

中华人民共和国国家军用标准

军用设备气候极值 总 则

GJB 1172.1—91

Climatic extremes for military equipment
General

1 主题内容与适用范围

1.1 主题内容

本标准规定了本系列标准的共性术语、各类极值的确定方法、分标准的名称和内容及本系列标准与环境试验标准的关系。

1.2 适用范围

本标准适用于本系列标准的其它分标准。

2 引用标准

GJB 150.1~150.20 军用设备环境试验方法

3 术语、符号

3.1 术语

3.1.1 气象要素 meteorological element

表征大气状态的基本物理量和基本现象。

3.1.2 气象要素极值 extremes of meteorological element

气象要素在一定时空范围内和一定风险率条件下的最高值或最低值。

3.1.3 极端地区 extreme area

气象要素极值的全国最高值或最低值出现的地方(军事行动难以到达的个别山峰或记录奇异的个别孤立地方除外)。

3.1.4 时间风险率 time risk

某气象要素在严酷月出现不小于或不大于某特定值的小时数占应有记录总小时数的百分率。

3.1.5 面积风险率 area risk

某气象要素极值不小于或不大于某特定值(面积风险率极值)所代表的国土面积占全国面积的百分率。

3.1.6 预期暴露期 expected duration of exposure

设计军用设备时,预期的设备使用年限。

3.1.7 再现风险率 repetition risk

在预期暴露期内,某气象要素极值不小于或不大于某特定值的事件出现一次的概率。

3.1.8 再现期 return period

某气象要素极值不小于或不大于某特定值(再现期值)的事件出现一次的平均时间间隔。

3.1.9 再现期值 value corresponding to return period

与再现期对应的气象要素特定值。

3.1.10 单站记录极值 recorded extremes of single station

单个测站正式记录到的气象要素的最高值或最低值。

3.1.11 全国记录极值 recorded extremes over the country

全国范围内单站记录极值的最高值或最低值。

3.1.12 面积风险率记录极值 recorded extremes corresponding to area risk

依据某气象要素的空间代表性和面积风险率确定的,该气象要素的特定的记录极值。

3.1.13 单站工作极值¹⁾ operational extremes of single station

依据单个测站某气象要素严酷月的逐时(空中是逐次)资料和时间风险率确定的,该气象要素的保障设备正常工作的临界值。

注:1)时间风险率为 t (例如1%)的某气象要素单站工作极值,简称为该气象要素单站 t 工作极值(例如高气温单站1%工作极值)。

3.1.14 全国工作极值 operational extremes over the country

全国范围内单站工作极值的最高值或最低值。

3.1.15 面积风险率工作极值 operational extremes corresponding to area risk

依据气象要素的空间代表性和面积风险率确定的,该气象要素的特定的工作极值。

3.1.16 单站承受极值 withstanding extremes of single station

依据预期暴露期和再现风险率确定的,在单个测站设备不发生不可逆损坏的气象要素的临界值。

3.1.17 全国承受极值 withstanding extremes over the country

全国范围内单站承受极值的最高值或最低值。

3.1.18 面积风险率承受极值 withstanding extremes corresponding to area risk

依据某气象要素的空间代表性和面积风险率确定的,该气象要素的特定的承受极值。

3.1.19 工作条件 operational condition

气象要素在一段时间内的保障设备正常工作的临界的连续变化(日变化、持续性等),或该临界连续变化和工作极值,或承受极值。

3.1.20 承受条件 withstanding condition

气象要素在一段时间内的保障设备不发生不可逆损坏的临界的连续变化(日变化、持续性等)。

3.1.21 位势高度 geopotential height

以特定单位(9.80665J/kg)表示的,在数值上近似于几何高度的,相对于平均海平面的重力位势。

3.1.22 压力高度 pressure altitude

等气压面在标准大气中的位势高度。

3.2 符号

F_j ——气象要素 F 的全国记录极值,如 T_j 、 V_j 分别为气温、稳定风速的全国记录极值;

$F_z(t)$ ——气象要素 F 的时间风险率为 t 的全国工作极值;

$F_z(T)$ ——气象要素 F 的再现风险率为 10%,预期暴露期为 T 年的全国承受极值;

$F_j(\sigma)$ ——气象要素 F 的面积风险率为 σ 的记录极值;

$F_z(\sigma, t)$ ——气象要素 F 的面积风险率为 σ ,时间风险率为 t 的工作极值;

