

橋式吊車梁的 設計

孫在煜編著

機械工業出版社

NO. 1514

1958年1月第一版 1958年1月第一版第一次印刷

850×1168^{1/32} 字数 90 千字 印张 3^{5/8} 0,001—1,200 册

机械工业出版社(北京东交民巷27号)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业
许可证出字第008号

统一书号 15033·840
定价(10) 0.70 元

桥式吊車梁的設計

孙在煜編著



机械工业出版社

1958

序

本書主要是參考蘇聯中央工業建築科學研究所制訂的〔鋼結構設計標準及技術規範〕(Нормы и технические условия проектирования стальных конструкций)、哥赫別爾格 (М. М. Гохберг) 著的〔起重運輸機械的金屬結構〕(Металлические конструкции подъемно-транспортных машин)、米列亨 (П. А. Милехин) 著的〔箱形結構橋式電動起重機〕、蘇聯機器製造百科全書第九卷及亨興 (R. Hänchen) 著的〔卷揚機與起重機〕(Winden und krane) 等書并結合作者在工作中的一些經驗而編寫成的。主要內容包括：設計中的一般規範，設計理論以及架梁、單腹板板梁、箱形梁等的設計實例。本書敘述簡明易懂，可作為設計人員的參考手冊之一。

吊車是一種極重要的輔助機械，在任何車間里都需要依靠吊車來節省人力和提高工作效率。好多事實證明：在煉鋼、軋鋼等主要車間里，吊車的能力往往成為完成任務與提高產量的關鍵問題。

在蘇聯、在我國現有的設計部門及製造廠里，吊車梁的設計一般都是由機械設計人員去完成的。在一些日益頻繁被碰到的吊車修復、改造及設計的任务中，吊車梁的驗算、設計比較容易成為其中的困難部分，過去幾年的情況可以充分的說明這一點。關於吊車的設計，在我國還是一門比較新穎的工作。對於整個吊車設計來說，本書只能作為進一步深入鑽研、掌握這一工作的一塊跳板，對於各種比較複雜的吊車梁來說也是這樣。

本書中有關箱形梁設計的部分是摘自米列亨專家(П. А. Милехин)所著的〔箱形結構橋式電動起重機〕一書，這一點是取得了米列亨專家的同意的。

由於編者俄文及技術水平的限制，書中不免有不成熟或是錯誤的地方，歡迎讀者批評和指正。

孫在煜 1956年6月於北京黑冶設計總院。

目 次

序	2
第一章 概論	5
1 許可应力及一般规范	5
2 吊車梁形式的選擇	5
3 矯正系数及动力系数的決定	9
4 附加力	10
1) 慣性力(10)——2) 風压力(11)——3) 雪压力(12)	
5 吊車結構構件細長比的許可值	12
6 鉚接及焊接的計算	12
1) 鉚釘及螺栓的計算(12)——2) 焊接的計算(15)	
第二章 翼緣鉚釘、焊縫及腹板接头的計算	19
1 翼緣鉚釘及焊縫的計算	19
1) 翼緣鉚釘的計算(19)——2) 翼緣焊縫的計算(21)	
2 腹板接头的計算	22
第三章 架梁	27
1 架梁的一般比例	27
2 吊車梁自重对各構件所引起的力的計算	28
3 行动負荷对各構件所引起的力的計算	31
1) 借助 L 馬克斯夫埃拉——克勒莫雷圖解的方法(32)——2) 借助感應綫的方法(32)	
4 主梁各構件的計算	41
1) 承受拉力構件的計算(42)——2) 除上弦杆之外，其余承受压力構件的計算(43)——3) 上弦杆的計算(44)	
5 撓度的計算及其許可值	47
1) 下撓度(47)——2) 上撓度(48)	
第四章 板梁	57
1 板梁的一般比例及有关圖解	57
2 断面形式的決定	60
3 应力的計算及穩定性的驗算	63
1) 無輔助梁时的应力計算(63)——2) 無輔助梁时的全梁穩定性的驗算	

(63)——3)有輔助梁时的应力計算(67)——4)腹板局部穩定性的驗算(69)

4 撓度的計算及其許可值71

第五章 箱形梁82

1 箱形梁的一般比例82

2 穩定性的討論83

3 应力的計算85

4 撓度的計算及其許可值88

第六章 端梁及輔助梁91

1 第一类型的端梁91

2 第二类型的端梁92

3 輔助梁98

1) 第一类型輔助梁的計算(98)——2) 第二类型輔助梁的計算(99)

