

气动稳定 无控火箭设计

〔美〕 陆军器材部 编

顾 余 铨 译

李 景 云 校

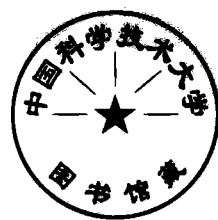
国防工业出版社

气动稳定无控火箭设计

〔美〕陆军器材部 编

顾 余 铨 译

李 景 云 校



国防工业出版社

内 容 简 介

本书是美国陆军器材部编辑出版的工程设计手册丛书的一个分册。书中以表格、曲线和计算示例等简便方式,给出了大量的在初步设计时十分有用的数据。书中还提供了初步设计时,对每一项技术内容的评价和参数的使用要求等。

本书共分八章,内容包括大气数据、系统设计、性能参数、结构设计、发动机设计、密集度和气动力计算等。

本书可供从事火箭弹设计、生产和研究的工程技术人员参考,也可供中等和高等院校有关专业的师生阅读使用。

DESIGN OF AERODYNAMICALLY STABILIZED FREE-ROCKETS

HEADQUARTERS, U. S. ARMY
MATERIEL COMMAND

1968

*

气动稳定无控火箭设计

〔美〕陆军器材部 编

顾余铨 译

李景云 校

责任编辑 崔金泰

*

国防工业出版社出版

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

*

787×1092¹/₁₆ 印张 16¹/₂ 378千字

1985年6月第一版 1985年6月第一次印刷 印数: 001—590

统一书号: 15034·2755 定价: 3.05元

前 言

这套由美国陆军器材部组织编写的工程设计手册，内容包括用于设计和研究陆军装备的基本资料 and 主要数据。这是一套富有权威性的参考书，所涉及的资料和大量数据对于设计和研究陆军装备很有帮助，它们可以满足陆军战术技术的需要。

本书为从事气动稳定无控火箭初步设计的人员提供了大量适用的数据，并将数据整理成表格、曲线和计算示范，可以快速选择，应用方便，因而适用于火箭弹的初步设计时的需要。手册的另一个优点是，对在初步设计阶段所涉及的每一个技术领域作出了必要的评价。

目 录

第一章 绪言	1	3-4.3.2 多管式	29
第二章 大气数据	2	3-4.3.3 开管式	29
2-1 绪言	2	3-4.3.4 闭管式	29
2-2 大气特性	2	3-4.3.5 限流(半闭)式	30
2-2.1 大气密度、温度和压力	2	3-4.3.6 旋翼式发射管	30
2-2.2 高空风	2	3-4.4 其它型式的发射架	30
2-2.3 低空风	3	3-4.5 改型设计	30
2-2.4 地区性年度和季节性密度模型	4	3-4.5.1 自旋	30
参考文献	5	3-4.5.2 预旋, 自动动力对准(PADA)	30
第三章 系统设计	25	3-4.5.3 沿直轨旋转(SOSR)	31
3-1 概述	25	3-4.6 运输方法	31
3-2 火箭分类	25	3-5 系统部件	32
3-2.1 军用火箭系统	25	3-5.1 概述	32
3-2.1.1 炮兵火箭	25	3-5.2 火箭	32
3-2.1.2 步兵火箭	25	3-5.2.1 战斗部	32
3-2.1.3 防空火箭	25	3-5.2.2 发动机	33
3-2.1.4 装甲火箭	26	3-5.2.3 结构	34
3-2.1.5 航空火箭	26	3-5.3 发射架	36
3-2.1.6 后勤火箭	26	3-5.4 辅助设备	36
3-2.1.7 支援火箭	26	3-6 方案选择	37
3-2.2 研究火箭系统	26	3-6.1 要求	37
3-2.2.1 概述	26	3-6.2 约束条件	37
3-2.2.2 气象火箭	26	3-6.3 参数	37
3-2.2.3 高空探空火箭	27	3-6.4 系统选择	37
3-2.2.4 卫星火箭	27	3-7 初步设计	38
3-2.2.5 抛射火箭	27	3-7.1 战斗部	38
3-3 工作方式	27	3-7.2 推进系统	38
3-3.1 概述	27	3-7.3 气动力	38
3-3.2 地对地火箭	27	3-7.4 动力学	38
3-3.3 地对空火箭	27	3-7.5 结构	38
3-3.4 空对空火箭	27	3-7.6 性能评估	38
3-3.5 空对地火箭	28	3-7.7 辅助装置	39
3-3.6 水下对空火箭	28	3-8 设计优化	39
3-3.7 面或空对水下火箭	28	3-9 系统综合	39
3-4 发射方法	28	3-10 试验方法	40
3-4.1 概述	28	3-10.1 静态试验	40
3-4.2 轨式发射架	28	3-10.2 飞行试验	40
3-4.2.1 单轨	28	3-10.3 结构试验	41
3-4.2.2 多轨	29	3-10.4 气动力试验	41
3-4.2.3 螺旋导轨	29	3-10.5 环境试验	41
3-4.3 管式发射架	29	3-11 经济效果	41
3-4.3.1 单管式	29	第四章 性能参数	42
		符号表	42

4-1 序言	43
4-2 性能参数	43
4-2.1 性能系数	43
4-2.2 推进系统系数	43
4-2.3 气动力因素	44
4-3 近似方法和适用的方程	44
4-3.1 速度计算	44
4-3.1.1 间接射击系统	44
4-3.1.2 直接射击火箭	46
4-3.1.3 探空火箭	46
4-3.2 火箭发动机参数计算	46
4-3.2.1 比冲和助推器质量比	46
4-3.2.2 推进剂重量百分数	46
4-3.2.3 增长系数	49
4-3.3 提要	49
4-4 间接射击系统的性能参数	49
4-4.1 输送方法	49
4-4.1.1 弹道曲线	49
4-4.1.2 能量控制方法	49
4-4.2 性能参数	49
4-5 直接射击系统的性能参数	54
4-5.1 输送方式	54
4-5.1.1 弹道曲线	54
4-5.1.2 能量控制方法	54
4-5.2 性能参数	54
4-6 探空火箭的性能参数	57
4-6.1 输送方法	57
4-6.1.1 弹道曲线	57
4-6.1.2 能量控制方法	57
4-6.2 性能参数	58
4-7 地对空火箭的性能参数	59
4-7.1 输送方法	59
4-7.1.1 弹道曲线	59
4-7.1.2 能量控制方法	60
4-7.2 性能参数	60
4-8 数值例题	62
第五章 发动机	65
符号表	65
5-1 概述	66
5-2 喷管	68
5-2.1 热力学关系	69
5-2.1.1 理想流动	69
5-2.1.2 实际流动	71
5-2.2 喷管的形状	74
5-2.3 喷管的侵蚀	74
5-3 推进剂	74
5-3.1 装药	74
5-3.1.1 化学成分	74

