

焊接桥梁的研究

(二)

兰州铁道学院等合編

人民交通出版社

焊接桥梁的研究

(二)

(61.44米低合金钢栓焊桁梁)

人民交通出版社

1973年·北京

本书介绍 61.44 米跨度低合金钢栓焊桁梁的设计制造经验及试验研究成果, 主要内容为 16 锰低合金钢的可焊性试验及其分析, 施焊状况的试验与选择, 40 硼钢高强度螺栓的试验研究和制造工艺, 桁梁的制造工艺。

本书可供钢结构和桥梁研究、设计、制造及教学人员参考用。

焊接桥梁的研究

(二)

兰州铁道学院等合编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂(南)印

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $4 \frac{7}{9}$ 字数 105 千

1973 年 2 月第 1 版

1973 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

统一书号: 15043·1643 定价(科四) 0.50 元

出 版 說 明

焊接桥梁是我国铁路部门的一项科学研究专题。由于在研究、设计、试制工作中，坚持政治挂帅，贯彻了领导、工人、科学技术人员相结合与科研、生产、教学相结合的方针，本专题取得了较好成果。现在，焊接桥梁已在我国铁路桥梁建设上逐步推广。一九五九年人民铁道出版社曾出版《焊接桥梁的研究（一）》，内容是一孔44米跨度铆焊桁梁的科研试制技术总结。本书是其续编，内容是一孔61.44米高强度低合金钢栓焊桁梁的科研试制技术总结，由兰州铁道学院、铁路专业设计院、唐山铁道学院、铁道科学研究院、山海关桥梁工厂等单位集体编写，兰州铁道学院汇总编成，在无产阶级文化大革命前由原人民铁道出版社付排的。鉴于本书内容对有关科技人员仍有参考价值，特予以出版。

人民交通出版社

1972年10月

34735/13

目 录

一、61.44 米栓焊桁梁的设计与构造	1
(一) 桁梁的结构型式和构造特点	1
(二) 设计原则及依据	3
(三) 钢料重量及其他技术经济指标	6
二、16Mn 桥梁钢的基本性能和可焊性试验及分析	7
(一) 基本情况及基材性能的估计	7
(二) 焊缝成型试验	11
(三) 焊缝及热影响区金相硬度试验	16
(四) 焊缝及焊接接头静拉试验	19
(五) 焊接接头的低温冲击试验	21
(六) 焊接裂缝倾向性试验	26
(七) 几点结论	27
三、施焊状况的试验与选择	28
(一) 基本情况	28
(二) 选择施焊状况的方法	29
(三) 选择施焊状况的试验	30
(四) 选定的施焊状况和几点经验	34
四、高强度螺栓的试验研究和制造工艺	34
(一) 概况	34
(二) 16Mn 钢表面摩擦系数试验及结果	35
(三) 61.44 米栓焊桁梁用 40 硼钢高强度螺栓的试验及制造	37
(四) 螺母、垫圈的制造	41
(五) 几点结论及建议	42
五、桁梁的制造工艺	43
(一) 生产前的准备工作	43
(二) 钢梁制造工艺过程	44
(三) 关于桁梁制造工艺的几点经验和意见	53
附录: 跨度 61.44 米栓焊桁梁制造工艺及检查规范	56
(一) 材料及其试验	56
(二) 半成品加工	58
(三) 组装	60

(四) 焊接.....	65
(五) 修正.....	75
(六) 工地螺栓孔的钻制.....	76
(七) 试拼装.....	77
(八) 打砂、油漆.....	78
(九) 成品验收.....	79

