

国际电信联盟

**ITU-T**

国际电信联盟  
电信标准化部门

**G.107**

(03/2005)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络  
国际电话连接和电路 — 一般定义

---

E模型，用于传输规划的计算机模型

ITU-T G.107 建议书



国际电信联盟

ITU-T G系列建议书  
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
<b>一般定义</b>	<b>G.100-G.109</b>
关于一个完整国际电话连接的传输质量的一般建议书	G.110-G.119
构成国际连接一部分的国内系统的一般特性	G.120-G.129
由国际电话和国内延伸电路组成的4线链路的一般特性	G.130-G.139
国际电话4线链路的一般特性：国际转接	G.140-G.149
国际电话电路和国内延伸电路的一般特性	G.150-G.159
与长途电话电路有关的设备	G.160-G.169
使用国际电话连接网的专用电路和连接的传输规划情况	G.170-G.179
传输系统的保护和修复	G.180-G.189
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话和线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒质的特性	G.600-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
服务质量和性能 — 一般和用户相关问题	G.1000-G.1999
传输媒质的特性	G.6000-G.6999
数字终端设备	G.7000-G.7999
数字网	G.8000- G.8999

如果需要进一步了解细目，请查阅ITU-T建议书清单。

## ITU-T G.107建议书

### E模型，用于传输规划的计算机模型

#### 摘 要

本建议书给出通常称为 E 模型的算法，作为通用的 ITU-T 传输性能等级模型。这个计算机模型对传输规划人员很有用，能帮助他们保证用户获得满意的端到端性能。该模型的原始输出是传输质量的标量等级。这个模型的主要特点是利用传输损伤系数，该系数反映了现代信号处理器件的效果。

在 2000 年的版本中，给出了 E 模型的增强版，它更好地考虑了发送侧室内噪声的效应和量化失真。2002 年版将随机的信息包丢失引起的损伤包括进各种编解码方式的参数中。自 2003 版，已经给出较低水平扬声器侧音的情况下增加的质量建模方法。当前的这个版本能够对（短期）信息包丢失相关情况下的编解码进行更精确的质量预测。

#### 来 源

ITU-T G.107 建议书由 ITU-T 第 12 研究组(2005-2008 年)按照 ITU-T A.8 建议书的程序于 2005 年 3 月 1 日批准。

## 前 言

国际电联（国际电信联盟）是联合国在电信领域内的专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电联的常设机构。ITU-T 负责研究技术的、操作的和资费的问题，并且为实现全世界电信标准化，就上述问题发布建议书。

每 4 年召开一次的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，然后由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议拟定了批准 ITU-T 建议书的程序。

在 ITU-T 研究范围内的某些信息技术领域中使用的必要标准是与 ISO 和 IEC 共同编写的。

## 注

在本建议书中，“主管部门”一词是电信主管部门和经认可的运营机构二者的简称。

遵守本建议书是自愿的。不过本建议书可能包含某些强制性规定（例如为了确保互操作性和适用性），并且如果满足了本建议书的所有这些强制性要求，就做到了遵守本建议书。“必须”（shall）一词或其他若干强制性语言如“务必”（must）和相应的否定用语用于提出要求。这类词的使用并不意味着要求任何一方遵守本建议书。

## 知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能需要使用已主张的知识产权。国际电联对有关已主张的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见，无论其是由国际电联成员还是由建议书制定过程之外的其他机构提出的。

到本建议书批准之日为止，国际电联尚未收到实施本建议书时可能需要的受专利保护的知识产权方面的通知。但是，本建议书实施者要注意，这可能不代表最新信息，因此强烈敦促本建议书实施者查询电信标准化局专利数据库。

© 国际电联 2005

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

# 目 录

	页
1 概述 .....	1
1.1 范围 .....	1
1.2 参考文献 .....	1
2 E 模型, 用于传输规划的计算机模型 .....	2
2.1 引言 .....	2
2.2 源代码 .....	2
3 E 模型的结构和基本算法 .....	2
3.1 传输性能等级系数 $R$ 的计算 .....	3
3.2 基本信噪比, $R_0$ .....	4
3.3 同时损伤系数, $I_s$ .....	4
3.4 延迟损伤系数, $I_d$ .....	5
3.5 设备损伤系数, $I_e$ .....	7
3.6 获益系数, $A$ .....	7
3.7 默认值 .....	8
附件 A – 使用 E 模型的情况 .....	9
A.1 使用 E 模型时必须注意的情况示例 .....	9
A.2 修订早先的版本使 E 模型性能改善的情况 .....	9
附件 B – 由传输性能等级系数 $R$ 导出的质量测定 .....	12
附件 C – G.107_5 的 BASIC 源代码 .....	14
附录 I – 由 $MOS_{CQE}$ 值计算 $R$ .....	19
参考资料 .....	20



## E模型，用于传输规划的计算机模型

### 1 概述

#### 1.1 范围

本建议书叙述被称为 E 模型的计算机模型，它被证实是一个有用的传输规划工具，用于评估影响 3.1 kHz 手持电话机通话<sup>1</sup>质量的若干个传输参数变化的综合效应。例如，这个计算机模型能被用于传输规划，帮助它保证用户获得满意的端到端传输性能，却避开了网络的整个工程设计。必须应用到的模型原始输出是“性能等级系数”R，但是它可以被转换，以便得出客户意见的评估。这样的评估只用于传输规划并不构成实际的客户意见的预测（对此，ITU-T 尚未建议各方一致同意的模型）。

本版本包含了信息包丢失作为一个新的参数并增加了扬声器侧音的建模。

对于大量可能的输入参数组合，E 模型还没有用现场观察和实验室测试加以验证。对于许多对传输规划人员很重要的组合，E 模型可以有把握地使用，但是对于其他的参数组合，E 模型的预测还有问题，目前尚在研究。因此，在对某些情况使用 E 模型时必须当心；例如，对于某些类型的损伤组合，E 模型可以得出不正确的结果。附件 A 给出这方面的更多资料。

#### 1.2 参考文献

下列 ITU-T 建议书和其他参考文献的条款，通过在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其他参考文献都面临修订，使用本建议书的各方应探讨使用下列建议书或其他参考文献最新版本的可能性。当前有效的 ITU-T 建议书清单定期出版。本建议书中引用某个独立文件，并非确定该文件具备建议书的地位。

- [1] ITU-T Recommendation G.100 (2001), *Definitions used in Recommendations on general characteristics of international telephone connections and circuits.*
- [2] ITU-T Recommendation G.108 (1999), *Application of the E-model: A planning guide.*
- [3] ITU-T Recommendation G.109 (1999), *Definition of categories of speech transmission quality.*
- [4] ITU-T Recommendation G.113 (2001), *Transmission impairments due to speech processing.*
- [5] ITU-T Recommendation G.113 Appendix I (2002), *Provisional planning values for the equipment impairment factor  $I_e$  and packet-loss robustness factor  $B_{pl}$ .*

