然需要进行大量的教育和宣传工作，甚至需要规范编写组织对焊接技术有更充分的了解，因为他们还没有充分利用焊接连接的全部强度。

3. 采用焊接结构的原因

采用焊接结构有许多理由，但基本的理由是两条：1)可以有效地利用材料；2)提高制造安装速度，使工程建设适应迅速变化的市场需要。

结构设计的灵活性

焊接使得建筑师和结构工程师能够非常灵活地进行设计——他们可以发展应用现代的经济设计原理；可以利用最基本或最大胆的体形比例和均衡的概念来满足更大的美学价值。这是因为设计师可以采用焊接技术将想象出的任何形式都可变成现实了。

焊接结构根本不会使设计师的思考受到限制，这就导致了新结构的广泛使用。这些新结构有蜂窝梁、梯形梁、空腹桁架、格形楼板结构、正交各向异性桥面板、组合楼板结构、钢管柱和钢管桁架。

焊缝金属优于母材金属

焊接接头基本上是一体结构，而其它接头是用机械方法的搭接接头。如焊接好的话，其接头将强于母材，且形成刚性结构，而用机械方法组成的接头是非刚性结构。焊接结构的紧密性和较大的刚性使焊接结构更准确地符合设计假定。焊接接头更适于承受疲劳荷载、冲击荷载和剧烈的振动。

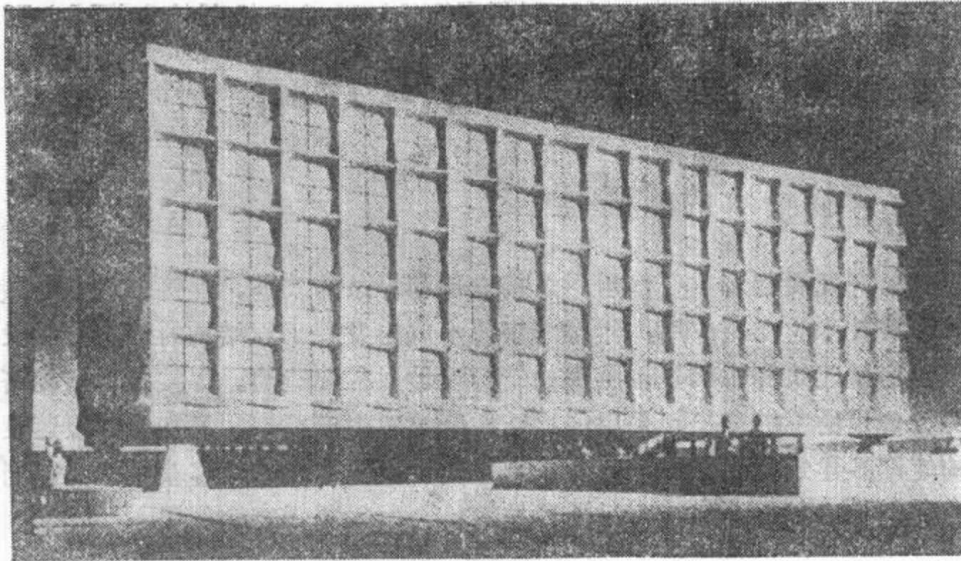


图 1 耶鲁大学珍贵书籍图书馆的四面外墙是五层楼的空间桁架，它是由希腊型十字接头组成的网，这个结构全部为工厂和工地焊接，表现出采用焊接结构的灵活性

焊接结构省材料、费用低

焊接结构可不用或者用较小的连接板。焊接连接省钢材。因为制造时不需要在板上打孔，所以整个截面都能承受荷载。焊接是形成刚性连接的最好方法，使得梁的高度和重量减小。

梁高的减小可以明显地降低整个建筑物的结构的自重，或者说静载有很大的降低。从而相应地节省了钢柱和墙板材料，并且降低了对地基基础的要求。

焊接连接非常适合于塑性设计，刚架按塑性设计能节省很多的材料。

在运输、加工和安装上的节约与重量的节约成正比。

现有标准

不管是工厂施焊还是现场施焊，电弧焊经过了长期的使用，证明是完全可靠的。AWS和AISC已经对结构的设计、制造、安装各阶段制定了可靠的标准。这些标准是多年研究和实践的结果。标准简化了焊接连接的设计，方便了用户的验收工作。

