

国 际 电 信 联 盟

**ITU-R**

国际电联无线电通信部门

**ITU-R BT.1735-3 建议书**

(02/2015)

**ITU-R BT.1306建议书中规范的B系统  
数字地面电视广播信号的客观  
接收质量评定方法**

**BT 系列  
广播业务  
(电视)**



国际电信联盟

## 前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电电信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

## 知识产权政策 (IPR)

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

### ITU-R系列建议书

(也可在线查询 <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

系列	标题
<b>BO</b>	卫星传送
<b>BR</b>	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
<b>BS</b>	广播业务（声音）
<b>BT</b>	<b>广播业务（电视）</b>
<b>F</b>	固定业务
<b>M</b>	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
<b>P</b>	无线电波传播
<b>RA</b>	射电天文
<b>RS</b>	遥感系统
<b>S</b>	卫星固定业务
<b>SA</b>	空间应用和气象
<b>SF</b>	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
<b>SM</b>	频谱管理
<b>SNG</b>	卫星新闻采集
<b>TF</b>	时间信号和频率标准发射
<b>V</b>	词汇和相关问题

**说明：** 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版  
2018年，日内瓦

© ITU 2018

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

## ITU-R BT.1735-3建议书

ITU-R BT.1306建议书中规范的B系统数字地面  
电视广播信号的客观接收质量评定方法

(ITU-R第100/6号课题)

(2005-2012-2014-2015年)

## 范围

本建议书的目的是提供可予应用的方法，以帮助在B系统数字电视广播中对数字地面电视广播业务接收进行质量评定。本建议书注意到相关的ITU-R建议书。对于所述目的，有两种方法可予应用：一种用于多频网络（MFN），另一种用于单频网络（SFN）。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) ITU-R SM.1682建议书 – 数字广播信号测量方法；在其第2.6节中规定了覆盖范围估值用的测量参数；
- b) ITU-R BT.1368建议书中，规定了诸如最小场强、保护率和最小场强与接收机电压输入之间的关系等规划参数，得到各主管部门的广泛采用；
- c) ITU-R P.1546建议书中，指明了用于电场估值的场强预测方法和杂散干扰高度，得到各主管部门的广泛采用；
- d) ITU-R将ITU-R BT.500确定为电视图像质量主观评定方法；
- e) 据观察，在推出数字电视服务时，数字电视图像的主观评定被认为与质量评定的相关性较小，因为数字技术的性能不提供在模拟技术中感受到的公差；
- f) 有关数字电视系统评定的一项重要要求是，系统处于阈值之上；
- g) 图像质量的主观分析不能用作数字系统干扰电平或必要保护比的衡量标准；
- h) 令人满意的数字系统规划需要以准无误差信号（QEF）阈值点之上足够余量测定操作，同时考虑到时间和位置的变化；
- i) 维特比译码（vBER）后的BER用于确定QEF条件的阈值；
- j) SFP方法用于确定可见错误的阈值；
- k) 需要有就地测量的方法帮助主管部门和部门成员评定数字地面电视广播（DTTB）的覆盖接收质量，

### 建议

- 1 应在比特误码率（BER）和测得的场强的基础上，根据本建议书附件 1 第 3 节采用描述数字信号客观接收质量的模型；
- 2 应对 MFN 采用附件 1 第 3.1 节表 1 和表 2 所示的质量评分制；
- 3 应对 SFN 采用附件 1 第 3.2 节表 3 和第 3.1 节表 2 所示的质量评分制；
- 4 应采用附件 1 第 5、6 和 7 节介绍的测量方法。

## 附件1

### B系统数字电视广播信号的客观 接收质量评定的标准方法

#### 1 接收的客观质量评定

由预测方法确定的特定地区的覆盖范围应通过“就地”测量进行检验，以便评定预测结果。就质量而言，借助于预测方法，应用“位置概率”有可能识别覆盖区。以同样的方式，借助于其测量方法可估值与终端用户关联的“感知质量”问题。数字地面电视接收系统工作于“门限”基础上，感知质量取决于三个因素：对业务的接入、时间可得性以及位置可得性。

在运用这种方法时，信号电平评定和质量评定是两个不同的过程。

接收环境的应用与质量评估过程无关<sup>1</sup>。据推测，质量评估过程是以用于主管部门 DTTB 规划体制内的最小信号电平为依据的，该体制内的最小信号电平衍生物将考虑到的相关接收环境。另据推测，DTTB 规划体制考虑到位置可用性。

