

设计师丛书

仪器制造中
减速器的设计

利雅布楚克著

1131

机械工业出版社

設計師小叢書

儀器制造中減速器的設計

利雅布楚克著

汝之功譯



机械工业出版社

1958

出版者的話

本書为全苏机械科学技术工程学会基輔分会所編設計師小丛书之一。

本書介紹設計小模数齒輪啮合的儀器減速器零件（如箱壳、支承、傳動件及聯軸器等）方面的資料。

本書可供在儀器制造厂工作的技術設計師及初級設計師參考之用。

本書承林世裕、王受升同志校閱。

苏联 Г. П. Рибчук 著 ‘Конструирование редукторов в приборостроении’ (Машгиз 1956 年第一版)

* * *

NO. 2058

1958 年 9 月第一版 1958 年 9 月第一版第一次印刷

787×1092 1/32 字數 67 千字 印張 3³/₁₆ 0,001 - 5,000 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 新华书店發行

北京市書刊出版業營業

許可証出字第 003 号

統一書号 15033·1252

定價 (10) 0.50 元

目 次

序言	4
箱壳	5
可拆式箱壳	6
不可拆式箱壳的联接	13
軸的支承	16
滑动轴承的材料	17
圆柱形支承	22
頂尖支承	30
滾珠轴承支承	36
密封装置	45
联軸器	51
固定式联轴节	51
可移式联轴节	52
离合器	58
安全离合器	63
定向离合器 (活轉离合器)	65
小模数齿輪傳动	67
材料的選擇	67
直齿圆柱齿輪	70
蜗輪傳动	80
圓錐齿輪	82
离合器的移动装置	84
作用原理。結構举例	84
減速器	93
結構的選擇	93

序 言

由于各科学部門的發展、生产的增長、新的工艺方法以及生产过程的自动化，要求广泛地創造各种各样的量具及供科学研究用的特殊設備。現在不仅工厂及狹小部門的設计机构在从事于仪器及精密机构的研究及設计問題，而且很多科学研究所、設计局、工厂的實驗室也在独立地进行研究及創造各种各样的仪器、設備及其他精密机构。

本書研討小模数齿輪嚙合減速器零件（箱壳、支承、傳动、联軸器等）設计的基本原理，这种減速器是用在各种試驗設備及仪器上，并且它是在材料、設備及費用最少的情況下制成的。

箱 壳

減速器箱壳是減速器的主要部分。減速器工作的精度及可靠性在很大程度上是決定于箱壳結構的正確選擇及制造。

箱壳是用來固定旋轉零件的支承，保證零件相互位置的必要精度，防止灰塵、水分及外界物質等侵入其中。在箱壳上固定有操縱減速器的零件，如：移動叉、停止器、刻度盤、指針、支架、卡板及其他零件。

根據結構箱壳可分為可拆式箱壳及不可拆式箱壳。可拆式箱壳是由幾個單個的零件組成，在安裝時利用固定零件（螺釘、螺絲、螺帽、銷釘等）把它們裝配成爲一個整體。不可拆式箱壳有金屬鑄造的、有由塑料壓制的或制造的，以及有利用電焊或氣焊、釺焊、鉚接、滾脹、壓入、彎折、膠合等方法由幾個單個的零件組成的。

從表面加工的工藝性、結構的緊湊性及外形來比較時，一定偏重於採用不可拆式箱壳的結構（尤其是鑄造的結構及由塑料壓制的結構）。

但是在單件生產中，由於鑄造箱壳及壓制箱壳的制造複雜且價格較貴，因而採用可拆式箱壳的結構是比較恰當的。可拆式箱壳在任何生產部門中或在有車床、刨床、銑床及平面磨床等設備的車間里都可以制造。

可拆式箱壳

从所承受的载荷来说，組成减速器外壳的零件（箱壁、底座、盖、支架、卡板、角鋼、扁鋼、垫片等）是属于不重要的零件。因此設計这些零件时可采用下列的材料：列于ГОСТ 380-52的Ст. 0、Ст. 1、Ст. 2、Ст. 3号普通碳素鋼；列于ГОСТ 1019-47的ЛП2、ЛС 59-1号黃銅；列于ГОСТ 3549-47的A2、A3号鋁，以及硬鋁、夹布胶木、夹紙胶木和有机玻璃。

