

(1978-1982-1986-1990-2000年)

范围

本案文就以对数形式表示与功率有关的量时所使用的符号做出了建议，并提供了相关用法及分贝与奈培之间关系的范例。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 国际电联经常使用分贝和奈培来表示量；
- b) 国际电工技术委员会的国际标准IEC60027-3；1989年关于“对数的量和单位”；
- c) 国际标准化组织关于量和单位的国际标准ISO31；
- d) 在国际级的交流中使用唯一的一个单位，以对数形式来表示国际规格和测量结果的数值是方便的；
- e) 在无线电通信中仅使用分贝来表示对数形式的测量结果；

建议

- 1 对那些直接或间接与功率相关的量的对数表示，所用符号应遵循附件1给出的导则。

附件 1

分贝和奈培的使用

1. 分贝的定义

1.1 贝 (bel) (符号B) 是用以10为底的对数形式来表示两个功率之比。这个单位不常使用，而由分贝 (符号dB) 来替代，分贝是贝的1/10。

1.2 分贝可用来表示两个场量(譬如电压、电流、声压、电场、电荷速度或密度)之比，在线性系统中它们的平方是和功率成比例的。为了获得和功率比一样的数值，假定阻抗相等时，则需将场量比的对数乘以系数20。

电流或电压比和相应功率比之间的关系是和阻抗有关的。当阻抗不相等时，分贝的使用是不适当的，除非对有关的阻抗给出充分的数据。

例如，如果 P_1 和 P_2 是两个功率，它们用分贝表示的比为：

$$10 \lg (P_1/P_2)$$

* 请无线电通信局主任提请ITU-T注意本建议书。

** 在本建议书中，符号lg代表ISO 31-11和IEC 60027-3国际标准规定的以10为底的对数。此外亦使用符号 \log_{10} 。符号log可在不致引起歧义时使用。

*** 本建议书于2005年更新，只做了编辑上的修改。

如果 P_1 和 P_2 表示由电流 I_1 和 I_2 在电阻 R_1 和 R_2 上消耗的功率，那么：

$$10 \lg \frac{P_1}{P_2} = 10 \lg \frac{I_1^2 R_1}{I_2^2 R_2} = 20 \lg \frac{I_1}{I_2} + 10 \lg \frac{R_1}{R_2}$$

1.3 分贝也可用来表示一个和功率有十分确定关系的量的两个值之比。在这种情况下，这个比的对数必须乘以一个代表该量和功率之间关系的因数，同时就要增加代表倍乘因数的那一项。

如果两个功率 P_1 和 P_2 的比值取决于另一个量 X 的两个取值 X_1 和 X_2 的比值，且两个比值之间的关系为 $P_1/P_2 = (X_1/X_2)^\alpha$ ，其中 α 为任一实数，那么我们可以下列公式表示其分贝数：

$$10 \lg (P_1/P_2) = 10 \alpha \lg (X_1/X_2) \quad \text{dB}$$

2. 奈培的定义

奈培（符号Np）是用自然对数形式来表示两个场量之比，譬如电压或电流之比，它们的平方是与功率成比例的。功率比的奈培值是功率比自然对数之半。只有当阻抗相等时，两个场量之比的奈培值和相应功率之比的奈培值才相等。

1奈培相当于场量比的 e 值，而相当于功率比的 e^2 值。

也采用分奈培(dNp)这样的约量。

在有些学科中，奈培可能用来表示没有 $1/2$ 系数的功率比的对数。这方面的例子包括光深度或辐射测量学中的衰减。在电信中禁止这样的用法，以防引起混乱。在这一定义下奈培事实上就等于4.34 dB，而不是通常情况的8.68 dB。