---

<sup>1</sup> 本文中通话质量是指传输特性，例如，长的传输时间，通话回声效应等。然而，本建议书叙述的E模型不打算建立双向通话情况的传输损伤模型。

- [6] ITU-T Recommendation P.833 (2001), *Methodology for derivation of equipment impairment factors from subjective listening-only tests.*
- [7] ITU-T Recommendation P.834 (2002), *Methodology for the derivation of equipment impairment factors from instrumental models.*
- [8] ITU-T Recommendation P.862 (2001), *Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs.*

## 2 E模型，用于传输规划的计算机模型

### 2.1 引言

现代网络的复杂性要求规划许多传输参数，不仅要单独考虑各个参数，还要考虑到它们的组合效应。利用“经验丰富的专家估测”可以做到这一点，但是，希望建立一种更系统性的方法，例如使用计算机模型。本文所述模型的输出是标量质量等级值，R，它正比于总的通话质量变化。ITU-T G.113 建议书[4]给出关于特定的损伤（包括基于简化模型的组合效应）的导则。然而，输出也能给出用户反应的标称评估值，以百分比的形式指出建模的连接是“好或更好”或者“差或更差”，如附件 B 所述。另外，在 ITU-T G.108 建议书 [2]给出本建议书所述 E 模型更详细的应用导则。还有，在 ITU-T G.109 建议书 [3]可以找到语音传输质量分类的定义。

### 2.2 源代码

附件 C 的内容是本建议书叙述的 E 模型的 BASIC 形式的源代码。该代码的用途是保证 E 模型的用户使用相容的实现公式。

## 3 E模型的结构和基本算法

E 模型的基础是跟踪先前的传输性能等级模型的设备损伤系数方法。它是由 ETSI 特设组研发的，称为“从嘴到耳的声音传输质量”。

参考连接如图 1 示，分为发送侧和接收侧。该模型建立在接收侧，用户从受话器和扬声器感觉到的从嘴到耳的通话质量。

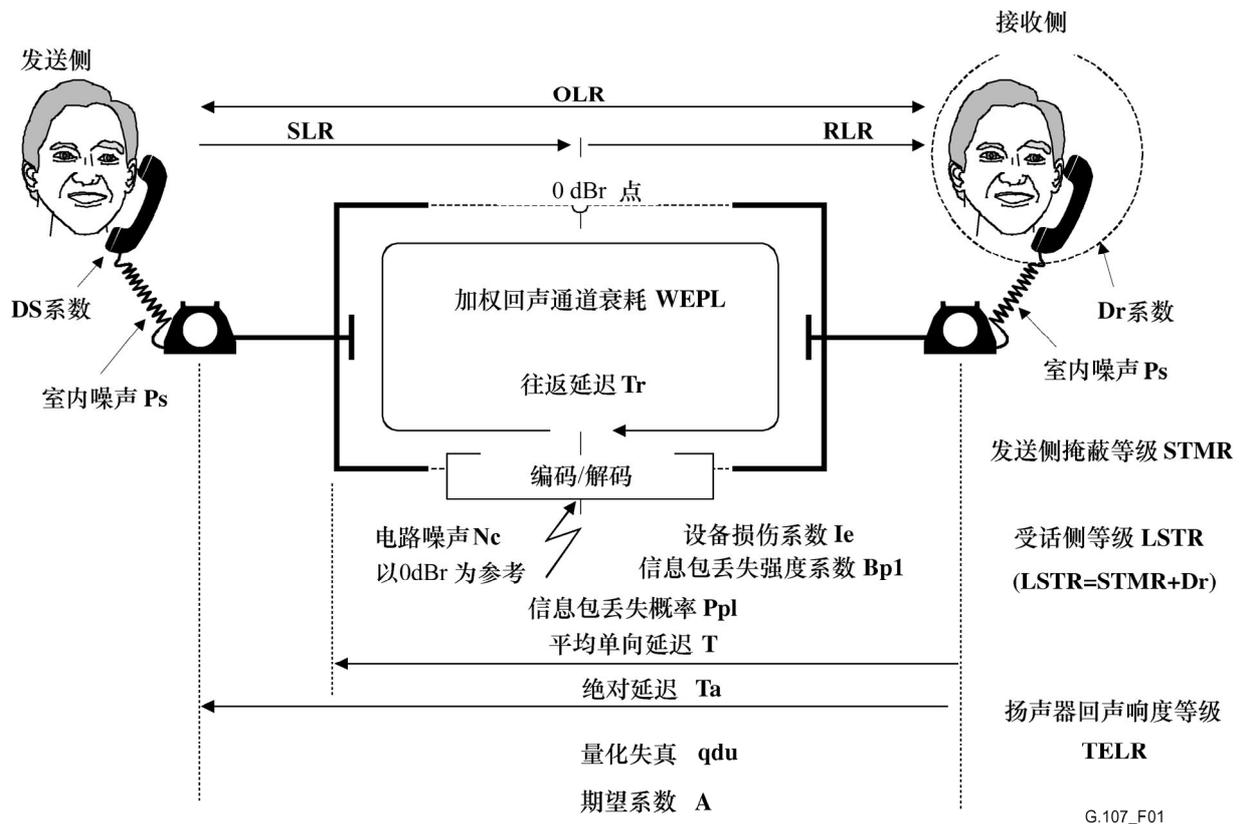


图1/G.107—E模型的参考连接

用作计算机模型输入的传输参数如图 1 示。室内噪声和  $D$  系数的值在算法中对发送侧和接收侧分别处理，可以有不同量值。参数 SLR、RLR 和电路噪声  $N_c$  是以规定的 0 dB 点为参考。所有其余输入参数被考虑为整个连接的值，例如 OLR（在任何情况下 SLR 和 RLR 的和）， $q_{du}$  的数量，设备损伤系数  $I_e$  和获益系数  $A$ ，或者仅指接收侧，例如 STMR、LSTR、WEPL（用于听音器回声计算）和 TELR。

有三个与传输时间相关的不同参数。绝对延迟  $T_a$  表示总的发送侧和传输侧之间的单向延迟，用来估算由于延迟太长带来的损伤。参数平均单向延迟  $T$  表示接收侧（在通话状态）和在连接中作为回声源信号耦合出现的点之间的延迟。往返延迟  $T_r$  表示 4 线环内的延迟，在 4 线环中由于受话器回声，“双反射”信号会产生损伤。

### 3.1 传输性能等级系数 $R$ 的计算

按照设备损伤系数法，E 模型的基本原理是根据 OPINE 模型描述[参见参考资料：P 系列的增补 3]给定的概念。

关于心理上尺度的心理系数是附加的。

任何用 E 模型计算的第一步结果是传输性能等级系数  $R$ ，它将与所考虑的连接相关的所有传输参数组合起来。这个等级系数  $R$  由下式构成：

$$R = R_o - I_s - I_d - I_e - \text{eff} + A \quad (3-1)$$

原则上  $R_o$  代表基本信噪比，包括噪声源诸如电路噪声和室内噪声。系数  $I_s$  是大体上与声音信号同时出现的所有损伤的组合。系数  $I_d$  代表由延迟引起的损伤，有效设备损伤系数  $I_{e-eff}$  代表由低比特率编解码产生的损伤。它也包含由于随机分布的信息包丢失带来的损伤。获益系数  $A$  是在有其他优势引入用户时使损伤系数得到补偿。 $R_o$  和  $I_s$  和  $I_d$  等项之值被再分配给更特定的损伤值。以下各小节给出用在 E 模型中的公式。