$F_z(\sigma, T)$ ——气象要素 F 的面积风险率为 σ ,再现风险率为 10%,预期暴露期为 T 年的承受极值;

ppm——百万分率,常用来表示空气中微量气体的混合比;

LT——地方时;

m——重力势米,是位势高度或压力高度的单位。

4 各类极值的确定方法

4.1 记录极值

只要有可能,尽量用记录年限内的观测(含自记)最高值或最低值,同时给出出现的时间、地点及其它有关情况,以利于分析应用。

4.2 工作极值

比较各月的月最高值或月最低值、月平均值、大于或小于某一阈值的天数等,选出严酷月。

将严酷月的逐时(空中气象要素是逐次)记录由大到小或由小到大排序,则由式(1)确定的第 i 个记录为时间风险率等于 t 的工作极值。

$$i = \text{INT}(t \cdot N_1) \dots\dots\dots (1)$$

式中: i ——排序后的记录号;

$\text{INT}(t \cdot N_1)$ ——将“ $t \cdot N_1$ ”实化整;

t ——时间风险率;

N_1 ——对地面气象要素, N_1 是应有记录总数;对空中气象要素, N_1 是实有记录总数。

4.3 承受极值

4.3.1 取极大值渐近分布模型为 Gumbel 分布,其表达式为:

$$F_N(x) = \exp(-\exp(-A(x - X_0))) \quad (-\infty < x < \infty) \dots\dots\dots (2)$$

式中: $F_N(x)$ ——极大值分布函数;

$\exp$ ——以 e (自然对数的底)为底的指数算符;

x ——气象要素年极大值;

A ——极大值分布参数, A^{-1} 与 x 同单位;

X_0 ——极大值分布参数,与 x 同单位。

对实测年极值样本,用极大似然法估计分布参数 A 、 X_0 ,则取保证率函数为次序统计量分布的数学期望时,再现期为 N 年的再现期值的计算公式为:

$$X_N = X_0 - (1/A) \ln(-\ln(N/(N+1))) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: X_N ——再现期为 N 年的极大值再现期值, 与 x 同单位;

A, X_0 ——同(2)式。

4.3.2 取极小值渐近分布模型的表达式为:

$$F_1(x) = 1 - \exp(-\exp(A(x - X_0))) \quad (-\infty < x < \infty) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: $F_1(x)$ ——极小值分布函数;

$\exp$ ——同(2)式;

x ——气象要素年极小值;

A ——极小值分布参数, A^{-1} 与 x 同单位;

X_0 ——极小值分布参数, 与 x 同单位。

类似于极大值, N 年一遇的极小值计算公式为:

$$X_N = X_0 + (1/A) \ln(-\ln(N/(N+1))) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: X_N ——再现期为 N 年的极小值再现期值, 与 x 同单位;

A, X_0 ——同(4)式。

4.3.3 任意预期暴露期 T 、再现风险率 r 所相应的承受极值的计算方法是: 将本系列标准给出的预期暴露期 T 为 2.5, 10, 25 年(再现期 N 分别为 20, 50, 100, 250 年)的承受极值 $F_c(T)$, 代入(3)式或(5)式, 求出 6 组分布参数的估值, 取其算术平均作为分布参数, 则由下式:

$$N = T/r \quad \dots\dots\dots (6)$$

求出再现期 N 后, 再用(3)式或(5)式求得承受极值。

4.4 面积风险率极值

将全国国土分为 N_0 (N_0 为 3596) 份, 求出每份的面积; 用客观分析方法由全国若干个测站的极值求出每小块的极值; 将 N_0 个极值由大到小或由小到大排序, 同时将面积排序; 按顺序将排好序的小块面积相加, 当和等于 σ 乘总面积时, 对应的小块极值就是面积风险率为 σ 的极值。将 N_0 个小块极值填到图上, 按面积风险率极值分析等值线, 得到面积风险率极值的全国分布图。

4.5 与全国极值相应的气象要素日变化

4.5.1 与全国 1% 工作极值相应的气象要素日变化的求法为: 从某气象要素极端地区的严酷月逐时记录中, 选出该气象要素日最大值不小于或日最小值不大于全国 1% 工作极值的所有日期, 将各天相同地方时的逐时值相加求平均就得到该气象要素全国 1% 工作极值的日变化, 同时对与该气象要素有关的其它气象要素, 用相同日期的逐时资料求出它们的日变化。

