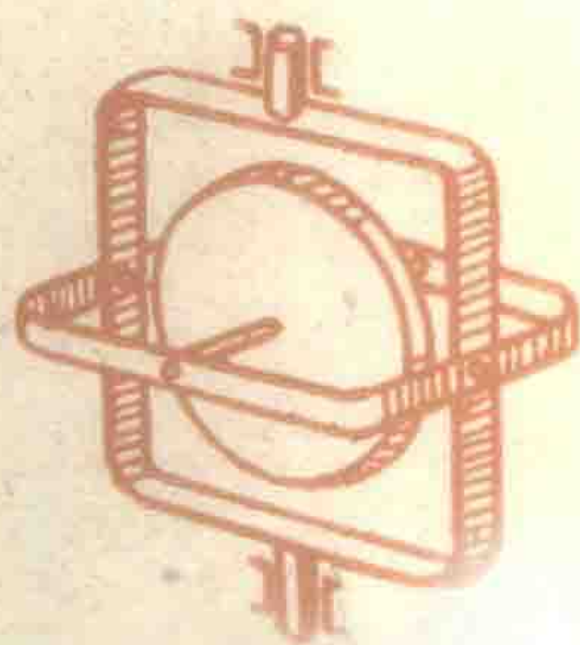


# 航空电气陀螺仪表的 装配、調整和检测原理

[苏联] M. M. 依德宁 著  
H. Д. 薩福諾夫



國防工業出版社

# 航空电气陀螺仪表的 装配、調整和检测原理

[苏联] M. M. 依德宁、H. Д. 薩福諾夫 著

刘人俊、李 璿 译



國防工業出版社

1965

## 內 容 簡 介

本书叙述了航空电气陀螺仪表的装配、調整和檢測的工艺原理，并簡述了有关力学和电工学的一些必要知識。

本书的叙述淺出深入，是一本培养和提高电气陀螺仪表装配工人和中等技术人員的好参考书，而对于从事其它仪表工作的技术人員和有关中等技术学校的师生亦有所裨益。

## ОСНОВЫ СБОРКИ, РЕГУЛИРОВКИ И КОНТРОЛЯ АВИАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОГИРОСКОПИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

[苏联] М. М. Иллип, Н. Д. Сафонов

ОБОРОНГИЗ 1960

\*

## 航空电气陀螺仪表的装配、調整和检测原理

刘人俊、李 璿 譯

\*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

人民卫生出版社印刷厂印刷 景山装订厂装订

\*

850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印張11<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 293 千字

1965年8月第一版 1965年8月第一次印刷 印数：0,001—2,950册

統一书号：15034·845 定价：(科六) 1.70元

# 目 录

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 序言 .....                           | 9  |
| 第一章 力学的某些基本知識 .....                | 11 |
| § 1 机械运动、慣性、力、力的平衡、质量 .....        | 12 |
| § 2 标量和矢量 .....                    | 15 |
| § 3 平行力的合成和分解 .....                | 17 |
| § 4 旋轉运动、角速度、地球自轉角速度 .....         | 19 |
| § 5 对軸的力矩、有旋轉軸物体的平衡、慣性力和慣性力矩 ..... | 22 |
| § 6 轉动慣量和物体对軸的动量矩 .....            | 25 |
| § 7 陀螺仪及其基本特性 .....                | 28 |
| 第二章 电工学的某些基本知識 .....               | 36 |
| § 1 导体、絕緣体和半导体 .....               | 36 |
| § 2 固定电阻器和可变电阻器 .....              | 37 |
| § 3 导綫 .....                       | 41 |
| § 4 电容器 .....                      | 42 |
| § 5 电磁继电器 .....                    | 51 |
| § 6 交流电 .....                      | 56 |
| § 7 旋轉磁場 .....                     | 61 |
| § 8 异步和同步陀螺馬达 .....                | 65 |
| § 9 电气陀螺仪表的电源 .....                | 69 |
| § 10 电气測量 .....                    | 72 |
| 第三章 装配工的工作地点和工具 .....              | 79 |
| § 1 装配工的工作地点 .....                 | 79 |
| § 2 通用的装配工具和夹具 .....               | 81 |
| 第四章 安全技术和消防措施 .....                | 86 |
| § 1 仪表装配、調整和試驗时的安全技术要素 .....       | 86 |
| § 2 装配車間的消防措施 .....                | 88 |