### 3.2 基本信噪比, $R_o$

基本信噪比  $R_o$  定义如下:

$$R_o = 15 - 1.5(SLR + N_o) \quad (3-2)$$

$N_o$  项[以 dBm0p 为单位]是各个噪声源的功率和:

$$N_o = 10 \log \left[ 10^{\frac{N_c}{10}} + 10^{\frac{N_{os}}{10}} + 10^{\frac{N_{or}}{10}} + 10^{\frac{N_{fo}}{10}} \right] \quad (3-3)$$

$N_c$  [以 dBm0p 为单位]是所有电路噪声的功率和，全部以 0 dBr 点为参考。

$N_{os}$  [以 dBm0p 为单位]是由发送侧室内噪声  $P_s$  引起的在 0 dBr 点的等效电路噪声:

$$N_{os} = P_s - SLR - D_s - 100 + 0.004(P_s - OLR - D_s - 14)^2 \quad (3-4)$$

其中  $OLR = SLR + RLR$ 。按相同的方法，在接收侧的室内噪声  $P_r$  被转换为一个在 0 dBr 点的等效电路噪声  $N_{or}$ [以 dBm0p 为单位]。

$$N_{or} = RLR - 121 + P_r + 0.008(P_r - 35)^2 \quad (3-5)$$

$P_r$  项[以 dBm0p 为单位]是由受话器侧音通道引起的  $P_r$  增强产生的“有效室内噪声”:

$$P_r = P_r + 10 \log \left[ 1 + 10^{\frac{(10-LSTR)}{10}} \right] \quad (3-6)$$

$N_{fo}$ [以 dBm0p 为单位]代表接收侧“噪声基底”，

$$N_{fo} = N_{for} + RLR \quad (3-7)$$

$N_{for}$  通常设定为 -64 dBmp。

### 3.3 同时损伤系数, $I_s$

系数  $I_s$  是与声音传输大体上同时出现的所有损伤的和。系数  $I_s$  进一步分成三个特定的损伤系数:

$$I_s = I_{olr} + I_{st} + I_q \quad (3-8)$$

$I_{olr}$  代表由于 OLR 值太低引起的质量下降，并由下式给出:

$$I_{olr} = 20 \left[ \left\{ 1 + \left( \frac{X_{olr}}{8} \right)^8 \right\}^{\frac{1}{8}} - \frac{X_{olr}}{8} \right] \quad (3-9)$$

其中：

$$X_{olr} = OLR + 0.2(64 + N_o - RLR) \quad (3-10)$$

系数  $I_{st}$  代表由非最佳侧音引起的损伤：

$$I_{st} = 12 \left[ 1 + \left( \frac{STMRO - 13}{6} \right)^8 \right]^{\frac{1}{8}} - 28 \left[ 1 + \left( \frac{STMRO + 1}{19.4} \right)^{35} \right]^{\frac{1}{35}} - 13 \left[ 1 + \left( \frac{STMRO - 3}{33} \right)^{13} \right]^{\frac{1}{13}} + 29 \quad (3-11)$$

其中：

$$STMRO = -10 \log \left[ 10^{\frac{STM}{10}} + e^{\frac{T}{4}} 10^{\frac{TELR}{10}} \right] \quad (3-12)$$

损伤系数  $I_q$  代表量化失真产生的损伤：

$$I_q = 15 \log [1 + 10^Y + 10^Z] \quad (3-13)$$

其中：

$$Y = \frac{R_o - 100}{15} + \frac{46}{8.4} - \frac{G}{9} \quad (3-14)$$

$$Z = \frac{46}{30} - \frac{G}{40} \quad (3-15)$$

和：

$$G = 1.07 + 0.258Q + 0.0602Q^2 \quad (3-16)$$

$$Q = 37 - 15 \log(\text{qdu}) \quad (3-17)$$

在这个公式中， $\text{qdu}$  代表在发送侧和接收侧之间整个连接的  $\text{qdu}$  的数量。

注一 如损伤系数  $I_e$  被用于一部分设备，则对于那个同一部分的设备就一定不使用  $\text{qdu}$  值。

### 3.4 延迟损伤系数， $I_d$

损伤系数  $I_d$  代表由于声音信号延迟引起的所有损伤，并再分为三个系数： $I_{dte}$ 、 $I_{dle}$  和  $I_{dd}$ ：

$$I_d = I_{dte} + I_{dle} + I_{dd} \quad (3-18)$$

由扬声器回声引起的损伤，即系数  $I_{dte}$  的估算为：

$$I_{dte} = \left[ \frac{Roe - Re}{2} + \sqrt{\frac{(Roe - Re)^2}{4} + 100} - 1 \right] (1 - e^{-T}) \quad (3-19)$$

其中：

$$Roe = -1.5(N_o - RLR) \quad (3-20)$$

$$Re = 80 + 2.5(TELV - 14) \quad (3-21)$$

$$TERV = TELR - 40 \log \frac{1 + \frac{T}{10}}{1 + \frac{T}{150}} + 6e^{-0.37T^2} \quad (3-22)$$

对于  $T < 1$  ms 的值, 将认为扬声器回声是侧音, 即  $Idte = 0$ 。进一步将计算算法结合为 STMR 对扬声器回声的影响。考虑到 STMR 的值低, 对扬声器回声可能具有一些掩蔽效应, 对于很高的 STMR 值, 扬声器回声变得更显著,  $TERV$  和  $Idte$  两项调整如下:

对  $STMR < 9$  dB:

在公式(3-21)中  $TERV$  用  $TERVs$  取代, 其中:

$$TERVs = TERV + \frac{Ist}{2} \quad (3-23)$$

对  $9 \text{ dB} \leq STMR \leq 20 \text{ dB}$ :

采用上面给出的公式(3-19)到(3-22)。

对  $STMR > 20$  dB:

在公式(3-18)中,  $Idte$  用  $Idtes$  代替, 其中:

$$Idtes = \sqrt{Idte^2 + Ist^2} \quad (3-24)$$

系数  $Idle$  代表由于受话器回声引起的损伤。其公式是:

$$Idle = \frac{Ro - Rle}{2} + \sqrt{\frac{(Ro - Rle)^2}{4} + 169} \quad (3-25)$$

其中:

$$Rle = 10.5(WEPL + 7)(Tr + 1)^{-0.25} \quad (3-26)$$

系数  $Idd$  代表由于绝对延迟  $Ta$  太长带来的损伤, 即使使用良好的回声消除手段绝对延迟还是存在:

对  $Ta \leq 100$  ms:

$$Idd = 0$$

对  $Ta > 100$  ms:

$$Idd = 25 \left\{ \left( 1 + X^6 \right)^{\frac{1}{6}} - 3 \left( 1 + \left[ \frac{X}{3} \right]^6 \right)^{\frac{1}{6}} + 2 \right\} \quad (3-27)$$

而:

$$X = \frac{\log\left(\frac{Ta}{100}\right)}{\log 2} \quad (3-28)$$

### 3.5 设备损伤系数, $I_e$

采用低比特率编解码单元的设备损伤系数  $I_e$  的值与其他输入参数无关。它们取决于主观平均意见评分和对网络的经验。 $I_e$  的实际推荐值参见附录 I/G.113 [5]。

工作在随机<sup>2</sup> 信息包丢失情况下编解码的特定损伤系数值以前采用信息包丢失与  $I_e$  值的关系表来处理。现在, 将信息包丢失强度系数  $Bpl$  定义为编解码的特定值。利用零信息包丢失时编解码特定的设备损伤系数  $I_e$  之值和信息包丢失强度系数  $Bpl$ , (在附录 I/G.113 列出了各类编解码的这两种值) 推导出信息包丢失相关的有效设备损伤系数  $I_{e-eff}$ 。利用信息包丢失概率  $Ppl$ , 用下列公式计算出  $I_{e-eff}$ :

$$I_{e-eff} = I_e + (95 - I_e) \cdot \frac{Ppl}{\frac{Ppl}{BurstR} + Bpl} \quad (3-29)$$

$BurstR$  是所谓的突发比, 定义为:

$$BurstR = \frac{\text{在到达序列中观察到的突发部分的平均长度}}{\text{“随机”丢失状态下的网络中期望的突发部分的平均长度}}$$

当信息包随机丢失 (即不相关) 时  $BurstR = 1$ , 以及

当信息包突发丢失 (即相关) 时  $BurstR > 1$ 。

例如, 对于符合 2 种状态的 Markov 模型的信息包丢失分布, 具有“发现”和“丢失”状态间的转移概率  $p$  以及“发现”和“丢失”状态间  $q$ ,  $BurstR$  可计算为:

$$BurstR = \frac{1}{p+q} = \frac{Ppl/100}{p} = \frac{1-Ppl/100}{q} \quad (3-30)$$

从公式 (3-29) 可以看出, 在  $Ppl = 0$  (没有信息包丢失) 的情况有效设备损伤系数等于附录 I/G.113 规定的  $I_e$  值。

关于参数值的范围请参考附件 A/G.107, 算法已经生效。

### 3.6 获益系数, $A$

由于获益系数  $A$  的特定意义, 因而它与所有其他传输参数无关。表 1 给出一些暂定值。

表 1/G.107—获益系数A的暂定值示例

通信系统示例	A的最大值
常规系数(有线)	0
建筑物内蜂窝网络移动系统	5
地区内或运动的车辆中的移动系统	10
难于达到的地区的接入, 例如, 经多跳中继的卫星连接	20

<sup>2</sup> 信息包丢失的概率被认为是与接收状态 (前一个信息包收到或丢失) 没有关系。

应当指出，表 1 的值取自 ITU-T G.113 建议书 [4]，只是暂定值。系数  $A$  的使用及它在特定应用中的选择取决于规划人员的判定。然而，应当认识到表 1 的值绝对是  $A$  的上限值。

### 3.7 默认值

在 E 模型算法中的所有输入参数的默认值列于表 2。对所有在规划期间不改变的所有参数极力推荐使用这些默认值。如果所有的参数均设定为默认值，计算得到很高的质量，等级系数  $R = 93.2$ 。

表 2/G.107—参数的默认值及允许的范围

参 数	缩 写	单 位	默认值	允许范围	注
发送响度等级	SLR	dB	+8	0 ... +18	(注 1)
接收响度等级	RLR	dB	+2	-5 ... +14	(注 1)
侧音掩蔽等级	STMR	dB	15	10 ... 20	(注 2)
受话器侧音等级	LSTR	dB	18	13 ... 23	(注 2)
发送侧电话的 D 值	Ds	-	3	-3 ... +3	(注 2)
接收侧电话的 D 值	Dr	-	3	-3 ... +3	(注 2)
扬声器回声强度等级	TELRL	dB	65	5 ... 65	
加权回声通道损耗	WEPL	dB	110	5 ... 110	
回声通道的平均单向延迟	T	ms	0	0 ... 500	
4 线环往返行程延迟	Tr	ms	0	0 ... 1000	
无回声连接绝对延迟	Ta	ms	0	0 ... 500	
量化失真单元数量	qdu	-	1	1 ... 14	
设备损伤系数	Ie	-	0	0 ... 40	
信息包丢失强度系数	Bpl	-	1	1 ... 40	(注 3)
随机信息包丢失概率	Ppl	%	0	0 ... 20	(注 3)
突发比	BurstR	-	1	1 ... 2	(注 3)
以 0 dBr 点为参考的电路噪声	Nc	dBm0p	-70	-80 ... -40	
接收侧噪声基底	Nfor	dBmp	-64	-	(注 3)
发送侧室内噪声	Ps	dB(A)	35	35 ... 85	
接收侧室内噪声	Pr	dB(A)	35	35 ... 85	
获益系数	A	-	0	0 ... 20	
注 1 — 送话器和接收器之间，0 dBr 点的总值。					
注 2 — 固定的关系：LSTR = STMR + D。					
注 3 — 目前正在研究。					

本建议书的 2000 年修订版给出了 E 模型算法的增强版（参见附件 A）。

由于 2000 年的修订，所有参数为默认值的最终等级  $R$  有不大的变化(从  $R = 94.2$  到  $R = 93.2$ )。然而，对于实际规划的用途，可以认为这种细小的变化是不重要的。

## 附件 A

### 使用E模型的情况

注 — 对于E模型算法的评价和提高需进一步研究。一旦获得新的结果应立即采用。

#### A.1 使用E模型时必须注意的情况示例

##### — 设备损伤系数的总水平

某些实验研究提出设备损伤系数的普遍趋势是很不利的，以至于会与隐蔽的安全边际相混。

##### — 模型的总的叠加性质

E 模型假定各类的损伤在传输性能等级系数  $R$  的标尺上是相叠加的。这个性质没有在令人满意的程度上得到验证。特别是关于低比特率编解码与其他类损伤，例如室内噪声的相互作用只有很少的研究结果可供利用。另外，当几个低比特率编解码级联时其安排的影响仍然是不确定的。

##### — 扬声器侧音的覆盖范围

某些实验表明 E 模型不管扬声器侧音存在的某些掩蔽效应，换句话说就是与电路噪声、接收侧室内噪声和低的延迟扬声器回声( $< 10 \text{ ms}$ )连带在一道。

