

机 械 零 件

交流讲义

(上册)



機 械 零 件

交 流 講 義

(上 冊)

清 華 大 學

機械制造系機械原理及機械零件教研組

改 編

目 录

第 一 部 分

一、螺釘联接.....	(2)
二、鍵、多槽軸、楔和銷釘联接.....	(38)
三、鉚釘联接.....	(50)
四、焊接.....	(68)
五、緊配合联接.....	(91)

第 二 部 分

六、齒輪傳动.....	(101)
七、蝸輪傳动.....	(140)
八、皮帶傳动.....	(167)

第一部分 联接零件

联接零件是用以联接或固定被联接件，使其相互位置或運動為一定。

联接零件可分為可拆联接和不可拆联接。前者如螺釘联接、鍵、花鍵、銷釘和楔联接等，這種联接在拆開時可不必破壞联接件。後者如鉗接、銲接和過盈配合联接等，拆開這種联接時，須要把联接件破壞或損傷。

本篇中，將依次討論上述各零件。

一、螺 釘 聯 接

螺釘聯接是應用最廣的可拆聯接。在大多數現代機器中，幾乎在 60% 的機件上，都具有螺紋。研究螺釘聯接的合理構造和計算方法，提高聯接強度，在機械設計中具有重要意義。

最早的有關螺釘聯接的理論研究是在 1902 年，Н.Е. Жуковский 指出螺釘聯接中，螺釘軸向螺紋上壓力的分佈以及它和螺母結構的關係。

此後四十年中，對於螺釘聯接的設計計算以及螺釘、螺母的制造工藝等問題研究得很多。

近十年來，關於螺釘或螺母的結構參數以及其制造工藝對於螺釘聯接強度的影響，螺釘聯接在高溫、腐蝕介質中或變載荷下的強度問題等，也有了許多研究結果。

本章中將要討論螺釘聯接的構造和設計的一些基本問題。考慮到螺旋和螺釘在幾何形狀、受力情況等方面有很多類似之處，亦在本章末一併敘述。

1. 螺 紋

(一) 關於螺紋的基本概念 螺釘的聯接和螺旋的傳動都是通過螺紋來完成的，所以可以說，螺紋是螺釘和螺旋上的極重要的部分。

在圖 1 中，有一直徑為 d 的圓柱，又有一底邊長度等於 πd 的直角三角形；如果把三角形繞在圓柱上，並使底邊和圓柱底相重合，則它的斜邊就在圓柱上形成一根螺紋。

在圖 1 中， α 叫作螺紋的導角，循螺紋繞行一週的昇高距離 S_0 叫作螺紋的昇距。由圖 1 可知， $S_0 = \pi d \tan \alpha$ 。

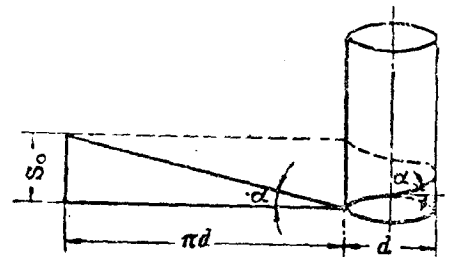


圖 1

現在取一平面圖形，例如三角形，使它沿着螺紋移動，移動時，使它的一邊靠在圓柱的螺紋上，並且保持圖形平面通過圓柱的軸線，就得到了相應的螺紋——三角形螺紋。

根據斷面的形狀，螺紋可分為三角形、矩形或方形、梯形、鋸齒形和圓形等，如圖 2 所示。

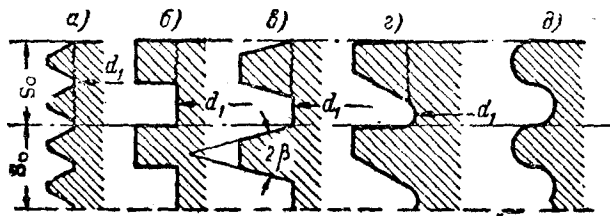


圖 2

根據繞行的方向，螺紋可分為右旋和左旋兩種（圖 3）。右旋螺紋向右上昇，左旋螺紋向左上升。常用的是右旋螺紋；對於這種螺紋，在擰緊螺帽或螺釘時，旋轉的方向應該是順時針方向。

根據螺紋的數目，螺紋又可分為單綫、雙綫、三綫和多綫等，圖 4 所示為一雙綫螺紋。螺紋的綫數越多，則它的導角和昇距也越大。在機械制造中常用的是單綫、雙綫和三綫螺紋；三綫的多用于聯接，其他的多用于傳動。

螺紋的主要尺寸有下述的幾項（參看圖 5）：

（1）螺距 S ——沿螺紋軸線方向量得的相鄰兩牙之間的距離叫作螺紋的螺距。螺紋的昇距則是同一根螺紋上兩牙之間的軸向距離。顯然，螺紋為單綫時， $S_0 = S$ ；而螺紋為 a 綫時，則 $S_0 = aS$ （參看圖 4，圖中 $a=2$ ）。

