

飞机的飞行动力学

Б. Т. 格罗森柯 著



国防工业出版社

1967

飞机的飞行动力学

Б. Т. 格罗森柯 著

施 祖 蔭 譯



國防工業出版社

本書介紹了飞机不穩定直線和曲線操縱運動諸問題並闡述了加速飛行和減速飛行、起飛、著陸、俯沖、盤旋和特技飛行的分析與計算方法。

本書可供航空設計部門及高等學校在飞机空氣動力學課程中講述飛行動力學部分時作教學參考之用。

Б. Т. Горощенко
ДИНАМИКА ПОЛЕТА
САМОЛЕТА

Государственное
издательство оборонной промышленности
Москва 1954

本書系根據蘇聯國防工業出版社
一九五四年俄文版譯出

飞机的飞行动力学

[苏] Б.Т. 格罗森柯 著
施祖蔭 譯

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
北京新中印刷厂印刷 新华書店發行

850×1168 1/32 • 11¹/₁₆ 印張 • 288,000 字

一九五六年十二月第一版

一九五六年十二月北京第一次印刷

印數：1—4,070 冊 定價：(10) 2.10 元

序

本書闡述飞机不穩定直綫和曲綫操縱运动諸問題，亦即維特庆金（В. П. Ветчинкин）教授在“飞行动力学本身”这一标题下合併起来的諸問題。

本書的目的是供高等学校在飞机空气动力学課程中講述飞行动力学部分时作教学参攷書之用。

既然本書不是講課提綱或經修改过的講稿，所以其中包含了許多並非必需学习的材料。

著者最感困難的問題就是把这种必要的、但是对于学习飞行动力学这门課程又不一定需要的材料加以編排，而同时又不破坏教材的完整性。

造成編排上困难的这一問題是用下述方法解决的。

維特庆金教授研究出来的計算飞机加速飞行、減速飞行、起飞滑跑長度和着陆滑跑長度的解析法集中在第四章闡述。

这一章可以省去而不破坏課程学习的連貫性。

在学习飞机的飞行动力学的基本知識时还可以略去下述各节：应用加速器时起飞滑跑長度的計算（§ 44~46），飞机的編队盤旋（§ 103~105），战斗轉弯的計算（§ 117），螺旋线飞行的計算〔§ 120~122 ①〕，进行特技飞行时飞机的操縱〔§ 126~128 ②〕和聶斯切洛夫筋斗的計算〔§ 131 ③〕。

其余不是主要的材料則用小号字印出。

除此之外，如果飞机的曲綫运动問題系在講述了安定性之后

① § 120~122应为§ 119~121。——譯者

② § 126~128应为§ 125~127。——譯者

③ § 131应为§ 130。——譯者

学习，則第五章中之第三部分也可以略去。

由上述可以看出，附加材料主要闡述各种解析計算方法，而学习这些計算方法在一般課程中並不一定必要，只在某些个别情况下方才宜于学习（例如，在学生作研究工作时，作設計工作时等）。

在只学习飞机不稳定运动和曲綫运动的物理現象时，本書也可以利用。在这种情况下可以只学习緒論的第一和第二部分，第一章的第二部分，第二章的第一部分，第三章的第一部分，第五章的第二部分，第六章的第一部分（其中一部分），第七章的第一和第二部分（其中一部分），第八章的第二部分和第九章的第一部分。

如果没有与著者共同工作的全体同志的長期的、有系统的科学研究工作，如果本書原稿沒有經過批評，这本教学参攷書是不可能出版問世的。

目 录

序.....	1
緒論 “飞机的飞行动力学” 学科發展的历史概述.....	1
1. 飞机的飞行动力學的奠基者——儒柯夫斯基和維特慶金.....	1
§ 1. 飞机的飞行动力学.....	1
§ 2. 儒柯夫斯基的論文“論鳥类的翱翔”——应用力学的新部門（飞行动力学）的基础.....	1
§ 3. 維特慶金的著作“飞行动力学”和“飞机动力学”.....	4
2. 其他蘇聯科學家进一步地發展儒柯夫斯基和維特慶金在飛行动力学方面的著作的情况.....	8
§ 4. 偉大的十月社会主义革命后飞行动力学發展的条件.....	8
§ 5. 其他苏联科学家进一步地發展儒柯夫斯基和維持慶金在飞行动力学方面的著作的情况.....	10

