

結構鉚接鉸接計算

趙農民 編著

大東書局出版

結構鉚接鉸接計算

2

計算鉚接鉚結構

趙農氏編著
汪蘇工業學院圖書館
藏書章

大東書局出版

中

本書共分三章：第一章係概論，第二章和第三章分別敘述了鉚接合及鐸接合各種接合方式的計算方法。此外並附錄了一些圖表和有關於規範，作為具體設計時的參考。本書可作為一般技術人員自學材料之用，並可供工程專科學校同學及工程設計人員之輔助教材和參考資料。

趙農民編著 王樹良校閱

*

1954年5月發排 · 1954年7月上海第一版

1954年7月上海第一次印刷(0001—2000冊)

書號：5153 · 30"×42" · 1/23 · 51千字 · 12¹/₄印張 · 定價3,500元

*

大東書局(上海福州路310號)出版發行

上海市書刊出版營業許可證出○字第55號 · 上海市書刊發行營業許可證發○八一號

三星印刷所(上海浙江北路129弄)印刷

前 言

這本書的對象，是給已經具有工程力學基礎的同志們作爲一門比較專業的學習和自修材料；並且還準備作爲結構設計工作者的一些參考資料。在編寫的過程中，算是朝着這個方向而進行的。一方面扼要地較爲有系統的敘述了鉚接合和鐸接合的計算原理，使初學者能夠獲得一個比較明確的概念；另一方面在計算公式的引證上，則是參考了各國書籍中較爲實用的理論。此外，還備了一些圖表，這樣可以免去計算上的冗繁，而較方便些。

書中除列舉了一些計算的例題外，還附錄了一部分蘇聯有關這方面的技術規範以供參考。關於許可應力的數值，鉚接部分，東北人民政府工業部的“建築物結構設計暫行標準”中，已經有明確的規定；至於鐸接部分，由於國產鐸條的規格還未統一，所以根據東北人民政府工業部的指示，按實驗的結果作爲依據；附錄的蘇聯鐸接強度可以作爲參考。

在編寫的過程中，曾經得到我師鍾朋教授的指導，特在這裏表示謝意。

自己學得不多，懂得也少，同志們願意幫助我提高，那是非常歡迎和樂於接受的。

趙農民 一九五三年十二月記於上海

校 正 表

書 名：

頁	行	譯名或編寫錯誤 及失當的地方	應 改 正 為
讀 者 意 見			

讀者姓名		服務機關		職 別	
詳細住址					

請填詳細住址，以便經常聯系並寄贈本局之圖書目錄。

目 次

一 概論.....	1
二 結構鉚接合.....	4
1. 鉚釘的種類	4
2. 鉚接方式	6
3. 鉚接可能損壞的方式	8
4. 鉚釘的受剪	9
5. 孔壁的受壓	12
6. 構件的拉斷	14
7. 鉚接合的強度	17
8. 偏心鉚接合	20
9. 實例	33
三 結構銲接合.....	42
1. 銲接的種類	42
2. 銲接的方式	44
3. 銲接的計算	46
(一)平頭銲縫 (二)平頭斜銲縫 (三)搭接銲縫 (四)切口銲縫	
(五)間斷銲縫 (六)不對稱的側銲縫	
4. 銲接的強度	58
5. 偏心銲接	60
6. 實例	66
附錄.....	72

一 概 論

在工程中不論哪種結構，都是由各種構肢和各部分組合起來的，而且連接得是否好，對於整個結構是會起着直接影響的。一個結構即使對於各部分的構肢設計得都非常理想；但是，如果在接合的地方不加以注意，那就會形成了結構上的脆弱部分，甚至有毀垮的危險。因此在結構上的接合，是值得去重視它的。

