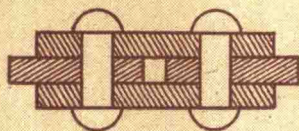


結構鉚接銲接計算

(修訂本)



科学技術出版社

結構鉚接焊接計算

(修訂本)

趙農民編著

科學技術出版社

內 容 提 要

本書根据建筑工程部 1955 年发表的“鋼結構設計規範試行草案”作了修訂，仍分为概論、鉚接合計算及焊接合計算三章。書中附有例題說明各式接合的計算方法，并有若干計算图表及部分規範的节录，可供初学結構設計者作为参考。

結 構 鉚 接 焊 接 計 算

(修訂本)

編 著 者 趙 农 民

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海建國西路 336 弄 1 号)

上海市書刊出版業營業許可証出 0 7 9 号

上海啓智印刷厂印刷 新華書店上海发行所总經售

*

統一書号: 15119·443

开本 787×1092 耗 1/27·印張 2 20/27·字數 56,000

1957 年 1 月第 1 版

1957 年 1 月第 1 次印刷 印數 1—8,000

定价: (10) 0.42 元

再 版 附 記

本版主要是根据中华人民共和国建筑工程部 1955 年发表的“鋼結構設計規範試行草案”对初版書內有关的規範部分作了修訂。

赵农民 一九五六年五月

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. 鉚接合可能損壞的方式	7
4. 鉚釘的受剪	8
5. 孔壁的受壓	10
6. 構件的拉斷	12
7. 鉚接合的強度	15
8. 偏心鉚接合	23
9. 實例	33
三 結構焊接合	41
1. 焊接的種類	41
2. 焊接的方式	44
3. 焊接的計算	45
(一)對齊焊縫 (二)斜對焊縫 (三)邊焊縫和端焊縫 (四)切口焊縫	
(五)斷續焊縫 (六)不對稱的邊焊縫	
4. 焊接的強度	54
5. 偏心焊接	56
6. 實例	61
• 附 錄	66

一 概 論

在工程中不論哪種結構，都是由各種構件和各部分組合起來的，連接得是否好，對於整個結構會起直接影響。一個結構即使各部分的構件設計得都非常理想；但是，如果在接合的地方不加以注意，那就會形成結構上的脆弱部分，甚至有毀壞的危險。因此結構的接合是值得重視的。

鋼結構的接合，主要由鋼板和各种型鋼組成，而在連接的方法上，又可以分为下面几种：

1. 鉚接合
2. 螺栓接合
3. 銷接合
4. 焊接合

鉚接合在目前的工程上占着很主要地位。它的应用面很广，桥梁、厂房、起重机等以外，鍋爐、箱涵、船身上也都普遍采用着。近年来虽然被焊接代替了一些，但它还是很广泛地应用在各种結構上。

螺栓在一般的应用上是用来代替鉚釘的。但由于它易于裝拆，所以也应用于暂时性的建筑物上，它的种类大致可以分为三种：

a. 普通螺栓——这种螺栓在加工上比較粗糙些，主要用来輔助鉚釘的工作，比如在結構鉚接之前，先用它把構件栓住，以便鉚接。但在一般房屋上不重要的結構部分，也將它作为接合物件。

b. 精制螺栓——它代替需要承受很大軸向拉力地方的鉚釘，或者应用

在不适用或采用鉚接不經濟的情形下。

c. 錐形螺栓——这种螺栓的形式，是它的栓身部分做成錐体，它的坡度，普通采用的是 1:100。在应用方面主要代替鉚釘来連接厚度太大的構件。

关于螺栓的計算，除了鉚釘以孔徑計算，而螺栓按杆徑計算外（但受拉时按淨截面計算），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后，就不再去論及了。

銷接合理想上的优点是使構件可以自由轉动，用在桁架节点最适宜。但事实上，銷接合由于銷和孔壁間的摩擦力很大，并不象理想中那样，尤其是暴露在外間的建筑物，因为容易生銹，几乎完全不可能轉动。因此，目前应用銷接合的地方，差不多都用鉚釘来代替了。