如果未能在一定接收环境达到规划体制规定的场强，那么该服务自然达不到质量评定要求。

---

<sup>1</sup> 主要应用于固定接收和稳定的接收条件。在可察觉贡献率降至接近或超出GI时，应谨慎处理对流层传播。

应对固定接收和时变接收条件采用数据统计方法。需在相当长的时间段进行多次场强和BER采样，并算出每个样品的Q值。在一定比例（如90%）时间内被突破的Q值，就是质量范围值。

## 2 估值的参数

如ITU-R SM.1682建议书当前版本的第2.6节中所报告的，要估值的参数为：场强和不同解码阶段后的误码率（BER）（这里建议采用维特比译码之前和之后的BER –（cBER和vBER））。维特比译码（vBER）之后的BER用于确定准无误码（QEF）条件的门限。测量工作期间另有一个应予记录的参数。它是发送端的调制误差率（MER）。MER能代表星座图解析上的综合形态。如果发送端的MER值低于规定值（如36 dB<sup>2</sup>），则由于可能发生传输失败，测量工作应当停止。本建议书注意到，某些主管部门对MER性能类别进行了明确的区分，似乎存在三种与不同类型传输业务的业务层相对应的MER性能类别。

业务类型	业务性能指标 (MER)
可为二次传输业务提供信号的一次传输业务，需要可覆盖城市、郊区和农村地区的基准质量。	> 35 dB
二次重传业务使用一次传输业务的RF信号，经重构或重新调制后，在与输入端不同的输出信道上再次传输。	> 33 dB
三级转换器或信道转发器业务，即一次发射业务提供的非广播RF信号，采用IF处理，仅在不同信道或OCR情况下的相同信道内发射，本质上属于低功率业务且覆盖面相对较小，可能需要从二次重传业务获取信号。	> 30 dB

调制误差率（MER）定义为M个点的调制星座中的理想符号矢量强度的平方总和除以符号矢量强度的平方之和。以dB为单位的功率比表示的结果由下式给出：

$$MER = 10 \log_{10} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)} \right\} \quad (\text{dB})$$

其中N为接收到的符号坐标对的总数（ $I_j + \delta I_j$ 、 $Q_j + \delta Q_j$ ），N远大于调制星座点数M。

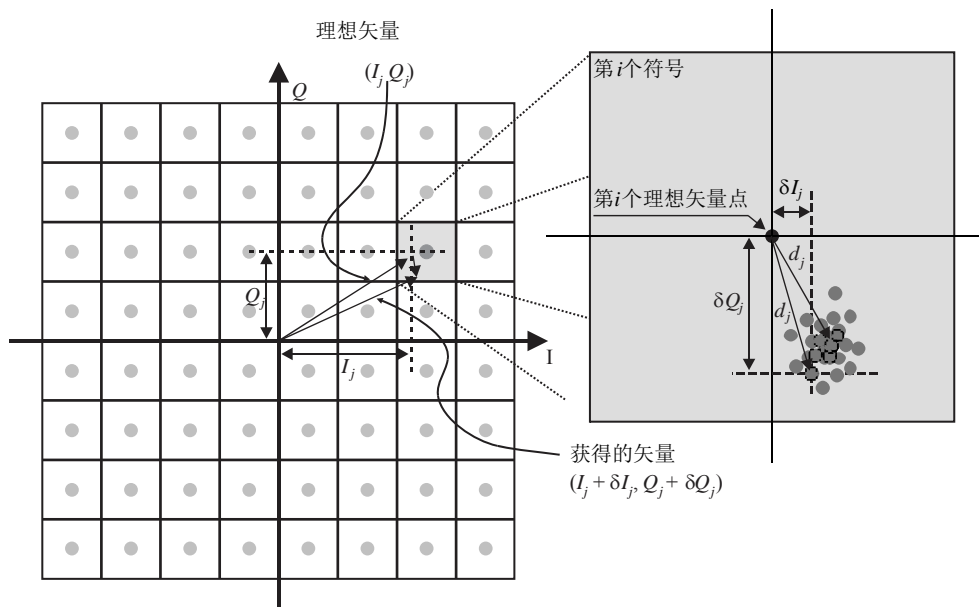
理想的符号坐标对是（ $I_j$ 、 $Q_j$ ）。对于每个接收符号，误差向量被定义为从星座中的理想位置到接收符号的实际位置的距离。差值由矢量  $d_j = (\delta I_j, \delta Q_j)$  表示。

