

小型陀螺馬達 制造工艺

[苏联] C. A. 饒尔达克著



國防工業出版社

小型陀螺马达制造工艺

〔苏联〕C. A. 饒尔达克著

孙治邦译

周士炎、肖之中校



国防工业出版社

1965

內 容 簡 介

本书主要阐述作为任何陀螺仪主要元件之一的陀螺马达的零件和组件的制造工艺以及马达的装配与试验问题。着重研究小型电动陀螺马达的制造工艺。此外，本书还介绍了能保证高制造精度的夹具。

本书内容是按实际生产陀螺马达时零件和组件的加工与装配的先后次序编排的。

本书适合于仪表制造专业的工程技术人员阅读，也可供高等工业院校及中等技术学校有关专业的师生参考。

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ
ГИРОМОТОРОВ

С.А. Жолдак
СУДПРОМГИЗ 1961

小型陀螺马达制造工艺

孙治邦 译
周士炎、肖之中 校

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
国防工业出版社印刷厂印装

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张 8 $\frac{7}{16}$ 214 千字

1965年4月第一版 1965年4月第一次印刷 印数：0,001—3,900册

统一书号：15034·853 定价：(科七) 1.40元

目 录

前言	3
----------	---

第一章 陀螺馬达的結構

§1 陀螺仪及其进动	9
§2 陀螺馬达的主要結構形式	11

第二章 陀螺馬达零件的鑄造

§3 概述	23
§4 壳体和端盖的压力鑄造	26
§5 压力鑄型的結構	28
§6 鑄件的缺陷及鑄型的使用	33
§7 轉子鼠籠的离心鑄造	34
§8 真空压力鑄造	40
§9 真空离心熔模鑄造	43
§10 鑄件的檢驗	45
§11 鑄件的稳定化回火 (时效)	49

第三章 陀螺馬达零件的机械加工

§12 概述	51
§13 工艺規程的編制	51
§14 工艺卡片的填写	53
§15 加工精度	53
§16 誤差产生的原因及其查明方法	55
§17 提高加工精度的主要方法	60
§18 被加工表面的粗糙度	60
§19 表面粗糙度的評定标准	62

§ 20	表面粗糙度对陀螺马达质量的影响	64
§ 21	获得必要的表面光度的方法	66
§ 22	加工后表面粗糙度的测量	68
§ 23	轉子的毛坯	71
§ 24	轉子的車削加工	72
§ 25	帶鼠籠的轉子的加工	78
§ 26	轉子軸頸的研磨	85
§ 27	壳体的机械加工	86
§ 28	壳体外側軸頸座孔的加工	90
§ 29	帶壳体的軸頸的加工	95
§ 30	端盖的机械加工	97
§ 31	軸承螺帽的制造	100
§ 32	轉子鉄芯和定子鉄芯的制造	101
§ 33	鉄芯的制造工艺	103
§ 34	鉄芯的机械加工	115

第四章 繞綫工作和防銹处理

§ 35	概述	117
§ 36	陀螺马达繞組材料	117
§ 37	定子鉄芯的絕緣	120
§ 38	定子繞組的模繞法	124
§ 39	定子繞組的手繞法	128
§ 40	定子繞組的机繞法	132
§ 41	定子繞組的浸漬	140
§ 42	用塑料压制代替浸漬	147
§ 43	防銹处理	149
§ 44	化学处理	150
§ 45	表面复漆	152
§ 46	在制造陀螺马达时的防銹措施	158

第五章 滾珠軸承的安裝和轉子的平衡

§ 47	概述	161
§ 48	滾珠軸承的包裝及包裝前的准备	161

§ 49	滾珠軸承的檢驗	163
§ 50	滾珠軸承振動的測量	168
§ 51	在裝好的陀螺馬達中對滾珠軸承的檢驗	171
§ 52	轉子平衡的實質和意義	173
§ 53	靜平衡	174
§ 54	動平衡	175
§ 55	動平衡的方法	177
§ 56	動平衡機	180
§ 57	擺式動平衡機	181
§ 58	機械框架式動平衡機	182
§ 59	帶光學測幅器的動平衡機	183
§ 60	諧振閃頻測速儀	185
§ 61	電子式動平衡機	188
§ 62	“盧納”(ЛЮНА)型電子式動平衡機	190
§ 63	轉子的平衡	192
§ 64	滾珠軸承的安裝	193
§ 65	平衡框架與轉子的裝配	199
§ 66	動平衡工藝	203
§ 67	滾珠軸承的潤滑	207

