

 Springer

北京市教委北京市属高等学校

高层次人才引进与培养计划项目 (CIT&TCD201304068) 资助

高等结构风工程


Advanced Structural Wind Engineering



[日] 田村幸雄 (Y. Tamura) A. 卡里姆 (A. Kareem) 主编
祝磊 许楠 吴丽丽 李宏海 译

非
外
借



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等结构风工程

[日] 田村幸雄 (Y. Tamura) A. 卡里姆 (A. Kareem) 主编
祝磊 许楠 吴丽丽 李宏海 译

机械工业出版社

Translation from English language edition;
Advanced Structural Wind Engineering
by Yukio Tamura and Ahsan Kareem.
Copyright © 2013 Springer Japan.
Springer Japan is a part of Springer Science + Business Media.
All Rights Reserved.

This title is published in china by China Machine Press with license from the Springer. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and TaiWan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书由 Springer 出版社授权机械工业出版社在中华人民共和国境内地区（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）出版与发行。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01 - 2014 - 4450 号。

图书在版编目（CIP）数据

高等结构风工程/(日)田村幸雄,(日)A. 卡里姆(A. Kareem)主编;祝磊等译.—北京:机械工业出版社,2017.8

书名原文:Advanced Structural Wind Engineering

ISBN 978-7-111-57604-4

I. ①高… II. ①田… ②A… ③祝… III. ①抗风结构 IV. ①TU352.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 185737 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:顾谦 责任编辑:顾谦

责任校对:肖琳 封面设计:马精明

责任印制:李飞

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2017 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·19.75 印张·436 千字

0 001—2600 册

标准书号:ISBN 978-7-111-57604-4

定价:99.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

本书作为高级课程的教科书，介绍了结构风工程领域前沿技术水平的信息和研究成果。主题包括风气候、设计风速估计、钝体空气动力学和应用、风致建筑响应、风、阵风系数法、构件和外墙上的风荷载、碎片冲击、风荷载规范和标准，计算工具和计算流体动力学技术、建筑物振动下的可居住性、建筑阻尼以及风致振动的抑制。结构风工程相关专业研究生和专家、工程师会在本书中找到与他们的研究和工作的相关的、有趣的内容。

译者序

十余年来，以东京工艺大学田村幸雄（Y. Tamura）教授为首的学术团队组织37位世界著名的专家学者开设了一系列的国际高等风工程学习课程，本书是根据该系列课程的讲义整理而成的。本书内容包括风气候、设计风速估计、钝体空气动力学和应用、风致建筑响应、风、阵风系数方法、构件和外墙上的风荷载、碎片冲击、风荷载规范和标准、计算工具和计算流体动力学技术、建筑振动下的可居住性、建筑阻尼以及风致振动的抑制。本书将填补国内该专业领域培训书籍的空白，是有志于深入学习和研究结构风工程的学者、工程师和学生的一本重要参考书。

为吸收国际前沿的结构风工程知识，机械工业出版社引进了本书的版权，并通过北京建筑大学王崇臣教授的引荐，委托北京建筑大学祝磊教授牵头将本书翻译为中文。祝磊联合了中国广核新能源控股有限公司许楠高级工程师、中国矿业大学（北京）吴丽丽副教授和中国建筑科学研究院建筑抗风研究所李宏海博士共同完成翻译工作。首先由祝磊进行全书粗译，然后由许楠精译第1~4章，吴丽丽精译第5~6章，李宏海精译第7~14章，最后由祝磊统稿。经过3年的共同努力，翻译工作终于完成。感谢顾谦编辑对我们拖延症的一再宽容和耐心编辑！感谢王崇臣教授的信任 and 推荐！

本书的出版，得到了北京市教委北京市属高等学校高层次人才引进与培养计划项目（The Importation and Development of High - Caliber Talents Project of Beijing Municipal Institutions, CIT&TCD 201304068）的资助，深表感谢！

希望本书的出版能够对我国的结构风工程发展有所帮助，但由于译者水平有限，本书一定存在不足之处，恳请读者批评指正。

译者

原书前言

在建筑和结构工程领域，风的影响是一个非常重要的问题。据说世界上因为自然灾害产生的经济损失有70%~80%是因为极端风和相关的水害而导致的。随着人口向都市中心转移以及因为潜在的气候变化而推测灾害的强度和频率的增长，未来灾害的风险持续升级。城市化已经导致地区和全球环境质量的恶化，对公共健康造成深远的影响。不仅是极端强风事件或者其他短期自然危害，而且严重的环境问题应该被看作人类社会长期持续的危​​险，会导致严重的灾害。这就使得人们呼唤一个强调减少能源消费和改善环境质量的可持续发展的社会。