可拆式箱壳的結構应当滿足下列条件：

1. 在多次装配及拆卸的情况下，零件不应当有任何損坏（只有固定零件的損坏是允許的，如像：螺絲头上切槽的損坏；螺釘头断掉等）。

2. 在各种不同的使用条件下（振动、陡震等）以及在装减速器时应当保持各零件联接的精度。

在設計零件时，选择能保證必要的剛度及强度的截面及形状来保證零件的耐久性（寿命）。用固定零件（定位銷、双头螺釘、卡板、鍵等）或用定位装置（保證联接件之間在一定位置的方向及固定）来保持零件間的相互位置及联接的精度。

圖 1 所示为組成减速器箱壳的几个單个零件联接的結構型式举例。外壳由四个壁、一个底座及一个盖組合而成（圖 1 a），而且箱壁厚度 $s \geq 5$ 公厘。为了保持箱壁与箱座的垂直度，在零件联接的地方必須按 6 級或 7 級光潔度（ $\nabla\nabla 6 \sim \nabla\nabla 7$ ）加工。箱座上的肩台是用来固定被联接零件的。固定箱壁与箱座用的螺絲建議选用圓柱头螺絲（ГОСТ В1474-

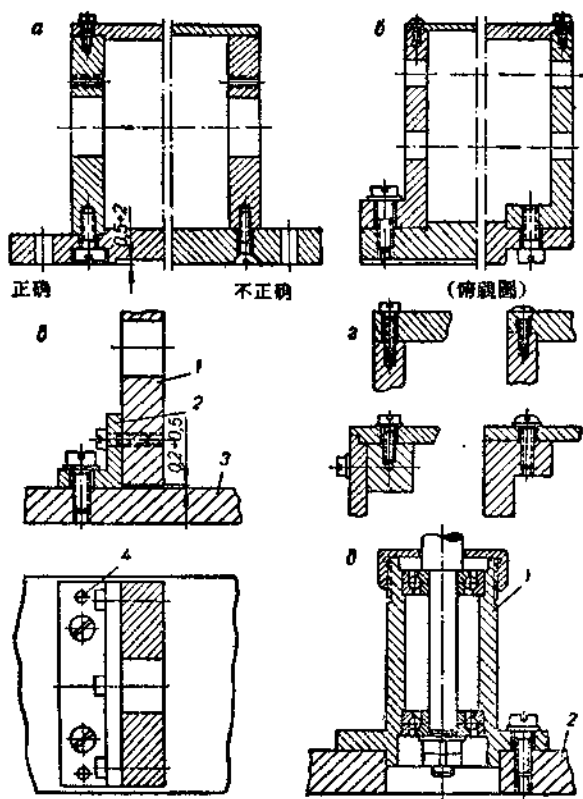


圖1 組成減速器箱殼的零件联接举例:

a、*b*、*c* 及 *d*—箱壁联接的各种型式;

c—具有定位肩台的凸緣联接。

42)●。这种螺絲用螺絲起子旋紧时可保証最大的鎖紧力而不致破坏螺絲头及头上的切槽。

如果螺絲头置于箱壁的外表面上时，可用其他型式的螺

● 原文为 ГОСТ 1474-42。——譯者注

絲（例如：半圓頭螺絲—ГОСТ B1472-42半埋頭螺絲—ГОСТ B1475-42；埋頭螺絲ГОСТ B1473-42）來代替這種螺絲，這只是作為在使用時防止創傷（如割破手等）的一種辦法，或者是用於當安裝圓柱頭螺絲會使得箱殼外貌不美觀的情況下。圓柱頭螺絲的鎖緊力與六角頭螺絲相同。對於在使用過程中必須常常撐松的螺絲（圓柱頭、六角頭及半圓頭的螺絲），在結構上必須規定在螺絲頭的下面裝置墊圈。墊圈（普通墊圈、彈簧墊圈、鎖緊墊圈等）可防止零件表面與螺絲頭接觸地方的損傷（復面層損壞、油漆擦壞）以及用來防止螺絲聯接的自動鬆動。