第六章 陀螺馬達的裝配

§ 68	裝配工作的組織形式	213
§ 69	對裝配間的要求及工作地的組織	216
§ 70	裝配工藝規程的設計	220
§ 71	裝配中所用的連接方式	223
§ 72	端蓋與定子的裝配	225
§ 73	總裝	227
§ 74	初裝	228
§ 75	軸向間隙的調整	233
§ 76	陀螺馬達平衡度的檢查	238
§ 77	分解	240
§ 78	最後裝配	242

第七章 陀螺馬达的試驗

§ 79 試驗的种类.....	244
§ 80 檢驗陀螺馬达的仪器.....	246
§ 81 六小时預先試驗.....	249
§ 82 三小时重复試驗.....	255
§ 83 檢驗.....	256
§ 84 典型試驗.....	258
§ 85 陀螺馬达的包装.....	266
参考文献	269

小型陀螺马达制造工艺

〔苏联〕C. A. 饒尔达克著

孙治邦译

周士炎、肖之中校



国防工业出版社

1965

前 言

陀螺马达是任何陀螺仪的主要元件。它对仪表的精度与其工作可靠度有着决定性的影响。为了保证給定的精度要求，陀螺仪一般应当在給定外廓尺寸的情况下具有很大的角动量，高度稳定的重心位置，高度恒定的角动量值以及很小的振动等。陀螺仪的工作可靠度在很大程度上取决于高速滚珠轴承的工作寿命储备、轉子慣性盘的强度储备与电絕緣强度储备。上述要求的保证不仅取决于陀螺仪的主要参数与其结构选择的正确性，它还与陀螺系统零、組件制造工艺的正确与否有关。

在制造与試驗陀螺仪时应当解决的主要工艺任务是：

1. 保证零件表面(尤其是配合部分)获得高的表面光度。

这样做是为了减少零件表面加工后残留的、能滞留住外界杂质的凸峰数目与高度。另外是为了便于清除这些杂质。完成这个要求(再加上保证装配场所要清洁这个条件)有助于提高陀螺仪的可靠度与精度，因为在这时由于杂质进入滚珠轴承而造成的增大振动与损坏轴承的可能性，由于外附杂质相对于轉子的变位所造成的轉子动不平衡的可能性，以及由于外附杂质在配合部分的挤压造成的重心偏移的可能性都减少了。

2. 保证零件的几何形状不变。

这是为了防止陀螺马达的零件因自然时效或内应力消除(在試驗与使用陀螺马达时可能发生)而产生的几何形状改变所引起的一些故障。

属于这类故障的有：轉子动平衡的破坏，重心位置稳定性的破坏与軸頸同心度的破坏等。

3. 保证进一步缩小零件尺寸公差与提高其几何形状精度的

可能性。

这个要求是为了进一步提高陀螺马达动平衡和靜平衡的稳定性，保証滾珠軸承內外圈的配合有更高的可靠性，并使得零件的重量穩定。

要使上述問題得到解决，必須使陀螺儀的全部零件按照正确編制的并且在生产中得到考驗的工艺規程来制造。但是陀螺马达的制造与試驗工艺問題在苏联的文献中介紹得还不够广泛。就其他国家文献来看，关于上述問題的介紹也仅見于个别的一些杂志文章。

出版本书的目的是介紹国内外一些工厂制造陀螺马达的工艺过程。

书中簡要地闡述了与陀螺马达零件制造工艺有关的一般工艺問題和机械加工問題。內容敘述的先后次序大致与仪表制造厂陀螺马达零、組件的加工与装配的先后次序相同。

书中还介紹了某些值得向生产部門推荐使用的先进的工艺过程以及能获得良好加工精度的专用夹具。

目 录

前言	3
----------	---

第一章 陀螺馬达的结构

§1 陀螺仪及其进动	9
§2 陀螺馬达的主要结构形式	11

第二章 陀螺馬达零件的鑄造

§3 概述	23
§4 壳体和端盖的压力鑄造	26
§5 压力鑄型的结构	28
§6 鑄件的缺陷及鑄型的使用	33
§7 轉子鼠籠的离心鑄造	34
§8 真空压力鑄造	40
§9 真空离心熔模鑄造	43
§10 鑄件的檢驗	45
§11 鑄件的稳定化回火 (时效)	49