5-3.1.2 几何形状	75
5-3.1.3 燃速	76
5-3.1.4 侵蚀	76
5-3.2 点火	76
5-3.3 装配	77
5-4 内弹道	77
5-5 固体火箭发动机的模拟	78
5-6 试验	80
参考文献	81
第六章 结构	82
符号表	82
6-1 概述	83
6-2 重量与平衡	86
6-2.1 质量和重心位置的计算	86
6-2.2 赤道惯量	86
6-2.3 极惯量	89
6-3 载荷	92
6-3.1 运输及操作载荷	92
6-3.2 飞行载荷	93
6-4 应力	95
6-4.1 梁	95
6-4.2 支柱	96
6-4.3 压力容器	98
6-4.4 平板	98
6-4.5 连接	99
6-5 安全系数	101
6-6 加热	101
6-6.1 概述	101
6-6.1.1 传导热的传输	101
6-6.1.2 辐射热的传输	102
6-6.1.3 对流热的传输	103
6-6.1.4 总热传输	103
6-6.1.5 瞬态热传输	103
6-6.2 燃烧室加热	103
6-6.3 排出气流加热	104
6-6.4 气动摩擦加热	105
6-7 试验	105
参考文献	106
第七章 密集度	107
符号表	107
7-1 序言	108
7-2 误差源的定义	108
7-3 影响密集度的设计因素	109
7-3.1 与速度误差有关的设计因素	109
7-3.2 与角偏差有关的设计因素	109
7-3.2.1 气动力稳定性的影响	110

7-3.2.2 风的影响	110
7-3.2.3 推力偏心的影响	111
7-3.2.4 低速旋转的影响	112
7-3.2.5 减少偏差对最佳 σ 的影响	113
7-4 发射前的误差	114
7-4.1 瞄准误差	114
7-4.2 气象条件变化产生的误差	115
7-5 角偏差的计算	115
7-6 发射阶段的误差	117
7-6.1 角速度	118
7-6.2 平移速度	119
7-6.3 动不平衡	121
7-7 主动段误差	121
7-7.1 非旋转火箭	121
7-7.2 减少偏差的方法	125
7-7.2.1 常转速	125
7-7.2.2 等转动加速度	127
7-7.2.3 缓慢、均匀、减速旋转(SUDS)	127
7-7.2.4 旋转-反向 (Spin-Buck)	127
7-7.2.5 预旋, 自动动力对准(PADA)	131
7-7.2.6 变加速度	132
7-8 被动段误差	132
7-8.1 作用在弹丸上的力	132
7-8.2 误差源	132
7-8.2.1 风造成的误差	132
7-8.2.2 阻力变化	133
7-8.2.3 非标准条件	133
7-8.2.4 尾翼不对称	133
7-8.2.5 静不平衡	134
7-8.2.6 动不平衡	134
7-8.2.7 弹道弯曲	134
7-8.2.8 引爆误差	134
7-8.3 偏差的计算	134
7-8.3.1 发射误差	134
7-8.3.1.1 瞄准不正确	134
7-8.3.1.2 不正确发射	136
7-8.3.2 主动段误差	136
7-8.3.2.1 风	136
7-8.3.2.2 推力偏心	136
7-8.3.2.3 比冲的变化	137
7-8.3.3 被动段误差	138
7-8.3.3.1 密度	138
7-8.3.3.2 弹道风	138
7-8.3.3.3 弹道系数	144
7-8.3.4 结果列表	144
7-8.3.5 附加参考曲线	144

7-9 统计方法	167
7-9.1 一个误差源时偏差的表示法	167
7-9.1.1 方差	168
7-9.1.2 标准偏差	168
7-9.1.3 或然误差	168
7-9.2 若干误差源时偏差的表示法	169
7-9.3 图7-42和图7-43的应用	170
7-10 密集度计算	170
7-10.1 距离或然误差(RPE)	170
7-10.2 方向或然误差(DPE)	171
7-10.3 圆或然误差(CPE)	171

参考文献 171

第八章 空气动力学 173

符号表 173

8-1 一般设计原理	175
8-2 火箭的稳定特性	176
8-2.1 回转体	176
8-2.1.1 带头部的圆柱体	176
8-2.1.2 船尾部	186
8-2.1.3 圆锥形稳定裙式弹尾部	187
8-2.1.4 超口径头部外形	190
8-2.2 尾翼	190
8-2.3 环状尾翼	200
8-2.4 全弹外形的稳定性	203
8-2.4.1 概述	203
8-2.4.2 尾翼-弹身的干扰	205
8-2.4.3 尾翼-尾翼的干扰	211
8-2.4.4 实例计算表格	212
8-3 阻力	214
8-3.1 波阻	214
8-3.1.1 头部波阻	214
8-3.1.2 船尾部波阻	216
8-3.1.3 稳定裙波阻	218
8-3.1.4 尾翼波阻	225
8-3.1.5 环翼波阻	225
8-3.2 摩擦阻力	227
8-3.3 底部阻力	228
8-3.3.1 火箭喷射结束时回转体的底阻	228
8-3.3.2 火箭喷射时回转体的底阻	228
8-3.3.3 尾翼底阻	231
8-3.4 全弹外形的阻力特性	233
8-3.4.1 尾翼干扰影响	233
8-3.4.2 计算表格	233
8-4 气动力试验	233
参考文献	237

第一章 绪 言

本书是为从事气动稳定无控火箭的工程技术人员进行初步设计而编写的，编写本书有以下两个目的：

a. 给参与初步设计的工程技术人员提供专门的、有效的设计资料和数据，以便满足初步设计工作的需要；

b. 对初步设计阶段所涉及的每一技术领域作出评价和介绍。

无控火箭没有制导系统，它是由轨式或管式发射器赋予射向，可分成以下两类：

a. 旋转稳定火箭；

b. 气动稳定火箭。

旋转稳定火箭依靠高转速所产生的陀螺力矩来抵消扰动力和扰动力矩；相反，气动稳定火箭则依靠稳定裙或若干翼片所产生的气动力矩来抵消扰动力和扰动力矩。稳定裙或翼片位于火箭重心的后面。气动稳定火箭通常采用某种自旋来减小由于非标准条件（弹体非对称性、尾翼非对称性等）所造成的偏差。本手册中所列出的数据和概念仅适用于气动稳定的无控火箭。

假设火箭是刚体，即忽略结构的弹性。然而，对于某些弹形（主要是细长弹身），当动态振荡的振幅可能达到很大时，则必须对结构的弹性问题进行详细的研究。

火箭可以采用三种主要的推进系统：

a. 液体推进系统；

b. 固体推进系统；

c. 液-固推进系统。

本书只适用于采用固体火箭发动机的气动稳定无控火箭。

本书基本上是按章编排，每一章的内容都是独立的，适用于与初步设计有关的特殊技术领域。这些领域包括大气参数、系统设计、性能参数、发动机、结构、密集度和气动力等部分。

第二章大气参数，给出了与无控火箭设计有关的气象数据。第三章系统设计，由实际结构的初步设计，分析每一个技术领域，讨论影响设计的诸因素。第四章参数特性，在给定重量条件下使射程达到最大，或者在给定射程条件下使有效载荷达到最大，并给出描述各种方案特性的数据。第五章发动机，给出计算动力装置所必要的原理和数据，以及在草图设计和初步设计中必须考虑的重要情况。第六章结构设计，给出与初步设计有关的数据和方法。第七章密集度，研究主动段和被动段产生的误差，以及这些误差对火箭密集度的影响，并给出估算密集度的方法。第八章气动力，提供计算实际可能采用的弹身或弹身组合体的稳定性（力和力矩）和阻力的设计曲线和公式。