鋼結構的接合，主要是由鋼板和各種型鋼組成的，而在連接的方法上，又可以分爲下面幾種：

1. 鉚接合
2. 螺栓接合
3. 銷接合
4. 銲接合

鉚接合在目前的工程上是佔着很主要地位的。它的應用面很廣，像橋梁、廠房、起重機等以外；鍋爐、箱涵、船身上也都普遍的被採用着。近年來雖然被銲接代替了一些，但它還是很廣泛地被應用在各種結構上。

螺栓在一般的應用上是用來代替鉚釘的。但由於它能夠易於裝拆，所以也被應用於暫時性的建築物上，它的種類大致可以分爲三種：

- a. 普通螺栓 —— 這種螺栓在加工上比較粗糙些，主要是用來輔助

鉚釘的工作，比如在結構鉚結之前，先利用它把構件栓住，以便鉚接。但在一般房屋上不重要的結構部分，也將它作為接合物件來用的。

b. 精製螺栓——它是代替鉚釘需要承受很大軸向拉力的地方，或者是應用在不適用或不經濟採用鉚接的情形下。

c. 錐形螺栓——這種螺栓的形式，是在它的栓身部分做成錐體，它的坡度，普通採用的是 1:100。在應用方面主要是代替鉚釘來連接厚度太大的構件。

關於螺栓的計算，除了鉚釘以孔徑計算，而螺栓按絲口的淨面積計算外，在原理上和鉚接的計算是相同的。因此在敘述了鉚接的計算原理後，就不再去論及了。

鉗接合在理想上的優點，是使構件可以自由的轉動，在桁架中的節點是最適用的。但事實上，鉗接合由於鉗和孔壁間的摩擦力很大，並不像理想中那樣，尤其是暴露在外間的建築物，因為容易生銹，幾乎完全不可能轉動。因此，目前應用鉗接合的地方，差不多都被鉚釘來代替了。

銲接在結構上所被採用的，一般是指電弧銲，就是普通所謂的電銲。這是一種新的銲接方法，自從俄國科學家 B. B. 彼特勞夫教授發現了電弧以後，一直到 19 世紀的末葉，才由俄國工程師 H. H. 別那爾道斯和 H. F. 斯拉維央諾夫發明了電弧銲，而被利用到工程上來。它的歷史到現在還不過六七十年，在鋼結構上來說是比較年青的。

銲接和鉚接比較起來，銲接是一種優良的接合方法，它的好處可以分為下面幾點：

(1) 銲接合的剛勁度強大，因此接合的效率也比較高。鉚接合的效

率，一般是 50~90%；但銲接的效率經常在 90% 以上，甚至可以達到 100%。

(2) 採用銲接合，可以避免釘孔在被連接的受拉構件中所產生的斷面削弱。

(3) 它不像鉚接合那樣，需要用連接鉚。因此減輕了結構的重量，同時也節省了材料。所以從結構的製造成本上來說，也是較為經濟的。

(4) 銲接在操作時，不需要像鉚接時利用手工或空氣壓縮機，去打鉚釘的釘頭。這樣，在工作過程中，就極少有噪鬧的聲音，對工人的健康和工作效率上都是有利的。

銲接合的優點雖然很多，但如果要獲得高度強度的接合效率，是和操作的技術、電壓電流的大小，以及銲條的種類、成分等，都有着密切的關係。

在過去，由於銲接技術還不能獲得充分的把握，因此，在結構的接合上，還是多數採用了鉚接。但最近幾十年來，由於銲接技術不斷的進步，有些建築物差不多已全部採用了銲接的方法。在我國利用銲接到工業上去，雖然還不是最普遍，但它具有發展的前途，是可以肯定的。

二 結構鉚接合

1. 鉚釘的種類

鉚釘是用一種比較容易鍛打的鋼料製成的，它往往是用已經軋成的圓鋼截成一個個柱體，在它的一頭，預先壓成一個半圓形的釘頭。在安裝到結構上去的時候，就將它燒到 $600^{\circ}\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 的赤熱高溫，然後頂住它預先所做成的釘頭的那一端；在另一端上，套上套頭，利用空氣壓縮機等鉚打成另外一個釘頭。這時候，它就和構件連接在一起了。