##### — 获益系数 $A$

到目前为止，还没有弄清楚在哪种情况应使用给定的获益系数值。希望这些值可以例如由用户群来决定，从长远来说其绝对值会变化。

##### — 导出新的设备损伤系数的方法

从主观收听质量测试导出设备损伤系数的新方法被 ITU-T P.833 建议书 [6]采用。从测试仪表模型（例如 P.862 [8]）导出设备损伤系数的新方法被 ITU-T P.834 建议书[7]采用。

##### — 对不同类型的室内噪声和信道、侧音通道及回声通道的不同频率特性的预测

E 模型只利用 A 类加权的电平来考虑室内噪声的效应。对语音通信质量的实际意见更取决于环境噪声的类型和分布。信道、侧音和回声通道的频率特性 E 模型显然没有顾及，只是用响度等级隐含地处理。然而，它们会影响感觉得到的传输质量。

#### A.2 修订早先的版本使E模型性能改善的情况

##### — 发送侧室内噪声的效应

利用现在的增强 E 模型算法（2000 年版本），不再顾及 Lombard 效应（实际上是扬声器采用他/她的发声，而扬声器电平能适应噪声环境）。在 1998 年版本中，对于高的室内噪声电平  $P_r$  就会导致不利的 E 模型预测。

— 量化失真的预测

在 1998 年版的 E 模型中，MNRU 参考情况的主观测试结果经常比 E 模型的预测差。图 A.1 的曲线是按 1998 年版和 2000 年版的 E 模型，所有参数都取它的默认值导出的。

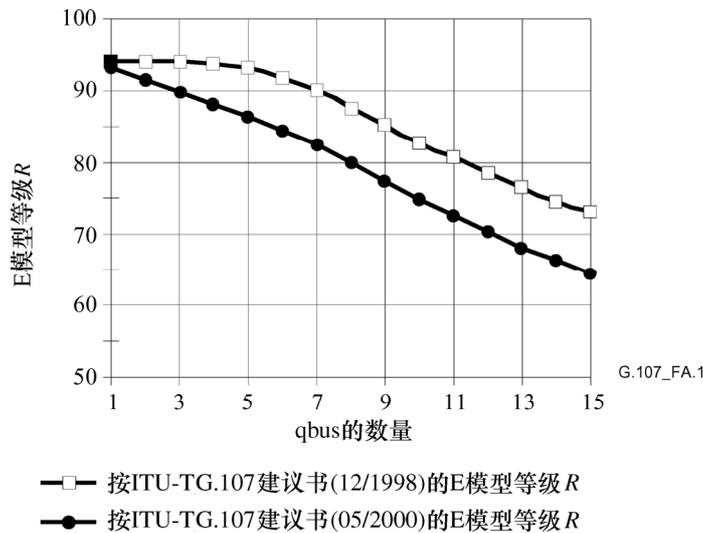


图 A.1/G.107—qdu 的数量与 E 模型性能等级 R 的关系

关于本建议书给出的 E 模型稍为增强了的算法，改变了参数 qdu 和 E 模型性能等级 R 之间的关系，以便使算法与获得的主观测试结果更吻合。

— 随机信息包丢失情况下编解码性能的预测

在信息包丢失情况下编解码的损伤以前是采用编解码函数表对各种信息包丢失率来求得设备损伤系数(在附录 I/G.113 早先的版本中)。为了减少使用 E 模型时列表数据的数量，就研究用相应的公式取代信息包丢失的  $I_{es}$  表格的可能性。所选择的方法导致的结果非常类似在 2001 年版的附录 I/G.113 叙述的早先对所有编解码定义的  $I_e$ 。

— 相关信息包丢失情况下编解码性能的预测

作为算法的这个版本，由中间（短期）丢失相关（相对比长期丢失相关）表述的丢失分布被综合进 E 模型。到目前为止，所述的方法只对于 G.729(A) 编解码进行了评估，但假设它也适用于 G.723.1，并以此类推它适用于其他的编解码。有待确认，该算法不应用于突发比高于  $BurstR = 2.0$  的情况。如果信息包丢失百分比  $P_{pl}$  低于 2%，该模型也适用于突发比高于 2.0 的情况。

— 扬声器侧音效应

ITU-T G.107 建议书(07/2002)先前的版本给出的对 STMR 值 >15 dB 的函数得出的对声音质量的评估太不乐观，而且与语音测试的结果不太吻合。对于北美的电话，证实这一点特别重要，因为北美的典型规范是 STMR 的标称值为 16 到 18 dB。

在目前 E 模型的修改版中, 采用修改相应的  $I_{st}$  与侧音(STMR)函数关系的公式来应对所发现的这种现象, 参见公式 (3-11)。

如本建议书正文所述, 对于 STMR 的静态值扬声器回声变得更显著。从  $I_{dte}$  转换到  $I_{dtes}$  (公式 3-24) 涉及了这一点。为了保持一致性, 扬声器回声门限从  $STMR > 15 \text{ dB}$  (G.107, 07/2002) 扩展到  $STMR > 20 \text{ dB}$  (G.107, 修订版)。该修改不会影响  $STMR < 15 \text{ dB}$  的情况。因而, 对于默认设定 ( $STMR = 15 \text{ dB}$ ) 的情况, 传输性能等级系数  $R$  的质量预测与早先的模型版本 (07/2002) 预测的结果没有差异。对早先的和当前的版本,  $R$  的默认值都是 93.2。在图 A.2 描绘了这种情况。