东京工业大学风工程团队(TPU-WEG)的首要目标是建立一个可持续发展的都市环境，遇到风相关的事件时可恢复，与区域的局部气候相和谐。它致力于发展一个集成的教育和研究项目，能够覆盖广泛的问题，以应对亚洲和更大区域的都市面临的前沿的风相关的挑战。

为了创造有效而舒适的环境，满足人们对城市标志性象征的基本需求，建筑变得越来越高、越来越细，桥梁和屋盖结构变得越来越长、越来越轻，使得它们对风越来越脆弱。风工程的重要性显著提高，但是很少有大学开设这方面的课程。

从2006年7月开始，TPU-WEG组建了风工程的国际高等学校(IAS)，目的是填补相关的专业培训的空白。

37位世界著名的教授和研究者受邀在以往的9期IAS讲课：Chris Baker、Shuyang Cao、Qingyan Chen、Chiiming Cheng、Tadeusz Chmielewski、Richard de Dear、David Etheridge、Richard Flay、Yaojun Ge、Jamie Hernandez、John Holmes、Ahsan Kareem、Michael Kasperski、Shinsuke Kato、Youngduk Kim、Greg Kopp、Prem Krishna、Takashi Kurabuchi、Kenny Kwok、Sangjoon Lee、Chris Letchford、Xiaofeng Li、Rheo Lim、Masaru Matsumoto、Robert Meroney、Akashi Mochida、William Nazaroff、Siva Parameswaran、Michael Reyes、Matthew Santamouris、Partha Sarkar、Michael Schatzmann、Giovanni Solari、Ted Stathopoulos、Charles Weschler、Youlin Xu和Lingmi Zhang。他们和TPU-WEG的3位讲师Masaaki Ohba、Ryuichiro Yoshie还有我合作，使IAS有成果而且成功。

IAS的课程包括风气候、风致灾害、结构空气动力学、风荷载和多种风环境问题。课程提供必要的基本知识和前沿信息。IAS也提供了一个信息交流和共享的平台，通过世界领先的研究者和本领域年轻人的讨论，使得由于强风、都市空气污染和环境负荷增长引起的风灾风险的严重问题能够在未来被年轻的领导者所解决。代表TPU-WEG和东京工业大学全球卓越中心(COE)项目成员，我感谢所有的讲



师和参与者作出的巨大贡献和成绩。

本书重新安排和出版了以往的 IAS 所做的 14 次结构风工程讲义。而基于 IAS 在环境风工程领域的讲义，一本名为《高等环境风工程》(Advanced Environmental Wind Engineering) 的教材也计划出版。

我相信这两本书将对相关科学研究或者设计领域的学生、工程师和研究者有用，将使他们能够对可持续都市环境的发展和建设作出贡献，从而实现了对风灾害可恢复的城市。

最后，我要感谢所有章节的作者，由于他们的合作而创造了本书，为实现结构和环境风工程的共同目标提供了有价值的贡献。

Y. Tamura

日本，神奈川

本书作者

Enrica Bernardini 美国, 印第安纳州, 圣母, 圣母大学, 自然灾害建模实验室
曹曙阳 (Shuyang Cao) 中国, 上海, 同济大学

Richard G. J. Flay 新西兰, 奥克兰, 奥克兰大学

葛耀君 (Yaojun Ge) 中国, 上海, 同济大学, 土木工程防灾国家重点实验室
John Holmes 澳大利亚, 维多利亚州, 曼通, JDH 咨询公司