其它优点

由于焊接结构零部件少，所以它的详图设计、放样和制造所需的时间较少。焊接结构不需要打孔和扩孔，对大型工程项目来说这也是一个相当大的节约。

焊接接头比较光滑平整，接头外露无损于结构的外观。焊接接头腐蚀较轻，需要维护保养少。由于焊接接头平滑，容易安装其它紧密配合的构件，从而减小建筑物墙板或屋盖的厚度。

焊接结构的安装噪音较小，对于建造于城区，接近办公楼或医院的建筑来说，这也是一个明显的优点。

4. 焊缝性能

许多工程师没有注意到焊缝具有很大的强度储备，在很多情况下，规范编写组织也没有认识到这一点。

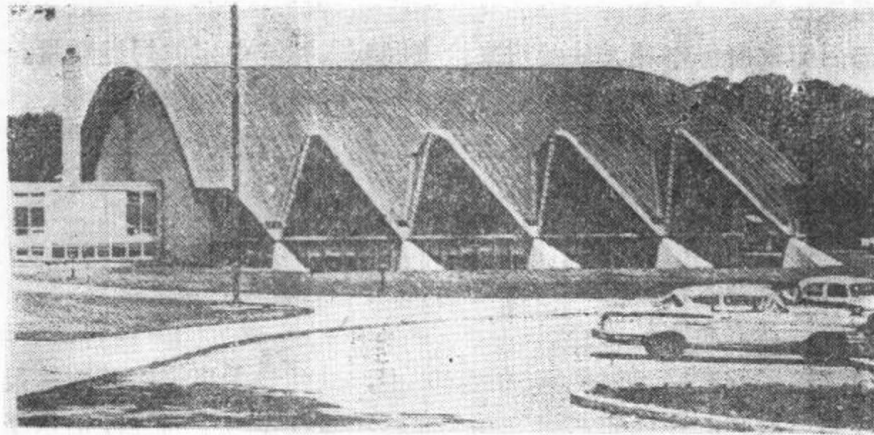


图 2 Ladue Jr.中学体育场屋盖为全焊薄钢板结构, 跨度252', 表现出整体焊接结构具有很高的强度

从表1可以看出, 普通E60XX焊条的最小屈服强度比A7, A373和A36结构钢的屈服强度高出50%, 而这种焊条是可以用于这些钢材的。

工业用的许多E60XX电焊条还能满足E70XX的标准。当用于A7, A373和A36钢时, 焊条屈服强度高于钢材屈服点约75%。

表1 焊缝金属与钢材的比较

材 料		最小屈服强度	最小抗拉强度
AWS A5.1 和 ASTM A233 焊缝 金属 (焊后)	E6010	50,000 psi	62,000 psi
	E6012	55,000	67,000
	E6024	50,000	62,000
	E6027	50,000	62,000
	E70XX	60,000	72,000
ASTM 钢	A7	33,000	60,000~75,000
	A373	32,000	58,000~75,000
	A36	36,000	58,000~80,000
	A441	42,000	63,000
		46,000	67,000
	50,000	70,000	

焊缝金属强度高于对应钢板的强度有很多原因, 最重要的两条是:

1. 焊条的焊芯是优质钢, 比钢板要更严格地满足标准;
2. 在焊接过程中, 熔化的金属有防护层保护, 再加上焊条药皮中含有净化和脱氧剂, 以及其它配料, 因此焊缝金属具有均匀的晶体结构和与电炉钢相同的物理性质。