在結構上所采用的焊接，一般指电弧焊，就是普通所謂的电焊。这是一种新的焊接方法，自从俄国科学家 B. B. 彼特劳夫教授发现了电弧以后，一直到 19 世紀的末叶，才由俄国工程师 H. H. 別那尔道斯和 H. Г. 斯拉維央諾夫发明了电弧焊，而利用到工程上来。它的历史到現在还不过六七十年，在鋼結構上來說是比較年青的。

焊接和鉚接比較起来，焊接是一种优良的接合方法，它的好处可以分为下面几点：

(1) 焊接合的刚度大，因此接合的效率也比較高。鉚接合的效率，一般是 50~90%；而焊接的效率經常在 90% 以上，甚至可以达到 100%。

(2) 采用焊接合，可以避免被連接的受拉構件中因釘孔而产生的截面面积削弱。

(3) 它不象鉚接合那样一律需要用連接板。因此減輕了結構的重量，同时也节省了材料。所以从結構的制造成本上來說，也是較為經濟的。

(4) 焊接在操作时，不需要象鉚接时用手工或空气压缩机去打鉚釘的釘头。这样，在工作过程中，就极少有噪鬧的声音，对工人的健康和工作效率都有利。

焊接合的优点虽然很多，但如果要获得高强度的接合，就要注

意操作的技术、电压电流的大小以及焊条的种类、成分等。

过去,由于焊接技术还没有充分的把握,因此,在結構的接合上,多数还是采用了铆接。但最近几十年来,由于焊接技术不断的进步,有些建筑物差不多已全部采用了焊接方法。在我国工业上利用焊接,虽然还不是最普遍,但它具有发展的前途,是完全可以肯定的。

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制成的，它往往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 $600^{\circ}\sim 1,000^{\circ}\text{C}$ 的赤熱高溫，然後頂住預先所做成的釘頭；在另一端套上套頭，利用空氣壓縮機等鉚成另外一個釘頭。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，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。在工廠里因為設備總較工地上來得完全，在操作上方便得多，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，除有些地方必須在工地上鉚打的以外，就應該以採用廠裝鉚釘為原則。例如，構件太大，如果全部在工廠里鉚好了，那麼在運輸上就要感到困難，或者是在結構安裝時感到不方便等。此外，在操作方式上又可以分為用機鉚和手力鉚兩種。機鉚的質量好，所以接合強度也要比手力鉚來得強。因此所有的鉚釘都應採用機鉚，除非是受到設備限制的時候才採用手力鉚接。但它的容許應力應較機鉚降低 20%。

鉚釘一般都是用圓頭形的；但此外還有半沉頭鉚釘、沉頭鉚釘

和特制的高頭錐形杆的鉚釘等(圖 1)。根據規定^①：普通鉚釘所鉚成的厚度，即鉚釘的夾頸長度不得超過直徑的 5 倍。如果超過了以上的規定時，就應該採用螺栓或特制鉚釘；高頭錐形杆的特制鉚釘，它的夾頸長度可以達到直徑的 7 倍，但鉚打時應採用兩面錘合或兩面擠壓機鉚制。

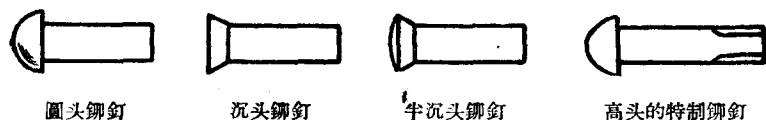


圖 1

半沉頭鉚釘過去在鉚接厚度較大的情況下採用，因為它較圓頭鉚釘容易鉚打擠緊。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，則採用高頭錐形杆的特制鉚釘和螺栓比較好。