Ahsan Kareem 美国, 印第安纳州, 圣母, 圣母大学, 自然灾害建模实验室

Michael Kasperski 德国, 波鸿, 波鸿鲁尔大学, 土木与环境工程科学系

Gregory A. Kopp 加拿大, 安大略省, 伦敦, 西安大略大学, 边界层风洞实验室

Kenny C. S. Kwok 澳大利亚, 新南威尔士州, 彭里斯, 西悉尼大学, 基础设施工程研究院

Chris Letchford 美国, 纽约州, 特洛伊, 伦斯勒理工学院, 土木与环境工程系

Ning Lin 美国, 新泽西州, 普林斯顿, 普林斯顿大学, 土木与环境工程系

Megan C. McCullough 美国, 印第安纳州, 圣母, 圣母大学, 自然灾害建模实验室

Seymour M. J. Spence 美国, 印第安纳州, 圣母, 圣母大学, 自然灾害建模实验室

Theodore Stathopoulos 加拿大, 魁北克省, 蒙特利尔, 康考迪亚大学, 建筑土木与环境工程系

田村幸雄 (Y. Tamura) 日本, 神奈川, 厚木, 东京工艺大学, 风工程研究中心

Hiroshi Tanaka 加拿大, 安大略省, 渥太华, 渥太华大学, 土木与环境工程系

目 录

译者序

原书前言

本书作者

第1章 强风及其特性	1
1.1 简介	1
1.2 强风和流体力学	1
1.2.1 强风气候	1
1.2.2 强风流体动力学	2
1.3 风速的统计描述	4
1.3.1 平均风速	5
1.3.2 风速波动	9
1.4 地形影响	16
参考文献	18
第2章 设计风速的估计	19
2.1 简介	19
2.1.1 术语	19
2.1.2 基本可靠性要求	20
2.2 数据基础	21
2.2.1 国家气象局提供的基本信息	21
2.2.2 质量控制和修正	22
2.2.3 母体分布	23
2.2.4 极值总体抽样	24
2.3 基本统计	27
2.3.1 组合规则	27
2.3.2 广义极值分布	27
2.3.3 广义帕雷托分布	29
2.3.4 概率分布的描述参数的识别	29
2.3.5 被识别参数的统计稳定性	33
2.4 设计风速的最佳估计	34
2.4.1 基本方法	34
2.4.2 应用举例	35



2.5 方向性	37
2.5.1 简介	37
2.5.2 每次风暴的最大风速	38
2.5.3 风暴持续时间和额外风暴小时数的相对强度	39
2.5.4 额外风暴小时中的方向变化	40
参考文献	41
第3章 钝体空气动力学	43
3.1 简介	43
3.2 阻力和升力	43
3.2.1 阻力	43
3.2.2 流动分离	45
3.3 钝体上的压力	47
3.3.1 流过流线形体的平稳流	47
3.3.2 流过流线形体的平稳均匀流	47
3.3.3 湍流, 三维钝体	48
3.4 雷诺数对钝体力和压力分布的影响	50
3.5 湍流对钝体力的影响	53
3.5.1 湍流对阻力的影响	54
3.5.2 湍流对升力的影响	55
3.6 圆角半径的影响	56
3.7 顺风和横风激励以及涡旋脱落	57
3.8 澳大利亚和新西兰风荷载标准 AS/NZS 1170.2 怎样处理钝体空气动力学	59
3.9 小结	60
参考文献	61
第4章 大跨桥梁空气动力学	62
4.1 简介	62
4.1.1 第一个转折点: 平均风荷载	62
4.1.2 第二个转折点: 阵风荷载	63
4.1.3 第三个转折点: 动态风荷载	63
4.2 气动力公式	65
4.2.1 静力分量	65
4.2.2 准平稳空气动力学	65
4.2.3 非平稳空气动力学系数	67
4.2.4 瞬态力	68
4.3 气动不稳定性	69
4.3.1 气动不稳定性的概念	69
4.3.2 翼面颤振的二维条带理论	69