由于有这些原因, 正确施焊的焊缝具有很大的强度储备; 或者说安全系数远大于工业标准通常所规定的值。但即使不降低安全系数, 采用焊接仍然是经济的。

检查与质量

工业部门和政府每年花大量费用来检查和获得标准规定的焊缝质量。一般来说，焊缝质量可以达到标准，但规定的质量与实际需要之间且经常没什么联系。

以尽可能少的造价而满足实际使用要求的焊缝，需要具备：

- 1) 连接接头的正确设计；
- 2) 良好的焊接工艺；
- 3) 焊工的良好技术；
- 4) 明智的，认真负责的检查。

在下面的例子（图3，图4，图5和图6）中，试件显示出咬肉、焊缝尺寸小、未熔和有气孔等焊缝缺陷。尽管有这样的不利因素，焊缝在静载拉力下的强度仍然高于板材。这些例子并不是要说明焊缝质量标准应该降低。事实证明，使焊缝强度高于板材并不困难。

图3反映了咬肉缺陷影响的试件，在静拉力作用下，破坏全部发生在板材上，而不是在焊缝上。

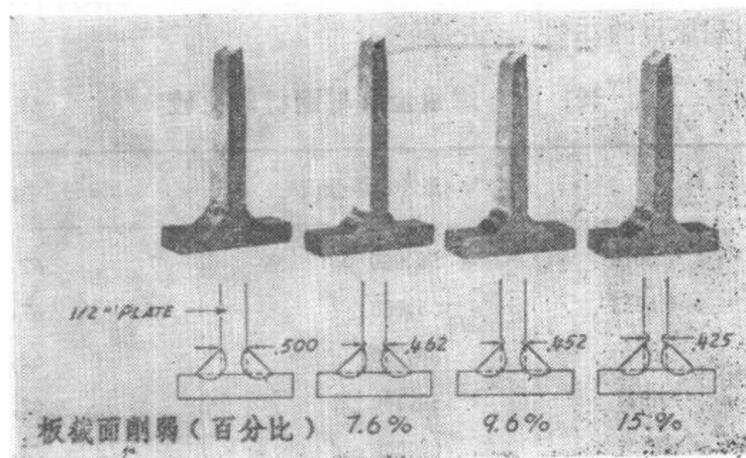


图 3

图4按照经验，角焊缝高度应等于3/4板厚，才能发挥出板材的全部强度。按照这个方法，3/8"高的角焊缝的强度，才高于1/2"厚板材的强度。11/32"和5/16"高的角焊缝的强度，仍然高于板材强度。直至角焊缝高度降低1/4"才发生焊缝破坏，这时焊缝内力达12300lb/in.大于AWS允许值的5倍。