在固定有色金屬及合金制的零件時，常採用大頭螺絲——圓柱頭螺絲及球形頭螺絲。這種螺絲可以不用墊圈。比標準尺寸有所增大的螺絲頭可防止零件表面的擦傷並防止零件間的相互移動。這種螺絲頭的直徑 $D \approx 3.5d$ ，這裡 d 為螺絲的直徑。

在箱座的下表面或有較大聯接表面的任何其他的一種零件（例如：支架、支柱、凸緣等）應當去掉深為0.5~2公厘的材料，以縮小需要比較精確加工的表面，並且由於兩接合表面的直綫度誤差減小而保證聯接零件得以較好地接觸。

圖1a 右部所示箱殼零件的聯接是不正確的：在下表面及與殼壁聯接處的材料沒有去掉。此外，它是利用埋頭螺絲（ГОСТ B1473-42）來固定殼壁的；利用這種固定方法會破壞箱壁對箱座的垂直度。

箱殼（在兩種結構型式中）是由一個箱座，四個箱壁（為了使箱壁與箱座聯接得更堅固些，其中兩個箱壁具有較大的支承面）及一個箱蓋組成的（圖1b）。其上安裝滾動軸承

或滑动轴承的箱壁在箱座上的位置是用高度 $h \geq 1$ 公厘的肩台来定位的。

由铝或夹布胶木制成的箱壁 1 (支柱), 是用角钢或黄铜制的角料 2 固定在箱座 3 上 (圖 1 a)。在箱壁与箱座之間留有 0.2~0.5 公厘的間隙。箱壁与角钢在箱座上的位置是用两个圆柱形定位销 4 来定位的。

箱壳側壁之間的各种联接型式 (俯視圖) 如圖 1 b 所示。

圖 1 b 所示的箱壳 1, 其中安装有滾珠軸承上旋轉的減速器軸, 这个箱壳是利用凸緣与箱座联接在一起。箱壳 1 所需要的方向亦即其相对于孔的軸綫 $O-O_1$ 的中心位置, 是用凸緣上的凸台来保証的, 这个凸台是插入到箱座 2 的孔中。凸緣凸台的直徑及箱座上的孔徑通常是按照 2 級或 3 級精度的滑合座加工。

圖 2 所示为箱座式箱壁与圆柱形零件联接的举例。

零件 2 定位部分的长度应当小于或等于零件 1 的厚度 (圖 2 a)。当零件 2 与零件 1 在装置得一样平的情况下, 应当只有一个配合表面 A (圖 2 b 及 c)。

圖 2 b 所示两零件之間有两个配合表面 A 及 B, 因为第二个配合表面 B 是多余的, 因此会使零件的加工工艺过于复杂化。在同样的情况下, 零件之間規定有 0.1~0.2 公厘的間隙 (圖 2 b 及 c)。

固定螺絲的選擇 在仪器減速器中安裝的螺絲、螺釘及双头螺釘不必进行强度計算。

根据工作的条件当固定零件承受到可能使零件破坏 (螺紋剪断、双头螺釘或螺絲的拉断等) 的載荷作用时, 必須从螺絲抗拉 (在螺紋內徑上) 及螺紋抗剪 (在旋入深度上) 强