附录108

第一章 概 論

1 許可应力及一般規範

吊車梁采用型鋼的材料一般有 [0号鋼]、[2号鋼] 及 [3号鋼] 三种，主要受力的構件只准采用 [3号鋼]。焊接構件如用角鋼时，应不小于 $45 \times 45 \times 5$ 公厘，鉚接时应不小于 $50 \times 50 \times 5$ 公厘，連接鋼板的厚度不可小于 4 公厘。

国内自产型鋼的物理性質，目前还有一部分尚未达到苏联标准，故除有保証書者外，应按試驗結果来决定許可应力。

茲將与吊車梁設計有关的材料的許可应力及一般設計規範分列于下：

表1 型鋼的許可应力 (公斤/公分²)

应 力 种 类	代 表 符 号	型 鋼 的 材 料			
		L 0 号鋼]或 L 2 号鋼]		L 3 号鋼]	
		被考虑負荷的种类			
		主要的	主要及 附加的	主要的	主要及 附加的
拉应力、压应力及弯曲应力	[σ]	1200	1450	1400	1700
剪应力	[τ]	900	1100	1050	1250
端部承压应力	[σ _{с.м}]	1800	2200	2100	2500

注：1. 不对称連接于連接板上的構件，如用一个角鋼連接于鋼板上，其許可应力应减低25%。

2. 彈性模数 E 采用2100000公斤/公分²。

2 吊車梁形式的选择

橋式吊車梁的結構形式可以分为架梁和板梁两大类。架梁一定要借助于輔助梁来保持穩定性；板梁又可分为單梁、單腹板的

表2 鉚釘及螺栓的許可應力 (公斤/公分²)

連 接 件	应力种类	代 表 符 号	鉚釘或螺栓的材料			
			L 0 号鋼 或 L 2 号鋼		L 3 号鋼	
			被考虑負荷的种类			
			主要的	主要及 附加的	主要的	主要及 附加的
鉚 釘	剪 应 力	$[\tau_{cp}]_B$	1100	1300	1200	1450
	挤压应力	$[\sigma_{c.m}]_B$	2400	2900	2800	3400
	鉚釘头拉应力	$[\sigma_{omp}]$	700	850	850	1000
精制螺栓	拉 应 力	$[\sigma]_1$	1000	1200	1100	1300
	剪 应 力	$[\tau_{cp}]_B$	1000	1200	1100	1300
	挤压应力	$[\sigma_{c.m}]_B$	2400	2900	2800	3400
普通螺栓	拉 应 力	$[\sigma]_1$	1000	1200	1100	1300
	剪 应 力	$[\tau_{cp}]$	700	850	800	1000
	挤压应力	$[\sigma_{c.m}]$	1400	1700	1700	2050

注: 1. 埋頭鉚釘或半埋頭鉚釘的許可應力應將上表之值降低20%取用。

2. 直接承受移動負荷且受力有正負變化的構件的鉚釘的許可應力, 應將表2中的有關值乘以以下列系數採用:

$$\gamma = \frac{1}{1 - 0.3 \frac{N_{\min}}{N_{\max}}} \quad (1)$$

式中 $N_{\min}$ ——被計算構件所承受的絕對值最小力, 以代數值代入;

$N_{\max}$ ——被計算構件所承受的絕對值最大力, 以代數值代入。

3. 代表符號後附有 [B] 者, 適用於依下法作成的孔: 在個別構件上按樣板鑽成的孔; 在個別構件上先鑽成或沖成較小的孔, 而在構件組合時再鉸成設計孔徑的孔; 在構件組合時一併鑽成的孔。

双梁、單腹板的四梁 (包括兩片主梁及兩片輔助梁) 及箱形梁等。

与決定吊車梁形式有關的因素很多, 例如: 施工單位的設備及能力; 可以找到哪些參考圖; 各種型鋼的來源及價格; 工程在時間上的要求; 厂房形式及相關尺寸; 吊車將裝在厂內或厂外等等。這些因素應該綜合起來考慮。一般比較起來, 架梁的設計比較麻煩, 施工也較困難, 圖紙中尺寸的配合容易錯誤, 但可節省一些材料, 而當裝在厂外時, 受風壓的面積則較小。板梁的優缺