3. 分贝和奈培的使用

各国可在其自己的领土上继续在测量方面使用奈培或分贝；为避免进行数值的换算，那些宁愿这样做的国家可以根据双边协议来继续在它们之间使用奈培。

对于涉及传输测量和有关数值的资料的国际交流和对于这样一些数值的极限的国际规格，所使用的唯一对数表达是分贝。不过，若存在双边协议也可使用奈培。

对理论或科学计算而言，由于比值是以自然对数形式表示的，因此无论说明与否均使用奈培单位。

由于对复数量进行某些计算的结果，会得到用奈培表示的实部和用弧度表示的虚部。可以利用一些系数来换算成分贝或度。

奈培和分贝之间的换算值如下所示：

$$1 \text{ Np} = (20 \lg e) \text{ dB} \approx 8.686 \quad \text{dB}$$

$$1 \text{ dB} = (0.05 \ln 10) \text{ Np} \approx 0.1151 \quad \text{Np}$$

4. 使用包含 dB 的符号的规则

当涉及包含dB的符号时，应尽可能遵守以下各项规则：

4.1 没有附加标记的符号dB

应用没有附加标记的符号dB来指明两个功率、两个功率密度或两个显然和功率相关联的量之比或者两个功率级之间的差（见第6节）。

4.2 后跟有用括号注明的附加信息的符号dB

应用后跟有用括号注明的附加信息的符号dB来表示功率、功率通量密度或任何其他显然和功率相关联的量相对于括号内的基准值的绝对电平。然而在有些情况下，由于大家共同使用而产生简化的符号，譬如使用dBm而不用dB(mW)。

4.3 后跟有无括号的附加信息的符号dB

应用后跟有无括号的附加信息的符号dB来表示常规的特定条件，譬如通过指定的滤波器或在一个电路的指定点上的测量所得结果（见第8节）。

5. 损耗和增益

衰减或损耗是电的、电磁的或声的功率在两点间的减小。衰减也是一种功率减小的数量表达，这种减小由功率或一个与功率以十分确定的方式相关联的量在两点上的值之比来表示。该比值通常以分贝来表示。

增益是一个电的、电磁的或声的功率在两点间的增大。增益也是一种功率增大的数量表达，这种增大由功率或一个与功率以十分确定的方式相关联的量在两点上的值之比来表示。该比值通常以分贝来表示。

必须给出所提到的这种损耗或增益的确切标志（例如，图像衰减系数、插入损耗、天线增益），事实上这涉及所提到的（终端阻抗，参考条件等）比值的精确定义。

5.1 传输损耗

这是用分贝表示的发送功率(P_t)与接收功率(P_r)之比：

$$L=10 \lg(P_t/P_r) \quad \text{dB}$$

5.2 天线增益

通常用分贝表示的，在相同距离和给定的方向上能产生同样场强或同样功率通量密度的条件下，在一个无损耗基准天线输入端所需的功率(P_0)与所给定天线输入端上供给的功率(P_a)之比（当在最大辐射方向上未做其它规定时）。

$$G=10 \lg(P_0/P_a) \quad \text{dB}$$

基准天线通常为一个全向天线、一个半波对称振子，在某些情况下也可为一个短的直立天线。

6. 电平

在许多情况下，一个量(这里称为 x)与一个同一类型(和量纲)的指定基准量 x_{ref} 的比较用比值 x/x_{ref} 的对数来表示。这个对数表达通常就叫做“ x (相对于 x_{ref})的电平”或“ x 电平(相对于 x_{ref})”。当对电平采用通用的文字符号 L 时，量 x 的电平就可写成 L_x 。

也存在并可以使用其它的一些名称和符号。 x 本身可以是一个单一的量，例如功率 P ；或者是一个比，例如 P/A ，其中 A 是面积，而 x_{ref} 在这时假定有着某一固定值，例如，1 mW、1 W、1 μW/m²、20 μPa、1 μV/m。

表示量 x 对基准量 x_{ref} 的电平可以用量的符号 L_x （相对于 x_{ref} ）来指明；当基准量是一个功率，或一个以十分确定的方式和功率相关联的量时，还可以用分贝来表示。

例如:

表示某功率P的电平高于相当于1W电平15 dB, 就可以写成:

$$L_p \text{ (相对于1 W)} = 15 \text{ dB, 这就意味着 } 10 \lg(P/1 \text{ W}) = 15, P_0 = 1 \text{ W}$$

$$\text{或 } 10 \lg P(W) = 15$$

在许多情况下, 使用仅基于该单位的简缩符号表示会更实用, 在本情况下就是

$$L_p = 15 \text{ dB(1 W)}$$

在基准量表达中, 数字“1”可以省去, 但在可能会发生混淆的情况下不主张这样做。换句话说, 当显示没有数字时, 就应理解有一个数字1。

对于一些特定的情况存在着一些简缩符号表示法, 譬如用dBW代表dB(1W) (见第8节)。

6.1 绝对功率电平

绝对功率电平就是通常用分贝表示的传输信道中某一点上信号的功率和一特定基准功率间的比。

不管功率是实际的或视在的, 在每一情况下都应加以指明。

基准功率有必要用符号来指明:

- 当基准功率是 1 瓦时, 绝对功率电平要用“相对于 1 瓦的分贝”来表明, 并采用符号“dBW”;
- 当基准功率是 1 毫瓦时, 绝对功率电平要用“相对于 1 毫瓦的分贝”来表明, 并采用符号“dBm”。

6.2 相对功率电平及相关概念

6.2.1 定义

相对功率电平就是通常用分贝表示的传输信道中一点上的功率和该信道中选作基准点的另一点 (通常为信道的始发端) 上的同样功率间之比。

在每一情况下都应指明这一功率是实际的或者是视在的。

除非另有说明外, 相对功率电平就是信道中某一点上正弦测试信号 (800 或 1000 Hz) 的功率对传输基准点上该基准信号功率之比。

6.2.2 传输基准点 (见ITU-T G.101建议书)

在旧的传输规划中, ITU-T曾规定“零相对电平点”为一长途电路的二线始发端 (图1中的O点)。

在现在推荐的传输规划中, 在四线国际电路发送侧虚交换点 (图2中的V点) 上, 相对电平应为-3.5 dB。 “传输基准点”或“零相对电平点” (图2中的T点) 是一个虚二线点, 它可通过一个损耗为3.5 dB的混合变量器连接到V点。用来在多路载波系统中计算噪声的通用负载, 相当于在T点的一个-15 dBm的绝对平均功率电平。

6.2.3 “dBm0”的含义

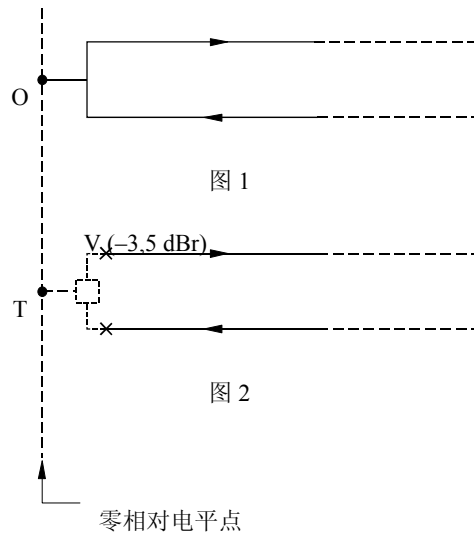
如果把具有绝对功率电平 L_M (用dBm表示) 的测试信号加在T点上, 则在X点上 (该处相对电平为 L_{XR} (用dB表示)) 出现的信号的绝对功率电平将为 $L_M + L_{XR}$ (用dBm表示)。

反之, 如果一个在X处的信号有着 L_{XA} (用dBm表示) 的绝对功率电平, 则通过下式计算出 L_0 (用dBm0表示):

$$L_0 = L_{XA} - L_{XR}$$

往往就便于“把它折算到零相对电平点”。

这个公式不仅可用于信号也可用于噪声 (加权的或不加权的), 这有助于计算信噪比。



0574-01

6.3 功率密度

定义：功率被另一量所除的商，另一量可以是面积、带宽、温度。

注1 - 功率除以一个面积的商叫做“功率通量密度”（“puissance surfacique”），且通常用“瓦每平方米”（符号： $W \cdot m^{-2}$ or W/m^2 ）来表示。

功率除以频带宽度的商叫做“功率谱密度”，且可用“瓦每赫”（符号： $W \cdot Hz^{-1}$ 或 W/Hz ）来表示。它也可以用包含一个特征带宽的单位来表示；这种特征带宽和技术有关，例如在模拟电话中为1 kHz或4 kHz，在数字传输中或电视中为1 MHz，这时功率谱密度就用“瓦每千赫”(W/kHz)、“瓦每4千赫”(W/4kHz)或者甚至用“瓦每兆赫”(W/MHz)来表示。