第二章 大气数据

2-1 绪 言

在火箭初步设计时，特别是对于自由飞行火箭或发射后无控的火箭的设计，大气参数是一个很重要的影响因素。然而，由于大气参数随时间和空间而变化，而且有广泛的变化范围，所以通常采用统计学的方法来描述、分析和应用大气参数。

由于对统计数据的一些形式引起过相当大的争论，因此几乎不能形成实际的标准气象数据分布图加以推广，也无从得到普遍的承认。然而，气象工作者已经发展了与实际位置无关的综合标准分布图，并找出这些分布图的平均位置和极限条件。当然，它们多少与几何位置有关。最后，可用微观气象（区域性）条件的模型来满足特殊的情况需要。

在火箭设计中，初步设计阶段主要和宏观气象学（大范围条件）有关。为了通过弹道分析确定火箭的外形特性，必须提供出大气密度、温度和压力分布图（这些因素随高度而变化）。风速分布图和风的切变数据[●]适用于结构设计和密集度研究。最后，为了保证系统的完整性和使用性能，也需要考虑一定的极限条件。

2-2 大气特性

2-2.1 大气密度、温度和压力

美国标准大气（USSA）以国际民航组织（ICAC）规定的从 0 到 20 公里高空的标准大气为依据，而且参照国际民航组织将标准大气高度扩展到 20~32 公里的建议。20 公里以内的数据和美空军研究和发 展司令部（ARDC）1959 年的标准大气数相一致。修订标准大气数据主要是考虑到近几年来由于大气阻力对人造卫星轨道的干扰情况。因为此问题，已超出本手册研究的范围，可参考资料〔2〕的全部表格数据。

表 2-1 列出了美国标准的大气参数，摘自资料〔2〕。

2-2.2 高空风

风速分布图作为设计准则，后来发展成一种进行估算的综合分布图。这种分布图在极限高度产生 1% 的概率风速和切变，而在其它高度上的风速属于标准情况。以后的研究表明：如果以计算失误的可能性来表示精度，则应用综合分布图不是很可靠的。但是，综合分布图对初步设计很有用。图 2-1 所示是 1954 年为了决定飞行器的灵敏度而建立的综合分布图。在一年中仅有的 1% 的强风季期间，在强对流风即为最强风的美国可能超出此分布图的范围。若将曲线上升或下降 5000 英尺，可以合理地使峰值风速与最强风对应的高度一致起来。

● Wind Profile, Wind shear, 可以译为风速廓线与风的切力或风速分布图与风的切变，这里译为风速分布图与风的切变。——译者

表2-1 美国标准大气 (1962年)

几何高度 (公里)	密 度 (公斤/米 ³)	温 度 (°K)	压 力 (牛顿/米 ²)	重力加速度 (米/秒 ²)	音 速 (米/秒)
0	1.2250	288.150	103250**	9.8066	340.294
1	1.1117	281.650	89876.2	9.8036	336.435
2	1.0066	275.154	79501.4	9.8005***	332.532
3	0.90925	268.659	70121.1	9.7974	328.583
4	0.81935	262.166	61660.4	9.7943	324.589
5	0.73643	255.676	54048.2	9.7912	320.545
6	0.66011	249.187	47217.6	9.7882	316.452
7	0.59002	242.700	41105.2	9.7851	312.306
8	0.52279	236.215	35651.6	9.7820	308.105
9	0.46706	229.733	30800.7	9.7789	303.848
10	0.41351	223.252	26499.9	9.7759	299.532
11	0.36480	216.774	22699.9	9.7728	295.154
12	0.31194	216.650	19399.4	9.7697	295.069
13	0.26660	216.650	16579.6	9.7667	295.069
14	0.22786	216.650	14170.4	9.7636	295.069
15	0.19475	216.650	12111.8	9.7605	295.069
16	0.16647	216.650	10352.8	9.7575	295.069
17	0.14230	216.650	8849.71	9.7544	295.069
18	0.12165	216.650	7675.22	9.7513	295.069
19	0.10400	216.650	6467.48	9.7483	295.069
20	0.08891	216.650	5529.30	9.7452	295.069
21	0.075715	217.581	4728.93	9.7422	295.703
22	0.064510	218.574	3466.86	9.7391	296.377
23	0.055006	219.567	3466.86	9.7361	297.249
24	0.046938*	220.560	2971.74	9.7330	297.720
25	0.040084	221.552	2549.22	9.7300	298.389

理论上, 在进行导弹设计和研究密集度时, 设计者必须知道平均风速及两个半球的标准偏差。表 2-2 给出了在冬天和夏天, 北半球从北纬 20° 到北纬 80°, 高度从 10,000 到 100,000 英尺的总风向、平均向量风速和标准向量偏差。

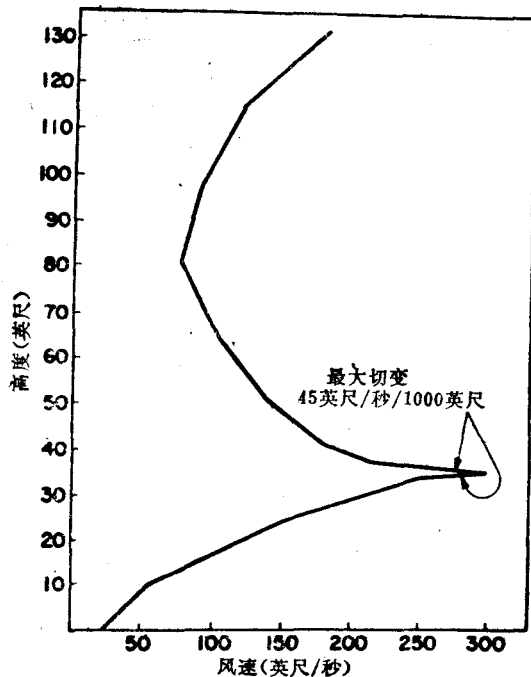
平均风速和标准偏差, 以及冬季期间某一地点、每一分向量、在一系列高度上各量之间的关系见参考资料〔4〕。

2-2.3 低空风

在参考资料〔4〕的第四章 4.1 节的内容中, 包括平均风随高度变化的规律。本节给出计算平均风速的近似方程, 同时给出有关风向转换和风向变化以及低空气流的资料和数据表。

表 2-3 给出了在年份内北半球不同位置、地面以上 50 英尺处的平均风速和极限风速的标准偏差。

图 2-2 表示在温带地区五年内所观察到的最强风。风速一般是指地面以上 40 到 100 英尺范围内的风速, 离地面 10 英尺处的风速近似等于上述风速的 80%, 但最低温度时除外, 此时的风速仅为所给值的 50%。



在美国整个东北部，最大风速(300 英尺/秒)和有关的最大切变(45英尺/秒/1000英尺)可能超过冬季的 1%，高于或低于最大风速和切变的风速和切变即表示 1% 概率条件下可能遇到的结果

图2-1 最大风速和有关切变

(摘自美国空军剑桥研究所Shea L, Valley著“地球物理学和宇宙空间手册”，McGraw Hill图书公司出版)

2-2.4 地区性年度和季节性密度模型

在计算火箭飞行特性和火箭结构时，必须考虑到大气环境参数的垂直分布。在限定的环境下，人们对这一领域的了解很快地超出了“标准大气模型”的范围，而此模型仅能对大气环境作第一次近似的描述。因此标准大气扩建委员会 (COESA) 已采用补充的大气参数 (见参考资料[2])。