图1示出了64-QAM调制格式（M=64）的星座图。第i个点处的每个接收到的符号与理想位置（ $I_j$ 、 $Q_j$ ）偏离了距离（ $\delta I_j$ 、 $\delta Q_j$ ）。

<sup>2</sup> 可接受的最小MER包含在发射机的购买规范中。

图 1

64-QAM调制格式的星座示例图，其中第*i*个点已放大，以显示符号误差率的坐标



BT.1735-01

MER 的定义并未假定使用均衡器，然而当测量点处的信号具有线性损伤时，测量接收机可包含商用质量的均衡器。以提供更具代表性的结果。

当引用 MER 数字时，应说明是否使用了均衡器。

### 3 B系统的客观质量评分制

众所周知，接收端测得的场强是随接收位置和接收天线高度变化的。在固定的功率通量密度 (pfd) 下，场强变化率取决于到达接收天线的若干路径其信号的幅度和相位组合。连续波 (CW) 信号与宽带信号相比，其场强变化率更为明显。反射路径能对接收起正作用或负作用。当一条或多条反射路径的延时大于保护间隔时间时，其负作用关联到符号间干扰。当反射路径的延时小于保护间隔时间时，可能产生正作用。当若干个反射路径的延时落入保护间隔的时间内时，依据维特比软判决的实施、固定的或移动的搜索窗口以及反射路径的相位，信号帧会产生加强性或减弱性的作用。维特比解码、保护水平和时间与空间扩散之间固有的非线性关系，会在场强与BER之间造成低的相关性。详见ITU-R BT.2252号报告涉及的对数千条实地调查数据的分析。

模拟信号的质量估值系统已经确立，基于信号场强和5级质量 (Q) 主观评价评分制。等级Q5对应于“优等”，等级Q1对应于“劣等”。图像接受门限定在Q3上。数字环境下，情况十分不同，指明压缩视频质量估值方法与广播接收质量估值方法之间的判别很重要。对于压缩方法的估值，诸如对于MPEG压缩的估值，可保持采用5级评定评分制。对于客观的广播接收质量估值，由于从提供服务到不能提供服务之间状态的快速转变，显得较难保持采用基于5级评分制的估值方法。不过，如果对每一级的含义理解为它们离转变点距离值的大小，则又可能保持采用5级评分制。可利用3级评分制进行更深入的转变区分析。终端用户接收系统通常由天线、分配系统和机顶盒组成，而测量设备一般放置在终端用户的接收系统之前，所以，从转变点来估值各级与它的距离大小十分重要。对数字客观质量接收评定的解释不会与对模拟质量评定的解释发生混淆。

因此，本建议书根据接收信号的故障裕度，定义了以下接收质量等级。

Q1级 – 信号电平低于最低限度的规划目标。

Q2级 – 信号电平低于最低限度的规划目标或故障裕度太低（尚可能接收，但信号极易出故障）。

Q3级 – 信号电平及故障裕度在最低限度的规划目标之上留有一定余地。

Q4级 – 信号电平及故障裕度高于最低限度的规划目标。

Q5级 – 没有可切实发现的可衡量缺陷。

### 3.1 多频网 (MFN)

应将表1用于MFN固定接收。

表 1<sup>3</sup>

DTTB MFN 信号质量评分表

BER 场强	$vBER > SFP$	$QEF < vBER \leq SFP$	$vBER \leq QEF$ 和 $cBER$ 比率 $\leq 10$	$vBER \leq QEF$ 和 $cBER$ 10 和 100之间比率	$vBER \leq QEF$ 和 $cBER$ 比率 $> 100$
$E < E_{xx}$ <sup>4</sup>	Q1	Q2	Q2	Q2	Q2
$E \geq E_{xx}$	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5

对于偏好使用简化信号质量评分制的主管部门或部门成员而言，可依照表2提出的方式，将Q5、Q4和Q3等级压缩为一个数值。

表 2

DTTB MFN简化信号质量评分表

BER 场强	$vBER > SFP$	$QEF < vBER \leq SFP$	$vBER \leq QEF$
$E < E_{xx}$	Q1	Q2	Q2
$E \geq E_{xx}$	Q1	Q2	Q3