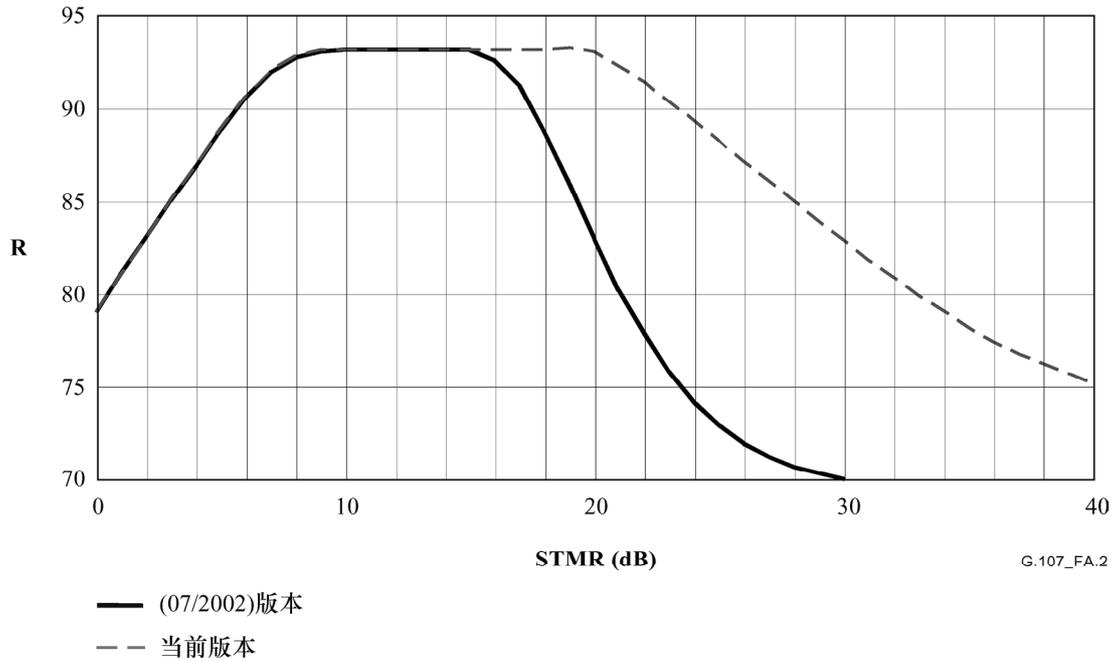


图 A.2/G.107—E模型算法的早先版本和当前版本的 $R$ 与STMR关系曲线的比较



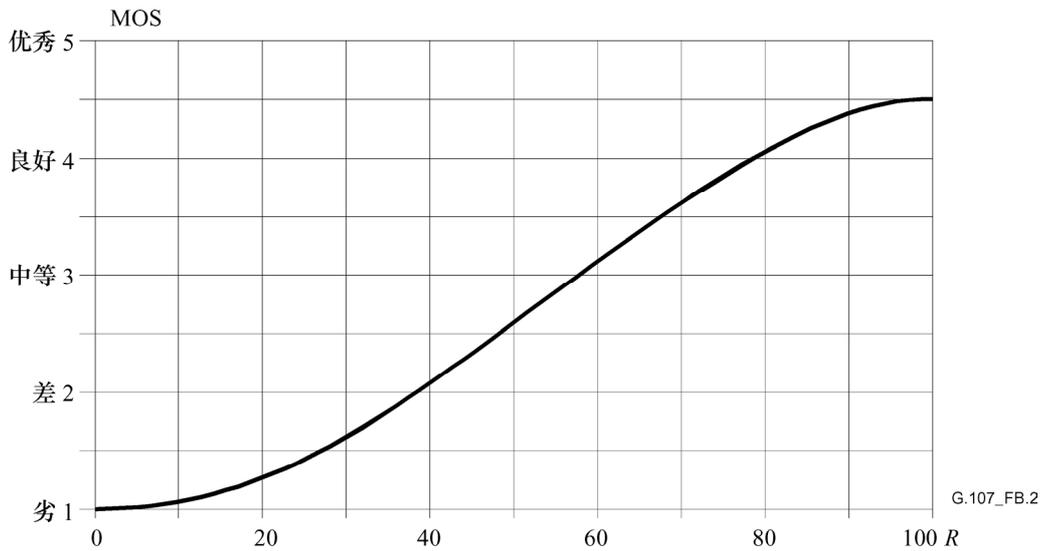


图 B.2/G.107— $MOS_{CQE}$ 与等级系数 $R$ 的函数关系

在某些情况，传输规划人员可能不熟悉质量测定手段的使用，例如从规划计算得出的  $R$  等级系数，因而在表 B.1<sup>3</sup>给出用于规划目的的解释计算  $R$  系数的暂订导则。这个表还包含了将  $R$  值等效变换为估计通话  $MOS_{CQE}$ 、GoB 和 PoW 值的内容。

表 B.1/G.107— $R$ 值和用户满意度之间关系的暂订导则

$R$ 值 (下限)	$MOS_{CQE}$ (下限)	GoB (%) (下限)	PoW (%) (上限)	用户满意度
90	4.34	97	~0	很满意
80	4.03	89	~0	满意
70	3.60	73	6	有些用户不满意
60	3.10	50	17	许多用户不满意
50	2.58	27	38	几乎所有用户都不满意

<sup>3</sup> 表B.1的来源是表1/G.109 [3]。

## 附件 C

### G.107\_5的BASIC源代码

```
1 CLS
2 PRINT "PROGRAM g107_4"
3 REM THIS VERSION IS CONFORM WITH THE ALGORITHM
4 REM DESCRIBED IN REC. G.107
5 REM PROGRAM WRITTEN BY N.O. JOHANNESSON
6 REM MODIFIED BY S. MOELLER, 1999; A. RAAKE, 2003, 2005
7 PRINT
8 PRINT "E-model, algorithm according to ITU-T Rec. G.107 (2003) Annex C,"
9 PRINT "for voice communication between side (S) and (R)."
```

```

220 PRINT "Compute table, one parameter  ", "=3"
230 PRINT "Set parameter at default values", "=4"
240 PRINT "Exit program                    ", "=5"
250 PRINT
260 INPUT Y1
270 CLS
280 IF Y1 = 1 THEN GOSUB 500
290 IF Y1 = 2 THEN GOSUB 1000
300 IF Y1 = 3 THEN GOSUB 2000
310 IF Y1 = 4 THEN GOSUB 30
320 IF Y1 = 5 THEN GOTO 9999
330 CLS
340 IF Y1 = 4 THEN PRINT , "Parameters set at default values !"
350 GOTO 199

500 REM SUB Print current parameter values (lines 500-700)
510 PRINT , "SLR="; SLR, "RLR="; RLR, "OLR= SLR + RLR="; SLR + RLR
520 PRINT , "Side (S): Ds="; Ds
530 PRINT , "Side (R): STMR="; STMR, "Dr="; Dr, "LSTR="; STMR + Dr
540 PRINT
550 PRINT , "TELR="; TELR, "Mean One-way Delay T ms="; T
560 PRINT , "WEPL="; WEPL, "Round-trip Delay Tr ms="; Tr
570 PRINT , "One-way Absolute Delay Ta ms="; Ta
580 PRINT
590 PRINT , "Noise Floor at Side (R) Nfor dBmp="; Nfor
600 PRINT , "Circuit Noise Nc dBmp="; Nc
610 PRINT , "Room Noise, Side (S), Ps dB(A)="; Ps
620 PRINT , "Room Noise, Side (R), Pr dB(A)="; Pr
630 PRINT
640 PRINT , "qdu="; qdu
650 PRINT
660 PRINT , "Equipment Impairment Factor Ie="; Ie
661 PRINT
662 PRINT , "Packet-loss Robustness Factor Bpl="; Bpl
663 PRINT
664 PRINT , "Packet-loss Rate Ppl %="; Ppl
665 PRINT
666 PRINT , "Burst Ratio ="; BurstR
667 PRINT
670 PRINT , "Advantage Factor A="; A
680 PRINT
690 INPUT C$
700 RETURN

1000 REM SUB Input Parameters (lines 1000-1270)
1020 CLS
1030 PRINT "Type designation of parameter for which the value is to be changed
!"
1031 PRINT
1032 PRINT "Note 1. New value of OLR is obtained indirectly, i.e. by new"
1033 PRINT "value of SLR or RLR. (OLR=SLR+RLR.)"
1034 PRINT
1035 PRINT "Note 2. New value of LSTR is obtained indirectly, i.e. by new"
1036 PRINT "value of STMR or Dr. (LSTR=STMR+Dr.)"
1037 PRINT
1040 INPUT "Parameter:"; A$
1050 INPUT "New Value="; Px
1060 PRINT A$; "="; Px
1070 IF ((A$ = "SLR") OR (A$ = "slr") OR (A$ = "Slr")) THEN SLR = Px
1080 IF ((A$ = "RLR") OR (A$ = "rlr") OR (A$ = "Rlr")) THEN RLR = Px
1090 IF ((A$ = "STMR") OR (A$ = "stmr") OR (A$ = "Stmr")) THEN STMR = Px
1100 IF ((A$ = "Dr") OR (A$ = "DR") OR (A$ = "dr")) THEN Dr = Px
1110 IF ((A$ = "Ds") OR (A$ = "DS") OR (A$ = "ds")) THEN Ds = Px
1120 IF ((A$ = "TELR") OR (A$ = "telr") OR (A$ = "Telr")) THEN TELR = Px