4.3.3 颤振理论的应用	70
4.3.4 非平稳升力的实验	71
4.3.5 三维颤振分析	72
4.3.6 驰振	74
4.3.7 扭转颤振	76
4.4 抖振分析	76
4.4.1 随机振动分析	76
4.4.2 在单自由度系统的应用	78
4.4.3 在阻力激励下的水平线状结构	79
4.4.4 在升力激励下的水平线状结构	80
4.5 涡激振动	81
4.5.1 涡旋脱落的概念	81
4.5.2 数学公式	81
4.5.3 桥面板的涡激振动	82
参考文献	84
第5章 结构的风致振动：主要针对高层建筑的空气动力学	86
5.1 简介	86
5.2 建筑和结构的顺风向激励和响应	87
5.2.1 钝体上的脉动阻力	88
5.2.2 阵风响应系数	89
5.2.3 气动阻尼	91
5.3 建筑和结构的横风激励和响应	93
5.3.1 入射湍流导致的激励	93
5.3.2 尾流激励	94
5.3.3 横风运动导致的激励	96
5.4 其他脉动力和响应现象	99
5.4.1 扭转振动	99
5.4.2 涡旋脱落引起的顺风和椭圆振动	99
5.5 高层建筑的风致干扰激励	100
5.5.1 高层建筑在干扰激励下的顺风和横风响应	101
5.5.2 高层建筑干扰激励下的扭转响应	102
5.5.3 设计要素	102
5.6 减少建筑和结构的风致响应的空气动力措施	104
5.6.1 建筑形状的空气动力修正对高层建筑风致响应的影响	104
5.6.2 开洞和底部排气的优点	105
5.6.3 建筑物顶部、锥度、扭曲、逆流和其他组合建筑形状的影响	105
5.6.4 设计要素	105
5.7 小结	106



致谢	107
参考文献	107
第6章 评估结构在风激励下顺风向响应的阵风系数法	110
6.1 时域内点状结构的风作用	110
6.2 频域内点状结构的风作用	111
6.3 气动导纳	112
6.4 单自由度 (SDF) 系统的动力响应综述	112
6.5 位移谱	116
6.6 位移谱积分	117
6.7 峰值响应的估算	118
6.8 顺风向加速度估算	120
6.9 小结	121
致谢	121
参考文献	121
第7章 建筑组件和覆盖层上的风荷载	122
7.1 简介	122
7.2 建筑物上的风荷载	124
7.2.1 建筑物的空间变化和几何形状对压力的影响	125
7.2.2 风荷载的时间变化	127
7.2.3 内部压力和压力均衡	128
7.2.4 设计风荷载的确定	130
7.3 组件和覆盖层系统对风荷载的响应	130
7.3.1 从属面积和荷载分配	131
7.3.2 低循环疲劳	131
7.3.3 静疲劳和玻璃	132
7.4 建筑物组件和覆盖层的测试方法	133
7.5 小结	134
参考文献	135
第8章 水平风致飞射物及其碰撞试验	137
8.1 简介	137
8.2 之前已出版的研究	137
8.3 飞射物碰撞和碰撞测试标准	138
8.4 飞射物类型和运动方程	139
8.4.1 一般的飞射物类型	139
8.4.2 运动方程	139
8.4.3 无量纲形式	141



8.4.4 早期轨迹解	141
8.4.5 数值解	142
8.5 实验和数值研究	142
8.5.1 块状飞射物的轨迹	143
8.5.2 杆状飞射物的轨迹	145
8.5.3 片状飞射物的轨迹	146
8.6 应用	147
8.7 讨论	149
致谢	149
参考文献	149
第9章 风荷载规范和标准的理解：规定背后的基本原理	151
9.1 简介	151
9.2 风速	152
9.2.1 地貌	153
9.2.2 风速和湍流模型	157
9.2.3 地形影响	165
9.2.4 风气候	165
9.3 风压系数	167
9.3.1 面积平均压力	168
9.3.2 规范化过程中的折减系数	171
9.3.3 低层建筑中的附加风荷载	172
9.3.4 低层建筑中屋顶形状和几何的影响	174
9.4 内部压力	175
9.5 数据库辅助设计 (DAD)	177
9.6 风荷载的计算估计	177
9.6.1 计算机辅助风工程	178
9.7 结论和小结	180
致谢	180
参考文献	181
第10章 风效应的数值模拟	185
10.1 简介	185
10.2 基于波叠加 (谱) 的方案	186
10.2.1 谱方法	186
10.3 基于数字滤波 (时间序列方法) 的方案	190
10.3.1 参数时间序列方法	190
10.3.2 状态空间模型	191
10.4 入流条件的模拟	193