在鉚打的成果上，必須要求釘身能填滿釘孔，同時使被連接的構件，不致於發生鬆動的現象。

鉚釘在安裝上，又可以分為在工廠中鉚打的和在工地上鉚打的兩種：前面的一種，普通稱為廠裝鉚釘；後面的一種就叫作工地鉚釘。在工廠裏因為設備總較工地上來得完全，在操作上將方便得多，這樣也就保證了它的接合強度。因此在接合強度上來說，廠裝鉚釘自然要比工地鉚釘強。所以在設計中，就應該以採用廠裝鉚釘為原則，除非是有些地方，必須要在工地上進行鉚打的。例如，考慮到構件太大，如果全部在工廠裏鉚好了，那麼在運輸上就要感到困難，或者是在結構安裝時考慮到不方便等。但如果採用工地鉚釘，那麼它的許可應力，應該較廠裝鉚釘的減

少 15%。

鉚釘在一般的採用上都是用圓頭形的；但此外還有半埋頭鉚釘和埋頭鉚釘（圖 1）。根據規定^①：這些種的鉚釘，它所鉚成的構件厚度，一般不超過它鉚釘直徑的 5 倍。如果被鉚接的板厚，超過了以上的規定時，那麼可以採用大頭截錐形鉚釘。這種鉚釘的鉚接厚度，可以達到它的直徑的 7 倍，但鉚打時應採用兩面擠壓的特殊工具。

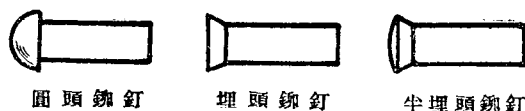


圖 1

半埋頭鉚釘在過去是被採用在鉚接厚度較厚的情況下，因為它較圓頭鉚釘容易被鉚打擠緊。但目前因鉚打的操作技術逐步提高，採用的已經不多，差不多都用圓頭鉚釘來代替。在特別厚的構件接合下，則採用大頭截形鉚釘和螺栓比較來得好。

埋頭鉚釘是在有些地方，如果不適合或者是不允許用帶頭的鉚釘時採用的，例如在支座上的鉚釘、樓梯的踏步邊緣上所用的鉚釘等。

但根據規定：如果採用半埋頭鉚釘或埋頭鉚釘時，它們的許可應力，應該採用一般的 80%。

構件上如果採用鉚接合，那麼在事前就應該先鑽成圓孔。圓

^① 這裏所謂規定，是指東北人民政府工業部建築物結構設計暫行標準（1952.3.6）上的規定。

孔的直徑就是在設計時所採用的孔徑，而釘身的直徑一般就比孔徑小一個公厘。這樣，當燒紅後再鉚打而至冷卻，釘身的直徑就膨脹成和孔徑一樣大小了。

在鑽孔的方法上，可以分爲兩種：一種是完全由機器衝成；另一種是由機器鑽成，或者是先鑽成或衝成較小的孔徑，然後再在構件上鉸光成設計的孔徑。前面一種利用衝孔的方法，雖然操作方便，時間也節省得多；但它的缺點就是容易使構件上孔邊部分受到損傷，因此它的接合強度就要減低，除了不重要的地方，以不採用爲原則。第二種中的先沖成較小的孔徑，然後再鉸光，比較第一種要好。至於完全鑽成的孔徑，那自然是最好，就是在操作上比較麻煩一些。