4.5.2 与全国承受极值相应的气象要素日变化的求法为: 求出全国 1% 工作极值的日变化; 由日变化资料得:

$$a_k = (F_{\max} - F_k) / (F_{\max} - F_{\min}) \quad k = 1, 2, \dots, 24 \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中: a_k ——无量纲系数;

F_k ——全国 1% 工作极值的日变化的逐时值;

$F_{\max}$ —— F_k 的最大值;

$F_{\min}$ —— F_k 的最小值。

则承受极值的日变化的逐时值计算公式为:

$$F_{k,c} = F_c - a(F_c - F_{\min}) \quad k = 1, 2, \dots, 24 \dots\dots\dots (8)$$

式中: a_k ——同(7)式;

$F_{k,c}$ ——承受极值的日变化的逐时值;

F_c ——承受极值;

$F_{\min}$ ——全国1%工作极值的日变化的逐时值的最小值。

对与该气象要素有关的其它气象要素(如与高气温有关的太阳辐射、风、相对湿度等),则用全国1%工作极值日变化中相应值代替。

4.6 与面积风险率极值相应的气象要素日变化

从求面积风险率极值所用的各测站中,选出位于该面积风险率极值分布范围内且极值接近该面积风险率极值的测站;从这些测站的严酷月资料中,选出日最大值不小于或日最小值不大于该面积风险率极值的日期;将所选日期的资料用内插方法转换为地方时的逐时值;所有转换后的资料按相同地方时相加求平均;对各平均值进行订正使最大值或最小值等于该面积风险率极值,由此得出与该面积风险率极值相应的该气象要素的日变化。与该气象要素有关的其它气象要素的日变化用某个代表站的资料计算。

5 说明事项

5.1 本系列标准由下列分标准构成:

- | | | |
|-------------|----------|------------------|
| GJB 1172.1 | 军用设备气候极值 | 总则 |
| GJB 1172.2 | 军用设备气候极值 | 地面气温 |
| GJB 1172.3 | 军用设备气候极值 | 地面空气湿度 |
| GJB 1172.4 | 军用设备气候极值 | 地面风速 |
| GJB 1172.5 | 军用设备气候极值 | 地面降水强度 |
| GJB 1172.6 | 军用设备气候极值 | 雪 |
| GJB 1172.7 | 军用设备气候极值 | 雨淞和雾淞 |
| GJB 1172.8 | 军用设备气候极值 | 冰雹 |
| GJB 1172.9 | 军用设备气候极值 | 地面气压 |
| GJB 1172.10 | 军用设备气候极值 | 地面空气密度 |
| GJB 1172.11 | 军用设备气候极值 | 地表温度、冻土深度和冻融循环日数 |
| GJB 1172.12 | 军用设备气候极值 | 空中气温 |
| GJB 1172.13 | 军用设备气候极值 | 空中空气湿度 |
| GJB 1172.14 | 军用设备气候极值 | 空中风速 |
| GJB 1172.15 | 军用设备气候极值 | 空中降水强度 |
| GJB 1172.16 | 军用设备气候极值 | 空中气压 |
| GJB 1172.17 | 军用设备气候极值 | 空中空气密度 |
| GJB 1172.18 | 军用设备气候极值 | 臭氧 |

5.2 地面气象要素分标准的主要内容包括:

- a. 记录极值及其全国分布图；
- b. 工作极值及推荐时间风险率工作极值的全国分布图；
- c. 承受极值及预期暴露期为 10 年的承受极值全国分布图；
- d. 代表性较差的气象要素的面积风险率极值及其全国分布图；
- e. 使用说明。

5.3 空中气象要素分标准的主要内容包括：

- a. 各几何高度上的记录极值和工作极值；
- b. 各压力高度上的记录极值和工作极值；
- c. 极值包络图；
- d. 在规定高度处工作极值出现时刻的大气剖面；
- e. 使用说明。