一、61.44米栓焊桁梁的设计与构造

(一) 桁梁的结构型式和构造特点

61.44 米栓焊桁梁全部杆件为工厂焊接，工地连接均用 $\phi 22$ 高强度螺栓，完全取消了铆钉。

主桁结构型式为一简单的三角形桁架，见图 1。全桥杆件状况见表 1。

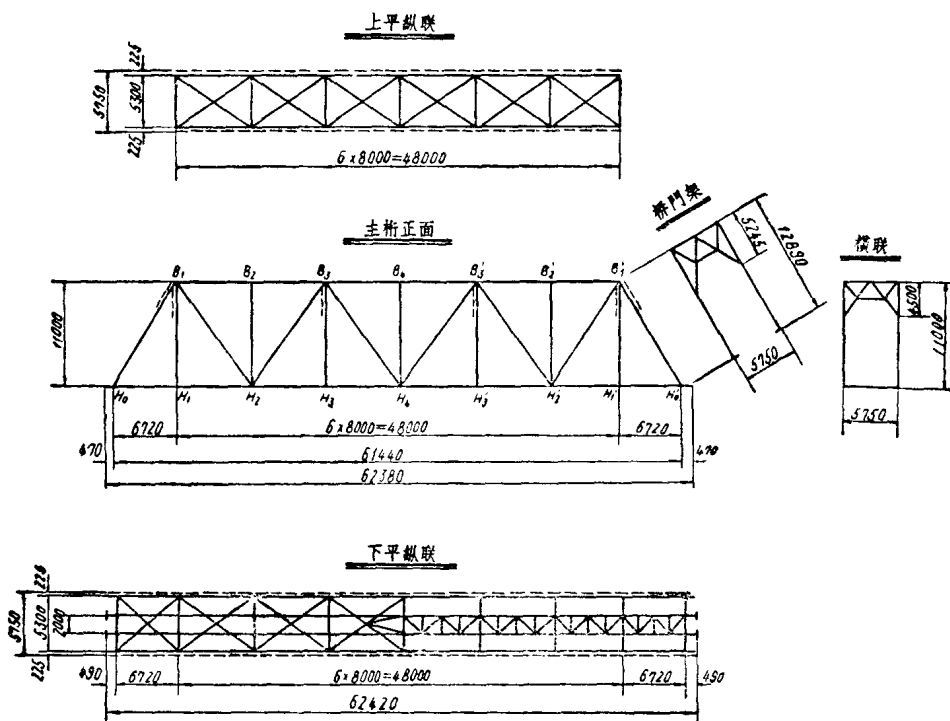
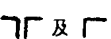


图 1 结构总图

这孔栓焊桁梁是为旧桥换梁而设计的。旧桥为一200呎的单跨桁梁桥，两桥台挡碴墙间距 62.62 米。为了利用旧有桥台，减少工地换梁工作量，以保证不间断的正常运营，桁梁的主桁全长采用了62.38米，桥面全长62.42米，计算跨度为 61.44 米，钢梁的两端各距挡碴墙 100 毫米，既保证钢梁纵向位移的需要，并给枕木的排列提供良好的条件。桁高11米，跨中各节间长为 8 米，两端节间除满足节点剪力需要外，并考虑支座的设置和钉孔的布置，而尽量采用较大的数值为6.72米，使得端斜杆与弦杆的夹角为 $58^{\circ}30'$ （合理数值为 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间）。主桁上弦节点伸长 8 毫

截 面 状 况 表

表 1

	杆 件	名 称	截 面 型 式	截 面 组 成	杆 件 应 力
主 桁	H_0H_2	下 弦 杆		2—豎板 440×12 1—水平板 436×12	
	H_2H_4	— ” —		2—豎板 440×16 1—水平板 428×12	
	$B_1 B_3$	上 弦 杆		2—豎板 440×20 1—水平板 420×12	
	$B_3 B'_3$	— ” —		2—豎板 440×24 1—水平板 412×16	
	H_0B_1	端 斜 杆		2—豎板 440×16 2—水平板 428×12	
	B_1H_2	中 間 斜 杆		2—豎板 440×12 1—水平板 436×12	
	H_2B_3	— ” —		2—豎板 440×16 1—水平板 428×12	
	B_3H_4	— ” —		2—豎板 440×12 1—水平板 436×12	
		立 杆 及 挂 杆		2—豎板 260×12 1—水平板 436×12	
桥 面 系		横 梁		2—盖板 240×20 1—腹板 1410×12	
		纵 梁		2—盖板 240×16 1—腹板 1418×10	
主 梁 联 结 系		上 平 纵 联 斜 杆		2—盖板 180×12 1—腹板 396×10	
		上 平 纵 联 支 杆		2—盖板 180×10 1—腹板 400×10	
		下 平 纵 联 斜 杆		2—盖板 180×12 1—豎板 150×12	
		横 联		∠120×120×10	
		桥 門 架		2—豎板 180×10 1—水平板 230×10	