2. 鉚接方式

鉚釘的接合方式，可以分爲圖 2 所表示的兩種：

(1) 搭接

(2) 平接

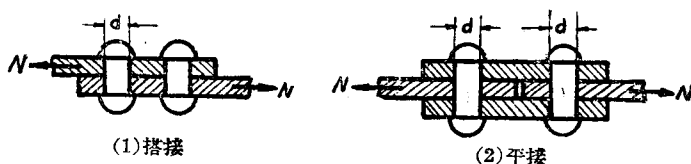


圖 2

搭接是將兩個接合構件上下重疊，以一排或者數排鉚釘連結起來的。

平接是將兩個接合構件相對置在同一個平面上，另外加上兩塊蓋板，以兩排或者數排鉚釘連結起來。

在這兩種接合方式上，平接要比搭接好。因為在搭接的方式中，由於作用力不對稱的緣故，在受力時將產生一個等於 $N \cdot t$ 大小的彎矩，使鉚釘體受到拉力，像圖 3 那樣，因此應該儘量減少採用搭接的方式。

在僅有一塊蓋板的平接方式下，它基本上就相當於兩個搭接。

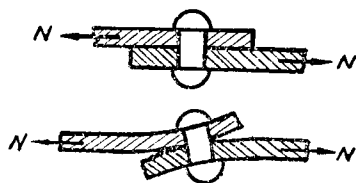


圖 3

上面兩種鉚接方式：第一種搭接謂之單剪鉚釘（圖 4），因為它僅有一個受剪面；第二種平接方式，謂之雙剪鉚釘，因為它有兩個受剪面（圖 5）。

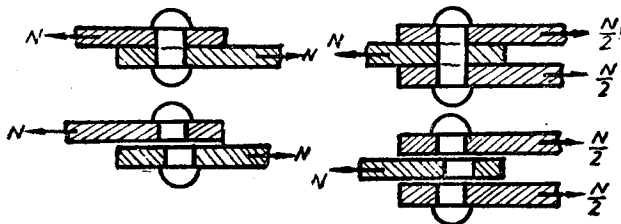


圖 4

圖 5

3. 鉚接可能損壞的方式

鉚接合可能發生損壞的情況，大致有四種方式：

(1) 像圖 6 (a) 所示的，鉚釘由於承受剪力而被剪斷。

(2) 孔壁由於釘身所加上的壓力而使鋼板擠損而破壞。如圖 6 (b) 所表示的那樣。

(3) 釘孔的二邊、或者孔釘間的構肢斷面，像圖 6 (c) 所表示的被拉破或者拉斷。

(4) 構肢的端部或者釘孔間的板，被鉚釘剪去，或者拉破圖 6 (d)。

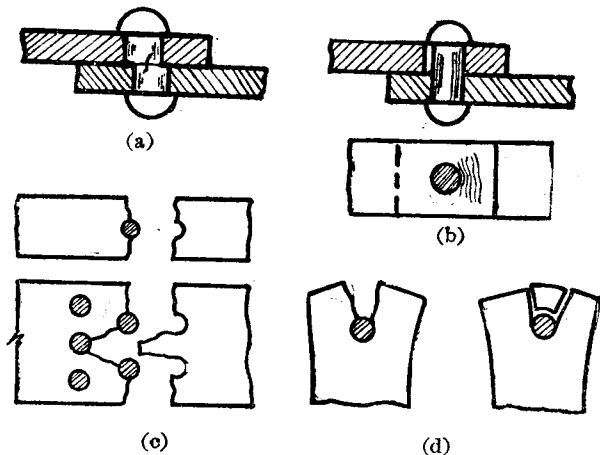


圖 6

從上面幾種鉚接合可能損壞的方式上來看，可以知道在計算鉚接的時候，應該從下面三種情形去考慮它的接合強度：

1. 鉚釘的受剪。
2. 孔壁的受壓。
3. 構肢的拉斷。

4. 鉚釘的受剪

由圖 4 可以見到,當構肢在外力 N 的作用下,這些鉚釘將產生一種阻力來阻止構肢間的相互移動;換一句話來說,那就是構肢上的作用力將傳遞給這些鉚釘。這時候,構肢上的每一個鉚釘將受到大小相等、方向相反的二個力量,一個力量是從上面的構肢上傳來的;另一個力量是從下面構肢上傳遞來的。