这些标准大气补充数据虽然为设计者所欢迎，但仍不能充分描述大气的状态，而且也没有进一步改进的打算。因此，除了具备平均条件的修改模型以外，设计者还需要具有根据现有模型来描述误差的资料，这些资料通常采用某一误差函数或标准偏差的形式表示。

通常假定某一偏差，例如在每一高度，采用标准偏差正“ σ ”，然后依次连接这些点，由此形成的综合高度关系曲线称为正“ σ ”包络线 (不同于分布图)，此外，也采用密度偏差为 3% 的常数。这样一个方法是很有吸引力的，因为它可以将大量统计数据压缩成少量的高度曲线。然而，这里完全忽略了显然是复杂的而又不能用单项形式表示的气象与高度的关系，虽然可以合乎逻辑地求出每一高度的或然误差，但由这些误差所组成的垂直分布图完全偏离于实际分布图，特别对密度更是如此 (图 2-3 正好表示出这种

情况)。由于以上的忽略,往往造成火箭系统的错误设计。

引入更多的实际分布图,可能会由于分布图的增多或计算上的复杂性而使设计人员的工作量增大,但是设计者可以减少或避免设计上的错误,从而得到一个良好的火箭系统。理想的方法是采用一些样品分布图进行研究。若以单一的大气条件当作从任意数据中选定的输入量进行计算,其结果是计算工作量大得惊人。但是采用经过仔细选择的少量的、而具有代表性的典型曲线,不仅具有合适的计算工作量,而且可以保留实际数据。

这样一种选择方法已经由美国陆军导弹司令部物理实验室大气物理研究室主任 O. M. Essenwanger 所完成,他所得的一套数据包括 800 条具有代表性的曲线(共分八组,每组 100 条曲线);有四个地区,每个地区的两组分别代表夏天和冬天。图 2-3 即是从这套数据中选出来的曲线。

较好而又比较简单的方法是采用一个具有代表性的分布图,此时必须使计算工作相当简单,又要对实际的大气条件进行正确的计算。由这些分布图所得到的资料,将提供有关火箭性能方面的、并适合初步设计使用的数据。

表 2-4 和图 2-4 所示的 20 组大气密度和有关温度的变化规律就是一套有代表性的分布图。这些分布图可用来表示四个地区在夏、冬和年平均的大气条件和正“ σ ”大气条件的情况。表 2-4 第一面列出每个条件的专门分布图,此处的编号代表后面各表格和图 2-4 各曲线的标题和索引。

美国陆军导弹司令部研究发展部物理实验室的 H. P. Dudel 曾发表一篇报告⁽⁷⁾,给出了北纬 15°、30°、45°、60° 和 75° 地区一月到七月之间的平均、负“ σ ”和正“ σ ”大气密度分布图。与此同时,标准大气扩建委员会(COESA)已经宣布采用,并打算再版 Cole 和 Kanter 的“空军临时补充大气数据”⁽⁸⁾一书,在同样的地理纬度和月份情况下(类似 H. P. Dudel 在资料[7]中提出的条件),这些补充数据接近平均条件。

参 考 文 献

1. AMCP 706-283. Engineering Design Handbook, Aerodynamics.
2. U. S. Standard Atmosphere, 1962. COESA, NASA, USAF, U. S. Weather Bureau, U. S. Government Printing Office, Dec 1962.
3. Air Force Interim Supplemental Atmosphere to 90 Kilometers, Air Force Surveys in Geophysics No. 153, 1963.
4. Handbook of Geophysics and Space Environments, AFCL, McGraw-Hill, April 65.
5. AR 705-15. Change 1. Operation of Material Under Extreme Conditions of Environment.
6. MIL-STD-210A, Climatic Extremes in Military Equipment.
7. H. P. Dudel, Regional-Seasonal One-Sigma Density Profiles, Aerophysics Branch, Physical Sciences Lab, R&DD, USAMICOM.

表2-2 北半球合成风的各种状态

北半球各种不同纬度和经度、冬天和夏天、在不同高度(H)时合成风向(d ,以度表示),平均向量风速($\bar{V}$,以节表示)和标准向量误差(δ ,以节表示)