## 第五章 电气陀螺仪表装配、調整和試驗时所使用的

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| 标准仪表和设备 .....                                     | 90  |
| § 1 电气测量仪表 .....                                  | 90  |
| TT-1型万用表 .....                                    | 90  |
| ЛВ-9-2型电子管伏特計 .....                               | 93  |
| 直流电桥 .....                                        | 94  |
| M1101型兆欧表 .....                                   | 96  |
| ИЧ-5型頻率測量計 .....                                  | 98  |
| 3Г-2A型音頻振蕩器 .....                                 | 100 |
| ЭО-6M型电子示波器 .....                                 | 104 |
| § 2 电气陀螺仪表及其部件的电气絕緣強度檢驗裝置 .....                   | 112 |
| § 3 檢驗电气設備繞組中的綫匝短路和其它故障用<br>的 CM-1A ВЭИ型檢驗儀 ..... | 115 |
| § 4 頻閃观测仪 .....                                   | 120 |
| § 5 KO-1 型光学象限仪 .....                             | 125 |
| § 6 檢驗和試驗陀螺仪表的 VIII-48 型裝置 .....                  | 127 |
| § 7 振動試驗台 .....                                   | 131 |
| BY-15型振動台 .....                                   | 131 |
| BC-70型振動台 .....                                   | 134 |
| BY-15和 BC-70 型振動台的主要規格 .....                      | 136 |
| § 8 仪表的冲击过载試驗裝置 .....                             | 136 |
| § 9 冷冻箱 .....                                     | 137 |
| § 10 恒溫器 .....                                    | 138 |
| § 11 潮湿箱 .....                                    | 139 |
| 第六章 装配的种类和組織形式的基本知識 .....                         | 141 |
| § 1 一般概念 .....                                    | 141 |
| § 2 装配的种类 .....                                   | 143 |
| § 3 装配的組織形式 .....                                 | 144 |
| § 4 工艺文件 .....                                    | 145 |
| 第七章 电气陀螺仪表主要零件、部件和元件的基本知識 .....                   | 150 |
| § 1 陀螺馬达的轉子 .....                                 | 150 |
| § 2 万向支架框 .....                                   | 151 |
| § 3 軸和滾珠軸承 .....                                  | 152 |
| § 4 摆式液体开关 .....                                  | 156 |

|      |                          |     |
|------|--------------------------|-----|
| § 5  | 修正电动机 .....              | 158 |
| § 6  | 自动同步器 .....              | 159 |
| § 7  | 磁性同步器 .....              | 163 |
| § 8  | 导电器 .....                | 166 |
| § 9  | 电位計 .....                | 168 |
| § 10 | 扼流圈和变压器 .....            | 170 |
| § 11 | 齿輪和蝸輪傳动装置、減速器和差动装置 ..... | 171 |
| § 12 | 阻尼器 .....                | 174 |
| § 13 | 帶有玻璃絕緣子的盖 .....          | 175 |
| § 14 | 制动装置 .....               | 176 |

## 第八章 典型装配工作 ..... 177

|      |                     |     |
|------|---------------------|-----|
| § 1  | 装配前零件的清理和洗滌 .....   | 177 |
| § 2  | 鉚接 .....            | 179 |
| § 3  | 公盈連接 .....          | 183 |
| § 4  | 釐焊 .....            | 184 |
|      | 軟焊 .....            | 186 |
|      | 感应釐焊 .....          | 193 |
|      | 超声釐焊 .....          | 196 |
| § 5  | 熔焊 .....            | 197 |
| § 6  | 胶接 .....            | 203 |
| § 7  | 連接处的油灰密封 .....      | 205 |
| § 8  | 钻孔和切螺紋 .....        | 205 |
| § 9  | 螺紋連接 .....          | 209 |
| § 10 | 銷釘連接 .....          | 217 |
| § 11 | 混綫的布置和捆扎 .....      | 220 |
| § 12 | 滾珠軸承的配合、拆卸和潤滑 ..... | 224 |
|      | 滾珠軸承与孔和軸的配合 .....   | 224 |
|      | 滾珠軸承的拆卸 .....       | 233 |
|      | 滾珠軸承的潤滑 .....       | 234 |
| § 13 | 靜力平衡和动力平衡 .....     | 236 |
|      | 一般概念 .....          | 236 |
|      | 靜力平衡 .....          | 236 |
|      | 动力平衡 .....          | 239 |
|      | 动力平衡质量的檢測 .....     | 249 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| § 14 繞組的浸漬和干燥 ..... | 250 |
|---------------------|-----|