在吋制螺紋中，螺紋的粗細是用每英吋長度上的螺紋牙數 i 來表示的。因此如果用 S （公厘）表示螺紋的螺距，那麼， $i = \frac{25.4}{S}$ 。

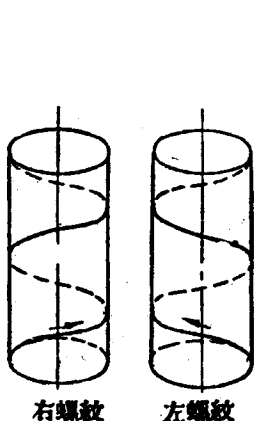


圖 3

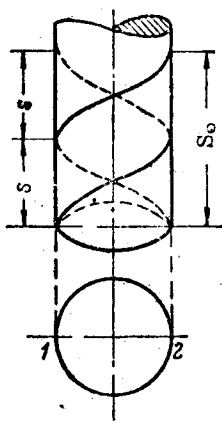


圖 4

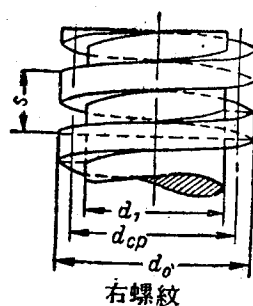


圖 5

（2）外徑 d ——就是在垂直于螺紋軸線方向量得的螺紋最外邊界間的距離，也就是螺紋的最大直徑。它是用來說明螺紋的尺寸的，所以是螺紋的名義直徑。

（3）內徑 d_1 ——就是在垂直于螺紋軸線方向量得的螺紋最內邊界間的距離，也就是螺紋的最小直徑。在計算時，常常用到這個尺寸。

（4）平均直徑 $d_{cp} = \frac{d + d_1}{2}$ ——它是用來表示螺紋的幾何關係的。

（5）導角 α —— α 的大小在螺紋的外邊和內邊並不相同，在計算時總是按平均直徑決定的。因此，對於單綫螺紋，有

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1} \frac{S}{\pi d_{cp}},$$

而對於 a 綫螺紋，則有

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1} \frac{aS}{\pi d_{cp}} = \operatorname{tg}^{-1} \frac{S_0}{\pi d_{cp}}.$$

（6）斷面角 2β ——就是螺紋斷面兩側邊所夾的角度，參看圖 2B。

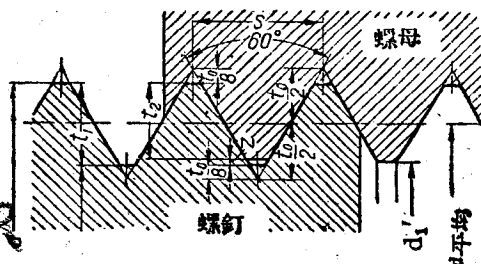


圖 6

（二）機械制造常用的螺紋 計有下列幾種：

（1）基本聯接用螺紋——這種螺紋的斷面是三角形，相啮合的螺紋的牙頂和牙底之間，留有徑向間隙，以便貯藏潤滑油和補償刀具的磨損（圖 6）。

這種螺紋在蘇聯分公制和吋制兩種。公制螺紋的斷面是等邊三角形，吋制螺紋的斷面是頂

角為 55° 的等腰三角形；前者應用最廣，而後者只在制造由外國輸入的一些機器的配件時使用。

這種螺紋因為摩擦力較大和強度較高（比較圖 2 中各種螺紋斷面的根部），所以廣泛地用于螺釘聯接中。

（2）公制細牙螺紋——這種螺紋的斷面也是等邊三角形，它和基本聯接用螺紋不同的地方就是當外徑相同時，它的螺距要小些。

公制細牙螺紋分為五級，用細化系數來區分。所謂細化系數就是基本聯接用螺紋的螺距與細牙螺紋的螺距之比，列證如下：

一級細牙螺紋	1.5
二級細牙螺紋	2
三級細牙螺紋	3
四級細牙螺紋	4
五級細牙螺紋	6

在圖 7 中表示了基本聯接用螺紋 Md （粗綫）和二級細牙螺紋 $2Md$ （細綫）的比較。從圖中可以看出，當外徑相同時，細牙螺紋另件的內徑較大而強度較高，導角較小而自鎖作用較為可靠；因此，細牙螺紋常用于薄壁或負荷很大的另件和承受變載、衝擊或振動的聯接。

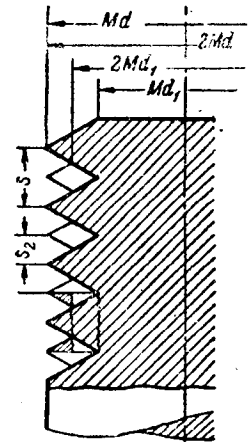


圖 7

（3）管螺紋——管壁較薄，所以在管壁上應該切削特殊細牙的管螺紋。

管螺紋的斷面也是三角形，不過沒有徑向間隙。它的名義尺寸是管子的內徑，所以它的最大直徑應該是名義直徑加上兩倍管壁的厚度。

（4）圓形螺紋——這種螺紋的斷面成圓弧形（圖 8），常用于水管配件，車廂拉緊螺旋，有時也用于起重吊鉤等。它的優點是積聚在螺紋中的塵垢鐵銹等容易清除和碰擦的抵抗力高，不過制造較難，用途也有限。

（5）矩形螺紋——這種螺紋的斷面多半是正方形（圖 9），效率較高，可用在起重螺

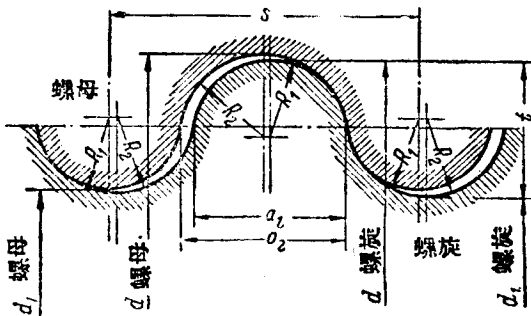


圖 8

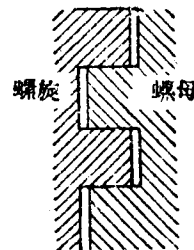


圖 9

旋或車床的導螺桿上。不過它有以下的缺點：1）只能在車床上制造而不能銑制；2）磨損後造成的軸向和徑向間隙無法補償，容易引起鬆動；3）對中的準確度較差；和 4）如果螺距相同，它的強度比其他螺紋要低些（比較圖 2 中各種螺紋斷面的根部）。

由于矩形螺紋有這些缺點，一般常用梯形或鋸齒形螺紋來代替。

(6) 梯形螺紋——這種螺紋的斷面為梯形，其斷面角 $2\beta=30^\circ$ (圖 10)；分細牙、普通和粗牙三種，可用于導螺桿和刀架螺旋等。它的效率較矩形的為低，但強度則較高(參看圖 2)，在磨損後，可利用夾緊一縱向開縫的螺母來調節，以便保證接合的正確性。