图5不同程度未融合焊缝受拉试件

图6X射线照片所示的严重气孔（焊缝1），并没有削弱接头。焊缝2为一完好的焊缝。这两条焊缝都强于板材。试件以大约60100psi的应力在板材中断裂。

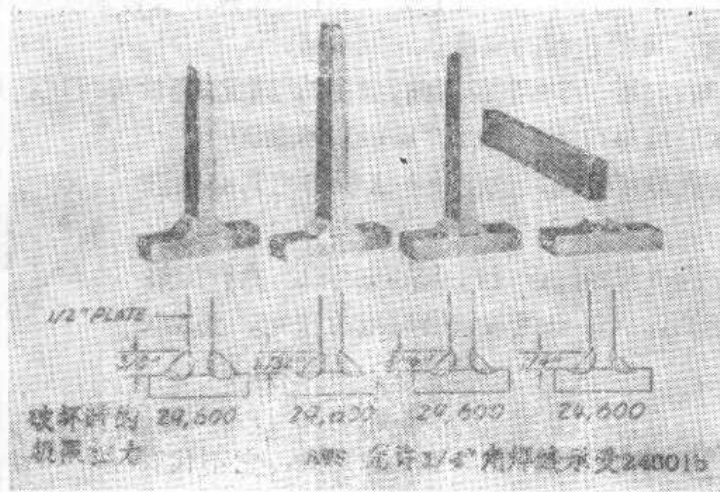


图 4

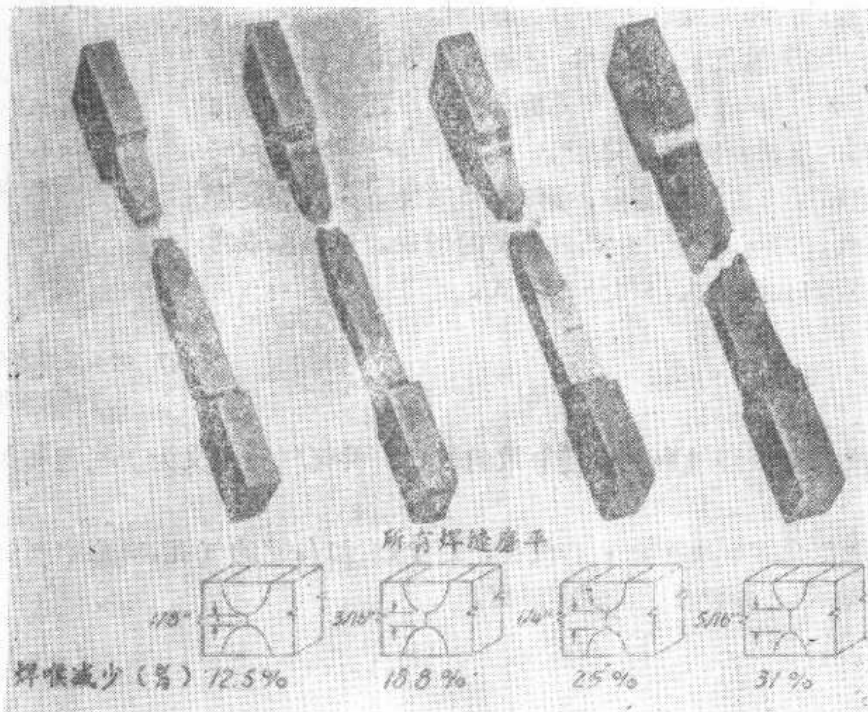


图 5

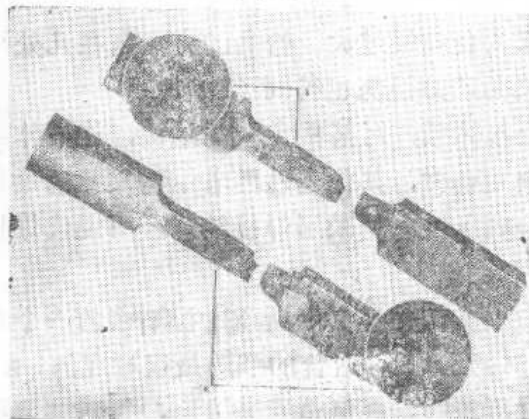


图 6

焊接技术是唯一能产生整体结构的连接技术。焊接连接的板材强度高、延性好，能允许钢材进行其它连接方法所不可能进行的实验。

焊缝的延性之好，可以绕一较小半径弯曲，如图7。因此，通常要求进行焊缝弯曲试验。遗憾的是，U形弯曲试验结果跟实际工作性质联系不上。

由于可用X射线检查焊接接头，致使一些工程师感到必须进行X射线检查。

大部分X射线检查基于可靠的检查标准。按照标准执行能够保证所要求的质量。然而，人们也经常做出局限的决定，要求X射线检查超出标准。

气孔的影响

气孔一般算不上什么问题，因为孔隙都是球形的，它不代表一个缺口。尽管由于孔隙的存在使截面积稍有损失，但球形的孔隙处应力流是光滑的，不会使强度有明显的降低。

试验表明，含有大量气孔的焊缝，它的抗拉强度，或者冲击强度和它的延性都没有改变。把气孔折合成一个孔隙，孔隙面积占焊缝截面7%的接头其强度不降低。