功率除以温度的商(特别是在噪声功率情况下采用)没有专门的名称。通常把它表示为“瓦每开氏度”（符号： $W \cdot K^{-1}$ 或 W/K ）。

注2 - 在某些情况下，可能采用几个类型功率密度的组合，例如，“频谱功率通量密度”，表示为“瓦每平方米每赫”（符号： $W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$ 或 $W/(m^2 \cdot Hz)$ ）。

6.4 绝对功率密度电平

定义：在一个给定点上的功率密度和一个基准的功率密度之间的比的对数形式表达，通常用分贝表示。

注1 - 例如，如果把1瓦每平方米作为功率通量密度的基准，则绝对功率通量密度电平表示为“相对于1瓦每平方米的分贝”(符号： $dB(W/m^2)$)。

类似地，如果把1瓦每赫作为频谱功率密度的基准，则绝对频谱功率密度电平表示为“相对于1瓦每赫的分贝”（符号： $dB(W/Hz)$ ）。

如果把1瓦每开氏度作为每单位温度功率密度的基准，则每单位温度绝对功率密度电平就表示为“相对于1瓦每开氏度的分贝”（符号： $dB(W/K)$ ）。

这种符号表示法可易于引申到组合的密度。例如，通量密度的绝对频谱密度电平就表示为“相对于1瓦每平方米赫的分贝”，其符号为： $dB(W/(m^2 \cdot Hz))$ 。一些范例为： $dB(W/(m^2 \cdot MHz))$ 和 $dB(W/(m^2 \cdot 4 kHz))$ 。

6.5 绝对电压电平

绝对电压电平是通常用分贝表示的传输信道中某一点上的信号电压对特定基准电压之比。

所述电压的性质（如均方根值）在每一情况下都应指定。

因为对称电话线路特性阻抗的粗略近似值为600欧，故通常采用均方根值为0.775伏的基准电压，这相当于在600欧的电阻中耗散1毫瓦的功率，故绝对电压电平以dBu表示。

如果测量电压 U_1 的终端上的阻抗实际上是600欧，则这样规定的绝对电压电平就相当于相对于1毫瓦的绝对功率电平，于是N就准确地代表相对于1毫瓦的电平的分贝数(dBm)。

$$L_u = 20 \lg (U_1/U_2) \quad \text{dBu}$$

$$L_p = 10 \lg (P_1/P_2) \quad \text{dBm}$$

如果测量电压 U_1 的终端上的阻抗是R欧，N就等于dBm数增加了 $10 \lg(R/600)$ 的量。

$$L_u = L_p + 10 \lg (R/600)$$

6.6 音频

6.6.1 绝对音频噪声电平

在广播、录音或声音节目传送中音频噪声的测量，通常是通过一个加权网络并按照ITU-R BS.468建议书的准峰值方法采用1 kHz的0.775伏基准电压和标称的600欧阻抗来进行的，同时通常把结果表示成dBqp（如采用加权网络则表示成dBqps）。

注1 — “dBq”和“dBm”两种符号表示法不应交换使用。在声音节目传送中，符号“dBq”限于具有单音或多单脉冲群的噪声电平测量，而符号“dBm”仅适用于调测电路时使用的正弦信号。

6.6.2 相对电压电平

在声音节目传送链中某点上的相对电压电平是用dB表示的该点上信号的电压电平与同一信号在基准点的电压电平之比。这个比表示成“dBrs”，“r”指明“相对电平”，而“s”指明该比属于一个“声音节目”（声音信号）系统中的电平。在基准点(零相对电平(0 dBrs)的点)上，一个调测电平的测试信号具有0 dBu的电平。要注意的是，在某些广播链中可能没有零相对电平点。然而，测量和互连的各点可能仍以相对于假设参考点来给出电平(dBrs)。

6.6.3 将分贝扩大用于与功率不相关的量之比

6.6.3.1 电压比

在音频领域中，电压的概念有时比功率的概念更重要。例如，当低输出阻抗和高输入阻抗的双端网络成串地链接时就是这种情况。在这种情况下，为了简化这些网络的构成，就故意不遵守阻抗匹配的条件。当这样做时，在这个链路中只有不同点处的电压比需要加以考虑。