(7) 鋸齒形螺紋——這種螺紋也分細牙、普通和粗牙三種。它的斷面一邊與垂直于螺紋軸綫的平面成 3° 的角度以便銑制；另一邊則成 30° 的角度(圖 11)。它的效率較矩形的為低，但強度則較高(參看圖 2)，常用來承受單向推力，例如用于壓力機、軋鋼機或千斤頂的壓縮螺旋，以及吊鈎螺旋等。

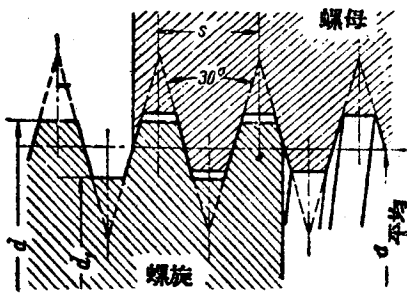


圖 10

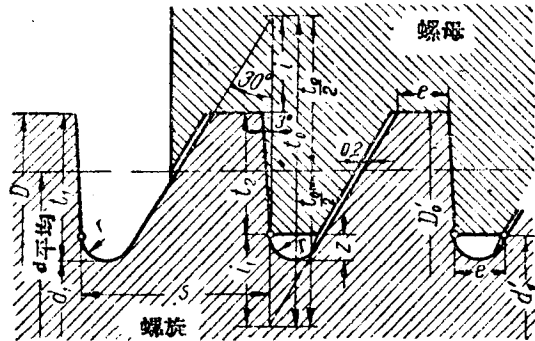


圖 11

在上述各種螺紋中，前四種主要用于聯接，後三種主要用于傳動，其中除圓形和矩形外，其他的在蘇聯都已經標準化了。

2. 螺釘聯接的基本形式

圖 12 示螺釘聯接的四種基本形式。圖中(a)所示聯接方式，適用於兩個被聯接件均不太厚的情形下，被聯接件上只須鉗通孔，不必攻螺紋。(b)所示聯接方式適用於被聯接件之一甚厚時，這時在一個被聯接件上要有螺紋孔。當孔螺紋一旦壞掉就無法補救。圖中(c)所示聯接方式就沒有上述缺點，拆開聯接件，只須扭轉上端螺母，不會損壞被聯接件上孔螺紋。

圖中(d)示一種雙頭螺柱聯接，可以從兩個方面扭緊螺母。

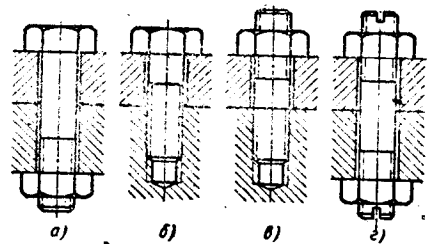


圖 12

3. 螺釘的主要类型

螺釘聯接用的螺紋大多是單綫的三角形螺紋(基本聯接用螺紋和公制細牙螺紋)，其導角 $\alpha=1.5\sim5^\circ$ ；這是因為對聯接來說，主要的要求是自鎖作用而不是效率高的緣故。

現在把一些重要類型的螺釘敘述如下：

(一) 普通螺釘 它是一端有釘頭，另一端則有螺紋，並配有螺母(通常帶有墊圈)的圓柱形桿。把它穿過兩個或更多零件上的螺釘孔，擰上螺母就可以把兩個零件聯接起來(圖 13)。

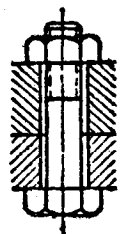


圖 13

螺釘孔直徑一般要比螺釘直徑大些，上面沒有螺紋，這樣可使螺釘安裝方便，而且不致把螺釘的螺紋碰傷。

普通螺釘分為粗制、半光制和光制三種。粗制螺釘的材料可用 Cr.3、10、15、20 等號鋼。它是冷衝、熱衝或鍛制而成的。釘頭和釘桿不予加工，螺紋用切削法或滾壓法制成；這種螺釘因為制造精度較差，所以在一般機械制造中比較少用。

半光制螺釘的材料可用 Cr.2~Cr.6 或 10~45 號鋼以及牌號為 35X、40X、40XH 的鋼料等，它是冷衝或熱衝制成的，釘頭的支承面和釘桿末端都經過加工，螺紋用切削法或滾壓法制成；分為兩種：O 型用普通螺母，K 型用冕形螺母。這種螺釘在機械制造中應用最為廣泛。

光制螺釘是用光拉六角形鋼棒車削加工而成的，分為兩種型式：型式 I（圖 14a）是普通形狀的，它的功用和半光制螺釘相同，但強度較高，可用于較重要場合；型式 II（圖 14b）是



圖 14a

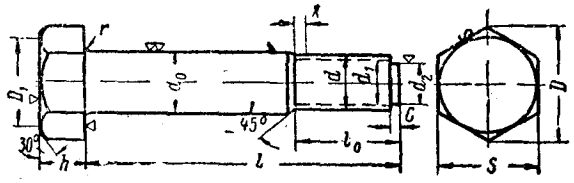


圖 14b

精密配合螺釘，它帶公盈裝入螺釘孔中（螺紋部分較細），能够精確地固定兩個零件的相對位置和承受剪切與擠壓。兩種型式的螺釘又都可分為 O 型與 K 型兩種，前者用普通螺母，後者則用冕形螺母。光制螺釘所用的材料有：根據 ГОСТ В-1414-42 所規定的易削鋼料或根據 ГОСТ 380-50、ГОСТ 1050-52 和 ГОСТ 4543-48 所規定的鋼料。圖 15 所示的圓錐形螺釘也是一種光制螺釘，它的用途和類型 II 的螺釘相同，但裝配較便（關於精密配合螺釘的應用，可參看圖 44B 和 45）。

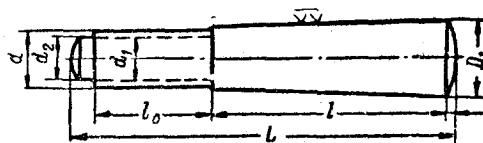


圖 15

（二）雙頭螺釘 它是一種兩頭帶有螺紋的桿狀聯接件；一頭旋入並固定在被聯接另件之一的螺紋孔中，另一頭穿過另一件上的釘孔靠螺母把兩個另件聯接起來（圖 15）。根據螺紋終止處構造的不同，它可分為兩類：A 型是有退刀部分的，B 型是有退刀槽的（參看圖 26）；根據所用螺母的不同，又可分為 O 型（用普通螺母）和 K 型（用冕形螺母或帶有開口銷的普通螺母）兩種。至于它的材料，則可用 Cr.3 或 10~45、A12 等牌號的鋼料。

