

340470

成都工学院图书馆

基本馆藏

風洞实验技术

上册

R. C. 彭克斯特、D. W. 荷尔德編著



国防工业出版社

風洞實驗技術

上 册

R. C. 彭克斯特, D. W. 荷尔德編著

徐泰謙、黃紹令、羅先業、代彥章等譯

魏中磊、路史光等校

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 號

新華書店北京發行所發行 各地新華書店經售

國防工業出版社印刷廠印刷

*

850×1168¹/₃₂ 印張 10³/₈ 266 千字

1963 年 2 月第一版 1963 年 2 月第一次印刷

印數: 0,001—1,550 冊 定價: (11-6)2.30 元

統一書號: 15034·641

風洞實驗技術

下 冊

R. C. 彭克斯特, D. W. 荷尔德編著

徐泰謙, 黃紹令, 羅先業, 代彥章等譯

魏 中 磊 校

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 號

新華書店北京發行所發行 各地新華書店經售

國防工業出版社印刷廠印刷

*

850×1168^{1/32} 印張 10^{7/8} 275 千字

1963 年 4 月第一版 1963 年 4 月第一次印刷 印數: 0,001—1,550 冊

統一書號: 15034·647 定價: (11-6)2.40 元

目 录

第八章 風洞干扰	333
边界影响概述	335
風洞中的流速	337
边界影响的計算方法	337
模型对試驗段的阻塞	339
二元流中模型对气流的阻塞	340
机翼横置于試驗段中, 对圓形或八角形横截面風洞的阻塞	344
三元流中模型对气流的阻塞	346
尾流阻塞	350
二元流中的尾流阻塞	351
在圓形或八角形風洞中, 两端支于試驗段壁上的无限翼展机翼繞 流的尾流阻塞	353
三元流中的尾流阻塞	353
模型和尾流阻塞修正的应用	354
升力效应	355
二元流中的升力效应	357
[誘导阻力]修正	360
弯度修正的方法	361
因升力效应而引起的各种修正方法	362
平板型机翼的精确計算	365
在圓形或八角形閉口式風洞中机翼的升力效应	366
有限翼展机翼的升力效应	368
升力效应对水平尾翼处繞流的影响	379
对 $c_{y\max}$ 的修正	381
对有螺旋桨的模型的修正	382
靜压梯度的影响	383
洞壁附面层的影响	386
閉口式圓形風洞的修正值的一覽表	387
流綫型風洞壁	387

根据洞壁压力分布确定气流阻塞的修正值	391
高馬赫数时洞壁的影响	392
高馬赫数时的阻塞影响系数	395
高馬赫数时翼型的升力效应	395
高馬赫数时有限翼展机翼的升力效应	397
高馬赫数时尾翼安装角的修正	397
高馬赫数时纵向压力梯度的修正	397
高馬赫数时閉口式矩形風洞的修正值一覽表	397
高馬赫数时求修正值的其他方法	399
堵塞	400
跨音速时風洞馬赫数的极限	402
跨音速的地面试驗方法	403
超音速風洞中气流边界对模型繞流无影响的条件	404
主要符号一覽表	405
主要修正一覽表	406
風洞中流体的性质与完全气体性质不同的原因	408
弛豫时间的影响	409
接近液化点的气体的性质	409
水汽凝結的影响	411
凝結机理	415
湿度計算	417
干燥器	421
高速風洞試驗段后所产生的扰动	425
参考文献	426
第九章 数据处理	430
对風洞試驗結果的修正	430
支架影响	430
空風洞校准	432
气流偏斜的影响	432
洞壁影响的計算	434
气流紊流度和尺度效应的影响	434
补充修正和公式	436
螺旋桨滑流影响	436