沉頭鉚釘用在不適合或者是不允許用帶頭鉚釘的地方，例如在支座上的鉚釘、樓梯的踏步邊緣上所用的鉚釘等。

根據規定：如果採用半沉頭鉚釘或沉頭鉚釘時，它們的容許應力應該為圓頭鉚釘容許應力的 80%。

構件上如果採用鉚接合，那麼在事前就應該先鑽成圓孔。圓孔的直徑就是在設計時所採用的孔徑，而釘杆的直徑一般比孔徑小 0.5 或 1 公厘。根據規定，鉚釘的杆徑可採用 8、10、11.5、13、16、19、22、25、28、31、34、37 公厘，而杆徑大於 16 公厘時，孔徑應較杆徑大 1 公厘，其餘的孔徑應較杆徑大 0.5 公厘。這樣，當燒紅後再鉚打而至冷卻，釘身的直徑就膨脹得和孔徑一樣大小了。但在設計時，最好是使同一構件採用同一種孔徑的鉚釘；在整個建築物上也盡量採用不多於 2 種或 3 種的孔徑，以便加工方便和避免

^① 系指中華人民共和國建築工程部 1955 年發表的“鋼結構設計規範試行草案”上的規定。以下同

錯誤。

在鑽孔的方法上，可以分為兩種：一種是完全由機器沖成；另一種是由機器鑽成，或者是先鑽成或沖成較小的孔徑，然後再在構件上鉸至設計的孔徑。前面一種沖孔的方法，雖然操作方便，時間也節省得多；但它的缺點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，以不採用為原則。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。因此鉚釘的容許應力，也根據鑽孔的方法不同而有所區別。

2. 鉚接方式

• 鉚釘的接合方式，可以分為圖 2 所表示的兩種：

(1) 搭接

(2) 平接

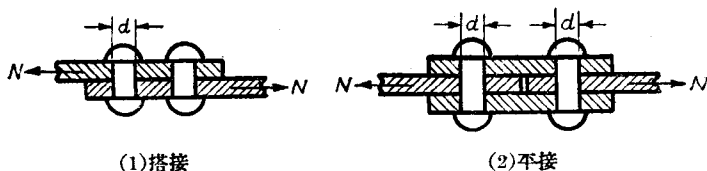


圖 2

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。

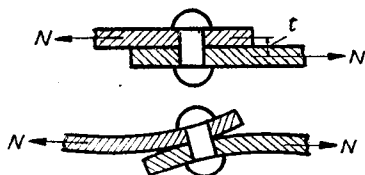


圖 3

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。

在這兩種接合方式中，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

受力时将产生一个等于 $N \cdot t$ 大小的弯矩, 使鉚釘体受到拉力, 象图 3 那样, 因此应该尽量减少采用搭接的方式。

在仅有一块盖板的平接方式下, 它基本上就相当于两个搭接。

上面两种鉚接方式: 第一种搭接谓之單剪鉚釘(图 4), 因为它仅有一个受剪面; 第二种平接方式, 谓之双剪鉚釘, 因为它有两个受剪面(图 5)。

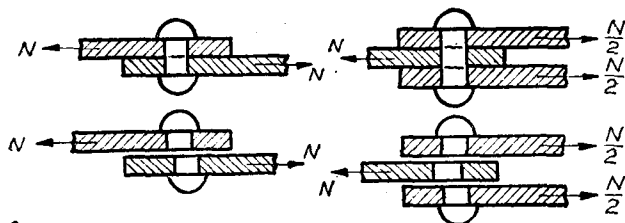


图 4

图 5

3. 鉚接合可能损坏的方式

鉚接合可能发生损坏的情况, 大致有四种方式:

(1) 象图 6 (a) 所示, 鉚釘由于承受剪力而被剪断。

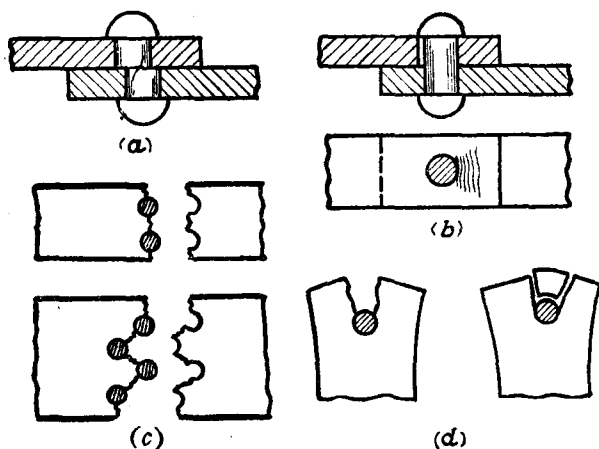


图 6

(2) 孔壁由于釘身所加上的压力而使鋼板擠損破坏。如图 6 (b) 所表示的那样。

(3) 釘孔的二边、或者孔釘間的構件截面，象图 6 (c) 所表示的被拉破或者拉断。

(4) 構件的端部或者釘孔間的板，被鉚釘剪去或者拉破，如图 6 (d)。

从上面几种鉚接合可能损坏的方式上来看，可以知道在計算鉚接的时候，應該从下面三种情形去考虑它的接合强度：

1. 鉚釘的受剪。
2. 孔壁的受压。
3. 構件的拉断。

4. 鉚釘的受剪

由图 4 可以見到，当構件在外力 N 的作用下，这些鉚釘將产生一种阻力来阻止構件間的相互移动；換一句話來說，那就是構件上的作用力將傳遞給这些鉚釘。这时候，構件上的每一个鉚釘將受到大小相等、方向相反的二个力量，一个力量是从上面的構件上傳递来的；另一个力量則是从下面構件上傳递来的。

但当構件在受力的情况下，即使所有的鉚釘都是同样的大小，但是傳遞到这些鉚釘上去的力量，并不是均匀地分配着的。实验指出：愈在中間地位的鉚釘，所受到的力量愈小，象图 7 所表示的。虽然構件的截面面积是相等的，所有鉚釘的直徑也是相同的，但它們間的受力情况是 $N_1 > N_2 > N_3$ 。

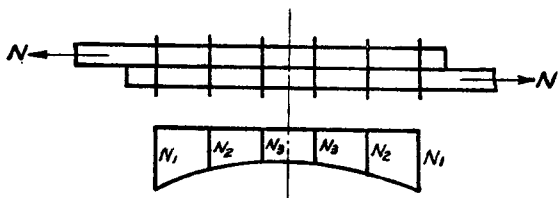


图 7

實驗同時指出：在同一構件上，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 表示兩個構件的厚薄是相同的，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 ——構件上的軸向作用力

A ——孔徑的面積

n ——鉚釘數

τ ——鉚釘的單位剪應力

$[\tau_{cp}]$ ——鉚釘的單位容許剪應力

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, 鉚釘的容許剪應力 $[\tau_{cp}]$ 和孔徑的大小決定了, 那麼求所需要的鉚釘個數:

$$n \geq \frac{N}{[\tau_{cp}] \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \quad (2-3)$$

在雙剪的情況下, 因為每個鉚釘有兩個受剪面, 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, 是假定鉚釘的剪應力平均地分布在它的截面面積上的。但實際上, 在鉚釘截面面積上剪應力分布的情況是: 在剪面邊緣上等於零, 中間最大的剪應力 τ_{max} 較它的平均剪應力將大 $1/2$ 。

同時, 在上面的算式中, 還忽略了兩種應力: 一種是鉚釘和構件間的摩擦力, 一種是鉚釘截面上的垂直應力。這兩種應力是由於鉚釘鉚成後, 在冷卻時釘身長度的趨向收縮, 同時釘頭處的構件又阻止了它的收縮而產生的。但是實驗指出: 當 $\tau = 400$ 公斤/平方公分時, 鉚接部分就開始有滑動的現象。同時由於鉚釘的鋼料具有很大的塑性, 因此即使當鉚釘斷面上的垂直應力達到屈服點時, 釘身會產生一種塑性變形而伸長, 這樣也就減少了鉚釘和構件間的摩擦力, 使鉚釘在這時候趨近了真正受剪情況, 所以在實際計算中就不需要去考慮了。