```

```

1130 IF ((A$ = "T") OR (A$ = "t")) THEN T = Px
1140 IF ((A$ = "WEPL") OR (A$ = "wepl") OR (A$ = "WepL")) THEN WEPL = Px
1150 IF ((A$ = "Tr") OR (A$ = "TR") OR (A$ = "tr")) THEN Tr = Px
1160 IF ((A$ = "Ta") OR (A$ = "TA") OR (A$ = "ta")) THEN Ta = Px
1170 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
1171 IF ((A$ = "Bpl") OR (A$ = "BPL") OR (A$ = "bpl")) THEN Bpl = Px
1172 IF ((A$ = "Ppl") OR (A$ = "PPL") OR (A$ = "ppl")) THEN Ppl = Px
1173 IF ((A$ = "BurstR") OR (A$ = "BURSTR") OR (A$ = "burstr")) THEN BurstR =
Px
1180 IF ((A$ = "A") OR (A$ = "a")) THEN A = Px
1190 IF ((A$ = "Nc") OR (A$ = "NC") OR (A$ = "nc")) THEN Nc = Px
1200 IF ((A$ = "Ps") OR (A$ = "PS") OR (A$ = "ps")) THEN Ps = Px
1210 IF ((A$ = "Pr") OR (A$ = "PR") OR (A$ = "pr")) THEN Pr = Px
1220 IF ((A$ = "qdu") OR (A$ = "QDU") OR (A$ = "Qdu")) THEN qdu = Px
1230 IF ((A$ = "Nfor") OR (A$ = "NFOR") OR (A$ = "nfor")) THEN Nfor = Px
1240 PRINT
1250 IF Y1 = 2 THEN INPUT "More parameters changed, Yes(1) or No(0)"; Ypar
1260 IF Ypar = 1 THEN GOTO 1020
1270 RETURN

2000 REM SUB Tabulate (lines 2000-3000)
2020 INPUT "Variable Parameter:"; A$
2030 PRINT "(To exit tabulation, put parameter value = 1000 !)"
2040 PRINT TAB(8); A$; TAB(18); "R"; TAB(28); "GOB %"; TAB(38); "POW %";
TAB(48); "MOS"
2050 INPUT Px
2060 IF Px = 1000 THEN GOTO 3000
2070 IF ((A$ = "SLR") OR (A$ = "slr") OR (A$ = "Slr")) THEN SLR = Px
2080 IF ((A$ = "RLR") OR (A$ = "rlr") OR (A$ = "Rlr")) THEN RLR = Px
2090 IF ((A$ = "STMR") OR (A$ = "stmr") OR (A$ = "Stmr")) THEN
2100     STMR = Px
2110     LSTR = STMR + Dr
2120 END IF
2130 IF ((A$ = "Dr") OR (A$ = "DR") OR (A$ = "dr")) THEN
2140     Dr = Px
2150     LSTR = STMR + Dr
2160 END IF
2170 IF ((A$ = "TELR") OR (A$ = "telr") OR (A$ = "Telr")) THEN TELR = Px
2180 IF ((A$ = "T") OR (A$ = "t")) THEN T = Px
2190 IF ((A$ = "WEPL") OR (A$ = "wepl") OR (A$ = "WepL")) THEN WEPL = Px
2200 IF ((A$ = "Tr") OR (A$ = "TR") OR (A$ = "tr")) THEN Tr = Px
2210 IF ((A$ = "Ta") OR (A$ = "TA") OR (A$ = "ta")) THEN Ta = Px
2220 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
2221 IF ((A$ = "Bpl") OR (A$ = "BPL") OR (A$ = "bpl")) THEN Bpl = Px
2222 IF ((A$ = "Ppl") OR (A$ = "PPL") OR (A$ = "ppl")) THEN Ppl = Px
2223 IF ((A$ = "BurstR") OR (A$ = "BURSTR") OR (A$ = "burstr")) THEN BurstR =
Px
2230 IF ((A$ = "A") OR (A$ = "a")) THEN A = Px
2240 IF ((A$ = "Nc") OR (A$ = "NC") OR (A$ = "nc")) THEN Nc = Px
2245 IF ((A$ = "Nfor") OR (A$ = "NFOR") OR (A$ = "nfor")) THEN Nfor = Px
2250 IF ((A$ = "Ps") OR (A$ = "PS") OR (A$ = "ps")) THEN Ps = Px
2260 IF ((A$ = "Pr") OR (A$ = "PR") OR (A$ = "pr")) THEN Pr = Px
2270 IF ((A$ = "qdu") OR (A$ = "QDU") OR (A$ = "Qdu")) THEN qdu = Px
2280 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
2290 IF ((A$ = "Ds") OR (A$ = "DS") OR (A$ = "ds")) THEN Ds = Px
2300 GOSUB 3500
2400 GOSUB 4000
2500 GOSUB 4100
2600 GOSUB 4200
2700 R = INT(R * 10 + .5) / 10
2800 PRINT TAB(8); Px; TAB(18); R; TAB(28); GOB; TAB(38); POW; TAB(48); MOS
2900 GOTO 2050
3000 RETURN

3500 REM Compute R (lines 3500-3880)