雙頭螺釘安裝螺母的一端的螺紋長度應該和螺母的高度相適應；而它旋入零件中的長度 l_1 和零件上釘孔深度 H_0 等則和零件的材料有關。例如對於鑄鐵， $l_1 = 1.35d$ ，對於鋼， $l_1 = d$ ，式中 d 為雙頭螺釘的直徑（參看圖 16）。

雙頭螺釘用于由于構造上的限制因而不能用普通螺釘的場合，例如另件之一太厚，不能鑽通釘孔，或如圖 16 所示，在另件一邊不能安置釘頭的聯接。（在圖 16 的構造，如凸緣加寬則能安置普通螺釘，但因此會使機構不緊湊和凸緣受力不利）。

應該指出，圖 17 所示的聯接也可以用于被聯接零件之一太厚的場合，不過它只能在螺釘不常裝拆的情況下使用。因為多次裝拆會使被聯接零件上的螺紋毀壞，特別是當被聯接零件是用鑄鐵等強度較低的材料制成時更應如此。如果聯接是要時常裝拆的話，就應該採用雙頭螺釘，因為用雙頭螺釘時，只要擰下螺母就可以把聯接拆開。

(三) 螺絲 它分固定螺絲和聯接螺絲兩種。它的頭部可以制成適合扳手或起子的形狀(圖 18)；桿部可以沿全長或部分長度切出螺紋；末端可制成平面、錐形、圓柱、鑽坑、球面、階梯等形狀(圖 19)。

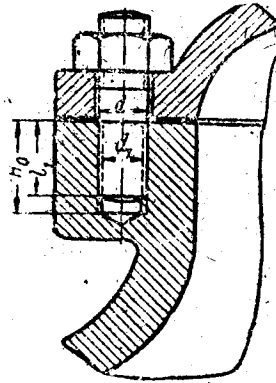


圖 16

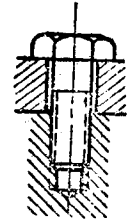


圖 17

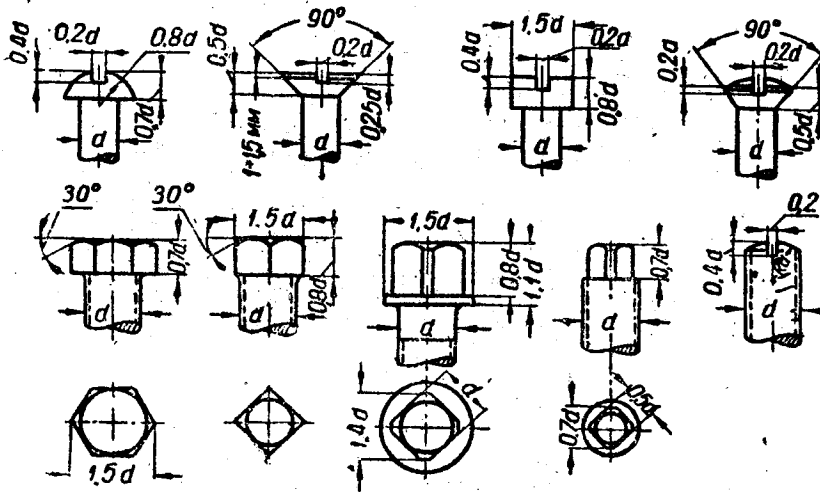


圖 18

螺絲的材料有：CT.3~6 或 10~45，A 12 等牌號的鋼，以及有色金屬與合金等（特殊情況下）。

(四) 吊環螺釘 這種螺釘帶有耳環，有的帶有圓形台肩，如圖 20 所示。它裝在機器（例如電動機、發動機和減速箱）的蓋或機殼等零件上，以利于零件的吊舉和搬運。

吊環螺釘的材料可用 20 或 25 號鋼。

(五) 地腳螺釘 這是把機座或機架固

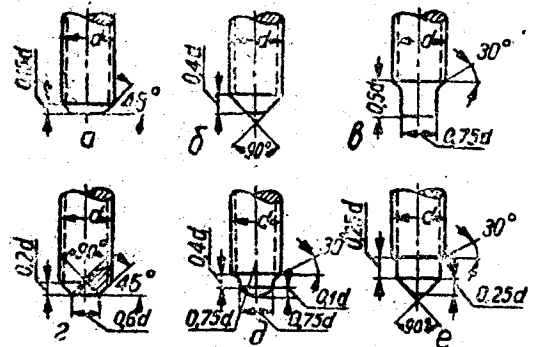


圖 19

定到地基上的螺釘，分短型的(圖 21)和長型的(圖 22)兩種。前者用于工作載荷比較穩定而且使機器傾覆的力矩不太大的聯接（例如電動機、發動機、離心式泵和地基的聯接等）；後者則用于工作載荷帶有陡震和衝擊的聯接（例如蒸汽機、大型內燃機、壓力機、鍛錘、往復式