## 第九章 电气陀螺仪表的主要标准部件的装配和检测 .....253

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| § 1 齒輪和蝸輪傳動裝置、減速器和差動裝置的裝配 ..... | 253 |
| 圓柱齒輪傳動裝置的裝配 .....               | 253 |
| 圓錐齒輪傳動裝置的裝配 .....               | 255 |
| 蝸輪傳動裝置的裝配 .....                 | 255 |
| 減速器的裝配 .....                    | 256 |
| 差動裝置的裝配 .....                   | 258 |
| § 2 導電器的裝配 .....                | 260 |
| 電纜式和螺旋式導電器的製造和裝配 .....          | 260 |
| 點式導電器接觸組的裝配 .....               | 260 |
| 集電器式導電器的集電器的裝配 .....            | 261 |
| § 3 直綫骨架電位計的裝配和檢測 .....         | 262 |
| 繞綫機的調整和骨架上金屬絲的繞制 .....          | 263 |
| 電位計繞組的浸漬和干燥 .....               | 267 |
| 電位計繞組工作表面瓷漆的清理 .....            | 268 |
| 電位計繞組工作表面的最後拋光 .....            | 268 |
| 電位計質量的檢測 .....                  | 269 |
| § 4 環形電位計的裝配和檢測 .....           | 271 |
| § 5 扼流圈的裝配 .....                | 273 |
| 扼流圈綫圈的裝配 .....                  | 274 |
| 扼流圈的總裝配 .....                   | 274 |
| § 6 變壓器的裝配 .....                | 275 |
| 變壓器綫圈的裝配 .....                  | 275 |
| 變壓器的總裝配 .....                   | 276 |
| 變壓器的檢測 .....                    | 276 |
| § 7 帶直流陀螺馬達的陀螺組合件的裝配 .....      | 279 |
| 陀螺馬達轉子部件的裝配 .....               | 280 |
| 陀螺馬達定子的裝配 .....                 | 282 |
| 壳体部件的裝配 .....                   | 284 |
| 陀螺組合件的總裝配 .....                 | 284 |
| § 8 异步陀螺馬達的裝配和檢測 .....          | 287 |
| 轉子輪圈與鼠籠的裝配 .....                | 287 |
| 定子部件的裝配 .....                   | 287 |
| 陀螺馬達的總裝配 .....                  | 291 |
| 陀螺馬達的动力平衡、試轉和时效處理 .....         | 294 |