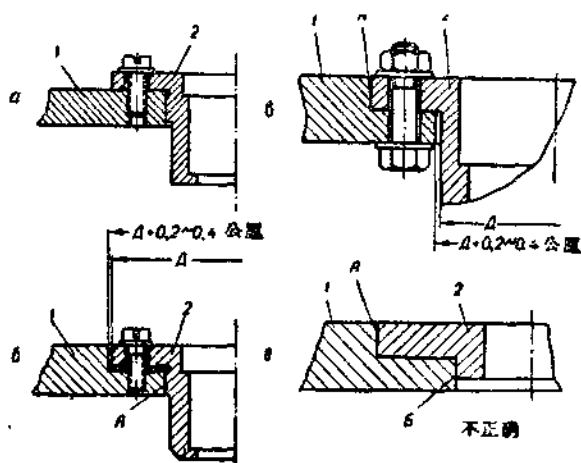


圖 2 具有定位表面的零件的凸緣联接結構：
a、b及c—正确的联接；c—不正确的联接。

度相等的条件来核驗截面积，同时要考虑到在联接中由强度最低的材料所制零件的强度。

不应当毫无根据地增加部件中固定零件的数量，因为结构的可靠性并不因此而有所增加，而只是使得零件的制造以及机构的装拆复杂化。

圖 3 表示固定不同的零件时，螺絲的配置举例。

指針（圖 3 a）是用一个螺絲固定在箱座上。

根据强度条件用一个螺絲来固定是完全足够的。但是为了防止零件的轉动，指針需有附加的固定，这种附加的固定是用使指針底部具有必要的形状来达到的。

圓形或長方形箱盖可用一个螺絲来固定（圖 3 b），但必須要用一个定位銷来防止轉动。

套筒、滑动軸承、箱盖的凸緣以及为了固定滾珠軸承及

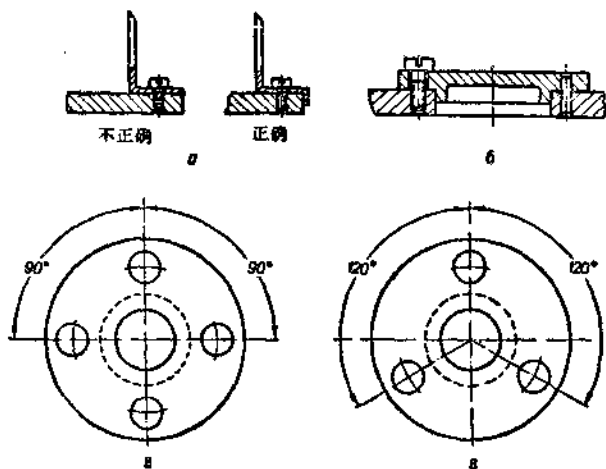


圖 3 当固定不同的零件时，螺絲的配置举例：
 a —指针的固定； b —箱盖的固定； c 及 d —凸緣的固定。

承受作用載荷不大的其他零件的箱壳的凸緣，用三个螺絲或螺釘完全可以牢靠地固定住，这三个螺絲或螺釘是分布在一个圓周上并相隔 120° (圖 3 d)。只有在凸緣与箱壳間裝有止油墊片时，才用較多的螺絲 (4~6 个) 来固定凸緣(圖 3 b)。

应当避免在一个圓周上用五个或七个螺絲来固定凸緣或箱盖，这是因为这些螺絲孔的划綫比較困难。

当編制螺絲 (螺釘) 的明細表时，必須注意正确地选择螺絲的長度。如果螺絲的旋入深度 H 相当于四个螺距 (四圈螺紋)，則用螺絲 $M4$ 来固定零件 a 与鋼制零件 b 是完全足够的。(圖 4)。增加螺絲的旋入深度 H 是不适当的，因为后面的几圈

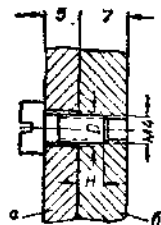
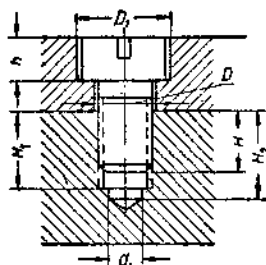


圖 4 螺絲联接。

(例如第五圈、第六圈等) 螺紋在联接中并不起什么作用。实际上当把螺絲旋入鋼制的、青銅制的及黃銅制的零件时，其旋入深度 H 是取等于螺絲的直徑，而当旋入由輕合金及塑料制成的零件时，則取等于螺絲直徑的1.5倍(表1)。

表1 螺絲联接的尺寸

(根据ГОСТ В1474-42)