米,下弦节点不伸长也不缩短,以形成上拱度。这样,使得钢梁的主要节点板以及全部杆件,均能利用已有的标准桁梁样板,使工厂制造方便。

两主桁间的中心距为5.75米,其横向联结,除在每距16米的大节点上设横联外,并在两端斜杆上,设置斜向桥门架,以增强钢梁的横向刚度。桥梁净空按6550毫米设计。

上下平纵联为交叉式桁架,上平纵联杆件为工形焊成截面,高420毫米,几乎与上弦杆同高。下平纵联斜杆为T形截面,并用焊成的 Γ 形节点板与主桁和横梁连接。跨中设有制动联结系一副。

主桁杆件外缘宽度均为460毫米,高440毫米(竖杆高260毫米)。除端斜杆外均为H形截面,用三块板在熔剂层下自动焊接。而端斜杆采用中段为箱形、两端在连接范围内转化为H形的新型截面。这样的截面,用于受压的端斜杆是很合适的。中段的箱形断面具有较大的惯性模量,能提高杆件的承载能力,充分发挥板材的作用,而在杆件两端转化为H形,使连接细节简单,工地连接方便,有利于安装,同时在工厂施焊过程中杆件变形较小,这也是可取的优点。杆件的中段焊缝,在熔剂下自动焊接,两端弯板附近用半自动焊接。竖板与水平板的缝合焊缝,不熔透部分要求不得大于3毫米。杆件是密封的,其内侧不需任何防锈措施,对油漆及养护来说,与H形杆件没有区别,这是值得推荐的压杆和压挠杆件构造型式。

桥面系的纵横梁均为工形截面的焊接结构,并采用与标准桁梁者同高,为1.45米,以便利用现有的胎型组装和钻制工地钉孔。纵横梁间的连接,仍与铆接桁梁者相仿,采用竖直连接角钢以高强度螺栓连接,上下设鱼形板。横梁与主桁的连接也采用相同的形式,但无肋板。这种结构型式,乃是铆接结构的连接细节,对栓焊桁梁来说是否合理,尚待运营考验。据一些不完整的国外资料,横梁上翼缘两端焊缝,若构造上处理不当,在运营过程中有出现裂缝的现象,这是值得我们作为借鉴而给予重视的。这次设计,横梁与主桁的连接,采用这种连接方式而将横梁两端翼缘焊缝焊透,尚属一种大胆的尝试。

(二) 设计原则及依据

这次栓焊桁梁的设计,除按照1959年铁路桥涵设计规范办理外,并按下述补充条文进行:

(1) 设计活载等级:中—22级。

(2) 钢料以国产16锰低合金钢为主,板材厚度只采用12、16、20、24毫米四种(其他钢种的板厚允许采用10毫米),并结合材料供应具体情况,按下列原则处理:

a) 主桁各杆件、结点板、拼接板及横梁等,均采用16锰低合金钢,符合七项要求者。七项要求系指:化学成份,抗拉强度,屈服点,延伸率和冷弯,常温冲击,时效冲击,断口试验。

b) 上下平纵联、受主桁变形影响的斜杆,采用16锰低合金钢,符合冶标

(Y B) 13—63规定者。

c) 纵梁、桥门架等需要焊接者, 采用16桥号钢, 符合冶标 (Y B) 168—63规定者。

d) 其他不受焊接的杆件及结点板, 采用A3号钢, 符合冶标 (Y B) 151—63规定者。

(3) 钢料基本容许应力:

16Mn: $R_o = 2000 \text{ kg/cm}^2$, $R_u = 2100 \text{ kg/cm}^2$;

16q : $R_o = 1400 \text{ kg/cm}^2$, $R_u = 1500 \text{ kg/cm}^2$ 。

(4) 主桁架的应力分析, 按节点为铰接的假定进行, 但加算节点刚性所生的次应力, 此时容许应力提高20%。

(5) 杆件的有效面积, 在强度计算时, 拉力杆件应考虑螺栓孔对杆件截面的削弱, 但压力杆件及反复应力杆件, 均不考虑螺栓孔的削弱。

(6) H形截面的中心受压杆件, 在竖板平面内挠曲的折减系数 ϕ 值, 按下表(表2)采用:

表 2

长 細 λ	比	折 減 ϕ	系 数	长 細 λ	比	折 減 ϕ	系 数
0		0.93		80		0.53	
10		0.92		90		0.43	
20		0.90		100		0.36	
30		0.88		110		0.32	
40		0.84		120		0.28	
50		0.78		130		0.25	
60		0.71		140			
70		0.63		150			

(7) 受压杆件中之板束宽度与其厚度的最大比值, 按桥涵设计规范第154条的规定办理, 但对低合金钢所焊成之截面, 采用碳钢制成者的数值除以1.2系数。

(8) 受反复应力或数量变动的杆件, 其耐劳强度的折减系数 γ 值, 按下式计算:

$$\gamma = \frac{1}{(a\beta + b) - (a\beta - b)\rho} \leq 1。$$

式中 β ——应力集中有效系数;

ρ ——反复应力周期特性

$$\rho = \frac{\min \sigma}{\max \sigma};$$

a 和 b ——按结构材料而定的系数;

低合金钢 $a = 0.65$, $b = 0.30$; 碳钢 $a = 0.58$, $b = 0.26$ 。

(9) H形截面未直接拼接的水平板的面积, 不得大于杆件总面积的30%。对于采用高强度螺栓连接的杆件, 其伸入节点板的长度, 不得小于水平板高度的80%。

(10) 受力焊缝应进行强度及疲劳强度检算, 并尽可能采用最小尺寸的焊缝。角焊缝正边最小尺寸可按下表(表3)采用。

表 3

所焊接各板中厚度最大者	正 边 尺 寸 (mm)	
	炭 钢	低 合 金 钢
14及以下	6	8
15 ~ 25	8	10
26 ~ 40	10	12
41及以上	12	—

(11) 高强度螺栓用40B钢制造, 热处理后的极限强度不低于 $130\text{kg}/\text{mm}^2$ (在这次高强度螺栓实际制造时因故临时降低为 $115\text{kg}/\text{mm}^2$), 直径为 $\phi 22$, 预紧力为20吨, 摩擦系数采用0.6 (板层接触表面喷砂处理)。主桁杆件连接处的高强度螺栓数量, 按连接强度与被连接杆件具有等强度的条件计算, 并采用下列公式决定:

$$nmNf = \omega_o R_T$$

式中 n ——螺栓个数;
 m ——摩擦面数;
 N ——螺栓预紧力;
 f ——摩擦系数;
 ω_o ——连接杆件截面的计算面积;
 R_T ——杆件钢料的屈服点应力。

(12) 联结系杆件连接处的高强度螺栓数, 可按杆力计算, 一个螺栓一个摩擦面的容许荷载为:

$$\text{主力: } \frac{20 \times 0.6}{1.7} = 7.06 \text{ 吨,}$$

$$\text{主+附: } \frac{20 \times 0.6}{1.4} = 8.57 \text{ 吨。}$$

式中 所需螺栓数: $n = \frac{S}{mp}$,
 S ——杆件的最大杆力;
 m ——摩擦面数;
 p ——上述容许荷载。

(13) 主桁的联结系杆件和纵梁间的联结系杆件, 其连接的高强度螺栓数量应不少于2个, 并在半边连接范围内, 沿实际应力方向, 螺栓排数应不少于2排。

(14) 螺栓的最小和最大间距及其布置格网，为了制造方便，均按工厂现有样
 板孔眼排列。

(三) 鋼料重量及其他技术經濟指标

栓焊桁梁由于采用了焊接和高强度螺栓，具有许多优点，现仅就设计方面，对
 各项经济指标和钢料重量的比较，分述如下：

(1) 钢梁钢料总重	156.2吨
其中16錳低合金钢	112.6吨
16桥号钢	28.2吨
A3号钢	8.6吨
B0号钢	0.2吨
螺栓外露部分及焊縫	6.6吨
(2) 工厂焊縫总长度	4951米
其中自动焊	4012米
半自动焊	826米
手工焊	113米
(3) 工厂发送全部数量	924件
(4) 工地安装杆件的最大重量	3558公斤
(5) 工地安装杆件的最大长度	15.95米
(6) 工地连接用高强度螺栓数	9922个
(7) 工厂焊縫使用焊条焊絲数	2520公斤
(8) 工厂焊接使用熔剂数	2200公斤
(9) 平均一吨钢料使用焊条焊絲数	16.1公斤
(10) 平均一吨钢料使用高强度螺栓数	63.5个