和地基的聯接等），以及使機器傾覆的力矩很大的聯接（例如定柱式旋轉起重機）。

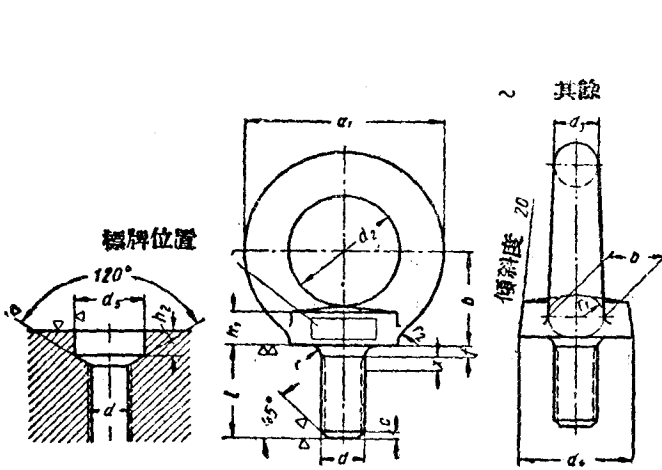


圖 20

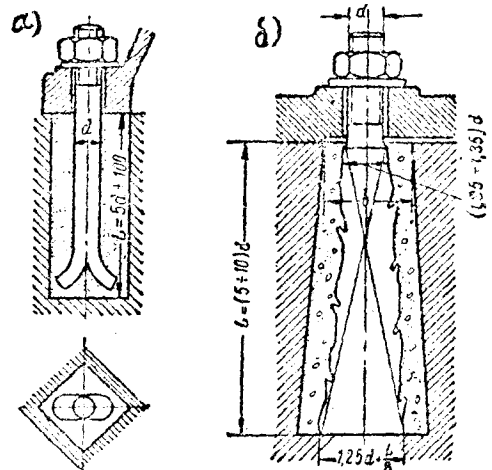


圖 21

圖 20 的地腳螺釘在地基中的部分是用水泥、石頭、石膏等灌到地基的坑中來固定的，圖 21 的地腳螺釘則通過圓形、方形或其他形狀的鑄鐵板固定在地基的坑中。除了上述的固定方法以外，還有很多其他的構造形式。

地腳螺釘是非標準零件。

上述各種螺釘類型的構造形式非常之多，現在以一普通螺釘（圖 14）為例，來簡單說明螺釘各部分的構造。

螺釘的頭部一般是六角形，高度約為 $0.7d$ ， d 為螺釘直徑。這個高度是根據理論計算和使用經驗規定的，在個別情況下可以按釘頭的彎曲和剪切來驗算。

釘頭和釘桿相交的地方，應該有適當的圓角，以減輕應力集中。它的外露端面邊緣作出 30° 的圓邊，這樣可以去掉尖角，以免在使用時把人碰傷。釘頭的支承面和釘桿所成 90° 的角度應該保證在一定的公差範圍內，以減小由于釘頭偏斜而在螺釘中產生的附加彎曲應力（參看本章第 4 節中受偏心載荷的螺釘聯接）。

除了六角形外，螺釘頭部還可以作成方形、圓形、長方形、鉤頭以及其他形狀，方形釘頭用于構造比較粗糙和簡單的聯接。圓形釘頭須帶有凸出部分（圖 23），以便在擰螺母時螺釘不致跟着旋轉；如果零件運動時可能鉤住人的衣服，就可以用這種形式的螺釘。長方形釘頭（圖 24）用于不能從一頭安裝螺釘和螺母的場合；這時，先把螺釘的長方形頭部從另一頭穿進長方形螺釘孔中，再把釘桿轉 90° ，然後把螺母擰緊。鉤頭螺釘用于受構造限制而不能用普通頭部的螺釘聯接的地方，如圖 55 所示。

螺釘的末端可作成平面（圖 25a）、截錐（圖 25b）、球面（圖 25c）和圓柱（圖 25d）等形式。平面末端在使用時容易碰壞端部的螺紋，應用較少。截錐末端沒有這個缺點，而且制

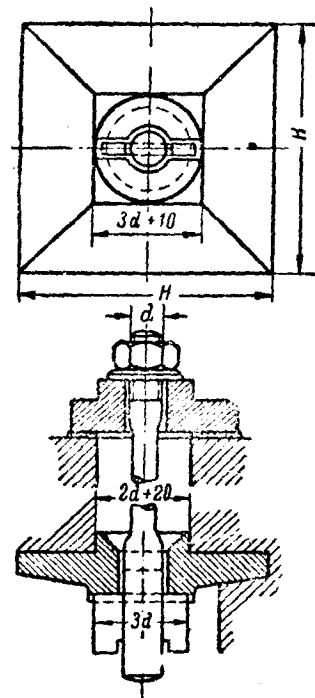


圖 22

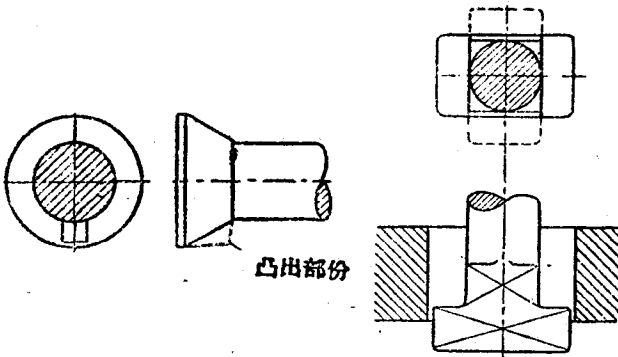


圖 23

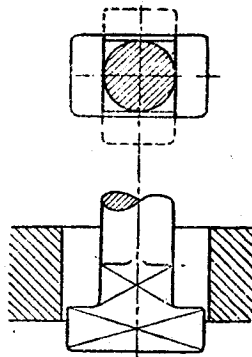


圖 24

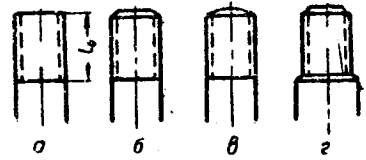


圖 25

造也方便，所以應用較廣。球面末端也有保護端部螺紋的作用。圓柱形末端常用于精密配合螺釘，其作用就在于由孔中擊出螺釘時可以避免螺紋的毀壞（參看圖 146 及圖 44B）。

因為在切削螺紋時刀具退刀的關係，在螺釘上螺紋終止的地方總有一些深度較淺的螺紋。這一段退刀部分 X 在標準中有所規定（圖 26a）。退刀部分也可以用環形退刀槽來代替，如圖 26b 所示。槽的寬度 f 在標準中也有規定。

