



中华人民共和国国家标准

GB/T 33012.1—2016

道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的 抗扰性试验方法 第1部分：一般规定

Road vehicles—Vehicle test methods for electrical disturbances from
narrowband radiated electromagnetic energy—Part 1: General

(ISO 11451-1:2005+A1:2008, Road vehicles—Vehicle test methods for
electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy—
Part 1: General principles and terminology, MOD)

2016-10-13 发布

2017-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验条件	1
5 试验信号质量	4
6 试验规程	4
附录 A (规范性附录) 功能特性状态分类(FPSC)	7
附录 B (资料性附录) 等峰值试验电平	9

前 言

GB/T 33012《道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法》分为四个部分：

- 第 1 部分：一般规定；
- 第 2 部分：车外辐射源法；
- 第 3 部分：车载发射机模拟法；
- 第 4 部分：大电流注入法。

本部分为 GB/T 33012 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 11451-1:2005《道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第 1 部分：总则及术语》及 ISO 11451-1 AMD 1:2008。

本部分与 ISO 11451-1:2005 的技术性差异及原因如下：

- 按 GB/T 1.1—2009 规定对第 1 章进行规范编写；
- 按 GB/T 1.1—2009 规定增加了规范性引用文件一章，列入了正文中用到的多个国家标准；
- 原国际标准中的术语和定义与 GB/T 29259 有重复，给予删除，改为引用国家标准，避免重复定义；
- 将原国际标准第 3 章的内容列入 4.1，将原标准 4.1 的内容列入 4.2，并且将原标准的第 3 章和第 4 章合并在一起保持与原标准结构上的对应；
- 原国际标准于 2008 年又增加了修正版，对附录 A 功能特性状态分类(FPSC)做了很大的调整，考虑到目前国际上很多标准对功能特性状态分类(FPSC)的理解和要求都趋向于新版本，在本部分中对附录 A 采用了 2008 年修正版；
- 因原国际标准附录 A(2008 版)中 A.1 和 A.2 对功能特性状态分类(FPSC)原则都有描述，同时内容和标题又没有完全对应，本部分对上、下两段内容进行了综合整理，对功能特性状态分类(FPSC)原则整合到 A.2，使上、下两段内容和标题对应，便于标准的理解和使用。

本部分还做了下列编辑性修改：

- 删除了原国际标准的参考文献。
- 去掉 4.8 中公式编号。

本部分由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本部分由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本部分起草单位：中国汽车技术研究中心、苏州泰思特电子科技有限公司、上海汽车商用车技术中心、上海汽车集团乘用车公司、长春汽车检测中心、上海大众汽车有限公司、中国电子技术标准化研究所、深圳市航盛电子股份有限公司、华测检测技术股份有限公司、安徽江淮汽车股份有限公司、陕西重型汽车有限公司、惠州市德赛西威汽车电子有限公司、深圳市比亚迪汽车有限公司、梅赛德斯-奔驰(中国)汽车销售有限公司、宝马(中国)汽车贸易有限公司、大众汽车(中国)投资有限公司。

本部分主要起草人：许秀香、丁一夫、孙成明、陈彦雷、马方驰、林艳萍、刘新亮、崔强、汪锡斌、邓湘鸿、李运红、王宜海、潘景文、周旭光、游丽、刘丹、吴蒙、赵闻。

道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的 抗扰性试验方法 第1部分：一般规定

1 范围

GB/T 33012 的本部分规定了车辆对窄带辐射电骚扰抗扰性试验的基本试验条件、试验仪器和试验规程等。

本部分适用于 M、N 和 O 类车辆(不限定车辆动力系统,例如火花点火发动机、柴油发动机、电动机)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 29259 道路车辆 电磁兼容术语

GB/T 33012.2 道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分:车外辐射源法(GB/T 33012.2—2016,ISO 11451-2:2005,MOD)

GB/T 33012.3 道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第3部分:车载发射机模拟法(GB/T 33012.3—2016,ISO 11451-3:2007,MOD)

GB/T 33012.4 道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第4部分:大电流注入法(GB/T 33012.4—2016,ISO 11451-4:2006,MOD)