栓焊桁梁与铆接桁梁使用钢料比较 (表 4)：

表 4

杆 件 名 称	铆 接 桁 梁	栓 焊 桁 梁	鋼 料 比 較	%
主 桁	114.4 吨	91.6 吨	节省 22.8 吨	19.9
纵 梁	35.3	29.7	” 5.6	15.9
横 梁	15.7	12.0	” 3.7	23.6
横 联	4.5	2.7	” 1.8	40.0
上 下 平 联	15.0	17.0	多用 2.0	
桥 門 架	0	3.2	” 3.2	
共 计	184.9	156.2	节省 28.7	15.5
鋼梁延每米长	2.89	2.54	” 0.35	12.1

表中数据为现行跨度64米铆接标准桁梁，与本设计61.44米栓焊桁梁相应数值的比较。从表中可以看出，其主要受力结构，如主桁节省钢料19.9%，横梁节约23.6%，用炭钢制造的纵梁也节省15.9%，所以，这说明对于这种跨度的普通型式简支桁梁，以低合金钢栓焊结构代替炭钢的铆接结构，有节省钢料20%以上的可能性。但从绝对的钢梁每延长米的重量来看，仅节省钢料12.1%，这一数值是偏低的，未能完全代表栓焊桁梁应有的节约数字，这与钢梁的具体情况有关，依我们的分析有以下原因：

1. 在结构上铆接标准桁梁没有桥门架而栓焊桁梁增设了桥门架，以及加强了上平纵联，以致多用钢料5.2吨，约占全桥重量的3.4%。

2. 由于跨度不大，桁架杆力一般也不大，许多杆件已为最小截面所控制，以及为了采用桥梁厂现有钢板厚度而选用了偏大的板厚，因而应力较低，未能发挥钢材应有的作用。

3. 为了利用工厂现有的铆接桁梁的样板胎型，在许多细节的布置上及钉孔的排列上受到限制，结点板、拼接板等都未能缩小至应有的程度；又如纵横梁高度，采用与铆接梁者同高，也不是经济高度，所有这些都会多用了钢料。

上述种种原因，影响了这孔栓焊桁梁的钢料节约。现在我们可作这样的分析，就是假若栓焊桁梁的上下平纵联、横联、桥门架等部分，均采用与铆接桁梁者一样，仅有主要受力的结构，即主桁和纵横梁，以低合金钢栓焊结构代替炭钢铆接结构，则这孔梁约可节省钢料32.1吨，占17.4%。

二、16Mn 桥梁钢的基本性能和可焊性试验及分析

(一) 基本情况及基材性能的估计

桥梁结构是一承受复杂的动力载荷并在露天条件下工作的重型结构，特别是焊接桥梁结构，钢料在焊接后会发一系列的组性能变化，这会对钢材在结构中的工作能力带来什么影响，用怎样的材料及工艺方法才能使这些影响程度减到最轻，这就是可焊性试验要解决的根本问题。从61.44米栓焊桁梁的制造特点来看，主要焊缝均用自动焊，因此我们试件的焊接均采用自动焊。在这孔桁梁的选材上，不外是12~24毫米厚的16Mn钢板，焊缝连接大都是T型角焊缝接头，因此在试验中，除进行一般堆焊及对接试验外，并针对61.44米栓焊桁梁的构件截面进行了试验，对于过去一般已进行较多的关于16Mn低合金钢焊接性能的定性试验就不再重复，而对焊后组性能和脆断倾向进行较系统的试验研究，试验内容包括：金相，硬度，焊缝成型，冲击韧性，静拉，静弯，裂缝倾向性等项目。各种试验研究所用的试件总数达1000多个，详见表5。