|                                                     |            |
|-----------------------------------------------------|------------|
| 陀螺馬達的檢測 .....                                       | 295        |
| § 9 帶异步陀螺馬達的陀螺組合件的裝配和檢測 .....                       | 296        |
| 帶零件的壳体部件的裝配 .....                                   | 296        |
| 陀螺組合件的總裝配 .....                                     | 296        |
| 陀螺組合件的檢測 .....                                      | 298        |
| § 10 修正電動機轉子的裝配和檢測 .....                            | 299        |
| 轉子鐵疊片的裝配 .....                                      | 299        |
| 轉子的總裝配 .....                                        | 299        |
| 轉子的檢測 .....                                         | 300        |
| § 11 擺式液體開關的裝配和調整 .....                             | 301        |
| 帶接觸點的壳体部件的裝配 .....                                  | 301        |
| 轉換開關的總裝配和調整 .....                                   | 302        |
| § 12 萬向支架組合件的總裝配和檢測 .....                           | 305        |
| 萬向支架組合件的裝配 .....                                    | 305        |
| 萬向支架組合件的檢測 .....                                    | 309        |
| § 13 自動同步器的裝配和檢測 .....                              | 311        |
| A <sub>2</sub> 和 A <sub>3</sub> 型接觸式自動同步器的總裝配 ..... | 311        |
| 接觸式自動同步器的檢測 .....                                   | 311        |
| 扁平自動同步器轉子的裝配 .....                                  | 313        |
| § 14 磁性同步器的總裝配和檢測 .....                             | 315        |
| 磁性同步器的總裝配 .....                                     | 315        |
| 磁性同步器的檢測 .....                                      | 316        |
| § 15 氣體阻尼器 .....                                    | 317        |
| § 16 帶玻璃絕緣子的蓋的裝配和檢測 .....                           | 318        |
| <b>第十章 典型電氣陀螺儀表的總裝配、調整和檢測 .....</b>                 | <b>320</b> |
| § 1 電氣航空地平儀的總裝配和調整 .....                            | 320        |
| 航空地平儀的用途、作用原理和構造的基本知識 .....                         | 320        |
| 航空地平儀的總裝配 .....                                     | 331        |
| 航空地平儀的調整 .....                                      | 333        |
| § 2 電氣陀螺半羅盤的總裝配、調整和檢測 .....                         | 340        |
| 陀螺半羅盤的用途、作用原理和構造的基本知識 .....                         | 340        |
| 制動裝置各部件的裝配 .....                                    | 350        |
| 帶制動機構的壳体部件的裝配 .....                                 | 352        |
| 陀螺半羅盤的總裝配 .....                                     | 353        |
| 陀螺半羅盤的調整 .....                                      | 355        |
| 陀螺半羅盤的檢測 .....                                      | 358        |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| § 3 仪表中出现的毛病的种类、原因及其消除的方法 ..... | 360 |
| 第十一章 装配电气陀螺仪表时提高劳动生产率的途径 ...    | 362 |
| 第十二章 仪表的油封、包装和贮存 .....          | 366 |
| § 1 仪表的油封和启封 .....              | 366 |
| § 2 仪表的包装、打印和运输 .....           | 367 |
| § 3 仓库中仪表的贮存 .....              | 367 |

## 序 言

仪表制造工艺学是在不断完善已有的零件加工和产品装配的过程，以及运用新的工艺过程（如使用超声波、高频电流和放射性同位素）的基础上发展起来的。

在目前航空仪表制造达到了很高的技术水平的前提下，如果不在总结先进经验的基础上认真地培养工人干部（特别是装配工人）是不可能进一步提高劳动生产率的。

装配工应当精通装配工艺的原理，而装配是仪表制造全部生产过程中的最后阶段。装配工完成的工作是在铸造工、冲压工、机床工和很多其他工种工人所完成的工作后面。未经充分训练过的装配工可能使前面所有工序工人的劳动成果报废。

本书可作为培养和提高航空电气陀螺仪表装配工业务水平的教科书。作者在本书中力求有系统地叙述航空电气陀螺仪表的装配、调整和检测的工艺原理，并考虑到很多主要仪表制造工厂生产革新者和集体的工作经验。本书是根据航空仪表制造系统中现行的装配工干部培训提纲而编写的。

全书共分十二章。前两章中叙述了力学和电工学的基本知识。第三章包含有装配工工作地点和工具的阐述。第四章叙述安全技术规程和消防措施。最后几章研究标准装配部件和仪表的装配、调整和检测的工艺过程及其油封、包装和贮存的方法，并且阐述了装配工艺过程中所使用的主要设备和仪器。

作者对技术科学博士 М. П. 柯瓦列夫 (М. П. Ковалев) 致以谢意，感谢他在审阅手稿时所给予的宝贵指示，并向工程师 В. И. 波斯托利恩 (В. И. Босторин) 对手稿作了审阅表示感谢。

作者希望读者对本书提出批评和建议。



# 第一章 力学的某些基本知識

## § 1 机械运动、慣性、力、力的平衡、质量

机械运动就是一物体相对于任何其他物体位置的改变。自然界所有的物体以及組成这些物体的质点都处于永恒的运动中。自然界完全靜止的物体是不存在的，任何一种靜止都是相对的。例如，坐在开动着的火車車廂中的人，相对車廂而言是处于靜止状态。但是，这种状态是相对的，因为人与車廂一起相对于地球在运动。房屋对地球而言是靜止的。但是这一靜止也是相对的，因为房屋随着地球一起自轉并圍繞太阳而公轉。在研究物体运动时，一定要考虑研究的是相对于什么物体的运动。在研究精密陀螺仪表工作时，这一点尤为重要。