		夏天																										
		西经180° W			160°			140°			120°			100°			80°			60°			40°			20°		
H	10 ³ 英尺	d	$\bar{V}$	δ	d	$\bar{V}$	δ	d	$\bar{V}$	δ	d	$\bar{V}$	δ	d	$\bar{V}$	δ	d	$\bar{V}$	δ	d	$\bar{V}$	δ	d	$\bar{V}$	δ	d	$\bar{V}$	δ
北纬 20°																												
10	80	09	13		80	07	09	115	05	09	115	05	08				120	11	11	130	12	12	65	10	14	90	12	16
20	35	04	14		150	02	13	230	06	12	150	10	12	105	10	10	100	07	12	150	05	12	10	05	14	120	05	14
30	300	04	19		255	12	20	250	16	18	150	14	17	100	08	15	65	06	16	245	05	16	220	08	16	180	10	14
40	300	10	26		270	25	27	245	20	26	140	14	20	95	10	20	30	06	22	270	10	22	225	13	23	160	12	20
50	30	03	20		230	10	20	230	10	20	120	10	15	80	10	20	25	08	18	50	05	20	170	10	20	130	10	20
60	100	15			100	20	10	110	15	10	100	20	10	85	20	10	85	20	10	90	20	10	100	15		90	15	
70	90	30			90	30	10	90	30	10	90	30	10	90	30	10	90	30	10	95	30	10	90	25		90	30	
80	90	35			90	35	10	90	35	10	90	35	10	90	35	15	90	35	15	90	35	15	90	30		90	35	
90	90	35			90	40	10	90	40	10	95	40	15	95	40	15	95	40	15	90	35	15	90	30		90	30	
100	90	45			90	45	12	90	45	15	95	45	15	95	45	15	95	45	15	90	35	15	90	30		90	30	
北纬 30°																												
10	150	02	15		60	04	13	50	05	13	205	05	12	150	05	14	220	04	13	220	05	14	300	04	16	310	04	16
20	330	08	18		290	05	18	280	04	15	230	10	16	150	02	15	240	04	15	240	06	16	280	05	17	275	08	17
30	325	10	24		275	12	24	260	13	24	240	20	25	360	06	20	300	05	23	280	07	22	280	08	22	255	15	20
40	335	12	32		280	18	30	255	23	30	225	25	30	325	06	30	325	07	28	290	08	25	280	14	28	255	20	25
50	360	08	25		270	10	25	245	20	25	190	10	20	360	06	25	340	08	25	315	05	25	260	10	25	240	10	20
60	40	08			40	10	10	170	10	10	130	05	10	85	10	10	80	10	10	80	10	10	40	10		40	10	
70	90	20			90	20	10	90	20	10	90	20	10	90	20	10	90	20	10	90	20	10	90	20		90	20	
80	90	25			90	25	10	90	25	10	90	25	10	90	25	10	90	25	10	90	25	10	90	25		90	25	
90	90	30			90	30	10	90	30	10	90	30	10	90	30	10	90	30	10	90	30	10	90	25		90	25	
100	90	30			90	35	15	90	35	15	90	35	15	90	35	15	90	35	15	90	30	10	90	25		90	25	
北纬 40°																												
10	245	18	18		240	13	18	315	10	18	240	07	14	270	10	16	275	16	17	260	16	18	270	14	18	285	10	17
20	270	24	24		265	21	24	300	14	22	250	18	22	270	19	20	275	23	21	265	24	22	270	17	24	280	16	22
30	270	32	30		265	24	32	280	18	30	255	26	34	270	31	28	275	30	29	270	30	29	280	21	32	275	19	28
40	285	35	35		275	23	34	270	22	35	250	32	36	265	40	34	280	35	35	270	30	33	280	25	35	275	24	30
50	295	20	25		270	15	25	260	20	25	245	20	24	250	20	24	280	18	25	280	20	25	275	20	25	280	20	25
60	210	10			190	07	10	180	10	10	180	10	10	190	10	10	220	10	15	200	10	10	200	10		200	10	
70	90	10			90	10	10	90	10	10	95	10	10	90	10	10	85	10	10	80	10	10	90	07		90	10	
80	90	20			90	20	10	90	20	10	90	20	10	90	15	10	90	15	08	90	20	08	90	15		90	15	
90	90	20			90	20	10	90	20	10	90	20	10	90	20	10	90	20	10	90	20	10	90	20		90	20	
100	90	25			90	25	10	90	25	10	90	25	10	90	20	10	90	20	10	90	20	10	90	20		90	20	
北纬 50°																												
10	260	17	23		245	18	23	260	14	23	275	10	15	285	14	18	285	18	18	270	16	22	260	20	22	265	17	23
20	265	23	29		255	26	30	275	21	29	265	18	25	275	24	23	285	28	25	270	27	29	265	29	30	270	25	30
30	270	31	38		260	32	38	280	30	40	265	25	37	275	36	34	285	38	33	265	40	40	265	40	42	270	31	40
40	270	36	38		260	32	38	275	30	35	270	28	35	270	40	34	280	38	34	265	45	38	265	40	37	265	32	38
50	265	15	25		260	15	25	260	15	25	260	20	25	265	25	20	280	25	25	265	25	25	270	25	25	265	20	25
60	210	10			190	10	10	190	10	10	210	05	10	220	10	15	230	10	10	190	10	10	190	10		200	10	
70	90	05			95	05	10	95	05	10	100	05	10	90	05	10	80	05	10	80	05	10	90	05		100	05	
80	90	10			90	10	10	90	10	10	90	10	10	90	10	10	90	10	10	90	10	10	90	10		90	10	
90	90	15			90	15	10	90	15	10	90	15	10	90	15	08	90	15	08	90	15	08	90	15		90	15	
100	90	15			90	15	10	90	15	10	90	20	10	90	15	08	90	15	08	90	15	08	90	15		90	15	
北纬 60°																												
10	240	08	20		210	08	20	230	05	18	295	06	14	310	12	18	290	10	20	230	06	20	260	05	21	250	08	24
20	260	10	30		235	11	30	250	10	26	290	12	22	300	17	22	290	18	26	250	10	29	270	13	30	260	14	32
30	260	20	38		245	16	38	260	15	40	280	10	30	295	22	33	290	24	32	255	15	37	260	19	39	265	22	45
40	255	14	34		245	17	33	265	15	32	275	10	28	290	22	30	290	24	29	255	19	30	260	22	35	260	24	35
50	275	05	20		260	10	20	260	10	20	275	10	20	290	15	20	290	15	20	255	10	20	260	15	25	240	15	25
60	220	05			180	05	10	180	05	10	190	05	10	210	10		220	08		200	08		200	10		190	08	
70	90	05			90	05	10	95	05	10	100	05	10	90	05		80	05		80	05		90	05		100	05	
80	90	10			90	10	10	90	10	10	90	10	10	90	10		90	10		90	10		90	10		90	10	
90	90	10			90	10	08	90	10	08	90	10	10	90	10		90	10		90	10		90	10		90	10	
100	90	10			90	15	08	90	15	08	90	15	08	90	15		90	15		90	15		90	15		90	15	

(续)

夏天																																					
H		西经180°				160°				140°				120°				100°				80°				60°				40°				20°			
10°英尺		d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ						
北纬 70°																																					
10	240	10	18	210	07	17	250	07	16	300	09	13	330	08	18	270	04	18	140	03	17	65	03	16	330	04	18										
20	250	12	27	240	11	26	260	11	21	300	15	18	320	13	24	280	07	26	210	06	25	270	04	24	270	04	27										
30	240	13	36	230	12	36	260	14	29	290	17	24	320	16	29	280	08	32	235	08	32	250	08	33	270	05	38										
40	250	10	28	230	12	28	250	13	24	285	13	22	315	16	24	270	10	23	230	07	25	255	07	25	265	08	25										
50	255	05	15	255	05	15	270	05	15	290	10	15	310	10	15	285	05	15	245	05	15	210	03	10	210	05	20										
60	210	05		190	03	10	180	03	10	190	03	10	210	03		230	05		230	03		140	02		150	02											
70	90	05		90	05	10	90	05	10	80	05	10	90	05		90	05		90	05		90	05		100	05											
80	90	08		90	08	10	90	08	10	90	08	10	90	08		90	08		90	08		90	08		90	08											
90	90	08		90	08	10	90	08	10	90	08	10	90	08		90	08		90	08		90	08		90	08											
100	90	10		90	10	08	90	10	08	90	10	08	90	10		90	10		90	10		90	10		90	10											
北纬 80°																																					
10	250	07	16	255	06	17	265	06	17	285	06	17	280	04	16	195	03	16	205	04	14	315	04	15	310	05	15										
20	250	11	24	260	12	24	280	10	24	290	08	23	285	04	25	235	04	26	230	05	24	265	07	23	285	05	24										
30	270	07	32	275	10	32	300	10	30	320	10	30	280	04	30	265	04	30	215	06	30	270	06	34	300	09	32										
40	270	10	23	285	10	22	300	10	20	320	10	20	315	05	19	240	04	20	195	04	20	245	04	20	280	05	20										
50	220	05	10	270	05	10	305	05	10	310	05	10	280	05	15	260	02	10	170	02	10	180	02	10	240	03	15										
60	200	05		200	05		190	05		190	05		30	02		30	02		40	02		150	02		150	02											
70	90	05		90	05		80	05		60	05		70	05		80	05		90	05		100	05		110	05											
80	90	05		90	05		90	05		80	05		90	05		90	05		100	05		90	05		100	05											
90	90	05		90	05		90	05		90	05		90	05		90	05		90	05		90	05		90	05											
100	90	05		90	08		90	08		90	08		90	05		90	05		90	05		90	05		90	05											