ASME锅炉和压力容器规范中，第8节和第10节允许焊缝存在一定程度的气孔，并有规定气孔允许程度的图表。这些图表考虑了与板厚相对应的孔隙的大小和分布形式。

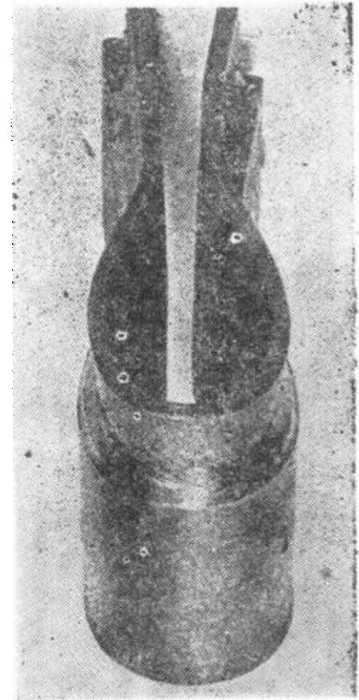


图7 接头处焊缝金属的延性均大于任何结构所需要的

AWS建筑规范允许焊缝存在少许分散的气孔，并把气孔定义为“气泡和类似的球形孔隙”。

AWS桥梁规范允许焊缝存在一些气孔，对于超过1/16"的气孔，规范中列出对给定板厚时，允许气孔的最大尺寸和相互间最小距离。

5. 焊接设计

要经济地设计焊接构件，设计者必须了解焊接与其它连接方法的基本区别。例如，如果用多层盖板组合成焊接梁，那就会耗资过大。恰当的方法是在几处可以减小板厚的地方用对接焊缝拼接成一块翼缘板，梁的疲劳性能也得到了改善。

应该在设计阶段就选定连接体系，对某些类型的结构，连接体系的选择甚至影响建筑设计本身。焊接结构最有效地利用钢材，其优越性随着结构尺寸的增加而增长。实际上，与其它材料相对比，使用钢材的有利条件只有采用焊接结构，用现代焊接技术制造安装、用现代生产调度和材料处理才能实现。

反映焊接结构经济性的一个实例是得克萨斯州达拉斯市的一个焊接结构的办公楼。该建筑高413ft，有34层，使用面积600000ft²。造价的节约是很可观的，承包人宣称，通过使用焊接结构节省了650t钢材。对比计算表明，在制造安装方面，每吨结构还节约16美元。此外，由