试件除裂缝倾向性试件以外，全部由堆焊、对接及工字梁上取下的（图2），除T形接头及低温静拉试件外（在试验结果中描述），均按“机标”焊缝及焊接接头机械试验方法加工尺寸及要求加工，对梅氏冲击试件加工到要求后还用砂纸磨

表 5

試驗名稱	試驗內容及要 求	各種接頭情況及相應試件數量			
		堆 焊	對 接	T 接	合 計
		I : 550~880安 V_c : 16~88米/時 q/V_c : 1370~16700卡/厘米 共十種情況 交 流 焊絲 H108A, 4mm ϕ 焊劑 AH348A	I : 750~800安 U_g : 40伏 V_c : 22米/時 交 流 焊絲 H10Mn2, 3mm ϕ 焊劑 AH348A	$K=6, 8, 10, 12$ 及相應施焊狀況 $\delta_n=12, 16, 20, 24$ $\delta_g=12, 16$ 交 流 焊絲 H108 5mm ϕ H10Mn2, 3mm ϕ 焊劑 AH348A	
金 相	測焊縫、過熱、正火、不完全重結晶區組織及其寬度、過熱區晶粒大小	10×1=10	1×1=1	14×1=14	25
硬 度	測各方向硬度分布, 測焊縫硬度及過熱區硬度	10×1=10	1×1=1	14×1=14	25
焊成縫型	測 b, h, σ, F_H, F_o , 觀察結晶方向、裂縫及其它缺陷	(10×1=10)	(1×1=1)	(14×1=14)	(25)
沖 擊 韌 性	測過熱區脆性轉變溫度(30°, 0°, -20°, -40°, -60°, -80°) 測焊縫及熱影響區 a_k (30°, -40°, -60°) 測I型接頭沖擊值(30°, 0°, -20°, -40°, -60°, -75°)	10×24=240	6×7=42	14×24=336	618
靜 拉	常溫板試件接頭拉伸 常溫板試件焊縫拉伸 低溫拉伸光滑試件 低溫拉伸焊縫缺口試件 低溫拉伸熱影響區缺口試件		5 5 6×3=18 6×3=18 6×3=18		64
靜 彎	梅式試件靜彎(30°, 0°, -20°, -48°), 板試件靜彎(30°, 0°, -20°, -40°), 光滑試件焊縫缺口熱影響區缺口 I型試件靜彎(30°, 0°, -20°, -40°)	10×8=80	3×6=18 3×6=18 3×6=18	14×10=140	274
裂 縫	熱裂(組合試件) 冷裂(空冷、水冷、鹽水冷)	6組×6 4個			40

注: I ——電流; V_c ——焊速; q/V_c ——焊縫線能量與焊速的比值, q 等於 $0.24 \eta_u U_g I$; b ——熔寬;

C ——熔高; h ——熔深; F_H ——焊着斷面; F_o ——基本鋼熔化面積; η_u ——係數, 自動焊採用0.85, 手工焊採用0.7; U_g ——電壓; K ——焊角尺寸(毫米); δ_n ——翼板厚度; δ_B ——腹板厚度。