第一篇 飞机沿直綫航迹的机动飞行。 起飞和着陆

第一章 飞机的加速飞行和減速飞行	14
1. 飞机不穩定直綫运动計算方法的基础	14
§ 6. 飞机沿直綫航迹的机动飞行.....	14
§ 7. 用图解积分法或解析积分法計算飞机不穩定直綫运动的途徑.....	16
§ 8. 用能量法計算飞机不穩定直綫运动的途徑.....	19
2. 直綫加速飛行和減速飛行的物理景象。运动方程組	22
§ 9. 加速飞行和減速飞行时飞机运动的方程式.....	22
§ 10. 加速力的分析.....	24
§ 11. 加速飞行时加速度与飞行速度的关系.....	25

§ 12. 飞机的减速飞行	29
§ 13. 飞行高度对飞机加速飞行和减速飞行的影响	30
§ 14. 沿倾斜航迹飞行条件下的加速飞行和减速飞行	31
3. 计算加速飞行和减速飞行的时间和路程的图解解析法	31
§ 15. 概述	31
§ 16. 用图解积分法确定加速飞行和减速飞行的时间和长度	32
§ 17. 用函数比例尺法计算加速飞行的时间	34
§ 18. 用函数比例尺法计算加速飞行和减速飞行的长度	38
§ 19. 发动机拉力等于零时沿陡航迹运动之飞机的加速飞行的计算, 计入空气密度的改变	39
§ 20. 变密度介质中加速飞行的计算, 计入空气压缩性和发动机拉力的影响	43
§ 21. 涡轮喷气发动机的灵敏性对加速飞行时间和路程的影响的计算	46
4. 改善加速飞行和减速飞行特性的途径	47
§ 22. 加速飞行、减速飞行的时间的减少与飞机的构造数据	47
§ 23. 沿波形航迹飞行时加速飞行时间的减少	49
§ 24. 沿波形航迹飞行时平均速度的升高	51
第二章 飞机的起飞	55
1. 飞机起飞的物理景象。运动方程组	55
§ 25. 飞机起飞的一般景象, 起飞的阶段	55
§ 26. 飞机的起飞滑跑	58
§ 27. 离陆速度	62
§ 28. 一段平飞和爬高	64
2. 计算飞机起飞的原始数据	65
§ 29. 飞机极限	65
§ 30. 发动机的拉力	67
§ 31. 摩擦系数	68
3. 计算起飞距离的图解解析法	70
§ 32. 起飞滑跑长度的计算	70
§ 33. 用图解解析法计算一段平飞和爬到 25 公尺高度的时间和长度	72
§ 34. 顶风或顺风起飞时起飞距离的计算	74

4. 計算起飞距离的近似解析法	77
§ 35. 計算起飞滑跑長度的近似解析法	77
§ 36. 計算一段平飞和爬高長度的近似解析法	82
5. 飞机的構造數據和使用条件對其起飞性能的影响	84
§ 37. 采用机翼提高升力裝置来改善飞机起飞性能	84
§ 38. 飞机重量、机翼面积和發動机拉力对起飞性能的影响	86
§ 39. 噴气飞机的起飞特性	86
§ 40. 起飞情况下螺旋槳工作的特点	88
§ 41. 使用条件对飞机起飞特性的影响	91
6. 改善飞机起飞特性的途徑	98
§ 42. 設計上的措施	98
§ 43. 采用起飞加速器来改善飞机的起飞特性	99
7. 利用加速器起飞时起飞滑跑長度和起飞距离的計算	101
§ 44. 起飞加速器对起飞滑跑長度的影响	101
§ 45. 利用加速器时起飞滑跑長度的計算	104
§ 46. 加速器对加速飞行和飞高的長度的影响	106
第三章 飞机的着陆	108
1. 飞机着陆的物理景象。下滑和一段平飞的長度的計算	108
§ 47. 飞机着陆的一般景象	108
§ 48. 下滑	110
§ 49. 拉平	111
§ 50. 一段平飞	114
§ 51. 飄落	116
§ 52. 下滑、拉平、一段平飞和飄落的長度的計算	119
2. 着陆速度和着陆速度的計算	121
§ 53. 地面对升力系数与迎角的关系的影响	121
§ 54. 飞机着陆速度的計算	124
3. 飞机的着陆滑跑	127
§ 55. 着陆滑跑时的运动方程式和用图解解析法計算着陆滑跑長度	127
§ 56. 用解析法計算着陆滑跑長度	130
§ 57. 有風时着陆滑跑長度和着陆距离的計算	135