于采用焊接钢框架，缩短建设工期大约6个月。

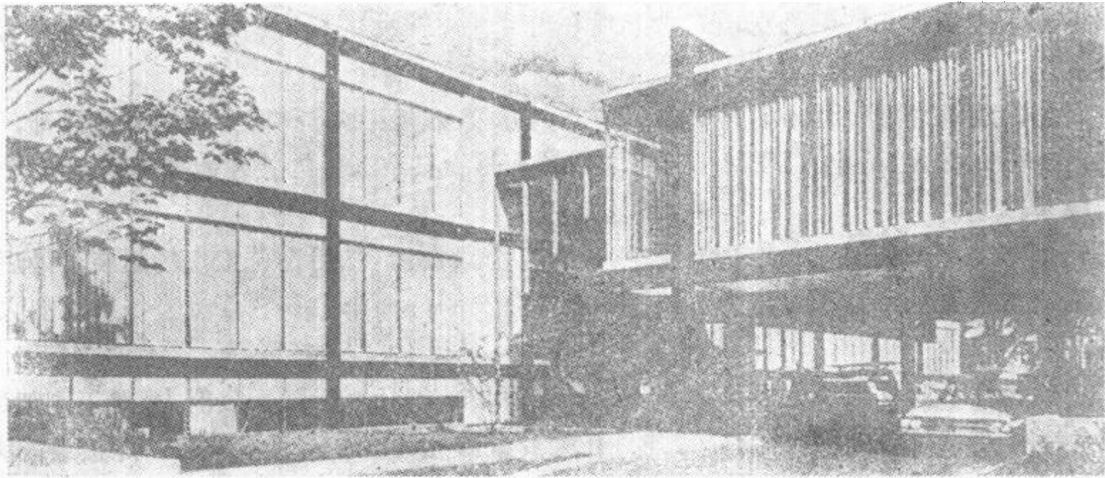


图 8 许多当代建筑利用外露的钢框架作为艺术组合的一部分。焊接提供了现代建筑造型所必需的简洁形式，该陈列馆就是一个典型

相似经验还证明，这类结构的焊接连接形式是从其它连接形式简单地转换过来的，但仍有一定的节约，不过远没有专门按焊接设计]节约的多。

6. 建筑结构的焊接设计

建筑物越高，焊接的作用就越大。无论是柱子和其它构件在工厂制造，还是在现场安装焊接均是如此。

最近建造的大部分高层建筑采用焊接结构在美国，包括地震区旧金山在内的所有地区都有这样的高层建筑。

标准轧制型钢制成的蜂窝梁用于桥梁结构和建筑结构非常经济。按惯性矩要求设计的空腹梁，材料节省可高达50%。在多层建筑中，各种管线可以从这些梁腹板的孔洞穿过而不必悬挂在梁下面，从而使整个建筑物的高度大大降低。这会使柱子、挑口板、楼梯等的材料费用明显地下降。

标准轧制型钢制成变截面梁是很容易的，会给建筑设计带来多方面的好处。变截面的外墙托梁在柱子一端通常可制作有足够高度，以减小弯曲应力并且柱子不需要再加加劲肋。托梁在工厂以最低的费用焊接在柱子上，然后运到施工现场。

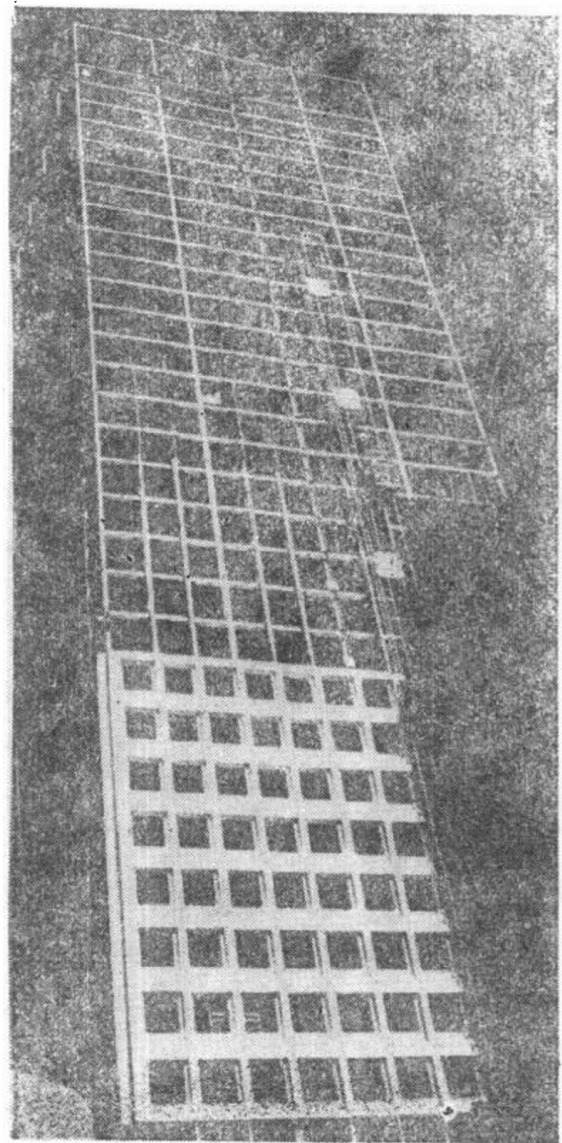


图 9 焊接连接使加利福尼亚州最高的高层建筑、旧金山33层哈特福德大楼的安装更安全更经济。使用自屏蔽管状焊丝的半自动焊加速了每层80个梁柱连接的焊接施工

采用特殊的组合截面柱可以获得开阔的看不见柱子的内部空间；可以经济地安装挑口板；可以得到钢和玻璃相间的外观，这种外观在当今城市商业区和公园式工业建筑中占有压倒的优势。

新型的建筑外观设计，尤其是研究中心、办公楼、图书馆和博物馆的外观设计，需要大量使用外露钢材，包括象ASTM A242的耐候钢材。只有采用焊接才能使外露钢材有干净整齐的线条。

轻型屋盖空间网架是三维桁架系统，在工厂分段制造，然后在施工现场组装，最后吊装就位。采用焊接有利于施工，因为焊接不需要附加材料，而采用其它连接方法则需要大量附加材料。