无限展弦比的换算	439
机翼展弦比变化的影响	442
计算压缩性影响的公式	442
某些计算细节	447
数值计算	448
作图法和数据的表示法	449
压力分布图	449
两个变数的函数	449
飞机模型机翼和尾翼的计算面积	450
数据的表示	451
参考文献	451
第十章 特殊的测量方法	453
附面层	453
速度剖面的测定	454
描述附面层内流速分布的[轮廓线法]	456
表面摩擦的测定	457
转换点位置的测定	458
固定转换点位置法	461
附面层分离的测定	462
利用吸除法控制附面层	462
紊流测量	465
圆球测量法	465
热线风速仪测量法	466
关联测量	472
紊流尺度的测量	475
紊流谱的测量	476
测量紊流的其他方法	476
稳定性和操纵性	477
所用术语的定义	478
纵向静稳定性	480
尾翼作用的计算	485
螺旋桨作用的计算	488
试验大纲	489

側滑时机翼的纵向稳定性和横向稳定性	491
方向舵在非对称载荷条件下的平衡	493
地面效应	493
風洞边界对稳定性测量的影响之修正	493
旋轉导数的測定	494
利用旋臂机的測定法	494
模型的連續旋轉法	495
振动模型的測量法	496
衰减系数和旋轉导数之間的关系	498
螺旋	499
風洞內气流边界对旋轉导数的影响	501
操纵机构特性的測定	501
尺度效应对測量操纵机构特性的影响	505
由于風洞內气流边界影响对操纵机构特性的修正	507
空气彈性——顫振	509
符号	510
无量綱系数	513
顫振研究的典型实验装置	514
測量型式	517
顫振临界速度	517
測量气动力导数的几种方法	518
带瓦特計的諧波分析器的应用	522
[自激]	523
自动电气天平的应用	524
洞壁干扰对气动力导数的影响	525
螺旋桨試驗	525
角速度的測定	527
螺旋桨拉力和扭矩的測定	531
所获結果的說明	534
[最小机身]的装置	535
試驗螺旋桨时的風洞干扰	536
螺旋桨桨叶上的应力	538
溫度的測定	539

确定地面效应的实验	541
非航空问题	542
参考文献	544
第十一章 模拟实验法	552
电模拟法	552
赫莱-萧模拟法	556
液体的自由表面波和二元超音速气流之间的模拟	561
参考文献	566
第十二章 模型及其安装	567
模型的尺寸	567
模型的强度	568
模型的结构特点	571
制造模型的材料	574
模型零件的制造和安装的精度	576
测量压力分布的模型	579
螺旋桨模型	582
冷却系统的阻力和喷气射流的计算	584
研究颤振的模型	585
翼型的测量	586
模型的固定	586
模型零件的预装配和工作检验	589
模型在风洞中的安装	589
密封性试验	593
用气流观察法安装模型	594
参考文献	594
附录 1 空气动力函数	595
附录 2 气动力数据	617
附录 3 换算系数	628
附录 4 其它数据	634
名词索引	663

风洞实验技术

上册

R. C. 彭克斯特、D. W. 荷尔德编著

徐泰谦、黄绍令、罗先业、代彦章等译

魏中磊、路史光等校

国防工业出版社

1963

中文版序

本书是一本全面阐述風洞試驗技术的专著。书中包括：風洞設計及其构造；天平、測压計、速度探头等測量仪器的构造和原理；流动观察；風洞干扰和数据处理；特殊測量方法以及模型构造等等。虽然本书出版年代較早，但其內容丰富全面，并且許多資料还没有陈旧，所以，我們仍然把它翻譯出来，分两册出版。中譯本是从俄文版轉譯的，并根据英文版校对过。

应当指出，本书主要是总结 1950 年以前英国的風洞試驗技术，所以，有关近十余年来風洞的一些嶄新技术的发展，当然不能包罗进去；而书中所涉及到的一些跨音速、高超音速風洞的观点，也难免沒有錯誤。至于书中所阐述的經典的亚音速試驗技术和部分超音速試驗技术，則至为詳尽。这一部分內容和数据，总的来讲也是可加信賴的。虽然如此，在使用这些公式和数据时，仍然应该慎重对待，因为試驗数据和結論常会因試驗条件不同而互异。这一点虽已为俄譯本編导、莫斯科大学流体力学实验室主任帕波夫 (С. Г. Попов) 副教授所指出，为了強調起見，譯校者願再次提醒讀者注意。