表3 使用342及342A焊条的手工焊接及使用助熔剂
自动焊接焊缝的許可应力 (公斤/公分²)

应 力 种 类	代 表 符 号	被焊接構件所采用的材料			
		L 0 号鋼 I 及 L 2 号鋼 I		L 3 号鋼 I	
		被考虑負荷的种类			
		主要的	主要及 附加的	主要的	主要及 附加的
压 应 力	$[\sigma_c]$	1100	1300	1250	1500
拉 应 力	$[\sigma_p]$	950	1150	1100	1350
剪 应 力	$[\tau]_1$	700	850	850	1000

注: 直接承受移动負荷且受力有正負变化的構件焊缝的許可应力, 应将上表
之值乘以下列系数采用:

1) 若为对接焊接, 应乘以 γ :

$$\gamma = \frac{1}{1 - 0.3 \frac{N_{\min}}{N_{\max}}};$$

2) 若为搭接焊接, 应乘以 γ_1 :

$$\gamma_1 = \frac{1}{1.3 - 0.3 \frac{N_{\min}}{N_{\max}}}; \quad (2)$$

式中 $N_{\min}$ 及 $N_{\max}$ —— 意义与公式 (1) 同。

点与架梁相反。但是, 这种一般的比較是不够全面的, 不能仅憑
这些比較来决定吊車梁的形式, 若是把架梁同箱形梁来比較一下,
这种不全面的程度就会更加显著了, 現將箱形梁与架梁概要地比
較如下:

1) 箱形梁要重一些, 特别是在負荷小而跨距大的情况下, 通
常可使吊車梁的輪压增大20%左右。这样, 整个厂房及地基都要
随之加强, 这是箱形梁的最大缺点。不过这个差别將随負荷的增
大及跨距减小而减小, 特别是当負荷超过 50 吨及跨距小于 23 公
尺之后。

2) 架梁主梁的上翼緣面是同端梁上面一样高的, 但是箱形
梁的上翼緣面有时就比端梁上面高一些, 如圖 1 所示。同时, 架
梁的車輪一般是裝在固定的車輪軸上, 而箱形梁的車輪則采用滚
动軸承箱, 因此, 箱形梁就需要有較大的从軌道面到房架的距离,
这样有时就需要把厂房适当加高。

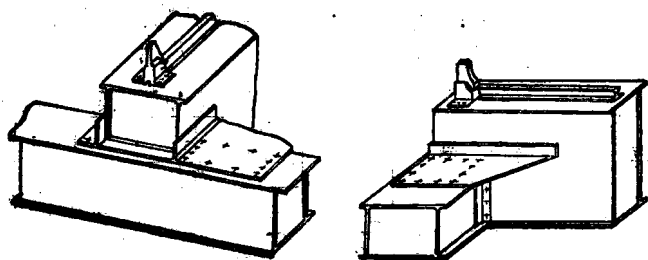


圖 1

3) 箱形梁的制造比較簡單，可以节省人工及制造時間，这个优点在采用自动电焊时更加显著，劳动量的差别有时可达30~60%。

4) 箱形梁有足够的稳定性，輔助梁的形式与架梁不同，于是就可以比較容易地把車輪軸放入用螺栓固定在端梁兩头的滚动轴承箱內，这就使得在拆卸修理車輪时極為方便，也可避免在把齿輪裝于車輪一起时由于車輪磨損后造成齿輪中心距發生变化的毛病。箱形梁的这种优点，就是它被广泛采用的主要原因之一，因为参加連續生产的吊車，由于卸修車輪及有关部分多耽误几小时所造成的损失，往往是会超过吊車本身价值的若干倍的。不过，滚动轴承箱也是完全可以裝在有輔助梁的吊車的端梁上的，在某厂的改建設計中，有人在兩台 10 吨用于戶外的架梁吊車改造中，对輔助梁作了局部修改而采用了滚动轴承箱，經過了多年的考驗，証明这种作法是值得逐步改进推广的，正因为有这样的事实，所以就增加了采用架梁的可能性。

一般說来，苏联、美国多采用箱形梁，德国及西欧各国多采用單腹板板梁。綜合梁的自重、劳动量、剛性及寿命来考虑，我們可以同意这种說法，即是：架梁比箱形梁輕一些，但是，后者在总的价值方面比較便宜，当然，这个数字不会很大。