塑性设计不验算惯用的容许应力，而是验算结构的计算极限承载能力。对于刚架结构，塑性设计比弹性设计要少用设计时间，并且在大多数情况下能节省大量材料。焊接最能满足塑性设计的要求，是最实用的方法。满足塑性设计要求的连接必须具备足够的强度、足够的转动能力和适当的刚度，以使杆件达到其塑性弯矩。

7. 桥梁焊接结构

鉴于钢结构强度高、可靠耐久，现在各种形式的桥梁——悬索桥、拱桥、桁架桥、板梁桥和箱形梁桥——都采用钢结构建造。焊接的应用使得桥梁工程师的各种设想得以实现。因此，最近几年出现了一些相当别致独特的桥梁。

美国康涅狄格州20多年来一直优先采用焊接结构建造公路桥梁。在Turnpike有28座全焊桥梁，其中最大的一座桥有24跨2661ft长（格林威治的Mianus河桥）。

康涅狄格州、纽约州、得克萨斯州、加利福尼亚州和堪萨斯州的经验已证明，正确设计的焊接桥是非常经济的。

钢桥的大梁做成变高度的，既可节省材料，又美化了结构的外观。

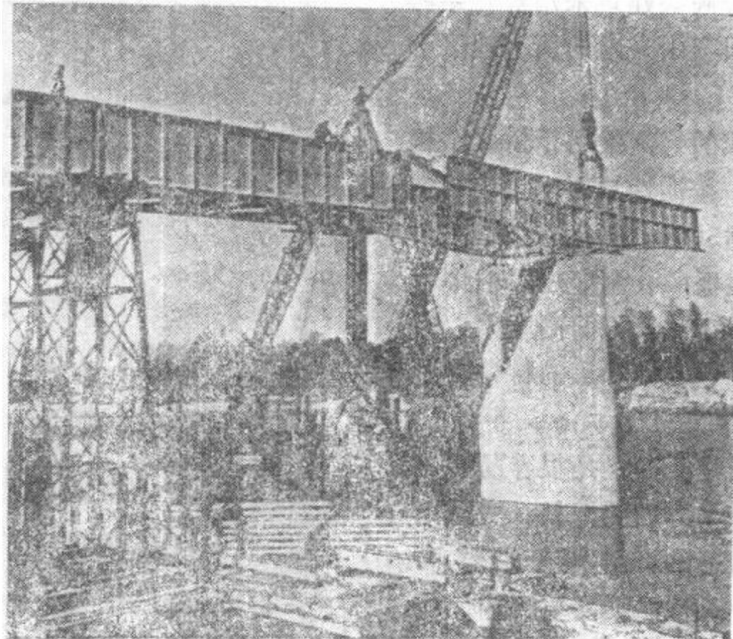


图 10 将整个桥分成几段在工厂制造，然后运到现场，吊装就位。降低安装费用，缩短施工周期

纽约高速公路跨越伊利铁路长900ft焊接桥不得不做成满足现场地形的形状。这里的高速公路有竖向坡度和水平弯曲。据估计，采用比较灵活的焊接结构，可节省钢材50%。

在房屋建筑和桥梁工程中，焊接剪力连接件及其专门焊接设备的应用促进了组合楼板(桥面板)的发展。在组合结构中，混凝土和钢共同作用，其强度高于只用一种材料的结构强度，因此能节省很多材料。

正交各向异性桥梁结构，在欧洲已经使用了很长时间，目前在美国也开始大量应用，并作为降低桥梁造价的一个主要手段。这种结构要求桥面板整体工作，因此，没有焊接就很难做到这一点。

8. 其它焊接结构

由于采用焊接，就能很方便地设计制造具有现代形式的结构。甚至水塔也可做得很美观，以协调邻近的建筑环境。

高水平体育俱乐部运动场和名牌大学运动场的建设主要依靠焊接结构。Shea就是这样的运动场。它的独特之处是看台顶棚是悬挑的，没有柱子，看台不会因柱子遮挡视线而使观众扫兴。