第三章 陀螺馬达零件的机械加工

§12 概述	51
§13 工艺規程的編制	51
§14 工艺卡片的填写	53
§15 加工精度	53
§16 誤差产生的原因及其查明方法	55
§17 提高加工精度的主要方法	60
§18 被加工表面的粗糙度	60
§19 表面粗糙度的評定标准	62

§ 20	表面粗糙度对陀螺马达质量的影响	64
§ 21	获得必要的表面光度的方法	66
§ 22	加工后表面粗糙度的测量	68
§ 23	转子的毛坯	71
§ 24	转子的车削加工	72
§ 25	带鼠笼的转子的加工	78
§ 26	转子轴颈的研磨	85
§ 27	壳体的机械加工	86
§ 28	壳体外侧轴颈座孔的加工	90
§ 29	带壳体的轴颈的加工	95
§ 30	端盖的机械加工	97
§ 31	轴承螺帽的制造	100
§ 32	转子铁芯和定子铁芯的制造	101
§ 33	铁芯的制造工艺	103
§ 34	铁芯的机械加工	115

第四章 繞綫工作和防銹处理

§ 35	概述	117
§ 36	陀螺马达繞組材料	117
§ 37	定子铁芯的絕緣	120
§ 38	定子繞組的模繞法	124
§ 39	定子繞組的手繞法	128
§ 40	定子繞組的机繞法	132
§ 41	定子繞組的浸漬	140
§ 42	用塑料压制代替浸漬	147
§ 43	防銹处理	149
§ 44	化学处理	150
§ 45	表面复漆	152
§ 46	在制造陀螺马达时的防銹措施	158

第五章 滾珠軸承的安裝和轉子的平衡

§ 47	概述	161
§ 48	滾珠軸承的包裝及包裝前的准备	161

§ 49	滾珠軸承的檢驗	163
§ 50	滾珠軸承振動的測量	168
§ 51	在裝好的陀螺馬達中對滾珠軸承的檢驗	171
§ 52	轉子平衡的實質和意義	173
§ 53	靜平衡	174
§ 54	動平衡	175
§ 55	動平衡的方法	177
§ 56	動平衡機	180
§ 57	擺式動平衡機	181
§ 58	機械框架式動平衡機	182
§ 59	帶光學測幅器的動平衡機	183
§ 60	諧振閃頻測速儀	185
§ 61	電子式動平衡機	188
§ 62	“盧納”(ЛЮНА)型電子式動平衡機	190
§ 63	轉子的平衡	192
§ 64	滾珠軸承的安裝	193
§ 65	平衡框架與轉子的裝配	199
§ 66	動平衡工藝	203
§ 67	滾珠軸承的潤滑	207

第六章 陀螺馬達的裝配

§ 68	裝配工作的組織形式	213
§ 69	對裝配間的要求及工作地的組織	216
§ 70	裝配工藝規程的設計	220
§ 71	裝配中所用的連接方式	223
§ 72	端蓋與定子的裝配	225
§ 73	總裝	227
§ 74	初裝	228
§ 75	軸向間隙的調整	233
§ 76	陀螺馬達平衡度的檢查	238
§ 77	分解	240
§ 78	最後裝配	242

第七章 陀螺馬达的試驗

§ 79 試驗的种类.....	244
§ 80 檢驗陀螺馬达的仪器.....	246
§ 81 六小时預先試驗.....	249
§ 82 三小时重复試驗.....	255
§ 83 檢驗.....	256
§ 84 典型試驗.....	258
§ 85 陀螺馬达的包装.....	266
参考文献	269