		夏天																																																					
H		东经 0°				20°				40°				60°				80°				100°				120°				140°				160°																					
10°英尺		d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ																								
北纬 20°																																																							
10	115	15	15	30	10	12	05	10	13	330	03	12	240	05	15	280	07	17	210	05	15	160	05	15	150	08	10	10	115	15	15	30	10	12	05	10	13	330	03	12	240	05	15	280	07	17	210	05	15	160	05	15	150	08	10
20	115	08	15	25	08	14	05	07	15	70	07	12	110	05	15	115	05	14	165	05	15	170	03	15	130	03	13	10	115	08	15	25	08	14	05	07	15	70	07	12	110	05	15	115	05	14	165	05	15	170	03	15	130	03	13
30	165	05	15	20	05	17	05	12	15	70	12	12	80	15	15	90	15	15	90	05	15	25	03	15	350	03	18	20	165	05	15	20	05	17	05	12	15	70	12	12	80	15	15	90	15	15	90	05	15	25	03	15	350	03	18
40	150	10	20	30	05	22	110	22	18	70	28	18	80	25	20	85	25	20	85	10	25	30	05	25	355	05	25	30	150	10	20	30	05	22	110	22	18	70	28	18	80	25	20	85	25	20	85	10	25	30	05	25	355	05	25
50	120	15	20	110	25	25	110	30	20	90	40	25	80	45	25	75	40	25	75	20	25	65	15	25	60	10	20	30	120	15	20	110	25	25	110	30	20	90	40	25	80	45	25	75	40	25	75	20	25	65	15	25	60	10	20
60	100	20		100	25		100	35		90	35		90	40		90	40		80	40		90	30		90	20		30	100	20		100	25		100	35		90	35		90	40		80	40		90	30		90	20				
70	90	30		90	30		90	30		90	30		90	30		90	30		90	40		90	40		90	30		30	90	30		90	30		90	30		90	30		90	30		90	30		90	30		90	30				
80	90	35		90	35		90	35		90	35		90	35		90	35		90	40		90	40		90	40		30	90	35		90	35		90	35		90	35		90	35		90	35		90	35		90	35				
90	90	35		90	35														90	45		90	45		90	40		30	90	35		90	35																						
100	90	35		90	35														90	50		90	55		90	50		30	90	35		90	35																						
北纬 30°																																																							
10	130	03	16	330	10	15	295	08	14	345	04	15							245	06	18	230	07	15	245	10	15	20	130	03	16	330	10	15	295	08	14	345	04	15															
20	200	07	18	315	13	18	270	12	17	360	07	15	175	05	15				245	10	20	250	15	20	250	10	18	20	200	07	18	315	13	18	270	12	17	360	07	15	175	05	15												
30	260	13	19	270	17	20	240	10	21	345	08	18	225	05	20	170	10	25	220	15	30	270	13	27	290	12	23	30	260	13	19	270	17	20	240	10	21	345	08	18	225	05	20	170	10	25	220	15	30	270	13	27	290	12	23
40	250	20	25	255	25	26	230	17	23	320	07	25	260	08	25	190	15	30	225	15	35	305	20	35	310	15	30	30	250	20	25	255	25	26	230	17	23	320	07	25	260	08	25	190	15	30	225	15	35	305	20	35	310	15	30
50	245	15	20	220	15	25	195	10	20	180	07	25	30	05	25	60	15	30	340	10	35	340	10	30	345	10	30	30	245	15	20	220	15	25	195	10	20	180	07	25	30	05	25	60	15	30	340	10	35	340	10	30	345	10	30
60	170	15		150	10		150	15		90	10		90	10		90	20		80	20		70	15		40	10		30	170	15		150	10		150	15		90	10		90	10		90	20		80	20		70	15				
70	90	20		90	20		100	20		100	20		90	20		90	20		90	25		90	20		90	20		30	90	20		90	20		100	20		100	20		90	20		90	20		90	20		90	20				
80	90	25		90	25		90	25		90	30		90	30		90	30		90	30		90	25		90	25		30	90	25		90	25		90	25		90	30		90	30		90	30		90	25		90	25				
90	90	25		90	25		90	25		90	25								90	30		90	30		90	30		30	90	25		90	25		90	25		90	25		90	25		90	25		90	25		90	25				
100	90	30		90	30		90	30											90	35		90	40		90	40		30	90	30		90	30																						

(续)

夏天

H	东经 0°				20°				40°				60°				80°				100°				120°				140°				160°			
10 ³ 英尺	d	v	s	d	v	s	d	v	s	d	v	s	d	v	s	d	v	s	d	v	s	d	v	s	d	v	s	d	v	s	d	v	s			
北纬40°																																				
10	265	13	16	315	14	18	255	08	17	330	08	16	250	05	09	290	06	16	285	07	18	260	11	18	265	16	18									
20	265	22	20	290	22	23	240	17	20	295	15	20	255	12	20	270	13	20	280	14	25	265	20	25	275	24	24									
30	265	30	28	280	32	30	270	38	30	280	33	30	260	34	25	255	20	26	270	23	35	260	37	37	280	34	32									
40	265	32	30	265	40	30	255	38	35	275	38	30	260	43	35	275	35	35	275	40	35	265	40	45	280	39	38									
50	265	25	25	260	30	25	260	35	25	260	30	25	265	30	30	290	25	25	280	30	30	285	25	35	285	20	30									
60	190	15		200	15		200	20		200	20		200	20		200	20		210	20		220	15		220	10										
70	90	10		100	10		100	15		100	10		100	10		100	10		90	10		90	10		80	10										
80	90	20		90	20		90	20		90	20		90	20		90	20		90	20		90	20		90	20										
90	90	20		90	20		90	20		90	20								90	20		90	20		90	20										
100	90	25		90	25		90	25											90	20		90	20		90	20										
北纬50°																																				
10	260	14	20	285	10	20	260	06	19	310	08	18	280	08	17	285	07	16	315	06	17	280	05	19	290	08	20									
20	265	20	28	275	14	27	260	08	24	295	13	24	280	14	25	280	13	21	290	13	25	280	12	27	285	16	28									
30	270	27	40	270	20	35	260	14	32	290	27	33	275	20	31	275	20	27	275	18	35	285	23	35	285	25	37									
40	270	27	35	265	24	35	260	20	35	280	27	35	270	34	32	275	30	30	270	25	36	290	27	35	290	30	40									
50	270	15	25	260	20	25	255	25	20	275	25	25	270	25	25	280	20	25	275	20	25	290	20	25	290	20	30									
60	200	10		200	10		200	10		200	10		200	10		200	15		200	10		200	10		220	10										
70	100	05		100	05		100	10		100	05		100	05		90	05		90	05		80	05		90	05										
80	90	10		90	10		90	10		90	12		90	12		90	12		90	10		90	10		90	10										
90	90	15		90	15		90	15		90	15								90	15		90	15		90	15										
100	90	20		90	20		90	20											90	10		90	10		90	10										
北纬60°																																				
10	245	12	20	260	08	20	270	07	20	285	08	21	250	07	19	250	05	15	280	05	16	280	05	18	280	05	19									
20	250	16	30	260	13	27	275	10	27	290	09	27	270	09	26	270	08	22	280	08	24	275	08	24	280	08	27									
30	255	22	45	260	20	40	280	15	32	290	14	34	270	10	35	265	10	30	270	12	27	275	14	30	275	17	34									
40	255	22	35	260	20	32	275	20	27	280	17	28	270	18	26	270	15	25	265	16	26	280	16	28	280	12	33									
50	255	10	20	260	10	20	270	15	20	270	15	20	270	15	15	270	10	15	270	12	20	290	10	20	300	10	25									
60	190	05		200	05		200	05		200	05		190	05		190	05		200	05		200	05		220	05										
70	100	05		100	05		100	05		100	05		90	05		90	05		90	05		90	05		90	05										
80	90	10		90	10		90	10		90	10		90	08		90	08		90	10		90	10		90	10										
90	90	10		90	10		90	10		90	10								90	10		90	10		90	10										
100	90	15		90	15		90	15											90	10		90	10		90	10										
北纬70°																																				
10	255	06	18	225	07	15	235	05	17	225	05	17	210	05	19	210	05	14	240	07	15	250	09	16	250	11	18									
20	240	08	26	240	11	22	265	08	23	275	05	23	260	05	24	260	05	22	270	09	24	265	12	23	260	13	25									
30	240	14	37	230	16	28	260	08	27	265	05	30	260	04	30	260	04	26	260	08	24	260	12	26	260	14	32									
40	245	13	26	240	12	24	260	12	22	265	11	22	260	11	20	255	11	21	255	09	22	255	09	23	255	09	25									
50	240	08	15	245	08	15	255	08	15	255	08	15	250	07	15	240	08	13	250	08	15	250	07	15	245	05	15									
60	170	05		180	05		200	05		210	05		210	05		190	05		200	05		200	05		210	05										
70	100	05		100	05		100	05		100	05		90	05		90	05		90	05		90	05		90	05										
80	90	08		90	08		90	08		90	08		90	08		90	08		90	08		90	08		90	08										
90	90	08		90	08		90	08		90	08								90	08		90	08		90	08										
100	90	08		90	08		90	08											90	05		90	05		90	05										
北纬80°																																				
10	270	05	15	265	07	14	260	05	15	245	05	15	245	06	15	245	05	14	250	07	15	250	08	14	255	08	16									
20	270	05	23	270	06	22	255	05	21	255	05	20	255	08	22	255	05	23	260	09	24	260	10	24	255	11	24									
30	270	08	30	235	07	25	240	05	25	245	05	25	250	03	26	250	03	26	260	04	26	265	05	28	265	07	30									
40	255	07	20	240	07	19	240	07	18	245	07	18	250	06	18	255	05	18	265	06	20	270	06	20	270	07	20									
50	245	05	15	270	05	15	240	05	12	230	05	10	220	04	10	220	05	10	210	03	10	210	03	10	210	03	10									
60	160	05		180	05		210	05		210	05		210	02		210	05		210	05		210	05		210	05										
70	110	05		110	05		110	05		110	05		100	05		90	05		90	05		90	05		90	05										
80	100	05		90	05		90	05		90	05		90	05		90	05		80	05		90	05		90	05										
90	90	05		90	05		90	05		90	05								90	05		90	05		90	05										
100	90	05		90	05		90	05		90	05								90	03		90	03		90	03										