10.5	非稳态/非均匀过程	194
10.6	非高斯模拟	199
10.6.1	基于谱表示法的方案	199
10.6.2	有记忆的变换方案	203
10.6.3	相位调整	204
10.7	条件模拟	204
10.7.1	非高斯过程	207
10.7.2	非平稳过程	207
10.8	计算建模工具	210
10.8.1	适当的正交分解	210
10.8.2	时间-频率表达和系统识别	210
10.9	小结	212
	致谢	212
	参考文献	213
第 11 章	CFD 在结构风工程中的应用	219
11.1	简介	219
11.2	CFD 基础	220
11.2.1	控制方程的特征	220
11.2.2	差分格式	222
11.2.3	湍流模型	223
11.2.4	入流湍流	225
11.2.5	数值细节	225
11.2.6	验证	226
11.3	地形绕流的计算实例	227
11.3.1	数值细节	228
11.3.2	入流湍流	229
11.3.3	小结及讨论	230
	参考文献	234
第 12 章	风致建筑运动的人类感知度和忍受度	236
12.1	简介	236
12.2	人对运动的感知和对风致建筑运动的忍耐阈值	237
12.3	风激励下高层建筑居住者的舒适适用性评价	241
12.4	使用运动模拟器进行居住者舒适测试	244
12.5	晕动病因学: 两个理论	245
12.6	小结	246
	致谢	247
	参考文献	247
第 13 章	建筑物的阻尼和估算技术	251
13.1	简介	251



13.2	建筑物阻尼的物理成因	252
13.3	建筑动态属性的振幅依赖	253
13.3.1	总体趋势	253
13.3.2	高振幅水平的阻尼比	254
13.3.3	临界顶端位移比	256
13.3.4	高振幅水平下阻尼的降低	256
13.4	阻尼数据库和设计值的建议	257
13.4.1	基于日本阻尼数据库的建筑动态属性	257
13.4.2	基于日本阻尼数据库提出的固有频率	259
13.4.3	阻尼预测	260
13.4.4	固有频率和阻尼系数设计建议值	261
13.5	阻尼估算技术	262
13.5.1	估算结果的质量	262
13.5.2	阻尼评估技术	264
13.5.3	阻尼评估的注意事项	265
13.5.4	RD 技术和 MRD 技术	267
13.5.5	FDD	268
13.6	MRD 技术和 FDD 技术的实际应用	268
13.6.1	MRD 技术和 FDD 技术在高大烟囱中的应用	268
13.6.2	MRD 技术和 FDD 技术在 15 层办公楼的应用	271
	参考文献	273
第 14 章 结构风致响应的控制		275
14.1	简介	275
14.2	气动/气弹形状裁剪	276
14.3	减少运动的装置: 概论和分类原则	280
14.3.1	简介	280
14.3.2	为减少运动而进行结构特性的处理	280
14.3.3	分类和基本原理	281
14.4	减少运动的装置主要分类的回顾	284
14.4.1	惯性阻尼器	284
14.4.2	黏滞液体阻尼器	288
14.4.3	黏弹性阻尼器	290
14.4.4	摩擦阻尼器	290
14.4.5	变刚度设备	291
14.4.6	可变气动装置	291
14.4.7	分布式执行系统	292
14.5	目前的发展趋势	293
	致谢	296
	参考文献	296

第 1 章 强风及其特性

Shuyang Cao

摘要 流中结构受到的随时间变化的空气动力，与风的属性直接相关。理解强风特性在安全和耐用设计方面非常重要。本章关注强风及其特性。风气候可能会带来强风，如季风、热带气旋、雷暴雨等，它将与潜在的流体力学一起进行简要的描述。地面上不同高度的不同风速以及大气层内的紊流结构，包括紊流强度和规模、阵风系数、峰值因子、衰减系数、相干函数、概率分布函数、功率谱以及不同风速的变化，本章将对此做详细论述。台风鸣蝉将被作为强风事件的一个例子，来显示强风的特性。

关键词 流体力学·平均速度·强风·紊流特性·台风鸣蝉

1.1 简介

风通常由地面的太阳能加热不均而导致的大气温度差引起，是一种由相同海拔不同点之间的密度差和压强差引起的快速感知的自发活动。机械效应（速度剪切效应）和温度效应（浮力效应）是大气流扰动产生的源头。随时间变化的太阳能加热使得大气边界层度量衡学状态，即稳定、不稳定或中性状态，在可变构成下由梯度理查森数或理查森数定义。一般来讲，在不稳定的状态下，机械和对流效应共存，理查森数是负的，只存在机械效应的稳定状态的理查森数是正的。逆温层，即靠近地表高度的温度的上升，会导致在地表形成雾等污染。强风的形成与全球大气循环密切相关，与小规模的温度差也有关系。然而，强风的浮力效应通常比机械效应要弱，可以忽略。因此，在结构风工程领域，通常认为是中性状态。