5.4 本系列标准规定了自然环境的气候极值，不包括军用设备与环境相互作用形成的诱发环境。

5.5 为准确制定具体军用设备的环境条件，本系列标准还指出微气候环境对气象要素极值的影响，见分标准的使用说明。

5.6 空中各高度上的极值，一般不出现在相同的时间和地点，因此是极值条件的包络。

5.7 制定具体设备的气候极值标准时，需确定：

- a. 设备在地理上的部署区域；
- b. 设备的维修和后勤要求；
- c. 设备在整个系统中的地位及可靠性要求；
- d. 设备失效的危害程度。

根据上述情况和气候极值的时空分布，确定时间风险率、面积风险率、预期暴露期和再现风险率，内插求出具体设备的气候极值标准。超出本系列标准提供的风险率范围时，须进行专门气候分析。

5.8 无特别要求，且技术、经费条件允许时，时间风险率除地面降水强度采用 0.5%，高绝对湿度采用 20% 外，其它要素均采用 1%；再现风险率采用 10%；面积风险率采用 0.5%。作为推荐使用值。

5.9 位势高度、压力高度和几何高度在物理意义上很不相同，它们的等值面分别是等重力位势面、等压面和等高面。在本系列标准规定范围内，位势高度与几何高度的误差小于 0.7%，压力高度与几何高度的误差可达 20%。沿等压面飞行的航空器的设计和试验，要使用各压力高度处的气象要素极值，压力高度的单位是必须使用的。当只注意位势高度、压力高度代表的实际高度，并允许有上述范围的误差时，可把位势高度、压力高度的单位与几何高度的单位看作是相同的。

5.10 位势高度、几何高度和压力高度间的换算见附录 A（参考件）。空气湿度参量、空气密度的计算见附录 B（参考件）。

6 与环境试验标准的关系

本系列标准规定军用设备的自然环境,为确定平台环境提供了基础。以 GJB150 为例,本系列标准与环境试验标准的关系如图 1 所示。

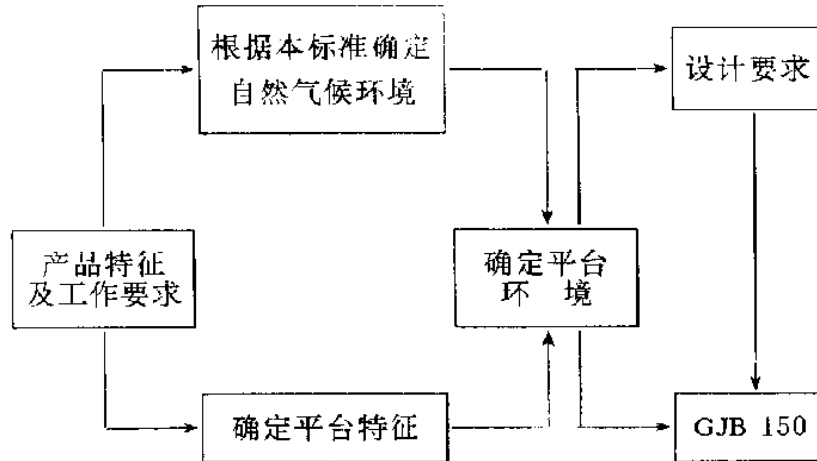


图 1 本系列标准与环境试验标准的关系

附录 A

几何高度 h 、位势高度 H 、压力高度 Z_p 间的换算

(参考件)

A1 由几何高度 h 求位势高度 H 由几何高度 h 求位势高度 H 的公式为:

$$\left. \begin{aligned} H &= \frac{1}{g} \int_0^h g(h, \phi) dh \\ &= \beta \frac{\gamma h}{\gamma + h} \\ \beta &= g_{0.4} / g_{np} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (A1)$$

$$g_{0.4} = 9.80616(1 - 0.0026373 \cos 2\phi + 0.0000059 \cos^2 2\phi)$$

式中: $g(h, \phi)$ —— 重力加速度, m/s^2 ; γ —— 标定地球半径, 其值为 6356766m; H —— 位势高度, m; h —— 几何高度, m; $g_{0.4}$ —— 海平面重力加速度, m/s^2 ; g_{np} —— 单位重力势米相当的重力位势, 其值为 $9.80665 m^2/(s^2 \cdot m')$; ϕ —— 地理纬度, ($^\circ$)。A2 由位势高度 H 求几何高度 h