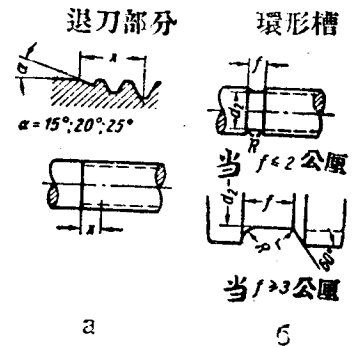


圖 26

全吊環螺釘聯接的構造來說，因為螺釘上螺紋退刀部分深度較淺，而釘孔中螺紋則深淺一律，所以螺釘不能擰進到螺紋的終止處，否則發生干涉，會把螺紋擠壞。為了把螺釘擰緊，通常利用擴大釘孔上部的辦法（參看圖 20 中釘孔的構造）。此外，採用退刀槽也可以消除上述的干涉現象。

4. 螺母、墊圈和防鬆裝置

（一）螺母 螺釘聯接所用的螺母有各種不同的形狀，不過用得最多的是六角形（圖 27）方形的比較少用，而圓柱形的（圖 28）則只在特殊情況下採用，（例如用來把滾動軸承的內座圈固定在軸上）。

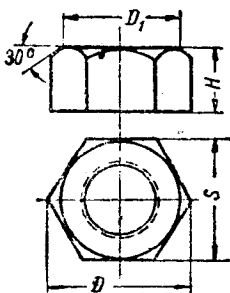


圖 27

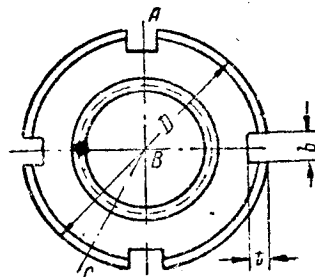
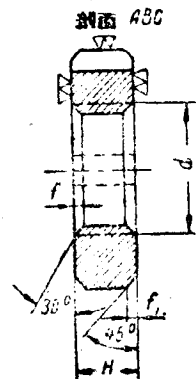


圖 28



螺母分粗制、半光制和光制三種，分別用于粗制，半光制和光制螺釘。粗制和半光制螺母通常是用 Ст.2 或 Ст.3 冷衝或熱衝而成的；粗制螺母的端面和側面都不予加工，半光制螺母的支承面則予以加工。光制螺母通常用光拉六角形鋼料車削加工其端面而成。

圖 26 所示螺母的正常高度為 $H=0.8d$ ，式中， d 為螺釘直徑。加高的螺母的高度 $H=(1.2\sim 1.6)d$ ，多用于時常裝拆的場合；減低的螺母的高度 $H=0.6d$ ，多用于空間受限制的地方。上述螺母的高度是根據理論計算和使用經驗規定的，在個別情況下可以按螺紋的承壓、彎曲和剪切來驗算（參看本章第 10 節螺旋千斤頂螺母的計算）。

由于螺母和螺釘兩者變形的大小和性質不同（螺釘多受拉力而螺母多受壓力），以及制造上的螺距誤差，軸向載荷在螺母和螺釘各螺紋牙間不是均勻分佈的。蘇聯偉大的科學家茹可夫斯基（Н.Е. Жуковский）教授在 1902 年首先解釋了這個現象。他所作的實驗指出：螺母的軸向載荷以第一圈螺紋牙擔負的為最多，在一個有十圈螺紋牙的螺母中，達 34%（實際上螺釘聯接的毀壞也以在這里最為常見）；以後各圈的載荷則逐漸減少，到第十圈只擔負載荷的 1% 左右。所以螺母過高並不能提高它的載荷能力。

對於受變載荷的螺釘聯接來說，載荷在螺紋間分佈不均的現象會降低聯接的強度。為了使載荷分佈得比較均勻，可以採用各種特殊的螺母構造，不過由于制造比較困難，特殊構造螺母的應用並不普遍。

（二）墊圈 墊圈是放在螺母和被聯接零件之間的零件，它的用途是：保護被聯接零件的表面，增加螺母與被聯接零件的接觸面積，以及遮蓋被聯接零件的不平表面等。

墊圈常用的材料是 Ст.0~Ст.4。分粗制（圖 29a）和光制（圖 29б）兩種。前者用條鋼或鋼片衝制，表面不予加工。後者用標準尺寸鋼料車削加工制成，而且帶有倒角。

圖 29b 的斜墊圈用于支承面為傾斜的場合，如圖 30 所示。

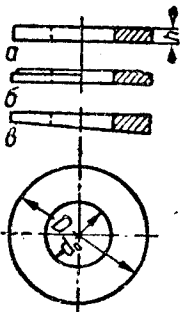


圖 29

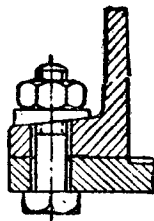


圖 30

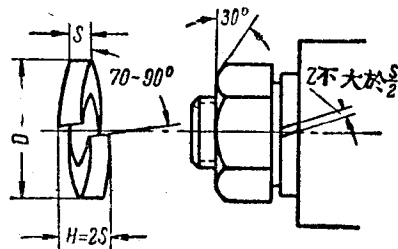


圖 31

（三）防松裝置 在靜載荷的作用下，如果不是零件發生了毀壞或永久變形，螺釘聯接的自動松脫是很少可能的；因為聯接用螺紋的導角總是小于相應的摩擦角（即滿足自鎖條件），同時，螺母或螺絲的支承面上的摩擦力也有助于防止它們自動松脫。

但是，在變載荷或連續的衝擊和振動載荷之下，一切螺紋通常都會失去自鎖作用。不但螺母很容易自動松脫，而且雙頭螺釘和螺絲也同樣地會自己松出來。這樣，很容易引起機器中個別組合作甚至整個機器發生嚴重的毀壞。因此，在設計任何一種螺釘聯接時，除了正確地選用螺紋（例如在變載荷時採用細牙螺紋）外，還需要採用特殊的防松裝置來防止發生自動松脫的事故。

防松裝置的構造形式很多，大致可分為靠摩擦力和用機械方法的兩大類。現在把幾種常用的，比較有效的防松裝置作一簡單的介紹。

(1) 靠摩擦力的：

1. 彈簧墊圈——這種墊圈通常是用 65r 鋼料作成的，經過淬火，它的上面開有一個斜口（圖 31）。把螺母擰緊後，墊圈受壓，產生很大的彈性變形；因此它就要恢復原狀，而使螺母略為偏轉，因之，在螺母和螺釘螺紋牙間產生了相當的作用力，這作用力不論有無外載荷都是存在的。由于這個作用力而產生的摩擦力就會防止螺母自動松脫。此外，當螺母自動松脫時，斜口的尖端刮着它的支承面，也有防松的作用。（所以在使用這種墊圈時，要注意斜口的正確位置，否則即降低了防松能力，又不容易把螺母擰緊）。