```

```

3509 REM Noise Summation, formulas (3) to (7)
3510 Nr1 = Ps - SLR - Ds - 100
3520 Nr1 = Nr1 + .004 * (Ps - SLR - RLR - Ds - 14) ^ 2
3530 LSTR = STMR + Dr
3540 Pro = Pr + 10 * LOG(1 + 10 ^ ((10 - LSTR) / 10)) / LOG(10)
3550 Pr1 = Pro + .008 * (Pro - 35) ^ 2
3560 Nr2 = Pr1 - 121 + RLR
3570 Nfo = Nfor + RLR
3580 No = 10 * LOG(10 ^ (Nr1 / 10) + 10 ^ (Nr2 / 10) + 10 ^ (Nc / 10) + 10 ^
(Nfo / 10)) / LOG(10)
3590 Nt = No - RLR

3599 REM Ro, formula (2)
3600 Ro = 15 - 1.5 * (SLR + No)

3609 REM Iolr, formulas (9) and (10)
3610 Xolr = SLR + RLR + .2 * (64 + Nt)
3620 Iolr = 20 * ((1 + (Xolr / 8) ^ 8) ^ (1 / 8) - Xolr / 8)

3629 REM Ist, formulas (11) and (12)
3630 STMRo = -10 * LOG(10 ^ (-STMR / 10) + 10 ^ (-TELR / 10) * EXP(-T / 4)) /
LOG(10)
3640 Ist = 12 * (1 + ((STMRo - 13) / 6) ^ 8) ^ (1 / 8)
3645 Ist = Ist - 28 * (1 + ((STMRo + 1) / 19.4) ^ 35) ^ (1 / 35)
3650 Ist = Ist - 13 * (1 + ((STMRo - 3) / 33) ^ 13) ^ (1 / 13) + 29

3659 REM Iq, formulas (13) to (17)
3660 IF qdu < 1 THEN qdu = 1
3670 Q = 37 - 15 * LOG(qdu) / LOG(10)
3680 G = 1.07 + .258 * Q + .0602 * Q ^ 2
3690 Iq = 15 * LOG(1 + 10 ^ ((Ro - 100) / 15) * 10 ^ (46 / 8.4 - G / 9) + 10 ^
(46 / 30 - G / 40)) / LOG(10)

3699 REM Is, formula (8)
3700 Isyn = Iolr + Ist + Iq

3709 REM TERV, formula (22)
3710 TERV = TELR + 6 * EXP(-.3 * T ^ 2) - 40 * LOG((1 + T / 10) / (1 + T /
150)) / LOG(10)
3719 REM Modifications to satisfy formula (23)
3720 IF STMR < 9 THEN TERV = TERV + .5 * Ist

3729 REM Idte, formulas (19) to (21)
3730 Re = 80 + 2.5 * (TERV - 14)
3740 Roe = -1.5 * (No - RLR)
3750 Xdt = (Roe - Re) / 2
3760 Idte = Xdt + SQR(Xdt ^ 2 + 100)
3770 Idte = (Idte - 1) * (1 - EXP(-T))

3779 REM Modifications to satisfy formula (24)
3780 IF STMR > 20 THEN Idte = SQR(Idte ^ 2 + Ist ^ 2)

3789 REM Idle, formulas (25) and (26)
3790 Rle = 10.5 * (WEPL + 7) * (Tr + 1) ^ (-1 / 4)
3800 Xdl = (Ro - Rle) / 2
3810 Idle = Xdl + SQR(Xdl ^ 2 + 169)

3819 REM Idd, formulas (27) and (28)
3820 IF Ta < 100 THEN Idd = 0
3830 IF Ta = 100 THEN Idd = 0
3840 IF Ta > 100 THEN
    X = (LOG(Ta / 100)) / LOG(2)
    Idd = 25 * ((1 + X ^ 6) ^ (1 / 6) - 3 * (1 + (X / 3) ^ 6) ^ (1 / 6) +
2)

```

```

3850 END IF

3859 REM Id
3860 Id = Idte + Idle + Idd

3864 REM Inclusion of packet-loss: Ieef, formula (29)
3865 Ieef = Ie + (95 - Ie) * (Ppl / ((Ppl / BurstR) + Bpl))

3869 REM R, formula (1)
3870 R = Ro - Isyn - Id - Ieef + A
3880 RETURN

4000 REM Compute GOB, formula (B.2) (lines 4000-4050)
4010 Z# = (R - 60) / 16
4020 GOSUB 5000
4030 GOB = 100 * F#
4040 GOB = INT(GOB * 10 + .5) / 10
4050 RETURN

4100 REM Compute POW, formula (B.3) (lines 4100-4150)
4110 Z# = (R - 45) / 16
4120 GOSUB 5000
4130 POW = 100 * (1 - F#)
4140 POW = INT(POW * 10 + .5) / 10
4150 RETURN

4200 REM Compute MOS, formula (B.4) (lines 4200-4260)
4210 MOS = 1 + R * .035 + R * (R - 60) * (100 - R) * 7 * 10 ^ (-6)
4220 MOS = INT(MOS * 100 + .5) / 100
4230 IF R < 0 THEN MOS = 1
4240 IF MOS < 1 THEN MOS = 1
4250 IF R > 100 THEN MOS = 4.5
4260 RETURN

5000 REM Norm Distr F(Z), formula (B.1) (lines 5000-5130)
5010 S# = 0
5020 N% = 0
5030 H# = Z#
5040 S# = S# + H#
5050 H# = H# * (-1) * (Z#) ^ 2 * (2 * N% + 1) / ((N% + 1) * 2 * (2 * N% + 3))
5060 N% = N% + 1
5070 IF ABS(H#) < 10 ^ (-6) THEN GOTO 5090
5080 GOTO 5040
5090 S# = S# / (SQR(2 * 3.14159265#))
5100 F# = .5 + S#
5110 F# = INT(F# * 10 ^ 5 + .5) / 10 ^ 5
5120 REM PRINT "Z="; Z#, "F(Z)="; F#, "N="; N%
5130 RETURN
9999 END

```

## 附录 I

### 由 $MOS_{CQE}$ 值计算 $R$

在范围  $6.5 \leq R \leq 100$ ，能用下列公式从  $MOS_{CQE}$  计算  $R$ ：

$$R = \frac{20}{3} \left( 8 - \sqrt{226} \cos \left( h + \frac{\pi}{3} \right) \right) \quad (I-1)$$

其中：

$$h = \frac{1}{3} \arctan2 \left( 18566 - 6750MOS_{CQE}, 15\sqrt{-903522 + 1113960MOS_{CQE} - 202500MOS_{CQE}^2} \right) \quad (I-2)$$

和：

$$\arctan2(x, y) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y}{x}\right) & \text{对于 } x \geq 0 \\ \pi - \arctan\left(\frac{y}{-x}\right) & \text{对于 } x < 0 \end{cases} \quad (I-3)$$

函数  $\arctan2(x, y)$  在 ANSI C 中用函数  $\text{atan2}(y, x)$  实现。使用者应注意到在这种情况下两个参数的次序不同。

## 参考资料

- ITU-T Recommendation G.107 (1998), *The E-model, a computational model for use in transmission planning.*
- ITU-T Recommendation G.107 (2000), *The E-model, a computational model for use in transmission planning.*
- ITU-T Recommendation G.107 (2002), *The E-model, a computational model for use in transmission planning.*
- ITU-T P-series Recommendations – Supplement 3 (1993), *Models for predicting transmission quality from objective measurements.*

## ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
<b>G系列</b>	<b>传输系统和媒质、数字系统和网络</b>
H系列	视听和多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网和电视、声音节目及其他多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	线缆的构成、安装和保护及外部设备的其他组件
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备技术规程
P系列	电话传输质量、电话装置、本地线路网络
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网和开放系统通信及安全
Y系列	全球信息基础设施、互联网的协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题