由(A1)式得:

$$h = \frac{\gamma H}{\beta \gamma - H} \dots\dots\dots (A2)$$

式中: h 、 γ 、 β 、 H —— 同(A1)式。A3 由压力高度 Z_p 求实际大气的气压 P

由标准大气的层结公式(A3)和静力学公式(A4)得(A5)式和(A6)式:

$$T = T_b + \alpha(H - H_b) \dots\dots\dots (A3)$$

$$\begin{aligned} -g_{np} dH &= -g(h, \phi) dh \\ &= (RT/P) dP \dots\dots\dots (A4) \end{aligned}$$

$$P = P_b [1 + \alpha/T_b (H - H_b)]^{-g_{np}/(\alpha R)} \quad \alpha \neq 0 \dots\dots\dots (A5)$$

$$P = P_b \exp[-g_{np}/(RT_b)(H - H_b)] \quad \alpha = 0 \dots\dots\dots (A6)$$

式(A3)~(A6)中: T —— 气温, K; T_b —— 标准大气某层层底的气温, K; α —— 标准大气该层的温度梯度, K/km' ; H_b —— 标准大气该层层底的位势高度, m' ; P_b —— 标准大气该层层底的气压, hPa; $\exp$ —— 以 e (自然对数的底)为底的指数算符; H 、 $g(h, \phi)$ 、 g_{np} —— 同(A1)式;

R ——干洁空气气体常数,其值为 $287.0528 \text{ m}^2/(\text{K} \cdot \text{s}^2)$ 。

α 、 P_b 、 T_b 、 H_b 的数值需查表 A1。

表 A1 标准大气层结

位势高度 (压力高度) km	气 压 hPa	气 温 K	温度梯度 K/km
-2.00	1277.74	301.15	-6.50
0.00	1013.25	288.15	-6.50
11.00	226.320	216.65	0.00
20.00	54.7487	216.65	+1.00
32.00	8.68015	228.65	+2.80
47.00	1.10905	270.65	0.00
51.00	0.669384	270.65	-2.80
71.00	0.0395639	214.65	-2.00
80.00	0.00886272	196.65	—

A4 由气压 P 求压力高度 Z_p

计算气压 P 对应的压力高度 Z_p 的公式是:

$$Z_p = H_b - 1/\alpha [T_b - T_b(P_b/P)^{\alpha R/g_p}] \quad \alpha \neq 0 \quad (\text{A7})$$

$$Z_p = H_b + RT_b/g_{np} \ln(P_b/P) \quad \alpha = 0 \quad (\text{A8})$$

式(A7)、(A8)中: P ——气压, hPa;

Z_p ——压力高度, m;

α 、 R 、 P_b 、 T_b 、 H_b ——同(A5)、(A6)式。

A5 压力高度 Z_p 与实际大气的位势高度 H 、几何高度 h 的换算

由 Z_p 求出 P , 再用实际大气层结求出 H :

$$H = H_b + \frac{R}{g_{np}} \overline{T_v} \ln \frac{P_b}{P} \quad (\text{A9})$$

式中: $\overline{T_v}$ ——气层 $P \sim P_b$ 的平均虚温, K;

P_b ——实际大气距 P 最近的某气压, hPa;

H_b ——气压 P_b 的位势高度, m;

R 、 g_{np} ——同(A6)式。

再由(A2)式求出 h 。

附录 B

空气湿度参量与空气密度的计算

(参考件)

B1 计算饱和水汽压的 Goff-Gratch 公式

B1.1 平面纯水(0~100℃)饱和水汽压计算公式为:

$$\begin{aligned}
 \lg E = & 10.79574[1 - (T_1/T)] - 5.02800 \lg(T/T_1) \\
 & + 1.50475 \times 10^{-4} [1 - 10^{-8.2969(T/T_1 - 1)}] \\
 & + 0.42873 \times 10^{-3} [10^{4.76955(1 - T_1/T)} - 1] \\
 & + 0.78614 \dots\dots\dots (B1)
 \end{aligned}$$

式中: $\lg$ ——常用对数; E ——饱和水汽压, hPa; T_1 ——水的三相点温度, 其值为 273.16K; T ——气温, K。

(B1)式用在 0~-49.9℃的过冷水面时与实验值无明显误差。

B1.2 平面冰面(0~-100℃)饱和水汽压计算公式为:

$$\begin{aligned}
 \lg E = & -9.09685[(T_1/T) - 1] - 3.56654 \lg(T_1/T) \\
 & + 0.87682[1 - (T/T_1)] + 0.78614 \dots\dots\dots (B2)
 \end{aligned}$$