彈簧墊圈的缺點是可能把螺母的支承面刮出凹痕，和由于偏轉作用使螺釘中產生附加的彎曲應力（參看本章第 6 節中受偏心載荷的螺釘聯接）。不過因為它的構造簡單，在普通機器上還是比較常用的。

2. 副螺母——這是用兩個螺母的防松裝置。從圖 326 中兩個螺母擰緊後和螺釘螺紋牙間的接觸情況可以看出：由于主副螺母的螺紋牙分別以下邊和上邊與螺釘的螺紋牙相接觸，所以螺釘上的軸向載荷全部傳到上面副螺母上；同時下面主螺母的螺紋牙對於螺釘的螺紋牙產生

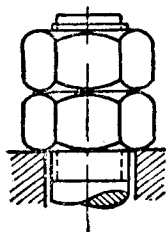


圖 32a

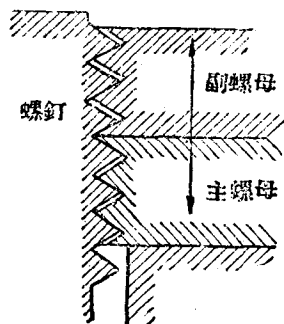


圖 326

了自上而下的壓力，這就使螺釘受到和軸向載荷方向相同的拉力。因此，副螺母的螺紋除了承受螺釘上的全部軸向載荷以外，還承受有由主螺母傳來的附加載荷。這樣，由于主螺母對副螺母的作用，即使螺釘軸向載荷部分減小，或甚至完全去掉，螺母和螺釘啮合的那一部分仍存在着作用力和相應的摩擦力，因而可以防止螺母的自動松脫。

從理論上看，下面主螺母因為受力較小，所以它的高度可以比上面副螺母的低些；不過為了避免裝錯起見，仍以採用高度相等的兩個螺母為宜。

副螺母的防松裝置以前曾有一時期通用過，可是採用這種裝置時，螺釘上螺紋部分必須加長，而且每一螺釘要多用一個螺母，因此增加了聯

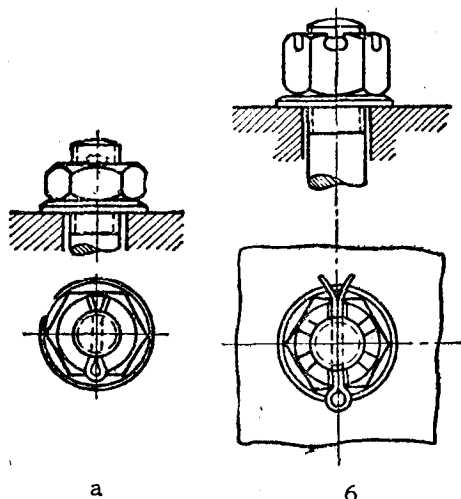


圖 33

接的尺寸和重量；此外，在現代高速機器上，它的作用不够可靠，所以現在它的應用已大為減少了。

(2) 用機械方法的：

1. **開口銷** 開口銷是用鋼絲制成的標準零件。把開口銷插入螺母外面的釘桿尾部的銷孔中，再把銷的尾部分開，就把螺母鎖住了（圖 33a）。為了便于插入銷孔和便于分開，銷的尾部通常作成長短不等的構造。

採用上述方法時，有時不可能把螺母鎖緊。為了消除這個缺點，種採用冕形螺母（圖 33b）。這種螺母在它的上部開有若干小槽，釘桿的尾部也開有銷孔。把螺母擰緊後，螺母的小槽可能有一個對准了釘桿上的銷孔，插入開口銷後就把螺母鎖緊了。

2. **帶翅墊圈**——這種墊圈用 CT.1 制成，它的構造如圖 34 所示。它可用于四周開有小槽的圓柱形螺母。螺釘端部沿軸向銑出一縱槽，墊圈的內翅伸入這個縱槽中。擰緊螺母後，墊圈的一個外翅彎入螺母的一個槽中，就把螺母直接鎖住。

3. **止動墊片**——這種墊片用 CT.0~CT.3 制成，它的構造如圖 35 所示。擰緊螺母後，用錘把墊片的一邊向上敲彎，和螺母的一邊貼緊；另外一邊向下敲彎，和被聯接零件的一邊貼緊，這樣就直接鎖住了螺母。這種防松裝置可以在任意的螺母擰緊後的位置把它鎖住，對於高速機器的短螺釘比較適用。

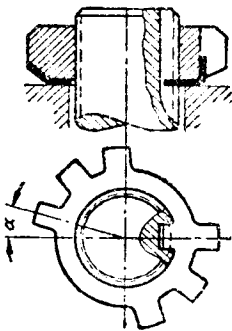


圖 34

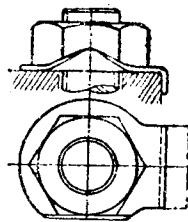


圖 35

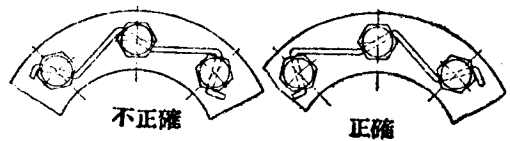


圖 36

4. **串聯鋼絲**——這種裝置是用鋼絲連續穿過一組螺釘頭部的小孔來把螺釘鎖住（圖 36）。它適用於佈置較密的成組螺釘聯接。使用這種裝置時，螺釘可能發生少許轉動。

5. 螺釘聯接中的應力狀況及其改善

螺釘聯接中，螺紋及釘頭部分，應力集中現象十分明顯。（圖 37）示螺釘、螺母，承受軸向拉力。圖中左方為一普通螺釘，應力分佈極不均勻，將螺釘中段減細後，上述情況得到改善。這對承受軸向變動載荷的螺釘聯接，尤具重要意義。