但當構肢在受力的情況下,即使所有的鉚釘都是同樣的大小,但是傳遞到這些鉚釘上去的力量,並不是均勻地分配着的。根據實驗的指出:愈在中間地位的鉚釘,所受到的力量愈小,像圖 7 所表示的。雖然構肢的斷面積是相等的,所有鉚釘的直徑也是相同的,但 $N_1 > N_2 > N_3$ 。

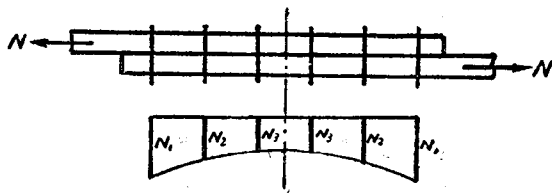


圖 7

根據實驗的同時指出:在同一構肢上,鉚釘在受力方向的個數愈是多,那麼這些鉚釘之間受力的差數也就愈大。表 1 是表示二個構肢的厚薄是相同的,在 n 個鉚釘與受力方向平行鉚接起來的情況下,鉚釘所受到力量的比例數:

表 1 $(N=100)$

n	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	最大差數
3	35.1	29.8	35.1				5%
4	27.9	22.1	22.1	27.9			12%
5	23.8	18.1	16.2	18.1	23.8		19%
6	21.0	15.7	13.3	13.3	15.7	21.0	26%

上表的數字是在彈性範圍內鉚釘的受力情況，因此當鉚釘在將損壞時，由於它的塑性變形，可以使這些數字逐漸地趨近於相等。所以在實際計算鉚釘的時候是可以認為外力均勻地分配在這些鉚釘上的。但是在實際的鉚接設計中，還是不希望排在平行於力的作用方向的鉚釘數太多。

關於鉚釘受剪的計算：

假設 N = 構肢上的軸向作用力

A = 孔徑的面積

n = 鉚釘數

τ = 鉚釘的單位剪應力

τ_{cp} = 鉚釘的單位許可剪應力

那麼在單剪的情況下，每個鉚釘上的單位剪應力

$$\tau = \frac{N}{n \cdot A} \leq [\tau_{cp}] \quad (2.1)$$

或者

$$\tau = \frac{N}{n \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau_{cp}] \quad (2.2)$$

如果 N 知道了，銲釘的許可剪應力 $[\tau_{cp}]$ 和孔徑的大小決定了，那麼求所需要的銲釘個數：

$$n \geq \frac{N}{[\tau_{cp}] \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \quad (2.3)$$

在雙剪的情況下，因為每個銲釘有兩個受剪面，所以

$$\tau = \frac{N}{n \cdot 2 \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau_{cp}] \quad (2.4)$$

$$n \geq \frac{N}{[\tau_{cp}] \cdot 2 \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \quad (2.5)$$

在以上的算式中，是假定銲釘的剪應力，平均地分佈在它的斷面積上的。但實際上，在銲釘斷面積上，剪應力分佈的情況，在它的剪面邊緣上是等於零，中間最大的剪應力 τ_{max} 較它的平均剪應力將大 $\frac{1}{2}$ 。

同時，在上面的算式中，還忽略了兩種應力：一種是銲釘和構肢間的摩擦力，一種是銲釘斷面上的垂直應力。這兩種應力是由於銲釘銲成後，在冷卻時由釘身長度趨向收縮，同時釘頭處的構肢又阻止了它的收縮而產生的。但是根據實驗的指出：當 $\tau = 400$ 公斤/公分² 時，銲接部分就開始有滑動的現象。同時由於銲釘的鋼料是具有很大的塑性的，因此即使當銲釘斷面上的垂直應力達到屈伏點時，釘身會產生一種塑性變形而伸長，這樣也就減少了銲釘和構肢間的摩擦力，使銲釘在這時候，趨近了真正受剪情況的實現，所以在實際計算中就不需要去考慮了。