1.2 强风和流体力学

1.2.1 强风气候

有许多气候风可能会导致强风，如季风、锋面低压、热带气旋（飓风、台风和气旋）、雷雨（下击暴流和微下击暴流）、龙卷风、尘旋风、重力风（下降风）、下风波等。

季风属于季节风，可被看作由季节性加热及引起的相对于陆地的热低压而导致的大规模海洋风。季风效应在亚洲尤为明显。受季风影响的区域可能更大，其持续时间也可能比台风更长。其特征有温暖、多雨的夏季季风及寒冷、干燥的冬季季风。

锋面低压是指分开两股不同密度空气的边界，是强风产生的主要原因。冷锋具有雷



雨窄带和严重气象的特征，有时包含大雨、冰雹、频繁的闪电、强烈的下击风暴、龙卷风和水龙卷的飏线可能会位于冷锋之前。

热带气旋是指发生在热带地区的强烈的气旋风暴。在远东被称作台风，在澳大利亚和印度洋被称作气旋，在美国被称作飓风，均有着不同的定义。例如，台风是一种中心最大风速超过 17m/s 的热带气旋。热带气旋的直径为 $100 \sim 2000\text{km}$ ，通常大约为几百千米。涉及的大气层高度为 $10 \sim 12\text{km}$ 。通过直径和厚度的比例，可以发现热带气旋的整个旋转体就像一个“激光唱片”。在风暴的中心形成了一个类似圆形的“眼睛”或“热塔”。“眼睛”内部的空气相对干燥并且轻，在“眼睛”周边附近缓慢上升。在“眼睛”所形成的墙的外面，高海拔的温暖、潮湿空气在涡流中对流，形成了高的对流云。在涡流的外面经常会发现螺旋形雨带云。

和温带气旋以热带气旋相比，雷雨属于水平范围内的小规模湍流，但却可以形成剧烈的风。雷雨是由温暖、潮湿的空气快速上升引起的。空气上升后冷却、压缩，形成了积雨云。雷雨是许多恶劣气候现象的成因，如下击暴流风、大冰雹、山洪、龙卷风和水龙卷。在下击暴流风中，强烈的下向通风抵达地面，在短时间内产生强风——可能为 $5 \sim 10\text{min}$ 。

据观察，龙卷风为雷雨云中漏斗状的涡流。是最具破坏性的风暴。龙卷风的直径通常为 300m ，相对于地面的移动速度为 $30 \sim 100\text{km/h}$ ，在消散之前会移动约 15km ，造成长距离狭窄范围内的破坏。

重力风是重力作用下沿下坡流动的风。主要发生在多山或冰川地区。当斜坡特别陡峭时，冷空气会聚集强大的动能带来强风。下风波为大气驻波，最普遍的形式为地形波。

1.2.2 强风流体动力学

地表对运动的空气施加了水平的反作用力，通过紊流混合效应形成了具有垂直速度变化图的大气边界层。土木工程结构设计师会重点关注大气边界层内的风况。大气边界层的深度按中立分流层来说，范围在几百米到几千米之间，取决于风的密度、地域的粗糙程度和纬度 (Simiu 和 Scanlan 1986)。在大气边界层内，风速随着海拔的增高而增加。在边界层顶端的值可称作梯度速度。在边界层之外，风以梯度速度沿着等压线运动。在大气边界层内部施加在空气上的力包括摩擦力、气压梯度力、科里奥利 (Coriolis) 力和离心力。

摩擦力阻止空气的运动。力的方向与空气运动的方向相反，与科里奥力的方向垂直。

气压梯度力是由高压区域至低压区域的气压差引起的，其加速了气团，最终形成了风。实际上这并不是—种力，而是因压力差 (每单位质量的力) 而引起的空气的加速。

科里奥利力是在独立旋转体系中，作用在移动体上的一种“力”。科里奥利力由地球自转引起。在北半球，当观察者面向气流方向时，科里奥利力的方向在观察者的右边。这导致风围绕低压中心逆时针旋转。