那么把这些电压比用对数的标度来表示(例如，以10为底的对数)会是很方便的，这时要用下式

$$N = K \lg (U_1/U_2)$$

来确定相应单位的N值。

在这个公式中，系数K是事先任意选定的。然而类似于运算

$$N = 20 \lg (U_1/U_2)$$

这是当电压 U_1 和 U_2 分别施加到两终端的两个相等的电阻上将功率损耗之比表示成分贝，也让我们为系数K采取20的值。如果两个电压是加在相等的电阻上，则N把功率比表示成分贝，它就会对应于电压比，尽管实际上往往不是这种情况。

6.6.3.2 绝对电压电平

如果测量电压的终端上的阻抗没有指明, 就不能计算相应的功率电平。然而, 根据第6.6.3.1段N的数目可以相对于一个基准电压方便地规定, 并把它表示成分贝。为了避免引起任何混淆, 有必要指明所涉及的是绝对电压电平, 同时必须采用符号dBu。符号dBu看来不会和第6.7中作为相对于1微伏每米的电磁场绝对电平的用法相混淆。然而, 如果有任何发生混淆的危险时, 必须写成dB(775mV)的表达方式, 至少在第一次时要写出。

6.7 电磁场的绝对电平

一个电磁场的强度可以用功率通量密度(P/A)、电场强度E或磁场强度H的功率通量密度(P/A)来表示。绝对场强电平 L_E 就是E和一个基准场强(通常为 $1 \mu\text{V/m}$)之比的对数值。通常以分贝表示。

$$L_E = 20 \lg (E/E_0) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m})$$

6.8 声压级

声压级是以分贝表示的声压和基准压力(通常为 $20 \mu\text{Pa}$)之比的对数。

$$L_p = 20 \lg (p/p_0) \quad \text{dB}(20 \mu\text{Pa})$$

7 表示传输质量的比

7.1 信噪比

这是信号功率(P_s)与噪声功率(P_n)之比, 或者在给定点上信号电压(U_s)与依照指定的条件所测得的噪声电压(U_n)之比。它是用分贝表示的:

$$R = 10 \lg (P_s/P_n) \quad \text{dB} \quad \text{或} \quad R = 20 \lg (U_s/U_n) \quad \text{dB}$$

有用信号与无用信号之比用同样的方法来表示。

7.2 保护比

它既可以是有用信号功率(P_w)与容许的最大干扰信号功率(P_i)之比, 也可以是有用信号场强(E_w)与容许的最大干扰信号场强(E_i)之比。它是用分贝表示的:

$$A = 10 \lg (P_w/P_i) \quad \text{dB} \quad \text{或} \quad A = 20 \lg (E_w/E_i) \quad \text{dB}$$

7.3 载波对频谱噪声密度比 (C/N_0)

这是比值 $P_c/(P_n/\Delta f)$ —其中 P_c 是载波功率, P_n 是噪声功率, Δf 是相应的频带宽度。这个比有着频率的量纲, 因为功率没有一个十分确定的基础和频率相关联, 如果不小心从事, 它是不能用分贝来表示的。

这个比可以相对于一个基准量(例如 $1 \text{ W}/(\text{W}/\text{Hz})$)来表示, 这个基准量已明白地指出了结果的由来。

例如, 设 $P_c=2 \text{ W}$, $P_n=20 \text{ mW}$, $\Delta f=1 \text{ MHz}$, 对于和 C/N_0 相对应的对数表达, 就有:

$$10 \lg \frac{P_c}{P_n/\Delta f} = 50 \quad \text{dB}(\text{W}/(\text{W}/\text{kHz}))$$

这个表达可以缩读成 $50 \text{ dB}(\text{kHz})$; 然而, 如果它容易引起任何误解的话, 就要避免采用。

7.4 能量与频谱噪声密度比

在数字传输中使用“每比特能量与频谱噪声密度”之比即 E/N_0 的情况下, 比是在两个具有均匀频谱功率密度的量间取的, 而且这个比通常像功率比那样(见第7.1段)用分贝来表示。然而, 必须保证表达比中两项所用的单位是等效的, 例如, 对于能量用焦耳(J), 而对于频谱噪声密度用瓦每赫(W/Hz)。

7.5 品质因数 (M)