根据目前我国的情况，我們是有理由来更多的考虑采用架梁的。

在配合旧有厂房設計吊車时，务必要对厂房的相关尺寸予以足够的注意，因为箱形梁除了有时需要較大的軌道面到房架的距离之外，还由于車輪軸裝入滚动軸承箱內而需要較大的从軌道中心到牆边的距离，而利用滑动軸承的吊車梁的旧厂房往往是不能滿足这个需要的。

3 矯正系数及动力系数的决定

矯正系数 K_1 吊車梁的自重本是屬於靜止負荷，但是由于吊車梁起動或制動时所引起的加速度的影响，就不能不考虑到由于慣性力对吊車梁所引起的冲击作用，对由于吊車梁自重所引起的弯曲力矩、拉力、压力或剪力也不能不考虑这种冲击力的作用。所以在設計时就有必要采用一个适当的系数——矯正系数，因此，矯正系数的大小是直接与吊車梁走行的速度有关的，設計时可按表4所列之值采用。

表4 矯正系数 K_1

动力系数 K_2 在吊車梁構件中，由于暂时負荷及各种运动机件的重量所引起的应力，当然同設計时設想它們是平稳的所得到的結果不一样，因为被吊的物体

吊車种类	吊車梁走行速度 V (公尺/分)	K_1
手动吊車	—	1.0
电动吊車	$V < 60$	1.0
电动吊車	$V > 60$	1.1

及运动机件在起動或制動时都要使構件受到冲击力。因此，在計算由于动負荷所产生的弯曲力矩、拉力、压力或剪力时，就要乘入一个与吊車工作率及工作环境有关的系数——动力系数，設計时可按表5来采用：

表5 动力系数 K_2

吊車种类	工作率	K_2	附 注
手动吊車	—	1.0	—
电动吊車	輕級 $JTB=15\%$	1.1	—
	中級 $JTB=25\%$	1.3	鑄造吊車包括在这一类中
	重級 $JTB=40\%$	1.5	所有特种的冶金吊車都属于这一类

4 附加力

在設計吊車時，我們是把負荷分成兩大類來考慮的：第一類稱作主要負荷，其內容包括吊車梁、小車及荷重；第二類稱作附加負荷，其內容一般包括下述三種，由這三種附加負荷使構件產生的應力，叫作附加應力。只考慮主要負荷與考慮主要負荷同時又考慮附加負荷，我們所採用的許可應力的大小是不一樣的，參看表 1、2、3。

1) 慣性力

當吊車滿載負荷行走被制動停止或是由靜止起動的過程中，吊車梁即產生加速運動，於是就有由於慣性所產生的水平力由小車車輪的凸緣上經過軌道傳到吊車梁上。很明顯，當制動時，最大的慣性力不會大於制動輪與軌道的摩擦力；在起動時，它不會大於主動輪與軌道的摩擦力，在一般的情況，主動輪就是制動輪，同時，緊急制動比猛烈起動要容易發生得多。在下面，我們以制動時的情況來談一下慣性力。

令 Q ——荷重（公斤）；

G ——吊車梁自重（公斤）；

G_0 ——小車自重（公斤）；

α ——吊車梁因制動所產生的負加速度（公尺/秒²）；

g ——重力加速度 = 9.81 公尺/秒²；

μ ——吊車梁車輪與軌道之間的滑動摩擦係數；

n ——所有車輪的數目；

n' ——制動車輪的數目。

由負加速度 α 產生的力與軌道面的摩擦阻力應該相等的關係，可以得到：

$$\frac{Q+G+G_0}{g} \alpha = \frac{Q+G+G_0}{n} n' \mu,$$

$$\alpha = n' \frac{g}{n} \mu.$$

小車所产生的水平力

$$P_H = \frac{Q + G_0}{g} \alpha = (Q + G_0) \frac{n'}{n} \mu \text{ 公斤。}$$

若吊車采用四个車輪，其中兩個主动，并取 $\mu = 0.2$ ，則

$$P_H = \frac{1}{10} (Q + G_0) \text{ 公斤。} \quad (3)$$

小車車輪經常都是四个，故小車水平輪压

$$P_h = \frac{1}{4} P_H \text{ 公斤。} \quad (4)$$

上述的情况是考虑的最不利的情况。吊車發生滑动的現象在設計时是应尽力避免的，除了不得已的个别情况外不允許有这种情况产生，因此，实际的慣性力一般情况是小于上述的数值的。