（圖 38）示承受軸向載荷的螺釘聯接中，沿螺釘軸向螺母上壓力的分佈狀況。幾乎有 34% 的載荷是由于下面第一圈螺紋承担了，此後各圈螺紋所承擔的載荷迅速減少。為了改善這一情況常用（圖 39）所示方法（即螺母底面具半圓形溝槽，如圖（39）中左半。或將螺母下端螺紋部分倒角，使其承壓面積減小，如（圖 39）中右半）。

由（圖 40）可見，採取上述措施後，螺母及螺釘中應力分佈趨于均勻。

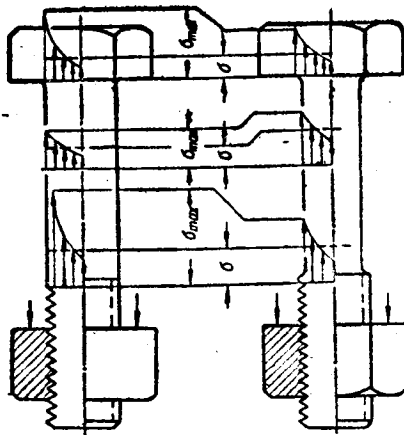


圖 37

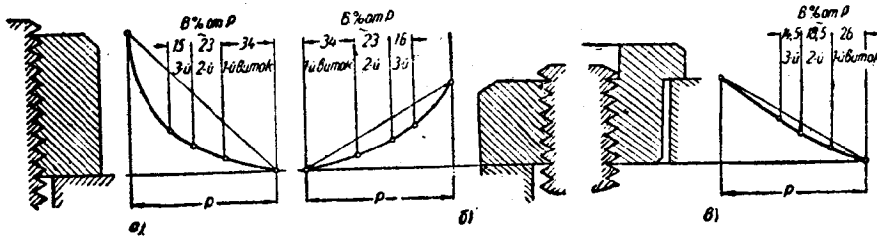


圖 38

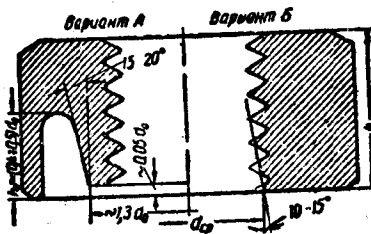


圖 39

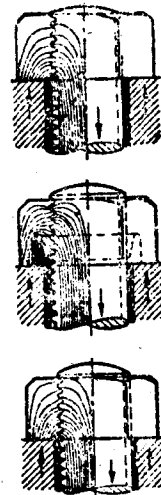


圖 40

6. 單個螺釘的計算

根據聯接中螺釘的數目，螺釘聯接可分為單個的和成組的兩種。根據在承受工作載荷前螺釘中有沒有受力，螺釘聯接又可分為：1) 松螺釘聯接：在安裝時，不必把螺母擰緊，所以只

是在承受工作載荷時，螺釘中才受到力的作用。這種聯接的應用非常有限；2) 緊螺釘聯接：在安裝時，要用扳手把螺母擰緊，所以在承受工作載荷之前，螺釘中就產生了很大的預加鎖緊力。這種聯接的應用非常廣泛，在機械製造各部門中，大多數的螺釘聯接都是屬於這一類型。

在本節中，將依次討論松螺釘聯接和各種緊螺釘聯接中單個螺釘的計算，而在下一節中則將介紹有關螺釘組聯接的計算。不過應該指出，實際上螺釘大多是成組使用的。在計算螺釘組聯接時，通常可先規定螺釘的數目和佈置，再根據聯接的工作載荷來找出受力最大的螺釘，然後按本節所述的方法，計算這個螺釘的直徑。至于其他受力較小的螺釘，為了使用方便和安全起見，一般也都採用和受力最大的螺釘同樣的尺寸。因此，在本節所提到的計算中，有些實際是就成組螺釘中的一個來分析的，並且在分析時假定其工作載荷為已知。至于求工作載荷的方法，則在下一節中介紹一些概念。

螺釘聯接一般是受拉力的（沿螺釘軸向受力）。單個螺釘的計算主要是根據聯接的構造特點，材料性質和它的受力情況等，來求螺釘危險斷面的尺寸，即螺紋部分的內徑 d_1 ； d_1 決定後，就可以根據標準選出具有與所求得的 d_1 數值相近的內徑的螺釘。這個螺釘的所有尺寸，螺母、墊圈以及鎖緊裝置等等都可以根據螺釘的直徑 d 從標準中選定。

（一）松螺釘聯接 起重吊鉤尾部的螺釘聯接是這種聯接的典型例子（圖 41）因為螺釘只是在工作時受拉應力，它的強度條件可寫為：

$$\frac{Q}{\frac{\pi d_1^2}{4}} \leq [\sigma]_p, \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中， Q 為螺釘的軸向工作載荷； d_1 為螺釘螺紋部分的內徑； $[\sigma]_p$ 為螺釘的許用拉應力。

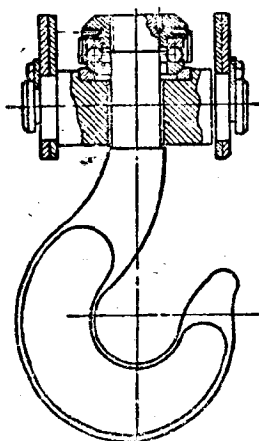


圖 41



圖 42

（二）緊螺釘聯接 這種聯接的特點之一就是在聯接承受工作載荷之前，由于用扳手擰緊螺母的關係，螺釘就受到了很大的預加鎖緊力 Q_s 。通常這個力的大小是靠工人經驗來保證的，只在重要的場合才用測力扳手（圖 42）。

由于 Q_s 的存在，螺釘就要產生拉伸變形和相應的拉應力。此外，在擰緊螺母而使螺釘中拉力達到 Q_s 的同時，在螺釘和螺母相啮合的螺紋牙上還作用有螺紋力矩，其大小為

$$M_p = Q_s \operatorname{tg}(\alpha + \rho') \frac{d_{cp}}{2},$$