自本书英文版原著出版以来，世界各国新发表的有关風洞試驗的文献資料极多，但多散見于杂志和专刊中，要把其中的一些主要文献一一列出，既过于繁瑣，又无此必要。这里，仅向讀者推荐下述三本专著，以补本书之不足：

有关風洞設計和模型試驗的一些問題，可去參看 Allen Pope, *Wind-Tunnel Testing*, Sec. Ed., John Wiley & Sons, New York;

有关高速气流測量技术的一些細节，可去參看 Ladenburg R. W., etc., *Physical Measurement in Gasdynamics and*

Combustion, Princeton University Press, 1954;

有关近代新型風洞实验技术的一般問題,可去参看 Donovan A. F., Lawrence H. R., etc., High Speed Problems of Aircraft and Experimental Methods, Princeton University Press, 1958。

为了改正原著中的一些錯誤,在中文版中加了一些注釋。这样做,一方面是因为要充分尊重原著,譯校者不好妄加删改,另一方面又可使讀者以历史观点去对待这些問題。很显然,这些錯誤之所以产生,大多数是由于当时的科学認識水平和技术条件所限造成的,而不是由于作者的疏忽。当然譯校者学寡識疏,所加注釋,挂一漏万在所难免。同时譯者的文字表达能力又很拙劣,譯文中詞句生澀,文意舛誤之处也一定不少,幸祈讀者多多指正。

这里,譯校者要感謝北京大学流体力学教研室付主任周光炯付教授,承他在百忙中逐条审閱了中文版注釋,并对全文提出了宝贵意見。

校者

1962年8月

目 录

中文版序	3
俄文版编者序 (摘录)	9
原序 (摘录)	11
第一章 基本概念和定义	13
实验的必要性	14
相对运动 风洞	15
动力相似	15
其他实验方法	20
定义和符号	22
可压缩流体流动的定义和基本关系式	37
参考文献	45
第二章 风洞计算和设计	46
结构的基本特点	47
风洞工作所需的功率	49
用增加压力的方法降低需用功率	53
用选择工质的方法降低需用功率	55
用降低滞止温度的方法降低需用功率	56
结构特点及其对功率系数的影响	58
扩散段	60
功率系数值的估算	71
短暂工作状态	77
引射原理	79
* 暂冲式风洞的能量比	81
空气动力计算和设计	82
流动的不均匀性	83
风洞中紊流的影响	83
降低风洞中紊流度的方法	86
风洞中噪音的影响	91

收縮段的計算和設計	92
自由旋轉風輪機	95
整流器	96
迴流式風洞拐角的計算和設計	96
試驗段	100
風扇的計算和設計	104
附面层控制的应用	105
拐角和扩散段中屏蔽网的使用	107
風洞各組成部分的相互位置	107
冷却裝置	108
高速風洞	109
均匀超音速气流的产生噴管設計	110
高速風洞的試驗段	116
風洞計算和設計的各种实际依据	117
風洞結構的范例	119
参考文献	132
第三章 观察流体运动的方法	136
軌迹、标志质点綫和流綫	136
观察流体运动的物理学原理	138
烟流法	139
加热金屬絲法	146
火花法	146
附面层內流动的觀察	147
高岭土法	149
液体薄膜法	151
对附面层加厚、轉捩和分离的一般說明	152
絲綫法	153
光測粘性法	154
基于折射率变化的方法	155
暈光法 (紋影法)	158
阴影法	162
干涉仪法	164
用 X 射綫測量空气密度	167