<sup>3</sup> 固定值和表的评分说明的首字母缩略词见第4款。

<sup>4</sup>  $E_{xx}$ 也可表示主管部门选择的规划值（如： $E_{95}$ ）。

### 3.2 SFN有关信道脉冲响应（CIR）的考虑

从不断应用建议ITU-R BT.1735建议书进行大规模SFN质量覆盖评定获得的经验可以看出，在存在特定SFN信号组合的情况下，MFN所用的场强电平和BER参数无法以最低裕度，说明可能丢失服务的边际条件。这种情况不仅对在保护间隔内收到的SFN信号波动至关重要，而且关系到对可能超出GI范围的信号的考虑。

在最后这种情况下，窗口位置策略可能会随场强的变化而改变，因此，在一定比例的时间内，一些SFN贡献可能落入接收窗口或GI的范围之内或之外。还有可能发生的情况是，落入GI范围之外的SFN贡献的场强电平可能会在一定比例的时间内上升，接近防止降低稳定接收可能性的保护电平。另一种可能发生的情况是，一个或多个SFN贡献落入极接近GI边缘的位置，鉴于接收位置的变化并根据测量点，它们可能落入GI本身的范围之内或之外。必须看到，这些点之间的距离有时可能非常小。

还必须考虑到，由于它们是以极低的电平比（<7分贝）接收的，而且其延迟接近于最大认可值或非常接近主信号或与导频重复位置同步，应降低接收信号的噪声余量电平。

基于上述考虑，为大规模的SFN提出了一个新的接收质量评估模型。它考虑到了以下项目：高斯信道的QEF、SFP、cBER和vBER关系和缺乏维特比纠错能力的情况。

就SFN固定接收而言，如果  $vBER < 5 \times 10^{-11}$ ，应采用表1，否则采用表3。

表 3

DTTB SFN信号质量评分表

BER 场强	vBER > SFP	QEF < vBER ≤ SFP	vBER ≤ QEF 和 vBER > Q <sub>4</sub> 曲线	vBER ≤ Q <sub>4</sub> 曲线和 vBER > Q <sub>5</sub> 曲线	vBER ≤ Q <sub>5</sub> 曲线
E < E <sub>xx</sub>	Q1	Q2	Q2	Q2	Q2
E ≥ E <sub>xx</sub>	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5

对于偏好使用简化信号质量评分制的主管部门或部门成员而言，可依照表2提出的方式，将Q5、Q4和Q3等级压缩为一个数值。

## 4 首字母缩写词、固定值和表评分说明

### 首字母缩写词

cBER: 维特比之前的信道BER或BER

vBER: 维特比之后的BER

cBER比 =  $cBER_{min}/cBER$

QEF: 准无误差

SFP: 主观故障点



$E^{5xx}$ : 最低平均场强需要xx%的位置概率。不应将它与其上须给予防干扰保护的接收端等量最低场强相混淆（见ITU-R BT.1368建议书有关最低场强计算部分）。

RRC-06或GE06及ITU-R BT.1368建议书为(xx)采用了95%的数值。而 $E_{xx}$ 值则取决于采用的配置。

cBER比是一根据相对于 $cBER_{min}$ 的经测量的cBER表示信道性能的参数。而 $cBER_{min}$ 则是在vBER等于QEF时表示的数值，而且它取决于采用的码速。