表 6

61.44米栓焊桁梁用料来源料证明及桥梁厂复查试验结果总表

试 验 单 位	板 厚 (毫米)	炉 号	化 学 成 份					机 械 性 能							品 粒 度	断 向 折 度	断 口		
			C	Si	Mn	P	S	屈 服 点 σ_s (公/毫 ²) (公/斤/米)	抗 拉 限 σ_B (公/毫 ²) (公/斤/米)	延 伸 率 δ_5 (%)	断 面 收 缩 率 ψ (%)	冷 弯 度 α	冲 击 韧 性 值 (公/斤-米/厘米 ²)						
													室 温	-20°				时 效	
鞍 钢	24	6319042	0.16	0.42	1.35	0.013	0.016	34.5	53.0	28.5	50.0	2a	180	7.8~8.9	5.1	横	合		
	同上	同上	0.15	0.54	1.33	0.029	0.023	35.5~36.8	53.5~54.0	27~28.5		2a	180	23.1~ 23.3	11.9~ 21.5	13.9~ 18.5	纵	不明	
鞍 钢	20	6319042	0.16	0.40	1.35	0.020	0.015	34.5	52.0	27.5	43.0	2a	180	7.4~8.7	4.6~4.7		横	合	
	同上	同上	0.16	0.52	1.34	0.022	0.026	35.5~36.0	52.0~52.5	29.8~ 30.0		2a	180	23.1~ 23.3	11.5~ 14.5	16.9~ 17.9	纵	不明	
鞍 钢	16	6415078	0.14	0.51	1.43	0.018	0.013	38.5	57.0	28.0	59.5	2a	180	10.0~ 10.2	6.9~7.0		横	合	
	同上	同上	0.14	0.56	1.36	0.022	0.025	39.5~41.5	54.0~54.5	29.0~ 29.5		2a	180	22.5~ 23.8	21.5~ 26.5	18.5~ 23.1	纵	明	
鞍 钢	12	6410096	0.17	0.40	1.36	0.020	0.022	38.5~47.5	56.0~58.0	24.5~ 29.5		2a	180						
	同上	同上	0.18	0.44	1.35	0.028	0.027							16.6~ 27.8	21.4~ 23.8	13.3~ 18.4	纵		
鞍 钢	12	6412093	0.17	0.45	1.36	0.016	0.020	40~43.5	56.0~57.5	27.5~ 32.5	54.5~ 59.5	2a	180	9.6~ 11.7	5.7~7.9		横	合	
	同上	同上	0.15	0.41	1.42	0.023	0.022	38.0~38.5	54.0~54.5	28.0~ 30.5	60.0	2a	180	9.8~ 10.2		5.6~5.7	横	合	
鞍 钢	10	6412181	0.16	0.56	1.51	0.013	0.017	40.5~41.0	57.0~58.5	28.5~ 29.0	54.0~ 56.5	2a	180	7.0~7.5	5.7~5.8		横		
	同上	同上	0.17	0.50	1.45	0.020	0.031							18.5~ 22.5	20.5~ 27.3	13.3~ 16.3	纵	明	
鞍 钢	10	同上	0.17	0.50	1.45	0.020	0.031							18.5~ 22.5	20.5~ 27.3	13.3~ 16.3	纵	明	
	同上	同上	0.15~ 0.18	0.42~ 0.56	1.30~ 1.57	0.013~ 0.023	0.017~ 0.023	38.0~42.0	54.0~58.0	26.5~ 30.5	49.5~ 63.0	2a	180	6.1~ 11.7	3.9~7.7		横		

光，并用光学投影仪检查缺口轮廓尺寸及估计其表面质量。

61.44米栓焊桁梁用料大部分是按16锰桥梁钢性能七项条件供应的，其中有一部分是按一般16Mn四项条件交货的，但经过复验，后者的室温、低温和时效的冲击韧性值也较高。现将各种用料的技术证明的原始资料及桥梁厂复验结果整理如表6。由表6结果可看出，基材的化学成份和机械性能等技术条件是符合要求的。

按基体材料的成份和性能也可以对钢材可焊性作概略估计：细晶粒钢、时效倾向小的钢、等效含炭量低的钢、焊接性能就好。根据表6资料稍加整理即得表7。

由表7看出，61.44米栓焊桁梁用料均为细晶粒钢，时效后冲击值也在国际焊接协会可焊性委员会规定范围之内（相当于基体冲击值60%以上），而含碳含锰值在厚板中均在中限或中限以下，因而可认为这批钢总的情况对焊接来说是有利的，但是在这些板中比较起来，厚板晶粒较粗，时效后冲击值下降也较多。因此厚板比薄板可焊性就差一些（就其它方面来说也是如此），就等效含碳量来说，在0.41~0.43之间（见表7），如果不合理控制工艺，还是有可能出问题的，因为按一些用等效含碳量来评定可焊性的方法评定时，钢料的可焊性只属于2级甚至3级。虽然，用评定炭素钢同样的等效含碳量的方法来评定低合金钢，是否合理，还是值得研究的问题，但是进行一些进一步的可焊性试验还是必要的。当前的可焊性试验的重要任务就在于确定钢材焊后使受热影响区域变硬的淬火倾向及受热影响区域晶粒长大的过热倾向，从而选择合适的线能量。然后就是进一步试验焊后接头强度及脆断倾向，当然首先也应当保证焊缝成型良好。