4. 飞机的構造数据和使用条件對其着陆性能的影响	136
§ 58. 飞机重量和机翼面积对着陆性能的影响	136
§ 59. 机翼提高升力装置对飞机着陆性能的影响	137
§ 60. 机輪刹車和起落架構造对着陆性能的影响	138
§ 61. 机場高度和机場表面的坡度对着陆滑跑長度和着 陆距离的影响	139
§ 62. 空气的溫度、压力和風对着陆滑跑長度和着陆距 离的影响	139
§ 63. 側風着陆	140
§ 64. 着陆时若干駕駛錯誤的后果	142
5. 改善飞机着陆特性的方法	144
§ 65. 問題的意义	144
§ 66. 着陆时的刹車程度和駕駛对着陆滑跑長度及着陆 距离的影响	145
§ 67. 利用机翼提高升力装置来改善着陆性能	146
§ 68. 应用負拉力来縮短飞机的着陆滑跑長度	147
§ 69. 借助空气減速板来減小着陆滑跑長度	149
第四章 用維特庆金解析法計算飞机的不稳定直綫 运动	150
1. 用維特庆金法解析計算加速飞行和減速飞行的時間和路程	150
§ 70. 装着渦輪壓縮器式噴气發動机的飞机的加速飞行 的計算	150
§ 71. 飞机減速飞行的計算	160
2. 用維特庆金方法解析計算起飞滑跑和着陆滑跑的長度和時間	164
§ 72. 装着渦輪壓縮器式噴气發動机的飞机的起飞滑跑 長度和時間的計算	164
§ 73. 着陆滑跑時間和長度的計算	169

第二篇 飞机沿曲綫航迹的机动飞行

第五章 飞机曲綫运动的基本知識	174
1. 飞机的曲綫飞行	174
§ 74. 飞机沿曲綫航迹的机动飞行	174
§ 75. 儒柯夫斯基教授的論文“論鳥类的翱翔”	175

2. 曲綫运动產生的条件。角速度和航迹的曲率。过負荷	18
§ 76. 曲綫运动产生的条件	181
§ 77. 最小航迹曲率半径和最大角速度	184
§ 78. c_y 和过負荷的極限值	189
§ 79. 飞行中飞行员对加速度的感觉	191
3. 曲綫飞行中飞机操縱性的基本知識	195
§ 80. 前言	195
§ 81. 固定軸系和速度(流水)軸系	195
§ 82. 曲綫飞行时阻尼力矩的产生和飞机的操縱	197
§ 83. 圍繞飞机縱軸的阻尼力矩。副翼的作用	201
§ 84. 螺旋力矩的产生	203
§ 85. 陀螺力矩	204
§ 86. 水平面中曲綫飞行时飞机的操縱	206
§ 87. 飞机傾斜时近角和側滑角的改变	211
第六章 飞机的盤旋	214
1. 水平面中無側滑的穩定盤旋	214
§ 88. 盤旋时的运动方程組。历史概述	214
§ 89. 正确盤旋的半径和時間	215
§ 90. 極限盤旋	218
§ 91. 不計空气压縮性的影响时飞机極限盤旋的計算	221
§ 92. 算入空气压縮性时飞机極限盤旋的計算	226
§ 93. 裝着渦輪噴气發動机的飞机的盤旋特点	233
§ 94. 接近上升限度的高度上的盤旋特点	234
§ 95. 裝着渦輪噴气發動机的飞机的盤旋的解析計算法	237
§ 96. 飞行高度对裝着渦輪噴气發動机的飞机的盤旋特性的影响	239
§ 97. 空气压縮性对盤旋特性的影响	241
§ 98. 飞机的構造数据和使用条件对極限盤旋特性的影响	242
2. 帶側滑的盤旋	244
§ 99. 帶側滑的盤旋的特性	244
§ 100. 帶側滑的盤旋和飞机的操縱	247
3. 不穩定盤旋	249
§ 101. 水平面中速度改变的盤旋	249