式中: $\lg$ 、 E 、 T_1 、 T ——同(B1)式。

B2 计算饱和水汽压和水汽压的简化公式

为方便饱和水汽压 E 、水汽压 e 、相对湿度 RH 、露点温度或霜点温度 T_d 间的换算, 用非线性回归拟合 Goff-Gratch 公式间隔 0.1K 计算值, 得到计算饱和水汽压和水汽压的简化公式为:

$$E = 6.11139 \exp[A(T - T_1)/(T - B + CT^2)] \dots\dots\dots (B3)$$

$$e = 6.11139 \exp[A'(T_d - T_1)/(T_d - B' + C'T_d^2)] \dots\dots\dots (B4)$$

式(B3)、(B4)中: E ——饱和水汽压, hPa; e ——水汽压, hPa; $\exp$ ——以 e (自然对数的底)为底的指数算符; T ——气温, K; T_1 ——水的三相点温度, 其值为 273.16K; T_d ——露点温度或霜点温度, K; A 、 A' 、 B 、 B' 、 C 、 C' ——经验系数, 数值见表 B1。

表 B1 计算饱和水汽压简化公式的系数

温度范围	水面(0~100℃)	水面(0~-50℃)	冰面(0~-100℃)
A 或 A'	19.802	19.458	23.622
B 或 B'	17.885	19.372	-5.5087
C 或 C'	0.2311×10^{-3}	0.1879×10^{-3}	0.1098×10^{-3}

B3 已知相对湿度 RH 和气温 T, 求露点温度或霜点温度 T_d 。

先由相对湿度 RH 和气温 T 按下式计算 ψ 的值:

$$\psi = \ln RH + A(T - T_1)/(T - B + CT^2) \quad \text{..... (B5)}$$

式中: RH ——相对湿度;

T, T_1, A, B, C ——同(B3)式。

再根据 ψ 的值按下式判断 T_d 的范围:

$$\left. \begin{array}{ll} T_d > 273.15K & \text{当 } \psi > 0 \\ T_d < 273.15K & \text{当 } \psi < 0 \end{array} \right\} \quad \text{..... (B6)}$$

最后由 T_d 的范围查表 B1 得 A', B', C' , 按下式计算 T_d :

$$T_d = \frac{A' - \psi - [(\psi - A')^2 - 4\psi C'(A'T_1 - \psi B')]^{1/2}}{2\psi C'} \quad \text{..... (B7)}$$

式中: ψ ——同(B5)式;

T_d, T_1, A', B', C' ——同(B4)式。

本系列标准中, $T_d < 273.15K$ 时, 选用冰面的系数值。

例: $T = 283.15K, RH = 45\%$, 求露点温度或霜点温度 T_d :

因 $T > 273.15K$, 由表 B1 得 $A = 19.802, B = 17.885, C = 0.2311 \times 10^{-3}$, 按(B5)式, 得 $\psi = -0.1014438$ 。因 $\psi < 0$, 即 $T_d < 273.15K$, 所以查表 B1 得 $A' = 23.622, B' = -5.5087, C' = 0.1098 \times 10^{-3}$, 代入(B7)得:

$$T_d = 271.9K \text{ (霜点温度)}。$$

B4 已知露点温度或霜点温度 T_d , 求水汽压 e 和混合比 W

已知露点温度或霜点温度 T_d 时, 用(B4)式求水汽压 e 。

已知水汽压 e , 求湿空气中水汽与干空气的混合比的公式为:

$$W = 0.62198 e / (P - e) \times 10^6 \quad \text{..... (B8)}$$

式中: W ——百万分率混合比, ppm;

e ——水汽压, hPa;

P ——气压, hPa。

在求地面露点温度或霜点温度极值的混合比时, 因露点温度或霜点温度极值出现的海拔高度较低, 气压 P 近似取 $1000hPa$ 。

B5 空气密度的计算

空气密度的计算公式为:

$$\rho = P / RT_v \quad \text{..... (B9)}$$

$$T_v = T(1 + 0.37802 e / P) \quad \text{..... (B10)}$$

式(B9)、(B10)中: ρ ——空气密度, kg/m^3 ;

R ——干洁空气气体常数, 其值为 $287.0528m^2/(K \cdot s^2)$;

T_v ——虚温, K;

P ——气压, hPa;

e ——水汽压, hPa。

附加说明:

本标准由总参谋部气象局提出。

本标准由总参谋部大气环境研究所负责起草。

本标准主要起草人:董双林。