多数采用的配置的 $cBER_{min}$ 值，见以下表4。应当看到，这些值不随频率和调制方式而变化。

表 4  
不同码速的 $cBER_{min}$ 值

码速	$cBER_{min}$
2/3	$4 \times 10^{-2}$
3/4	$2 \times 10^{-2}$

## 固定值

$$SFP = 6.4 \times 10^{-3}$$

$$QEF = 2 \times 10^{-4}$$

$$Q4 \text{ 曲线} = a \cdot e^{-b \cdot cBER}$$

$$Q5 \text{ 曲线} = c \cdot e^{-d \cdot cBER}$$

而实验室和实地测试将恒定的 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 确定为：

$$a = 10^{-5}$$

$$b = 6 \times 10^3$$

$$c = 5 \times 10^{-7}$$

$$d = 4 \times 10^4$$

### 4.1 对表1评分制的说明

质量评分制表示到转变点的距离。转变点始于QEF，止于所谓“悬崖效应”点（SFP）。每个Q值都是E和BER的函数。

表1第一条水平线上的Q2读数说明，场强低于规划过程中指配的最小值。在这种情况下，不能保证对干扰的抗御能力。其说明见图2A。

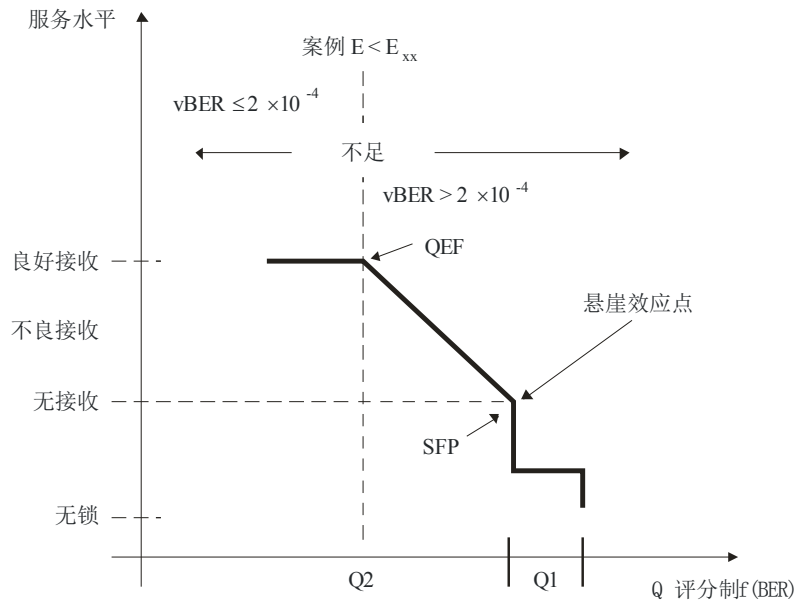
表1第二条水平线上的Q2读数说明已达到QEF临界值，并可能出现“悬崖效应”。其说明见图2B。

<sup>5</sup>  $E_{xx}$ 也可代表主管部门选择的数值。

在图2A的情况下，可通过增大发射功率或改变天线辐射图转移至Q3。在图2B的情况下，可通过减少干扰或降低多径干扰电平转移至Q3。

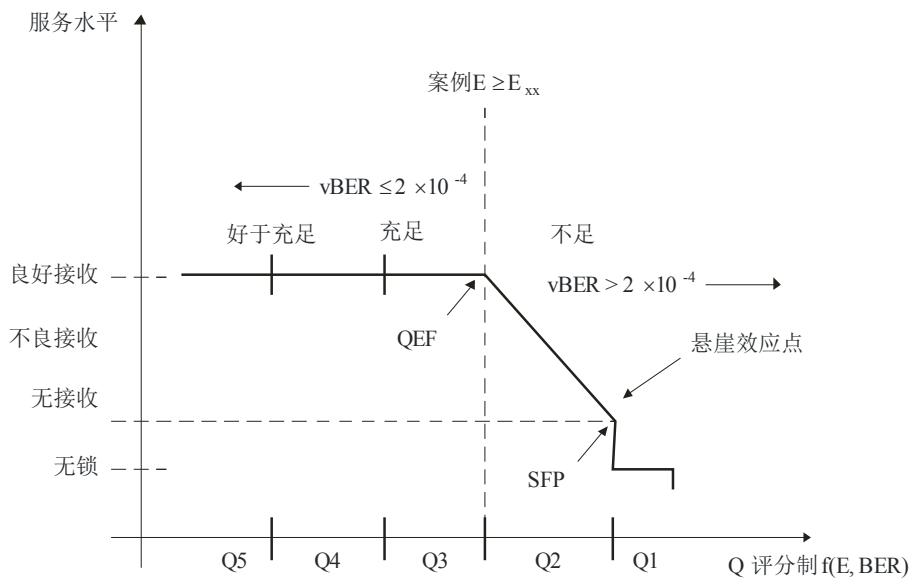
这里存在的问题是，对DTTB接收的监测表明，任何特定接收点的有用信号的瞬时衰落（或干扰信号的增强），都会导致接收信号在“充足”和“不足”之间的瞬时转换。因此，2级被视为一个转变区，其中的接收质量“不可靠”，即随时可能或不能提供可收看的图象。