参考文献.....	184
第四章 气流速度的测量.....	186
根据测得的压力确定速度的方法.....	186
总压测量.....	189
静压测量.....	193
复式测压管.....	198
测量静压时表面附面层的影响.....	199
测压管引起的气流扰动.....	201
风洞中气流速度的测量.....	202
热线风速仪.....	204
热线风速仪的电路.....	207
热线风速仪的校准.....	208
测量极低速度的热线风速仪.....	208
用测量激波倾斜角的方法测定马赫数.....	209
测量气流偏斜角的仪器(方向仪).....	212
测量气流偏斜角的气动测量仪.....	212
用热线风速仪测定气流偏斜角.....	217
座标器.....	218
管道中液体流量的测定.....	219
液体在收缩管道中的流动.....	220
测量流量用的孔板.....	221
测量喷嘴.....	226
文氏流量计.....	227
考虑气体压缩性对测量孔板、测量喷嘴和文氏流量计的修正.....	228
液体小流量的测定.....	230
参考文献.....	231
第五章 气动力天平.....	233
三分力气动天平.....	234
六分力天平.....	239
单分力万能天平.....	247
设计特点.....	247
天平元件.....	256
应变天平.....	259

杆式气动力天平.....	262
天平讀数的修正.....	263
交变力的測量.....	267
参考文献.....	268
第六章 用測量压力的方法确定气动力.....	270
用測量模型表面压力的方法确定升力、俯仰力矩和形状阻力.....	271
用測量模型尾迹內压力的方法确定翼型阻力.....	273
表面摩擦的測定.....	283
用測量总压的方法确定螺旋桨拉力.....	286
参考文献.....	289
第七章 压力計.....	291
U型压力計.....	292
垂直管式压力計.....	294
斜管式压力計.....	296
恰脫克压力計.....	297
投影压力計.....	301
其他类型的压力計.....	302
測量大压差的压力計.....	303
測量風洞中气流速度的压力計.....	304
測量馬赫数用的压力計 (馬赫仪).....	305
測压力分布的压力計.....	308
压力分配器.....	313
阻尼.....	314
向測压計傳送压力的連接管.....	314
系統的密封性檢查.....	316
測量非定常压力的傳感器.....	317
压力計的校准.....	319
参考文献.....	321
名詞索引 (附英、俄名詞对照).....	322

俄文版編者序(摘录)

許多新技术部門都与空气流体力学密切有关，这些部門既利用空气流体力学的成果，又不断对它提出愈来愈多的新問題。在这种情况下，空气流体力学本身，与它的各个分支一起（气体动力学、稀薄气体力学、化学流体力学等），無論在理論或是实验方法方面，都在蓬勃发展。数学家以及自然科学工作者，首先是物理学家和化学家，也日愈参加空气流体力学的研究工作。

在空气力学問題研究中，特别是在解决許多独特的航空技术問題中，任何一种实验方法都未曾起过像風洞实验方法所起的那种作用。風洞，在目前航空发展中起着主导作用；看来，在未来的年代里，它仍将起这种作用，虽然其他通用的实验空气动力学方法（如彈射法，远距操纵模型的試飞，模拟法等）也在发展。因此，所有技术先进的国家，都有許多風洞，而且正在建造更新的風洞。風洞实验这門技术是复杂的。它面临着一个困难的任务，就是要根据風洞研究的結果，来确定物体在实际条件下的一切必要的空气流体动力特性，而風洞的能力却总是有限的。

有关風洞实验問題，各国刊印了大量的文献資料。彭克斯特和荷尔德合著的这本书的任务，是对有关風洞实验問題的大量零散材料，給予完整的叙述。实现这一任务，可以用不同的方法。譬如，可以选定有限的某些专题，詳尽地論証实验方法，并仔細地推导个别問題的結論性公式；但也可以研究相当广泛的材料，不詳細闡述最后的公式、定律和方法，而让讀者去參看原著，以求詳尽了解。作者选用了后者。采用这种方法，使本书具有若干优点，但不可避免的也就有一些缺点。

本书論述了有关風洞实验技术的所有基本問題，此外，还叙述了与風洞无关的模拟法。就內容而言，本书的某些章节帶有技