研究相对于某物体的运动时，这物体称为参考物体。

一物体如果不受其他物体的作用，它便保持靜止的状态或者以大小方向不变的速度运动，即无加速度的运动（加速度即单位時間內速度的改变）。牛頓第一定律的实质即在于此。这一定律是以发现該定律的英国科学家牛頓的名字命名的。

严格地說来，只有当运动是相对于靜止的物体时或者是相对于作直綫等速运动（即无加速运动）的物体时，牛頓第一定律才是正确的。但是，大家知道，自然界完全靜止的物体是不存在的，因此我們所选择的任何一种参考物体都在作某种运动。太阳和其它星球运动的加速度非常小，以至于在現代科学技术条件下不可能察觉出来，我們完全可以将牛頓第一定律应用于相对于太阳和其它星球运动的物体。因此，当选择星球作参考物体时，便可以假定它为“靜止的”，一般就說是研究相对于靜止星球的运动。

研究地球上发生的各种运动时，最方便的是采用地球本身或某个相对地球为静止的物体作为参考物体。对于这样选择的参考物体在理論上牛頓第一定律是不應該成立的，因为地球相对于“静止”星球的运动并不是直綫等速运动。但是，无数次的观察和实验表明，只有某些特殊的情况除外，这样选择参考物体时牛頓第一定律实际上总是成立的。这是因为地球圍繞太阳运动的加速度不显著，而且地球的自轉也相当慢。精密陀螺仪表的工作，就属于上述特殊情况。在研究精密陀螺仪表的工作时，就必须考虑地球的自轉。至于地球圍繞太阳运动的加速度，則因为它们并不显著，对陀螺仪表的工作沒有任何影响。

物体保持静止或直綫等速运动状态的性质称为物体的慣性●。

物体速度的大小和方向的改变只有在它受到另外某一个或几个物体的作用时才会发生。而速度改变的特征可用加速度表示。因此，物体的任何加速度总是在另外某些物体作用下的結果。

某物体受到另一物体的作用，因而使它的速度发生改变即产生加速度，这种作用就叫做力。如果說給某物体附加一个力或者說在某物体上作用一个力，这就意味着該物体受到另一物体的作用。根据一物体对另一物体作用的物理性质，可将力区分为各种不同的种类：重力、彈力、摩擦力以及磁力或电磁力等等。前三种力在力学中研究，其余的力在物理学其它有关章节中研究。現在，我們簡略地叙述一下前面三种力的特性。

重力或地心引力，就是地球对每一物体的作用，这作用使得物体落于地面或压于固定支座上。重力加速度用拉丁字母  $g$  表示。在中緯度处  $g = 9.81 \text{米/秒}^2$ 。

地球吸引物体的力称为該物体的重量。任何物体的每一个分子都受到与其重量相等的地心引力的作用。如果将物体各部分所受的力全部加起来，便得到一个合力，这个力决定着物体的重

● 慣性来源自拉丁文“*mertia*”<sup>17</sup>，即不活动或固定性的意思。

量。这个力的作用点称为物体的重心。

在靠近巴黎的塞佛列 (Севре) 国际度量衡局里保存着一根白金圆柱体, 这圆柱体的重量就作为重量的单位。这一重量单位称为公斤重或者公斤力。在工程技术中, 所有其它的力也是用公斤、克 (公斤的千分之一) 和毫克 (公斤的百万分之一) 来度量。

彈力或彈性力是指物体因直接接触引起变形●而产生的力。受压或受拉彈簧作用于物体上的力便是彈力的例子。这一类的力还有: 放在地板上面的物体受到地板作用的力, 系于绳索一端的重物受到绳索作用的力等等。彈性变形 (如物体的撓曲、绳索的拉伸) 通常是不能用眼睛觉察出来的。但是上述这些彈力在物体接触而引起变形时总是要产生的。自然界中, 不变形的 (絕對剛性的) 物体是不存在的。从这个意义上讲, 自然界的一切物体都类似于彈簧。

滑动摩擦力就是指一物体相对另一物体的表面滑动时产生的力。这种力总是与运动方向相反的, 因而阻碍物体的运动。产生这种力的主要原因之一是物体的接触面并非絕對光滑, 而是程度不同的粗糙面。因此, 当一个表面沿着另一个表面运动时, 它們的凸起部分便相互碰撞而损坏, 摩擦面的物质便被磨碎。結果产生阻碍运动的力。