图 2A



BT.1735-02a

图 2B



BT.1735-02b

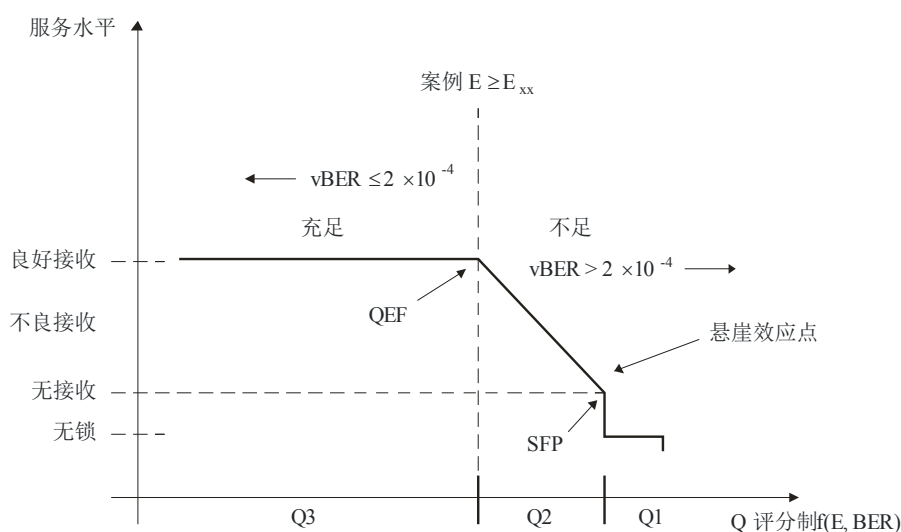
## 4.2 对表2评分制的说明

表2第一条水平线上的Q2读数说明，场强低于规划过程中指配的最小值。在这种情况下，不能保证对干扰的抗御能力。其说明见以上图2A。

表2第二条水平线上的Q2读数说明已达到QEF临界值，并可能出现“悬崖效应”。其说明见图2C。

在图2A的情况下，可通过增大发射功率或改变天线辐射图转移至Q3。在图2C的情况下，可通过减少干扰或降低多径干扰电平转移至Q3。

图 2C



BT.1735-02c

## 4.3 对表3评分制的说明

可通过cBER与vBER对比框说明表3的五个等级。

表中标绘了六个参考曲线：QEF、SFP、高斯信道、 $cBER = vBER$ 、Q4和Q5。

QEF和SFP曲线是以vBER和视差临界值为依据的。

Q4和Q5曲线是vBER依赖cBER的指数性函数：

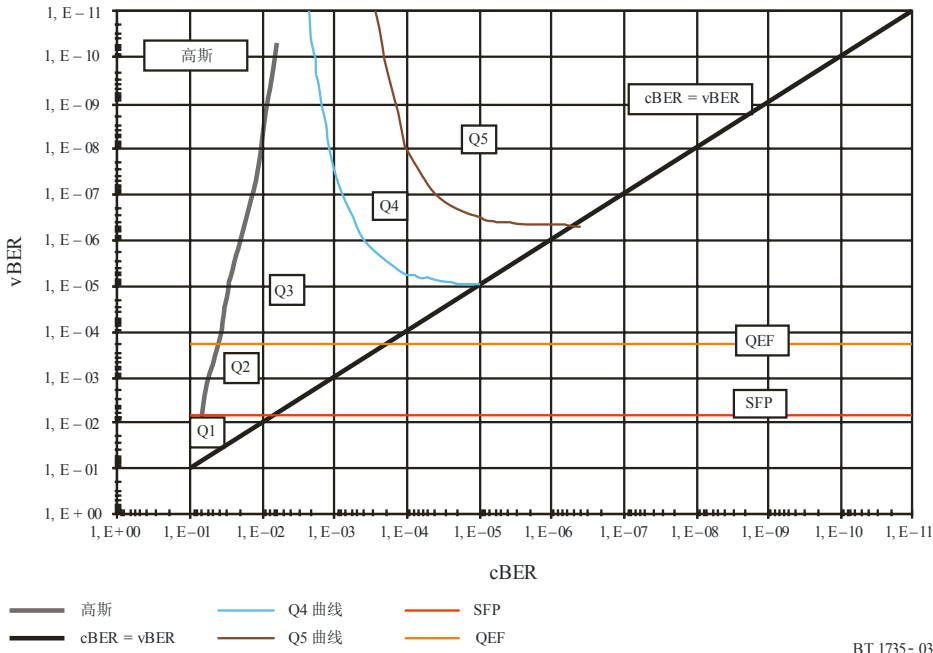
$$Q4 \text{ 曲线: } vBER = 10^{-5} e^{-6 \cdot 10^3 \cdot cBER}$$