裝配	螺紋直徑	M1.7	M2	M2.6	M3	M4	M5	M6	M8	
	D_1	3.5	4	5.5	6	7.5	9	11	14	
	h	1.5	1.7	2.1	2.4	3.2	4	4.5	5.5	
一級精裝配: 高精度的联接	D	1.9	2.2	2.8	3.2	4.2	5.3	6.3	8.3	
二級精裝配: 普通精度的螺絲紋联接(各种型式的螺絲)	D	2	2.4	3.15	3.5	4.5	5.5	6.5	8.5	
一級粗裝配: 粗裝配的螺絲联接(各种型式的螺釘及螺絲)	D	—	—	—	—	5	6	7	9	
螺紋孔	d_1	1.35	1.6	2.15	2.5	3.3	4.1	4.9	6.6	
鋼、青銅及黃銅	旋入深度	H	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8
	攻絲深度(急深度)	H_1	3	3.5	4	4.5	5.5	6.5	8	10.5
	鑽孔深度	H_2	4.5	5	6	6.5	8	10	12	16
輕合金及塑料	旋入深度	//	3	4	4.5	5	6	8	9	12
	攻絲深度(急深度)	H_1	4	5	5.5	6	7.5	9.5	11	14.5
	鑽孔深度	H_2	5.5	6.5	7.5	8	10	13	15	20

在确定了旋入深度以后，根据国家标准(或根据工厂所

采用的规范) 来选取螺絲的尺寸 l , 最好取最接近的較大值。在这一例中 $H = 4$ 公厘; 螺絲应有 9 公厘的長度。根据国家标准, 最接近的尺寸是 8 公厘及 10 公厘, 因此所选的螺絲是 $M4 \times 10$; ГОСТ B1474-42。

当設計減速器零件时, 必須使不同型式、不同直徑及不同長度的螺絲尽量少, 也就是說, 在結構中的固定螺絲需要划一。这样可使制造簡化和儀器的裝配加快。

在設計零件螺絲联接时, 必須按照表 1 中所列的数据选取。

应当指出, 貫穿孔的直徑 D 并不是都一样的, 而是决定于部件或儀器是以什么样的精度来裝配的。

当为粗裝配时, 孔徑与螺絲直徑之差 ($D - d$) 为 1 公厘。当为二級精裝配时 (通常用于儀器減速器中) $D - d = 0.3 \sim 0.5$ 公厘。当为一級精裝配时, $D - d = 0.2 \sim 0.3$ 公厘。

不可拆式箱壳的联接

焊接 为了获得不可拆联接在儀器制造中广泛地采用焊接来联接零件 (电阻焊、电弧焊、气焊)。焊接箱壳、支架以及其他精密机构零件的制造工艺过程是按这样的步骤进行的: 零件的毛坯 (部分机械加工的)、組合焊接、热处理 (退火、时效处理) 及最后的机械加工。

在这样的零件制造过程中其配合表面 (对中槽、凸緣的定位肩台、滾珠軸承的配合处等) 在焊接以前应进行粗加工。在焊接以后只对它們进行成組地精鏜。

在繪制焊接零件的工作圖时, 設計師必須考慮到在焊接

以后精加工的尺寸余量。減速器箱壳零件（箱壁、角鋼、支架等）的邊緣在焊接以前应当根据所焊金屬的厚度以及联接的型式进行适当的加工（ГОСТ 5264-50）。

在制造箱壳的总工艺过程中也包括热处理（时效处理）。为了使金屬組織的变化加速完成并使制品的尺寸稳定起見，外形复杂的焊接零件必須有时效处理的过程。

釐焊接 釐焊接是在被加热的金屬零件間的間隙中加入熔融的易熔合金——焊鐵，在冷却和凝固以后它将被联接部分固結起来。由于在作釐焊接时比在作其他焊接时加热較少，被联接零件的金屬几乎完全沒有改变它的性質并且扭曲較小。

釐焊接可以用軟焊鐵——錫鉛焊鐵（如列于ГОСТ 1499-54的 ПОС 18、ПОС 30、ПОС 40）、硬焊鐵——銅鋅焊鐵（如列于ГОСТ 1534-42的 ПМЦ 36、ПМЦ 48、ПМЦ 54）及銀焊鐵（如列于ОСТ 2982的 ПСр 10、ПСр 12、ПСр 25）来进行。