(续)

冬天																																					
H		西经 180°				160°				140°				120°				100°				80°				60°				40°				20°			
10°英尺	d	v	s		d	v	s		d	v	s		d	v	s		d	v	s		d	v	s		d	v	s		d	v	s						
北纬 20°																																					
10	30	03	18	140	03	17	170	04	15	210	04	15						70	05	14	105	04	17	245	04	18	270	06	17								
20	300	16	27	290	08	25	225	05	21	245	14	20	240	13	18	325	05	20	340	09	23	315	05	22	280	18	19										
30	290	33	35	280	25	35	260	15	30	255	30	28	250	27	25	275	23	27	295	27	30	290	20	25	280	45	28										
40	285	35	35	285	40	35	280	33	35	265	38	30	255	37	28	265	35	30	285	43	33	280	45	30	275	55	32										
50	295	25	30	295	30	35	285	30	30	260	30	25	250	33	25	270	30	25	285	30	30	275	30	30	270	40	30										
60	190	15		265	15	15	270	15	20	270	15	20	265	15	20	265	15	20	280	15	20	270	15		270	15											
70	80	08		150	08	15	70	05	15	250	08	15	220	05	15	210	05	15	240	03	15	240	03		240	03											
80	90	05		60	08	15	80	05	15	80	08	15	90	02	15	90	03	15	80	05	15	110	03		110	03											
90	90	05		90	05		90	05		90	05		90	05		90	05		240	03		90	05		90	05											
100	90	02		90	02		90	10		90	10		90	03		240	05		90	03		90	10		90	10											
北纬 30°																																					
10	270	20	24	245	12	24	265	07	23	290	11	19	255	20	18	250	17	20	280	13	23	260	08	22	315	07	19										
20	270	40	33	270	25	32	275	15	30	280	24	30	260	38	28	275	36	28	290	25	32	285	13	28	300	17	24										
30	270	60	40	275	40	42	280	25	40	275	38	40	260	57	40	275	55	35	285	38	40	280	23	35	290	27	33										
40	275	70	40	275	55	42	290	37	43	275	48	40	260	70	40	275	65	35	285	48	40	275	35	38	285	35	37										
50	280	50	35	285	35	35	290	35	35	270	35	30	260	55	30	270	60	30	285	45	35	280	30	30	280	30	30										
60	250	25		265	20	20	270	20	20	285	20	20	265	30	20	270	35	20	270	30	20	280	20		280	20											
70	200	03		150	08	15	30	08	15	300	08	15	270	15	15	270	20	20	270	20	15	270	15		270	15											
80	110	05		90	05	15	60	05	15	330	05	20	280	10	15	270	15	20	250	15	20	260	15		270	10											
90	90	05		85	05	20	90	03		320	08	20	280	10	20	270	15	20	270	20		270	10		270	10											
100	270	10		270	08		270	03		300	10	30	270	15	25	270	20	25	270	25		270	10		270	15											
北纬 40°																																					
10	260	30	25	260	24	28	275	21	29	280	15	23	285	20	23	270	35	25	275	28	27	260	15	28	275	12	24										
20	260	47	37	260	37	39	275	32	39	280	29	37	275	37	37	270	53	37	265	47	37	260	30	38	282	18	32										
30	260	65	45	265	53	45	275	43	50	285	42	48	270	53	45	270	75	47	265	57	46	260	35	45	280	22	38										
40	260	74	45	265	60	45	280	47	45	285	47	43	270	60	45	270	80	40	265	55	48	260	40	43	280	25	38										
50	265	55	40	275	40	40	285	35	35	280	35	30	270	45	35	270	60	30	265	50	35	265	35	35	280	25	30										
60	250	30		265	20	20	290	20	20	290	25	20	280	30	20	270	35	25	270	35	25	270	35		270	30											
70	210	10		260	20	20	270	15	20	300	15	20	290	20	20	290	30	25	270	30	25	260	30		270	30											
80	240	05		240	10	10	270	10	15	330	10	20	300	20	25	270	25	30	270	30	25	260	30		270	25											
90	270	10		270	10		270	-10		330	10	25	300	15	30	270	25	30	270	25	30	270	20		270	20											
100	270	25		270	25		270	20		310	15	30	300	20	35	270	30	35	270	30	35	270	20		270	25											
北纬 50°																																					
10	240	20	28	260	20	30	260	21	31	265	18	20	295	20	20	275	22	25	265	23	27	250	28	33	260	24	32										
20	240	26	38	255	32	40	270	32	43	280	31	35	290	33	32	275	37	35	260	40	38	245	43	43	265	34	44										
30	240	35	45	255	40	45	270	42	50	285	38	45	285	42	38	270	50	40	255	48	45	250	55	55	265	44	50										
40	240	42	45	260	40	40	280	42	40	285	38	35	285	42	33	270	45	35	255	52	40	250	50	45	270	40	45										
50	245	30	35	255	30	35	280	30	35	285	30	30	285	35	25	270	45	30	255	45	35	250	35	35	275	30	35										
60	230	25		270	25	30	290	20	25	290	25	25	290	35	30	280	40	30	270	40	30	250	40		270	35											
70	230	15		260	20	25	300	15	25	300	25	25	290	30	30	280	35	30	270	40	30	250	40		270	35											
80	230	10		270	15	25	290	20	25	300	20	30	300	30	30	280	30	30	270	40	35	260	35		260	40											
90	260	15		270	15		290	20	30	300	25	30	295	25	35	280	30	35	270	40	35	270	40		270	35											
100	270	30		270	25		290	25	35	300	30	35	295	30	40	280	35	40	270	45		270	40		270	35											
北纬 60°																																					
10	240	07	27	285	08	27	235	08	25	290	13	20	310	14	18	285	13	20	250	12	24	220	14	28	245	20	32										
20	240	12	36	260	15	40	270	20	35	290	22	27	305	23	27	275	19	28	245	19	35	230	23	41	250	28	43										
30	235	20	40	260	23	42	275	27	42	295	25	33	305	30	32	270	25	33	240	27	40	240	33	47	255	37	55										
40	230	20	35	260	27	36	280	30	35	295	25	30	300	30	28	270	25	30	235	30	35	240	38	38	260	40	45										
50	240	20	30	255	30	30	280	30	30	295	25	25	300	30	25	270	25	25	240	30	30	240	35	35	270	35	35										
60	240	30		270	30	30	280	30	30	290	30	30	300	35		290	35		270	35		250	40		260	40											
70	240	35		270	35	35	290	35	30	280	35	30	300	40		290	40		270	40		250	45		260	40											
80	250	30		270	35	35	280	35	35	280	35	35	270	35		270	45		270	45		250	45		270	45											
90	270	30		270	40	40	275	40	35	285	40	35	270	40		270	45		270	45		270	45		270	45											
100	270	35		270	40	45	275	40	40	285	40	35	270	40		270	45		270	50		270	55		270	55											