§ 102. 在水平面中和垂直面中都有曲綫航迹的盤旋	254
4. 飞机的編队盤旋	257
§ 103. 飞机編队盤旋的一般景象	257
§ 104. 飞机編队的稳定盤旋的界限。界限的計算	262
§ 105. 所有飞机的傾斜角在变化中並且在保持編队看齐 的条件下編队轉弯的計算	266
第七章 飞机的俯冲。突昇	272
1. 飞机进入俯冲和改出俯冲	272
§ 106. 俯冲的一般特性。进入俯冲和改出俯冲的运动方 程式	272
§ 107. 用維持庆金法图解解析地計算进入俯冲和改出 俯冲	276
§ 108. 进入俯冲时和改出俯冲时飞机的操縱	280
§ 109. 依据平均半径計算进入俯冲和改出俯冲	282
2. 沿直綫航迹的俯冲	284
§ 110. 俯冲时的运动方程組	284
§ 111. 飞机直綫俯冲时速度的改变	285
§ 112. 噴气飞机俯冲的特点	290
3. 突升	291
§ 113. 突昇, 进入突昇和改出突昇	291
§ 114. 突昇直綫段上飞机的运动。爬高的計算	292
第八章 飞机沿空間航跡的机动飞行	295
1. 战斗轉弯	295
§ 115. 战斗轉弯的一般特性	295
§ 116. 完成战斗轉弯时飞机的操縱	297
§ 117. 战斗轉弯的計算	300
2. 攻击曲綫	307
§ 118. 关于攻击曲綫的一般知識	307
3. 螺旋飞行	310
§ 119. 螺旋飞行时飞机运动的方程組	310
§ 120. 極限螺旋飞行的計算	312
§ 121. 一圈内高度損失最小的沿螺旋綫的下降	313
第九章 聶斯切洛夫筋斗、半滾和全滾、帶橫滾的半	

筋斗	315
1. 特技飛行的一般特性	315
§ 122. 特技飛行	315
§ 123. 特技的描述	316
§ 124. 完成高級駕駛術的特技所需要的條件	319
2. 完成特技飛行時飛機的操縱	321
§ 125. 完成聶斯切洛夫筋斗時飛機的操縱	321
§ 126. 完成帶橫滾的聶斯切洛夫半筋斗時飛機的操縱	324
§ 127. 完成半滾時飛機的操縱	330
3. 應用能量法確定特技飛機的特性。聶斯切洛夫筋斗的計算	336
§ 128. 完成特技所需的、特技開始時的最小速度值的 估計	336
§ 129. 垂直面中的航跡的曲率半徑和動能飛行高度間的 關係	338
§ 130. 聶斯切洛夫筋斗的計算	340

緒 論

“飞机的飞行动力学”学科發展的历史概述

1. 飞机的飛行动力学的奠基者——儒柯夫斯基

(Н.Е.ЖУКОВСКИЙ)和維特慶金

§ 1. 飞机的飛行动力学

維特慶金教授在他的巨著“飞机动力学”的緒論中把“飞机动力学”这一門学科分成三个主要部分。

他把飞机稳定运动的知識作为第一部分——“空气动力計算”；把飞机的不稳定和曲綫操縱运动作为第二部分——“飞机动力学本身”，在研究这些运动时飞机是当作質点来研究的；把安定性和螺旋問題作为第三部分——“飞机高等动力学”，在研究这些問題时必须考虑由飞机的轉动慣量所决定的一些現象。所提出的划分方法是完全有根据的，已經为大家所公認。

在序言中已經講过，本書將研究維特慶金称为“飞行动力学本身”的那一系列問題。我們把这一系列問題叫做“飞机的飞行动力学”，因为“飞行动力学本身”这一术语並未通用。

既然本書阐述飞机不稳定和曲綫操縱运动的动力学，所以历史概述中所涉及的就不是飞机动力学整个的發展問題，而仅仅是它的一部分。

§ 2. 儒柯夫斯基的論文“論鳥类的翱翔”——应用

力学的新部門（飛行动力学）的基础

1891年10月22日及12月17日，尼古拉·叶哥洛維奇·儒柯夫斯基在莫斯科数学学会兩次宣讀他的科学論文“論鳥类的翱翔”，

而在1892年將這篇論文發表在自然科學愛好者學會 物理學 分會的報告書上。這是儒柯夫斯基的第一篇直接與飛行問題有關的論文，也是世界上第一篇關於重於空氣的航空器的飛行動力學的深刻的科學著作，因為翱翔鳥在翅膀不動時的飛行理論與滑翔機的飛行理論並沒有任何不同。