现在，铁塔、避雷针、大型无线电望远镜、雷达天线、近海钻井平台、卸矿设备和许多其它结构，都设计成焊接结构。

9. 钢结构制造和安装技术的巨大改革

由于采用了焊接，结构的制造安装非常迅速。现在的趋向是用大构件装配结构，结构制造工作尽可能在工厂进行，因为工厂能够充分利用批量生产的技术。

近年来，在自动焊和半自动焊焊接设备方面；在焊接用胎具和操纵装置方面，都取得了很大进展，能够很方便地在工厂制造特殊的钢梁、钢柱及其接头。在很多情况下，采用特殊的结构构件是很经济的。其中包括具有复杂截面形式的构件和用不同钢种制成的混合构件。

在现代化的结构制造工厂里，采用定位装置把钢板定位成柱和梁，通过操纵装置自动焊接，利用胎具使焊接总是在水平位置上进行。

过去几年进行了焊接的研究和开发，提高了焊接速度，同时还保证了焊缝的高质量。在埋弧焊方面，具有两个或三个焊头的多头埋弧焊的应用，极大地提高了焊接速度。在工厂和工地的半机械化焊接中，采用连续焊丝技术显著地提高了生产率。

自动操作装置已经做了很多改进，能在几秒钟内把焊头对准位置。在焊接过程中定位准线自动保持在焊接接头的长度方向上，使用这种操作装置很经济。随着结构尺寸的增加，实际的施焊时间占整个结构制造时间的百分比减小。因此，降低施焊准备时间和增加循环生产速度是降低费用的主要潜力。

施工现场采用半自动焊，使结构安装速度加快、生产费用降低。埋弧焊用于现场的平焊已有很长时间。近几年应用自动进料的自保护药芯焊丝极大地提高了焊接速度，并且保证与半自动焊一样的焊缝质量。这一技术很快地被广泛采纳。它不受强风和其它不利气候条件的影响。埋弧焊和药芯焊丝焊接都被认为是低氢型的。

梁和柱的1/2"高角焊缝

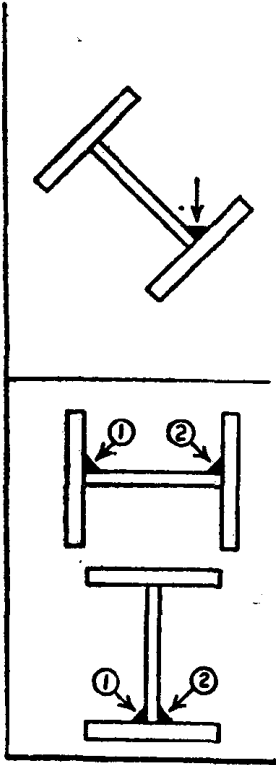
	焊接方法	电弧速度 (in./min)	
	手工焊条 (E7082)	5 1/2	
	单弧半自动焊 (埋弧)	12	
	单弧半自动焊 (自保护)	12	
	单弧自动焊 (埋弧)	15	
	双弧自动焊 (埋弧)	25	
	双弧前后排列自动焊 (埋弧)	30	
	双弧前后排列自动焊	焊缝① 焊缝①②同时	18 (2-36)
	三弧前后排列 (埋弧)	焊缝① 焊缝①②同时	25 (2-50)

图 11 许多结构制造工厂通过选择适当的焊接工艺和焊接设备已经收到了很好的效果。图11表示形成高1/2"角焊缝的多种方法，1/2"是许多大型构件常用的角焊缝高度

(杨建平译 俞国音 校)

2.1 材料的性能

1. 性能的重要性

所有材料具有一定的性能，为了恰当地使用这些材料就必须了解这些性能。这些性能是为一定的构件选用最佳材料的依据。

在结构构件设计中，首要关心的是那些在某种荷载作用下表明材料工作情况的材料性能，在各个基本的设计公式中需要一定的材料性能。

通常出现在工程手册、供货目录中的性能有如下几种：

- 1) 极限抗拉强度；
- 2) 拉伸屈服强度；
- 3) 延伸率；