滑动摩擦力在很大程度上是与固体接触表面的大小无关的。如果以  $F$  表示摩擦力, 以  $N$  表示摩擦表面相互間的压力 (这种力多半只是物体的重量), 則

$$F = kN, \quad (1.1)$$

式中  $k$  为比例系数, 称为滑动摩擦系数。它的大小主要取决于摩擦表面的材料、硬度和粗糙度。不同材料之間的摩擦往往比同类材料之間的摩擦要小。因此, 仪表中的某些零件例如軸頸 (軸和小軸的端部) 都做成鋼的, 而軸承做成青銅的或黃銅的。摩擦表面硬度愈大, 摩擦愈小。根据这一点, 某些仪表中的軸承是用

● 变形来源自拉丁文 *deformatio* (畸形), 是固体 (彈性体) 形状的改变或者物体某些部分相互位置的改变, 最主要的变形形式有: 拉伸、压缩、弯曲和扭轉。

很硬的剛玉石制成，而軸頸由堅硬的鈷鎢合金制成。為了減少儀表軸承和軸頸的粗糙度，必需仔細地研磨。

移動靜止物體需要克服的力稱為靜摩擦力。這種力總是與希望產生的運動方向相反。靜摩擦力總是要大於物體運動時受到的摩擦力。

如果物體不滑動，而沿其它物體滾動，在這種情況下便產生滾動摩擦。對於固體來說滾動摩擦總是要小於滑動摩擦。這種情況是使用滾珠軸承和滾柱軸承的主要原因。

如果在物體上作用二個或二個以上的力，而物體仍然保持靜止或等速直線運動的狀態，這就是說，這些作用力並不引起該物體的加速度；這種情況就稱為力的平衡。圖 1.1 上繪出掛於彈簧上的重物  $P$ 。這一重物受到二個力的作用：重力（將重物向下拉）和受拉彈簧的彈力（大小等於重力並將重物向上拉）。由於這二個力的作用，重物保持靜止，其加速度等於零。因此，在該例中便發生力的平衡，換句話說，作用於重物的力相互平衡。現在我們假定一輛汽車在公路的直線水平段上行駛。其發動機產生迫使汽車運動的牽引力，與此同時汽車還受到車輪與公路的摩擦力和空氣的阻力；後二種力阻礙着汽車的運動。當牽引力與阻力平衡時，汽車便不會發生速度的改變。在平衡力的作用下汽車作直線等速運動。這一點也可以用來說明任何作直線等速運動的物體。因此，物體處於靜止或等速直線運動的狀態，不僅是在它不受力作用的時候，而且當作用力互相平衡時也是如此。

物體中所含物質的數量稱為物體的質量。我們仍然取白金圓柱體作為質量單位，前面我們已經知道它的重量就是力的單位。在技術中，質量用公斤·秒<sup>2</sup>/米度量，以字母  $m$  表示并按以下公式計算：

$$m = \frac{P}{g}, \quad (1.2)$$



圖 1.1 重物  $P$  的重量與彈簧的彈力平衡。

式中  $P$  ——物体重量 (公斤);

$g$  ——重力加速度 (米/秒<sup>2</sup>)。

物体的质量就是物体惯性的度量。物体质量愈大, 它的惯性也愈大, 也就是作用于该物体上的力引起速度的改变愈小。现在我们来研究这样的一个例子。二辆同样的载重汽车以相同的速度沿着公路行驶; 不过一辆是空车, 另一辆载有货物。假定二辆汽车的司机同时停止发动机, 此时, 在制动力作用下, 二辆汽车的速度开始减慢。但是空车的速度比载货车的速度减少更快, 因为第一辆车的质量比第二辆车的质量小, 结果空车比载货车停得快。这就可以说, 载货车比空车惯性大, 由于惯性而使它行驶得较远。

## § 2 标量和矢量

量分为标量和矢量二种。只用其数值来确定的量称为标量。如时间、温度、物体的质量和体积、能量和很多其他的物理量都是标量。不仅需要确定其数值而且需要确定其空间方向的量称为矢量。力可作为矢量例子。因为作用于物体上的力的效果不仅由它的大小确定, 而且还要由它的空间方向确定。速度、加速度和很多其他的物理量都是矢量。