儒柯夫斯基這篇論文的大部分篇幅用於分析在略去迎面阻力條件下鳥的飛行。在應用到飛機上時，這相當於拉力值等於迎面阻力值的真實飛行情況。因此，雖然儒柯夫斯基的論文定名為“論鳥類的翱翔”，但是它的結論也可以完全應用到飛機的飛行上。

本書第六章中在開始敘述曲綫飛行理論時，我們還要再一次分析儒柯夫斯基的卓越的論文，而在这里我們先說明它的主要特點，這些特點使我們可以認為論文“論鳥類的翱翔”奠定了應用力學的新部門——飛行動力學——的基礎。

儒柯夫斯基的論文的第二節是這樣開始的：“我們不把鳥的翱翔問題當作空氣動力學的問題來研究，否則將引起不可克服的困難；而是當作固體力學問題來研究，此時假設空氣對鳥翅及鳥身的阻力規律已用實驗方法確定”。

他出色地研究了鳥作為固體在平靜的空氣中、在成水平層流動而速度隨高度增長的空氣中以及在突然起風時的運動。研究的目的是：制訂翱翔鳥的運動理論和指明許多學者及發明家在解釋鳥的翱翔原因上的錯誤。

儒柯夫斯基在制訂鳥運動的方程組後證明，在翅膀不動時鳥可以完成各色各樣軌跡的飛行，特別是，可以完成筋斗形式軌跡的飛行。他不僅研究鳥在垂直面和水平面上的運動，而且还研究了鳥沿空間曲綫的運動。

研究了鳥翅迎角不變的情況下各種軌跡的運動後，儒柯夫斯基指出了使沿任何軌跡飛行都成為可能的條件，並給出計算軌跡和計算沿這軌跡飛行時速度變化的方法。正如上面所說，儒柯夫斯基制訂出來的翱翔鳥的飛行理論，同時也就是飛機的飛行理論。

儒柯夫斯基在這篇論文中所應用的許多方法，特別是鳥在其運動每一瞬間所具有的能量和能量變化的確定方法，現在在有關飛行動力學的著述中都廣泛地採用着。

儒柯夫斯基的論文“論鳥類的翱翔”的發表是一件很重要的事情。觀察鳥類的結果證明，在強有力的飛行的條件下，任何曲綫軌迹的飛行都是可能的。然而由博物學者的觀察決不能斷定，在翱翔飛行的條件下，亦即在翅膀不動的飛行條件下（此時鳥與飛機彼此不同之處只是大小和重量），各式各樣曲綫軌迹的飛行也是完全可能的。

“論鳥類的翱翔”這篇論文不僅在科學方面深深地引人注意，這篇論文還顯示了儒柯夫斯基的科學創造的一系列富有代表性的特點。他把這些特點傳給了他的學生，這些特點以後在許多蘇聯科學家的著作中光輝地反映了出來。

這篇論文的主題並不是與實際生活脫離的，它所論述的問題都是革命前俄國技術和科學思想最先進的代表人物所感到激動的問題。儒柯夫斯基在他的論文中顯示了光輝的才能，創造性地把力學規律應用到完全新的飛行理論部門上。同時，他充分估計到空氣動力實驗的重要性，親自安排確定機翼壓力中心的試驗。

這篇論文因具有上述性質而成了一篇永不會嫌其陳旧的經典性的文章。這篇是儒柯夫斯基在1892年發表的論文，在1910年，亦即經過了18年以後，又在“莫斯科滑翔協會會報”1～3期發表了出來。

那時正是航空蓬勃發展的時期。與此同時，在這些年間飛機的飛行差不多是沒有任何傾斜而航迹在垂直面中的傾斜角也沒有什麼重大變化的。重新發表的儒柯夫斯基的論文以及先進的飛行員們與儒柯夫斯基之相結識，產生了非常實際的結果。

卓越的飛行員聶斯切洛夫（П.Н.Нестеров）從1910年起開始研究航空問題，而從1912年起就可以獨立飛行了。他是一個成功地把自己的飛行實踐建立在一系列理論結論上的飛行員——革新家。