2) 風压力

当設計在厂外工作的吊車时，就要考虑因風压对吊車梁所产生的弯曲力矩所引起的附加应力。

(1) 吊車梁單位面积承受的風压

$$p_w = Kq \text{ 公斤/公尺}^2; \quad (5)$$

式中 K ——空气动力抵抗系数，按表 6 所列之值采用；

q ——風压力，沿海地区采用 40 公斤/公尺²；内地采用 25 公斤/公尺²。

表6 系数 K 的值

(2) 梁的迎風面积

实腹梁的迎風面积就采用輪廓的实际面积，桁架梁則采用輪廓面积减去構件間空隙面积来作为迎風面积。

被考虑的部分	K
架梁及实腹梁	1.4
駕駛室	1.2

当吊車不只具有一片梁的时候，若梁的高度相等；則其迎風面积应依下列情况来分別决定：当梁間的距离小于梁的高度时，迎風面积就采用一片梁的迎風面积；当梁間的距离等于或大于梁的高度但小于兩倍梁的高度时，迎風面积就采用第一片梁（首先迎風的）的面积及其余各梁面积的一半的和；当梁間的距离大于

兩倍梁的高度時，迎風面積就採用各梁面積之和。

(3) 負荷的迎風面積

負荷的迎風面積應按被吊物體的實際形狀來決定，若其迎風面積不明時可取用表 7 之值。

表 7

負荷(噸)	1	2	3	5	10	15	20	30	50	75	100	150	200	250	300
迎風面積 (公尺 ²)	1	1.7	2.3	3.5	6	8	10	14	20	28	35	50	60	70	80

3) 雪壓力

設計廠外工作的吊車時，還必須考慮由於冬天積雪所產生的壓力。雪壓力隨地區的不同而有很大的差別，設計時應按實際情況來決定。

5 吊車結構構件細長比的許可值

構件的細長比不允許超過下述的範圍：

1) 受壓構件

主梁的上弦杆及兩端的斜杆……………120;
主梁的其他構件……………150;
其他的構件……………200。

2) 受拉構件

主梁的下弦杆……………150;
主梁的其他構件……………200;
其他的構件……………250。

6 鉚接及焊接的計算

1) 鉚釘及螺栓的計算

鉚釘及螺栓的許可應力參看表 2 及其附注。

鉚釘及螺栓受力的类

別一般有單剪力、雙剪力及擠壓力三種(參看圖2),

計算公式如下:

鉚釘及螺栓的剪應力

$$\tau = \frac{N}{mnF} \leq [\tau_{cp}]_B$$

公斤/公分²; (6)

鉚釘及螺栓的擠壓應

力

$$\sigma_{c.m} = \frac{N}{nd\Sigma\delta} \leq [\sigma_{c.m}]_B$$

公斤/公分²; (7)

鉚釘頭的拉應力

$$\sigma_{omp} = \frac{N}{nF} \leq [\sigma_{omp}] \text{ 公斤/公分}^2. \quad (8)$$

式中 N ——連接構件承受的力 (公斤);

m ——一個鉚釘或螺栓承受剪力的面數;

n ——鉚釘或螺栓的數目;

F ——鉚釘孔的面積或螺栓的截面毛面積 (公分²);

d ——鉚釘孔徑或螺栓直徑 (公分);

$\Sigma\delta$ ——同方向受壓構件的最小厚度 (公分)。

關於鉚釘及螺栓的計算, 還應注意下列各點:

(1) 同時承受拉力及剪力的鉚釘或螺栓, 應分別驗算其拉力及剪力。

(2) 在受力構件中, 位於接頭一方或接點的鉚釘不得少於兩個。

(3) 被鉚接件的總厚度一般不得超過鉚釘直徑的五倍。

(4) 一構件鉚接於另一構件而需要通過墊板或其他中間構件時, 則鉚釘或螺栓應比由計算所得出的數目增加10%。

(5) 利用短的輔助角鋼來連接另一角鋼或槽鋼的突出翼緣。

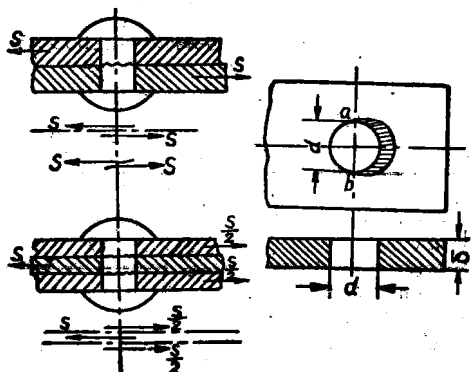


圖 2

时，其鉚釘应比需要的数目增加 50%。

(6) 鉚釘直徑与鋼板厚度的关系，一般可参考表 8 中的比例决定；

表 8

δ (公厘)	6~7	8~10	10~13	14~
d (公厘)	16	19	22	25

表中 δ —鋼板的厚度；

d —鉚釘的直徑。

(7) 若是角鋼或其他型鋼的大小已經决定，当然鉚釘的直徑就要有一定的限制，同时鉚釘在角鋼或其他型鋼上的相对有关距离也要有限制。否則，不是增加型鋼的偏心負荷，就会讓鉚釘机的机头放不下或是放不平。关于这个问题，可参看表 9 及表 10 来决定。

表 9 角鋼分度綫的位置 (参看圖 3)

一 行 鉚 釘			兩行交錯排列鉚釘				兩行不交錯排列鉚釘			
角鋼背寬 (公厘)	距离 e_1 (公厘)	最大鉚釘直徑 d (公厘)	角鋼背寬 (公厘)	距离 e_1 (公厘)	距离 e_2 (公厘)	最大鉚釘直徑 d (公厘)	角鋼背寬 (公厘)	距离 e_1 (公厘)	距离 e_2 (公厘)	最大鉚釘直徑 d (公厘)
50	30	14	120	55	85	23	—	—	—	—
55	30	17	130	55	90	23	—	—	—	—
60	35	17	150	65	110	26	150	55	115	20
65	35	20	180	70	130	29	180	70	140	23
75	40	20	200	90	150	29	200	70	150	26
80	45	23	—	—	—	—	—	—	—	—
90	50	23	—	—	—	—	—	—	—	—
100	60	26	—	—	—	—	—	—	—	—
120	65	29	—	—	—	—	—	—	—	—

(8) 鉚釘的中心距离 (包括螺栓)，一般虽由公式决定，但它的大小是有一定的限制的。若是太大，則兩個鉚釘間的被連接部分就可能因为受压力而产生凸出的現象；若是太小，就可能使

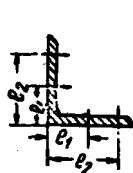


圖 3

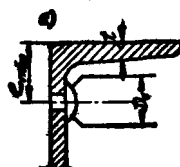
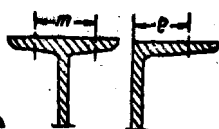


圖 4

表10 工字鋼及槽鋼分度線的位置

連接在背上(參看圖 3)															
工字鋼的型号	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	40	45	50	55	60
m (公厘)	40	45	50	55	60	65	65	70	75	80	80	85	90	95	95
槽鋼的型号	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	40	—
e (公厘)	25	30	30	35	35	40	40	45	45	45	50	50	55	60	—
連接在腹板上(參看圖 4)															
工字鋼的型号	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	40	45	50	55	60
e_{min} (公厘)	45	45	45	50	50	55	60	60	65	65	70	75	75	75	75
槽鋼的型号	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	40	—	—	—
e_{min} (公厘)	40	45	50	50	55	55	60	65	65	65	70	75	—	—	—

鉚釘机的机头放不下。同时，鉚釘到型钢邊緣的距离也不可太小，否則型钢邊緣就有發生破裂的危險。关于鉚釘的相关位置，可以參看表 11。

2) 焊接的計算

把鋼結構的構件連在一起，除了用鉚釘及螺栓之外，就是采用焊接的方法。因为采用焊接，在施工的时间上、在材料及人工的費用上、在整个結構的重量上，同用鉚釘比較起来，都合算得多。同时近年来的焊接技术已有了显著的提高，所以很多原来采用鉚釘的地方，都漸漸被焊縫来代替了。

(1) 对接焊接(參看圖 5) 当焊接件的厚度在 8 公厘以下