$$Q5 \text{ 曲线: } vBER = 5 \cdot 10^{-7} e^{-4 \cdot 10^4 \cdot cBER}$$

Q1区在SFP线以下；Q2区在SFP和QEF线之间；Q3区在QEF线之上，但在Q4区之下；Q4区在Q4和Q5曲线之间；而Q5区在Q5曲线之上。

图 3

高斯、QEF、SFP、cBER = vBER、Q4 和 Q5 曲线  
64 QAM 和 CR = 2/3



BT.1735-03

### 5 在固定高度上测量

此种测量中，将接收天线放置于天线杆上，升高至地平面之上大约10 m高度处，以使得天线位于本地杂波源或障碍物的上方。只需采用一个固定接收系统，便能在任何时候再现测量结果，它通常应用于监测站。固定高度测量仅仅对正规的估值来说是有用的，通常，在地平面之上10 m高度处进行测量（其高度与规划工作采用的传输质量预测方法所用的高度相同）。

实际情况中，测得的场强取决于若干接收路径信号的相位组合。所以，最终结果取决于两方面，即接收天线位置和场强在垂直方向内的变化。应用半波长接收天线时，可以确定三种特定情况，它们是：

- 场强垂直方向内变化的最大值之间高度差小于半波长时：测得的场强相当于直达路径的场强；
- 场强垂直方向内变化的最大值之间高度差大于半波长时：测得的场强会高于或低于直达路径的场强；
- 第一最大值的高度高于10 m时：测得的场强将随高度增大。

只当测量结果处于估值等级Q4和Q5内而意味着场强高于 $E_{min}$ 和传输通道中没有微干扰时，才能够应用固定高度测量来表征服务区。此类场合下，有可能使测量值与“有效区”相互关联。必须根据环境、离发射机的距离、场强在垂直方向内的变化和场强第一最大值的高度来确定有效区的范围。MFN模拟信号估值的经验指明，有效区的半径最大达10 km。

客观质量结果为Q5和Q4时指明，所估测的服务达到“好于足够质量”的覆盖水准。

如果客观接收质量结果低于Q4，则必需估测场强在垂直方向内的变化，然后再估测场强在水平方向内的变化。

在这种情况下或当有效区取决于CIR评估时，需缩小有效区的范围。

在SFN中，有效区的范围取决于对CIR的评估。对其贡献率降至GI的50%以内并达到Q5或Q4客观接收质量的SFN，也可采用10 km的最大值。

对其贡献率降至GI边缘或近旁或客观接收质量低于Q4的SFN，需考虑较上述更短的有效半径。

## 6 场强在垂直方向内的变化

在天线定位到地面之上10 m的过程内，场强和BER会连续地变化。变化值取决于不同传输路径的组合，并最终决定于低高度的障碍物。如果在大约10 m高度的天线位置上估得的客观质量低于Q4，则必需检验在天线定位过程期间是否已超过客观质量等级Q3。应当确定能合适地接收的天线位置。此类场合下估值的客观质量等级报告也是有意义的，并应在测量结果中包括所记录的VV（垂直变化）。已经发现，有效区的半径最大达2 km。

客观质量等级Q3类同于在规划系统中采用的覆盖水准等级。

## 7 场强在水平方向内的变化

当应用场强在垂直方向内变化的测量方法而客观质量估值始终保持低于Q3时，必需检验该结果是否视测量点的选择不当而定，或者它是否关联到所探究的地区。

此类场合下，需要选择靠近第一选定点的一些其他测量点。如果一些新测量点的结果所给出的客观质量估值也低于Q3，则最为重要的是应当报告可得到的最佳结果以及相对的有效范围。测量点之间的距离内，有效范围应尽可能大。

---