ПОС 18的焊鐵用于低碳鋼制的及黃銅制的零件（箱盖、罩、指針等）的釐焊接，这些零件在工作过程中不承受任何載荷。

ПОС 30号焊鐵用于銅及黃銅导电零件的鍍錫及釐焊接。

ПОС 40号焊鐵用于电气仪器制造中。重要联接的釐焊接，以及承受載荷不大的零件的釐焊接。

ПМЦ 36号焊鐵用于含銅量在68%以下的黃銅（如Л59、ЛС59-1）的釐焊接及青銅的精細的釐焊接；ПМЦ 48号焊鐵用于含銅量超过68%的黃銅的釐焊接；ПМЦ 54号焊鐵用于由紫銅、黃銅、青銅、低碳鋼及德國銀制的零件的釐焊接。

在結構中銀焊鐵应当只用于特殊的情況下，即當焊縫強度需要很高、焊接需要很光潔以及聯接的抗腐蝕性要求較高的情況下。

軟焊鐵的熔點在 300° 以下，抗拉強度極限 σ_{bp} 在 6 公斤/公厘² 以下，布氏硬度 H_B 在 16 以下。硬焊鐵的熔點高于 500° ， σ_{bp} 在 50 公斤/公厘² 以下， H_B 在 130 以下。

對於對接縫不推薦採用軟焊鐵，因為這種焊縫的強度低。為了增加強度必須沿着儘可能大的面積上進行鉗焊接或者用螺絲作附加的固定。應用硬焊鐵可增加聯接的強度，這就允許以鉗焊接聯接起來的零件進行附加的機械加工（如滾珠軸承配合處的鏜制，凸緣的平面加工等）。鉗焊聯接的強度在很大程度上是與兩零件間間隙的正確選擇有關；因此必須力求聯接中的間隙為最小（0.05~0.15 公厘）。當間隙很小時由於毛細管現象以及在重力的影響下熔融的焊鐵可較深地滲透到母體金屬中，形成較強的焊縫。

圖 5 表示一由一塊鋼板制成的支架結構（材料的厚度 δ 小於 8 公厘）。在預先加工好的零件上，沿 $O-O$ 綫用銑刀銑

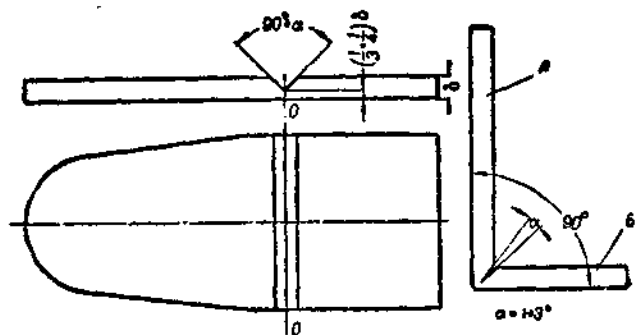


圖 5 用板料制成的支架。

一槽，然后将鋼板向有槽的一面折弯并且用硬焊鐵焊接。焊好后，折弯的平面 A 对底面 B 的垂直度可以在刨床、銑床或平面磨床上来完成。

軸的支承

在仪器減速器的結構中为了支持軸、銷、軸頸及其他零件轉动起見，安装装有滑动軸承或滚动軸承的支承（表 2）

表 2 支承的型式及其在結構中的应用

支 承	摩擦形式	摩擦系数		应 用
		无潤滑剂	有潤滑剂	
圆柱形支承	滑动摩擦	0.14~0.35	0.02~0.15	減速器中水平安置的軸及銷。
圓錐形支承	滑动摩擦			間隙可以調整的水平安置的軸，這間隙是由于支承零件的磨損而产生的。精密仪器及減速器的垂直軸。
頂尖的支承	滑动摩擦			精密仪器的軸，它們在外廓尺寸很小的減速器中承受載荷小而轉速低。
球形支承	滑动摩擦			杠杆及銷的支承，鉸鏈联接。
刀刃支承	滚动摩擦	0.0005~0.005		用在特別精密的測量仪器中。
滚动軸承支承	滚动摩擦			仪器減速器及精密机构中高轉速的軸、銷及其他零件。

为了克服支承中的摩擦，需要額外消耗电动机的功率，致使整个仪器或部件的重量及外廓尺寸增大，在很多情況下这是我們所不希望的。因此在設計机构的重要部件时，支承