3 术语和定义

GB/T 29259 界定的术语和定义适用于本文件。

4 试验条件

4.1 一般规定

GB/T 33012 的抗扰性试验适用于频率范围为 0.01 MHz ~18 000 MHz 的连续窄带电磁场。

标准中规定的试验方法、试验规程、试验仪器和严酷等级用来确定车辆对窄带辐射电磁能引发的电骚扰的抗扰特性,为车辆制造商和零部件供应商之间的协议提供依据。

有些电气/电子部件(ESA)对电磁骚扰信号的一些特性(比如频率、严酷等级、耦合方式或调制类型等)非常敏感,有些则对调制射频信号比未调制信号更敏感,缘于高频骚扰可能被半导体器件解调;未调制信号可能会导致电压等特性的持续偏移,而调幅信号被解调后产生的低频波动信号有可能被电子装置误认为是有用信号(如速度信息),此时被测装置(DUT)就更容易受到严重干扰。

单一试验方法可能无法反映 DUT 抗扰性的全部信息,标准使用者应预先确定合适的试验条件,选择 GB/T 33012 的相应部分,定义 DUT 的性能指标。每个试验方法的主要特性见表 1。

表 1 GB/T 33012 中试验方法的主要特性

标准	适用频率范围 MHz	耦合对象	试验严酷等级的参数 和单位	备注
GB/T 33012×.2 车外辐射源法	0.01~18 000	DUT 和线束	电场(V/m)	电波暗室(推荐使用)
GB/T 33012×.3 车载发射机模拟法	1.8~18 000	DUT 和线束	功率(W)	电波暗室(推荐使用)
GB/T 33012×.4 大电流注入法	1~400	线束	电流(mA)	屏蔽室(推荐使用)

4.2 基本试验条件

如无特别规定,下列试验条件适于 GB/T 33012 的所有部分:

- 试验温度;
- 试验电压;
- 调制方式;
- 驻留时间;
- 频率步长;
- 试验严酷等级的定义;
- 试验信号质量。

注:与 GB/T 33012 相应部分的零部件试验方法采用相同试验条件时能获得更好的相关性。

如无特别规定,所用参数的允差如下:

- 持续时间和距离:±10%;
- 电阻和阻抗:±10%;
- 功率计:±1 dB;
- 场强探头:±3 dB。

4.3 试验温度

试验过程中运行车辆会在实验室内产生热量,应进行冷却以防止发动机过热。

试验过程中环境温度为(23±5)℃,如果供需双方商定采用其他试验温度应在试验报告中声明。

4.4 试验电压

对于要求车辆发动机处于运行状态的试验,车辆充电系统应能正常工作。

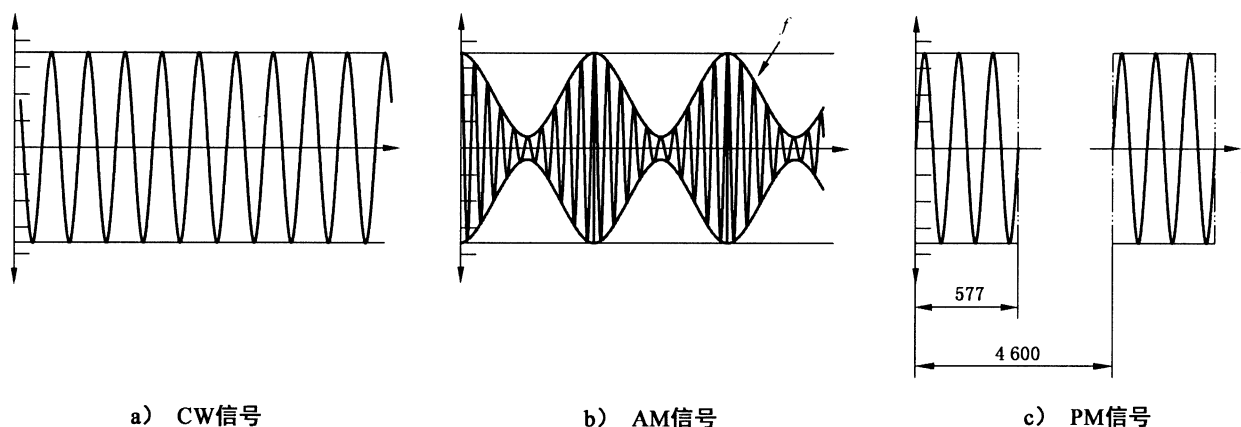
对于不要求车辆发动机处于运行状态的试验,如果试验计划无其他规定,12 V 系统电池电压应保持在 12 V 以上,24 V 系统电池电压应保持在 24 V 以上。

4.5 调制方式

调制信号的类型和频率由 DUT 的特性决定,如无其他规定,应使用下列信号:

- 未调制正弦波(CW),见图 1a);
- 调制频率为 1 kHz,调制深度 m 为 0.8 的调幅正弦波(AM),见图 1b);
- 脉冲宽度为 577 μ s,周期为 4 600 μ s 的脉冲调制正弦波(PM),见图 1c)。

实际试验时不能使用放大器的通断所形成的脉冲或 100% AM 调制波(调制深度 $m=1$)来代替 PM 调制波。



说明:

f ——频率, 1 kHz;

t ——时间, μs 。

图 1 调制

4.6 驻留时间

在每个频点, DUT 暴露在试验场强下的时间应不小于控制 DUT 所需的最短响应时间。任何情况下, 驻留时间不得小于 1 s。

4.7 频率步长

各个试验的频率步长(对数或线性)不得大于表 2 规定。如果供需双方商定采用其他频率步长应在试验报告中声明。

表 2 频率步长

频率范围 MHz	线性步长 MHz	对数步长 %
$0.01 \leq f \leq 0.1$	0.01	10
$0.1 < f \leq 1$	0.1	10
$1 < f \leq 10$	1	10
$10 < f \leq 200$	5	5
$200 < f \leq 400$	10	5
$400 < f \leq 1\ 000$	20	2
$1\ 000 < f \leq 18\ 000$	40	2

如果 DUT 的敏感度门限接近所选试验电平, 应适当减小敏感频率点附近的频率步长以确定敏感度门限。

4.8 试验严酷等级的定义

应按频率范围定义严酷等级。功能特性状态分类(FPSC)的定义见附录 A。不论采用替代法还是

闭环法进行试验,不论试验信号是采用未调制信号还是调幅、脉冲调制信号,试验严酷等级(电场、电流、电压或功率)都是根据未调制信号的等效均方根值表示。

替代法和闭环法都采用未调制和调幅信号的等峰值试验电平(参见附录 B)。调幅信号的平均功率和未调制信号的平均功率之间的关系见下式:

$$P_{AM} = \frac{(2 + m^2)}{2(1 + m)^2} P_{CW}$$

式中:

P_{AM} ——调幅信号的平均功率;

P_{CW} ——未调制信号的平均功率;

m ——调制深度($0 \leq m \leq 1$)。

示例: 20 V/m 的试验严酷等级意味着未调制试验信号和调制试验信号的峰值都是 28 V/m。

5 试验信号质量

在放大器和天线(换能器)共同限定的带宽频率范围内,如无特殊的试验方法或试验计划另有说明,放大器输出谐波含量(到五次谐波)应比载波至少低 12 dB(1 GHz 以上至少低 6 dB)。信号质量仅在标定时加以验证。

6 试验规程

6.1 试验计划

试验计划应在试验前制定,包括以下内容:

- 车辆试验严酷等级;
- 车辆/零部件监测条件;
- 频段;
- 试验方法;
- 车辆工作模式;
- 车辆验收准则;
- 极化方式;
- 车辆方向;
- 天线位置;
- 试验报告内容;
- 其他特别说明及相对标准试验的差异。

注: 其中一些项目可能并不适用于所有的试验方法。

6.2 试验方法

6.2.1 概述

替代法和闭环法适用于 GB/T 33012 的相应部分。

6.2.2 替代法

使用前向功率作为标定和试验的基准参数。特定试验电平(电场、电流、电压或功率)应在实测前标定。按照试验计划中预先确定的标定值对车辆施加试验信号进行试验。标定和试验过程中前向功率和

反射功率都应被记录。

试验信号所需的前向功率可根据标定值由下式得出：

$$P_{\text{for}} = P_{\text{for cal}} \left(\frac{L_{\text{tss}}}{L_{\text{cal}}} \right)^k$$