表征一个无线电接收站的品质因数(M)，是按以下方式 and 天线增益G（用分贝表示）及总噪声温度T（用开尔文度表示）相关联的对数表达：

$$M = [G - 10 \lg (T/1 \text{ K})] \quad \text{dB(W/(W \cdot K))}$$

分贝的符号表示可以缩读成dB(K⁻¹)；然而，如果它容易引起任何误解的话，就要避免采用。

8 特殊符号

下面给出一些可以继续使用的特殊符号表示的例子。常把这些符号表示加到其它的符号表示上。

对于绝对功率电平（见第6.1、6.2和6.6段）

dBW: 相对于1瓦的绝对功率电平，以分贝表示；

dBm: 相对于1毫瓦的绝对功率电平，以分贝表示；

dBm0: 相对于1毫瓦，折算到零相对电平点的绝对功率电平，以分贝表示；

dBm0p: 相对于1毫瓦，折算到零相对电平点的(对于电话加权的)估量噪声绝对功率电平，以分贝表示；

dBm0s: 相对于1毫瓦，折算到声音节目传输中的零相对电平点的绝对功率电平，以分贝表示；

dBm0ps: 相对于1毫瓦，折算到声音节目传输中的零相对电平点的(对于声音节目传输加权的)估量噪声绝对功率电平，以分贝表示。

对于电磁场的绝对电平（见第6.7段）

dB μ 或dBu: 相对于1 μ V/m的电磁场绝对电平，以分贝表示。

对于绝对电压电平，包括音频噪声电平（见第6.6段）

dBu: 相对于0.775 V的绝对电压电平，以分贝表示。

dBu0: 相对于0.775 V，折算到相对零电平点的绝对电压电平；

dBu0s: 相对于0.775 V，折算到声音节目传输中的零相对电平点的绝对电压电平；

dBq: 相对于0.775 V的绝对噪声电压电平；

dBqps: 声音节目传输中的绝对的加权电压电平；

dBq0ps: 声音节目传输中相对于0.775 V折算到零相对电平点的加权绝对电压电平；

dBq0s: 声音节目传输中相对于0.775 V折算到零相对电平点的不加权绝对电压电平。

对于相对功率电平（见第6.2段）

dB_r.

对于相对音频电压电平（见第6.6段）

dB_rs: 以分贝表示的相对电压电平，折算到声音节目传输中的另一点。

对于绝对声压级（见第6.8段）

dBA, dBB or dBC: 相对于20 μ Pa，表示出所用加权曲线(曲线A、B或C，见IEC出版物651)的加权声压级。

对于天线增益（见第5.2段）

dB_i: 与全向天线有关；

dB_d: 与半波对称振子有关。

在附录1中给出了IEC为表示一个量相对于一个特定基准的电平所推荐的符号表示原则。在本建议书中所采用的符号表示法就是这个原则的应用。

附录 1

表示一个电平的基准的符号表示法

(IEC出版物27-3的第5部分)

量 x 对基准量 x_{ref} 的电平可以用 L_x (相对于 x_{ref})或 L_x/x_{ref} 表示。

例:

某一声压级比相当于 $20\mu\text{Pa}$ 的基准声压高 15 dB 这句话可以写成:

$$L_p(\text{re}20\mu\text{Pa})=15\text{ dB}, \text{ 或 } L_{p/20\mu\text{Pa}}=15\text{ dB}.$$

某一电流电平比 1 A 低 10 Np 这句话可以写成:

$$L_I(\text{相对于}1\text{ A})=-10\text{ Np}.$$

某一功率电平比 1 mW 高 7 dB 这句话可以写成:

$$L_p(\text{相对于}1\text{ mW})=7\text{ dB}.$$

某一电场强度比 $1\mu\text{V/m}$ 高 50 dB 这句话可以写成:

$$L_E(\text{相对于}1\mu\text{V/m})=50\text{ dB}.$$

在表示数据时,特别在表格中或图形符号中为了辨别基准值,往往需要一个简缩的符号表示。在此各例中可以使用下述简缩形式:

$15\text{ dB}(20\mu\text{Pa})$

$-10\text{ Np}(1\text{ A})$

$7\text{ dB}(1\text{ mW})$

$50\text{ dB}(1\mu\text{V/m})$ 。

在基准量表达中的数字 1 有时被省略。当可能发生混淆时,就不主张这样做。

当在给定的文件中重复使用一个恒定不变的电平基准而且在文中已有过说明时,可以把它省略。*

* IEC所允许的基准电平的省略在ITU-R和ITU-T的文件中是不允许的。