(续)

冬天																											
H	西经180°			160°			140°			120°			100°			80°			60°			40°			20°		
10°英尺	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ
北纬 70°																											
10	300	03	26	300	04	24	285	07	20	310	08	20	330	08	18	110	02	18	195	07	21	165	08	24	270	09	26
20	280	06	30	280	09	30	290	15	27	310	14	24	325	13	24	190	03	27	195	13	33	215	13	36	245	17	36
30	265	13	34	275	17	35	285	19	33	310	17	27	325	17	28	250	05	29	200	15	36	225	15	40	250	23	46
40	240	17	30	265	23	28	290	20	28	315	18	25	320	17	25	260	15	25	205	15	30	225	20	30	255	25	32
50	240	25	25	260	25	25	285	25	25	305	25	25	310	20	25	275	15	25	225	15	25	230	25	30	260	25	30
60	250	35		270	35	35	290	35	30	300	35	30	310	30		310	20		270	20		250	30		260	30	
70	250	40		270	35	35	290	35	35	310	40	35	310	35		320	30		280	25		250	35		260	35	
80	270	40		270	40	40	280	40	35	290	40	35	290	35		300	35		270	30		270	35		270	40	
90	270	40		270	40	40	275	40	40	280	40	40	280	40		280	40		270	30		270	40		270	45	
100	270	40		270	45	45	275	45	45	280	40	40	270	45		270	45		270	40		270	45		270	50	
北纬 80°																											
10	330	03	20	330	03	20	330	04	20	355	05	20	30	03	18	95	03	19	155	06	19	180	06	20	220	07	23
20	310	04	25	320	05	25	325	06	25	355	04	25	45	02	25	120	05	25	160	10	29	210	10	32	225	13	30
30	300	08	25	320	10	25	320	10	25	345	07	25	60	03	25	140	05	25	190	10	30	215	10	33	230	15	37
40	265	12	23	295	13	25	325	12	25	360	10	25	60	03	25	160	05	25	180	10	25	210	10	27	240	15	25
50	260	20	20	260	20	25	280	15	25	300	15	25	285	10	25	275	08	25	230	10	25	235	10	25	250	15	25
60	250	20		270	25		280	20		310	20		320	15		340	15		320	15		290	10		260	10	
70	250	25		270	35		280	25		310	20		320	20		330	15		330	15		310	15		250	15	
80	270	30		270	35		270	30		290	25		300	20		300	15		300	20		290	20		260	20	
90	270	30		270	35		270	35		280	25		280	20		290	20		290	20		280	25		270	25	
100	270	35		270	35		270	35		270	30		270	25		270	25		270	25		270	30		270	30	

冬天																												
H		东经 0°			20°			40°			60°			80°			100°			120°			140°			160°		
10°	英尺	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ	d	▽	δ
北纬 20°																												
10	240	06	16	265	08	15	290	13	15	250	09	15	270	12	15	290	08	15	200	12	14	210	11	17	210	07	17	17
20	265	27	21	245	15	25	260	22	22	285	23	23	285	22	20	265	24	20	230	20	17	225	25	20	285	17	20	20
30	265	55	32	260	35	27	275	40	30	270	45	28	260	40	25	250	45	25	255	40	22	245	32	25	295	30	25	25
40	265	62	35	260	50	30	275	50	30	265	65	33	250	65	30	250	52	25	250	45	25	240	30	28	280	35	30	30
50	265	50	25	260	45	30	270	45	25	260	55	30	250	55	32	250	45	25	240	40	25	230	25	25	280	30	25	25
60	270	40		270	35		270	35		270	35		270	40		270	35		260	30		260	20		150	20		
70	250	10		250	15		210	15		210	25		220	25		230	20		250	10		220	10		90	05		
80	100	05		160	05		30	05		30	05		30	05		30	05		230	05		110	05		70	10		
90	90	05		90	05		90	05											90	10		90	10		90	10		
100	90	10																	90	10		90	15		90	10		
北纬 30°																												
10	290	14	20	280	16	20	265	20	19	250	18	15							285	28	17	275	30	20	270	30	20	20
20	280	36	30	270	32	33	255	38	28	265	35	25	270	35	25				270	55	25	270	65	30	265	60	30	30
30	280	50	45	270	60	45	270	65	40	270	55	35	275	58	35	270	70	35	270	85	35	265	90	35	270	80	40	40
40	280	55	45	270	65	40	270	75	40	265	75	40	260	80	40	270	80	35	270	90	35	270	10	40	270	95	40	40
50	280	50	35	270	55	30	270	65	30	265	70	35	260	75	35	265	80	35	265	85	35	265	85	35	275	70	35	35
60	280	30		280	35		260	35		270	35		270	40		270	50		270	55		250	50		260	35		
70	290	20		280	20		260	25		270	30		270	30		280	30		260	25		240	20		200	15		
80	290	15		280	20		270	20		280	20		280	20		270	15		240	20		220	15		250	05		
90	270	15		270	25		270	20											260	20		260	20		270	08		
100	270	20		270	30														270	25		270	25		270	15		