聶斯切洛夫第一个开始飞大傾斜角的盤旋。他把大傾斜角的盤旋广泛推广並成功地加以运用。聶斯切洛夫認為，飞行安全在很大程度上决定于飛行員是否有本領將飞机由任何位置（不管飞机是怎样进入这种位置的）改出至正常水平飞行。他完全正确地推測到，在善于駕駛和正确駕駛的条件下，这总是可以达到的。

維特庆金——儒柯夫斯基的一个最亲近的学生——指出；聶斯切洛夫曾向儒柯夫斯基請教过飞机翻筋斗的問題，並得到了解答。在預先进行了一系列飞行，从而确定出最小的轉弯半徑之后，聶斯切洛夫在1913年9月9日完成了世界上第一个筋斗形式航迹的飞行，这样一来，事实上就証明了进行特技飞行是完全可能的。

虽然“論鳥类的翱翔”这篇論文第一次發表后已經过了60年，但就是在目前它仍然很值得重視。在外国，内容大体上与儒柯夫斯基論文类似的闡述拉力等于阻力条件下迎角不变之飞机的运动的文章，只是在1908年^①方才發表。

§3. 維特庆金的著作“飛行动力学”和 “飞机动力学”

在“論鳥类的翱翔”这篇論文以后，儒柯夫斯基在他以后的科学著作中論述了筋斗的飞行理論，以及飛行动力学的几个其他問題（“飞机动力学淺說”，第二篇論文）。他很重視空气动力計算問題，而他的主要論文系論述机翼和螺旋槳的旋渦理論。

① 維特庆金在“飞机动力学”一書的第十章中說，类似儒柯夫斯基方程組的方程組系在1897年，亦即比儒柯夫斯基晚了6年，才由英国科学家蘭切斯特爾（Ланчестер）得出。他並沒有說明这些方程式發表在什么論文上，而所引証的又只是1908年出版的蘭切斯特爾的論文。

同时，英国科学家麦爾微尔·瓊斯（Мельвилъ Джонс）在“飞机动力学”著作中談到同一問題時說：“还在1908年，蘭切斯特爾就發表了关于自由飛行动力学的論文……”，由此可見，蘭切斯特爾的方程組並不是1897年得出的。

在儒柯夫斯基的领导下，他的一个最亲近的学生——維特庆金从1916年起开始在飞行动力学领域中进行了有系统的研究。

維特庆金創造性活动的最初几年适逢偉大十月社会主义革命，党和政府在發展航空科学事業上給了儒柯夫斯基和他的学生以巨大的帮助。

下面我們还要專門敘述共产党在培养科学人材，設立科学研究机构 and 开展它們的工作上所起的重大作用。此处只講維特庆金的著作。还在苏維埃政权成立的第一年，就已經在莫斯科区軍事人民委员会下設立了“飞行實驗室”，維特庆金在这實驗室中进行了过負荷的研究、飞行中实验飞机的研究、飞机着陆和完成螺旋飞行的研究。同时他还在莫斯科飛行員学校学习。

1918年底成立了中央流体动力研究院（ЦАГИ），維特庆金教授在他逝世（1950年）以前一直在这个研究院中工作。

1925年空軍指揮部科学委员会給了維特庆金以直接的物質援助，撥款籌备“飞行动力学”一書的出版，这是維特庆金費了許多年時間著述的書。

毫無疑义，如果处在沙俄时代的科学家所处的条件下，維特庆金要取得他在苏維埃政权下所取得的一半成就也是不可能的。

維特庆金一方面在莫斯科飛行員学校学习，一方面进行关于飞机飞行动力学的許多理論和实验研究，他的研究結果都發表在期刊上。

在这些論文中闡述了：

1. 飄落、着陆和許多关于計算減震的見解（“飞行實驗室”航空部門報告書，第一冊，1918年）；
2. 飞机最有利的螺旋飛行問題和最大安全速度問題（論飞机空气动力学特性及动力学特性的小冊子，航空技术出版局，1921年）；
3. 飞机的地面起飞滑跑和着陆时的滑跑（紅色空軍工程学院出版，1922年）；
4. 在变密度介質中的下墜和俯冲（最高編輯委员会出版，1923年）；
5. 翻筋斗（空軍通报，1923年第3期）；
6. 盤旋和螺旋飞行（空軍通报，1923年第4期）；