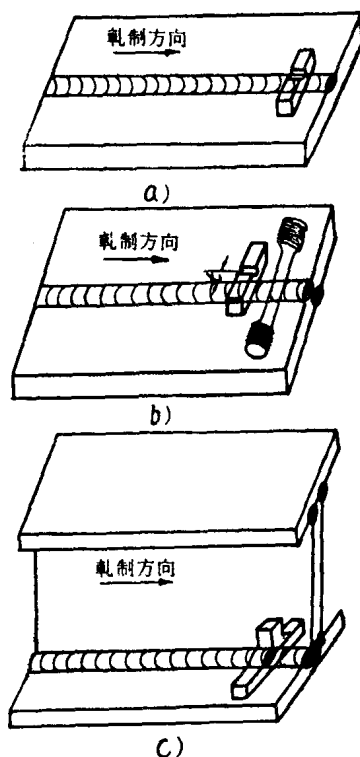


图2 试件毛坯及取样图

表7

炉 号	板 厚 (毫米)	晶 粒 度 (级)	$\left(\frac{\text{时效后 } a_k}{\text{室 温 } a_k}\right)$ 比值		等 效 含 碳 量 $C_H = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{P}{2}$
			横 向	纵 向	
6319042 乙	24	6	61.5%	60~79%	0.41
6319042 甲	20	6	59%	70.7%	0.41
6415078 乙	16	7	68%	79.0%	0.41
6412093 乙	12	8	64%	66~80%	0.43
6412181 丙	10		80%		0.43

(二) 焊缝成型试验

焊缝成型试验方法是观察和测量磨制断面，目的是观察各种情况下有无裂纹，结晶方向是否良好，成型是否合理，并提供施焊状况选择的初选资料。试验共观察及测量了堆焊断面十种及角焊缝十四种，检查了冲击试件的断面，没有发现焊缝内部缺陷，结晶方向合理，其施焊状况与焊缝成型的实测结果如表 8 及表 9。

用堆焊试验结果可整理如图 3，图中表示出焊缝形状与施焊状况的关系。图中结果可用以：

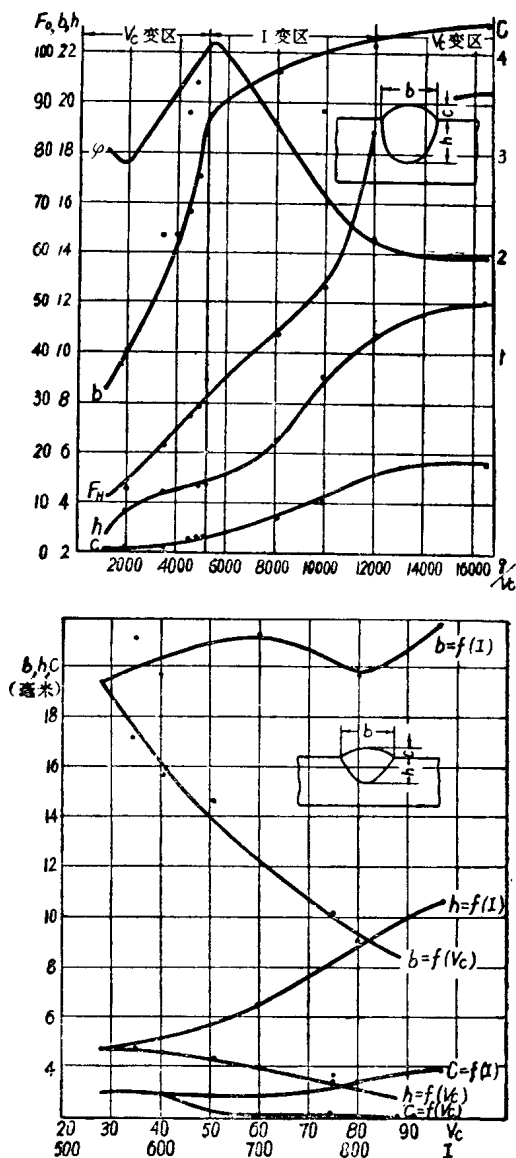


图 3 焊接施焊状况与成型关系