第一章

陀螺馬達的結構

§1 陀螺儀及其進動

高速旋轉的轉子是什麼陀螺儀的主要元件。裝在內平衡環 3 兩個支承上的陀螺儀（圖 1）的轉子 1 具有繞 AA 軸旋轉的自由度。內環 3 可以在外平衡環 2 的兩個支承上繞 BB 軸自由旋轉。外環則可在儀表壳体 K 的支承上繞外軸 CC 自由旋轉。上述三個軸都應當兩兩相互垂直，並相交於被稱為陀螺儀的懸掛點的 O 點。 AA 、 BB 、 CC 各軸分別稱為陀螺儀的主懸掛軸、內懸掛軸和外懸掛軸。與懸掛軸類似，保證轉子繞 AA 軸旋轉的支承稱為主懸掛支承或簡稱為主支承，而保證繞 BB 和 CC 軸旋轉的支承均稱為懸掛支承。

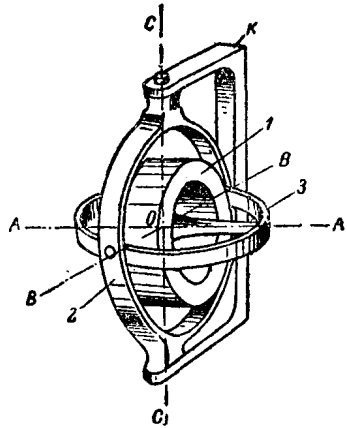


圖 1 萬向掛架中的陀螺儀。

萬向掛架可以保證陀螺儀繞着 AA 、 BB 和 CC 三個軸旋轉的三個自由度，使轉子的 AA 軸可在空間處於任何位置。根據懸掛軸的數量，陀螺儀可具有兩個或三個自由度。在圖 1 所示的陀螺儀模型中，轉子可以繞 AA 、 BB 和 CC 軸轉動。這種陀螺儀被稱為三自由度陀螺儀。如果在此陀螺儀中有一個平衡環是固定的，

則这种陀螺仪将只有两个自由度。陀螺仪根据自由度的数目具有不同的性能，而这些性能在技术上获得了广泛的应用。

陀螺仪的轉子多半是以气动的或电动的办法来驅動的。在这两种情况下，动力源的功率应当保証轉子以高速旋轉（每分钟几万轉），而其結構要保証能在溫度剧烈变化以及仪表基座有振动和加速度的条件下維持轉子工作轉数的恒定和長時間不間断的工作。陀螺仪在恶劣的气候条件及机械作用下工作。因而仪表及带陀螺馬达的陀螺仪应当在由 $+50$ 至 -60°C 溫度下及振幅达 0.15 毫米 80 赫芝的振动下无故障地工作，并能承受住个别的很大的冲击。此时应当保証指示的精确性及长期使用的可靠性。

保持陀螺仪重心位置对其壳体恒定不变，对于陀螺仪表的工作具有重大意义。例如，当轉子的重心沿 AA 軸（图 2）偏移一个主支承中的軸向間隙值时，陀螺仪将以

如下的角速度繞 CC 軸进动：

$$\omega = \pm \frac{Pa}{I\Omega}, \quad (1)$$

式中 ω ——进动角速度；

P ——轉子重量；

a ——間隙值；

I ——轉子的轉动慣量；

Ω ——轉子的角速度。

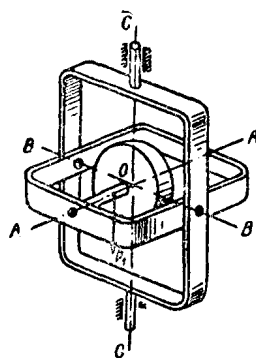


图 2 軸承間隙对陀螺仪精度的影响。

由上式得知，陀螺仪主支承中的軸向間隙必須尽可能保持为最小。为此，一般以压紧主支承的方法来达到，可是这样会增大該支承中的摩擦力矩，从而会增大对驅动陀螺仪旋轉的电机或气源功率的要求。但这个缺点却可以减小主支承中的軸向間隙以及提高陀螺仪表的总的精确度来得到补偿。

式 (1) 表示了作为陀螺現象基本理論的主要規律之一的陀螺仪进动运动（或簡称之为进动）的規律。从式中得知，角速度 ω 随着外加力矩的增大而增大。当作用力矩恒定时，进动的角速