5. 孔壁的受壓

由圖 6 (b) 可以了解到在被連接構件的孔壁上或鉚釘上, 將

可能产生被挤損的情况。这种情况的产生，是由于構件傳遞給鉚釘的力量是經由孔壁的。因此在計算了由于剪应力所需要的鉚釘个数后，还得檢核孔壁的挤压强度是否安全。

这种孔壁压力，虽然是作用在釘身和鉚之間的那块半圓柱体的表面，但它的分布情况，是非常复杂和不規則的；尤其在單剪鉚釘，它在上下構件的接触面处最大，逐漸成为一个曲綫的压力图形，如图 8 (a)。因此在实际的計算中，就不得不作出一个假定，这个假定就是假想孔壁压力是均匀地分布在这个表面的投影面积上，也就是鉚釘孔徑乘以鉚厚的那块長方形面积上，如图 8 (b)。

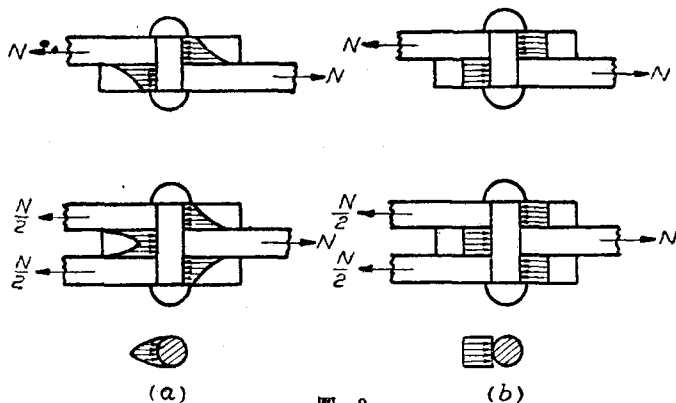


图 8

如果，每个鉚釘的孔壁压力是 $\frac{N}{n}$

那么，孔壁上的單位承压应力为

$$\sigma = \frac{N}{n \cdot t \cdot d} \leq [\sigma_{c.m}] \quad (2-6)$$

d ——鉚釘的孔徑

t ——構件的最小厚度(在單剪的情况下)

$[\sigma_{c.m}]$ ——容許孔壁承压应力

假使已經知道了構件上的作用力 N ，同时，鉚釘的孔徑和容許的孔壁承压应力也都决定了，那么，由于孔壁压力所需要的鉚釘

个数:

$$n \geq \frac{N}{[\sigma_{cm}] \cdot t \cdot d} \quad (2-7)$$

孔壁压力在双剪的情况下(图9), 上下二盖钣通常采用相同的厚度, 因而孔壁上所受的应力各为 $\frac{N}{2}$. 因此, 如果主钣的厚度小于上下二盖钣之和, 即 $(t_1 + t_2 > t)$, ——这一点在选择盖钣时, 可以这样做到的——盖钣上所产生的承压应力, 一定小于主钣上所产生的. 在这种情况下, 由于挤压而产生的危险处, 还是在主钣的孔壁处, 所以校核双剪的挤压强度, 依然和单剪一样, 可以利用(2-6)和(2-7)两个公式; 式中的 t , 就是主钣的厚度. 不然的话, 就应该找最危险的孔壁处去校核.

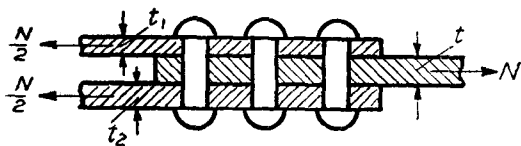


图 9

在设计铆接的时候, 所采用的铆钉个数, 一定要满足(2-3)或(2-5)以及(2-7)两个公式; 换句话说, 就是在铆接中的剪应力和承压应力应该同时分别小于它们的容许数值.

6. 构件的拉断

如图6(c)所示的那种铆接损坏方式, 主要产生在受拉的构件

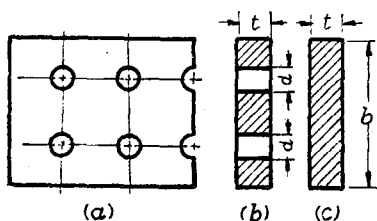


图 10

中. 因为有铆钉孔存在, 使构件上的有效截面面积削减, 象图10那样, 受拉构件的原来净面积是 $b \cdot t$ [图10(c)]. 但有铆钉孔时, 它的有效截面面积就被削减成 $(b - 2d)t$ [图10(b)],