矢量在图上可用直线线段表示。例如用一端带有箭头的线段  $AB$  (图1.2) 表示。线段长度相当于矢量的数值(按一定的比例),

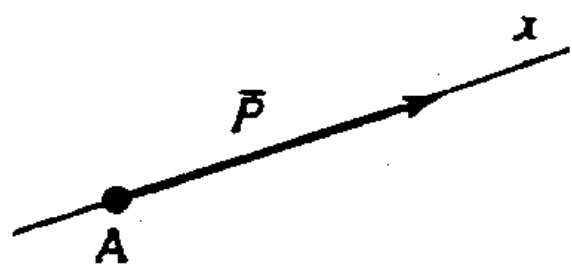


图1.2 矢量的图示法。



图1.3 飞机的速度矢量。

而箭头指示出它的方向。线段  $AB$  带有箭头的一端称为矢量末端, 而它的另一端称为矢量始端。矢量系沿着直线  $x$  的方向。这直线  $x$  称为矢量作用线。

表示矢量时, 通常是在表示其数值的字母头上画一短线。例如, 图 1.2 上示出矢量  $\bar{P}$ , 对应它的数值为  $P$ 。

現在我們研究一个矢量图示法的例子。假定一架飞机沿着直綫以 600 公里/小时的速度自右向左飞行 (图 1.3)。速度是矢量, 因为它不仅表征出其数值, 而且还表征出其空間方向。飞机速度矢量用  $\vec{v}$  表示, 它的数值用  $v$  表示。現在我們用图示法表示出矢量  $\vec{v}$ 。为此, 首先应選擇好比例尺, 即首先規定在表示矢量  $\vec{v}$  的綫段上 1 毫米长度相当于多少公里/小时。例如取 1 毫米相当于 40 公里/小时, 那么将速度数值除以 40 便得到表示矢量  $\vec{v}$  的綫段长度 (等于 15 毫米)。在  $x$  綫上截取 15 毫米的綫段并在它上面画上指示速度方向的箭头, 就得出矢量 ( $\vec{v}$ ) 的图示法。

如果二个矢量数值和方向都一样, 那么便认为这二个矢量相等。如果有数个矢量, 例如二个矢量  $\vec{P}_1$  和  $\vec{P}_2$  (图 1.4) 在同一条直綫上方向也相同, 并表示相同的物理量 (力), 那么这二个矢量便可用一个矢量  $\vec{P}$  代替, 其数值等于  $\vec{P}_1$  和  $\vec{P}_2$  矢量数值之和。相应地, 如果矢量是在同一条直綫上但方向相反, 則相减。合矢量的方向与較大的矢量方向一致。



图 1.4 在同一条直綫上  
方向相同的矢量的合成。

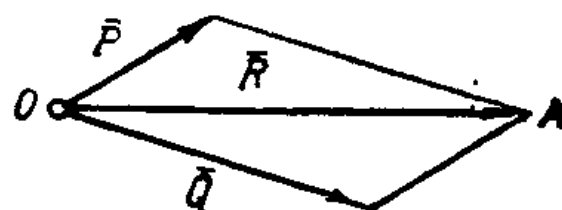


图 1.5 方向互成一夹角的矢量  
 $\vec{P}$  和  $\vec{Q}$  的合成;  $\vec{R}$ —合矢量。

如果有二个矢量表示相同的物理量, 不过其方向互成一夹角, 例如力  $\vec{P}$  和  $\vec{Q}$  (图 1.5), 則这二个矢量可用一个合矢量  $\vec{R}$  来代替, 它等于矢量  $\vec{P}$  和  $\vec{Q}$  的几何和。以分矢量  $\vec{P}$  和  $\vec{Q}$  为边作平行四边形, 其对角綫  $OA$  便表示合矢量  $\vec{R}$  的大小和方向。这一法則称为平行四边形法則。

現在我們来研究一个例子。图 1.6 上繪出一重量为  $\vec{P}$  的重物, 它吊在二根彈簧上。重物的重量由彈簧的彈性力  $\vec{F}_1$  和  $\vec{F}_2$  所平衡。其合力  $\vec{R}$  可由平行四边形法則确定。从前面所談的, 我們知道, 在这种情况下力  $\vec{R}$  应当是与力  $\vec{P}$  大小相等, 方向相反。