式中：

P_{for} ——前向功率；

$P_{\text{for cal}}$ ——标定的前向功率；

L_{tss} ——试验信号严酷等级；

L_{cal} ——标定电平；

k ——系数，试验电平为功率值时 k 为 1，试验电平为电场、电流或电压值时 k 为 2。

6.2.3 闭环法

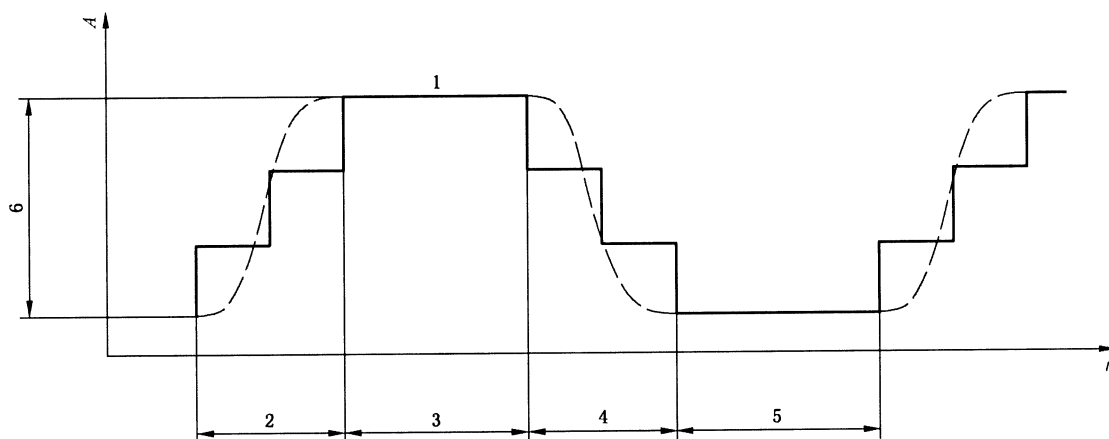
在实际车辆试验中，用标定装置测量试验电平（电场、电压、电流或功率）并反馈给信号发生器，以便增加或减少试验电平直到等于预定电平。

6.3 标定

应根据每个试验方法的要求单独进行标定。应使用未调制正弦波确定相对于频率的试验电平。每次标定的方法和结果也应在试验报告中记录。

6.4 车辆抗扰性测试

频率转换时骚扰信号应保持在预定的试验电平不变（信号发生设备稳定），也可以按下列过程（图 2）在频率转换之前降低试验电平。所选方法和相关参数应在试验计划中定义。



说明：

A ——幅值；

t ——时间；

1 ——预定信号电平；

2 ——试验计划中定义的信号上升时间（避免过冲的电平调整算法与试验系统有关）；

3 ——驻留时间（ ≥ 1 s）；

4 ——试验计划中定义的信号下降时间；

5 ——试验计划中定义的 DUT 的恢复时间（ ≥ 0 s）；

6 ——恢复 DUT 功能所需降低的试验信号电平。

图 2 骚扰信号施加过程示例

标准使用者应注意以下几点以确保试验顺利进行：

- 模拟电路系统可能仅对中等干扰电平敏感；
- 突然施加干扰可能会带来测试误差；
- 信号转换瞬间可能引起 DUT 故障。

受信号产生过程影响(如调制深度、谐波抑制等),干扰信号的特性可能被改变。

6.5 试验报告

按试验计划要求,试验报告应提交有关 DUT、试验布置、待测系统、试验信号质量信息、频率、功率电平、系统相互作用的详细信息以及试验相关的其他信息。

附录 A
(规范性附录)
功能特性状态分类(FPSC)

A.1 总则

本附录描述了某一装置的功能特性状态,即某一特定装置在特定试验信号的影响下如何按预期工作,给出了车辆在窄带辐射电磁能抗扰度试验中和试验后合格情况的通用定义方法,应和 GB/T 33012 有关部分结合使用。

试验应在 GB/T 33012 有关部分规定的实际汽车电磁环境下进行,有助于标准使用者对潜在敏感元件和系统进行优化技术设计。

本附录没有规定试验信号严酷等级的具体参数,由车辆制造商和零部件供应商协商确定。

A.2 功能特性状态分类(FPSC)原则

功能特性状态分类(FPSC)考虑了以下因素:

- 一个 DUT 可包括一个或多个功能(比如,一个电子控制单元可控制前刮水器、踏板照明灯、近光灯);
- 一个功能可以有一个或多个工作模式(比如,近光灯 ON、近光灯 OFF、踏板照明灯 ON、踏板照明灯 OFF);
- 一个工作模式可以有几种状态(I、II、III、IV)(比如,近光灯 ON 工作模式,在骚扰施加期间近光灯 OFF,骚扰施加后近光灯能够自动恢复,这样情况视为状态 II)。

FPSC 方法基于以下原则:

- 一个 DUT 包括多个功能时,功能特性状态分类适用于每一个独立的功能;
- 一个功能可以有简单的 ON-OFF 工作模式或者是类似数据总线通信的复杂工作模式。

A.3 FPSC 的要素

A.3.1 功能特性状态

功能特性状态定义了 DUT 在试验环境下功能特性的期望目标,适于 DUT 的每一个独立功能,描述了试验中和试验后预期功能的工作状态。以下给出了四个功能特性状态:

状态 I:试验中和试验后能够完成设计功能。

状态 II:试验中不能完成设计功能,但试验后能够自动恢复到常态。

状态 III:试验中不能完成设计功能,试验后在没有驾驶员/乘客的简单操作下,无法恢复到常态,例如通过对 DUT 关/开,或者重新启动点火开关。

状态 IV:试验中不能完成设计功能,试验后需要较复杂的操作才能恢复到常态,对 DUT 的功能不应造成任何永久性损坏。例如,断开蓄电池或供电电源后再连接。

注:每次试验都应确定最低功能状态。供应商和车辆制造商可以协商附加要求。

A.3.2 试验严酷等级

规定了严酷等级特性(测试信号的基本参数),是特定试验方法中施加于车辆的电平。试验严酷等

级由制造商和供应商根据预期的功能特性进行确定。

A.4 FPSC 示例

A.4.1 FPSC 应用的基本示例：

下面的例子说明了试验信号严酷等级和相应功能特性状态分类之间的关系，见图 A.1。

试验严酷等级达到 L1，表明功能特性状态应处于状态 I；

试验严酷等级高于 L1，表明允许功能特性状态处于状态 II；

试验严酷等级高于 L2，表明允许功能特性状态处于状态 III。

用户可以将功能进行分类以使用不同的试验电平。

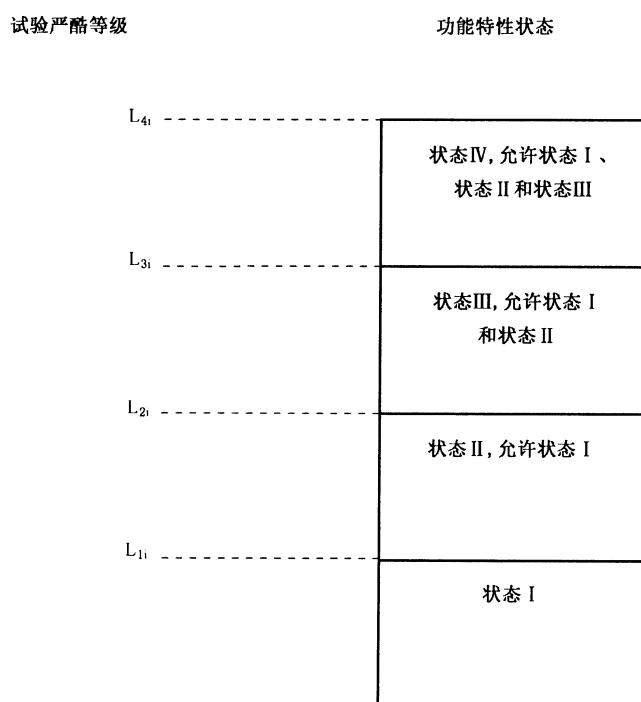


图 A.1 功能特性状态分类的说明

A.4.2 在 GB/T 33012 各个部分都给出了严酷等级的示例。

附录 B
(资料性附录)
等峰值试验电平

B.1 概述

本附录给出了等峰值试验电平的原则及功率电平的推导。

B.2 未调制信号

未调制正弦信号的电场强度 E_{CW} 可以表示为：

$$E_{CW} = E \cos(\omega t)$$

式中：

E —— E_{CW} 的峰值；

ω —— 未调制信号(CW)的角频率(例如射频载波)；

t —— 时间。

未调制信号的平均功率 P_{CW} 计算公式为：

$$P_{CW} = kE^2$$

式中：

k —— 比例因子,对于特定试验设备布置 k 是个常量。

B.3 调制信号

调幅信号的电场强度 E_{AM} 可以表示为：

$$E_{AM} = E' [1 + m \cos(\theta t)] \cos(\omega t)$$

式中：

E' —— 未调制信号的峰值；

$E'(1+m) = E_{AMpeak}$ —— 调制信号 E_{AM} 的峰值；

m —— 调制深度 ($0 \leq m \leq 1$)；

θ —— 调制信号(例如语音、基带信号、1 kHz 正弦波)的角频率；

ω —— 未调制信号(CW)的频率(例如射频载波)。

调幅信号的总平均功率(P_{AM})是载波成分的功率 kE'^2 和边带成分总功率 $\frac{k}{2}E'^2m^2$ 的和。

调幅信号的平均功率 P_{AM} 计算公式为：

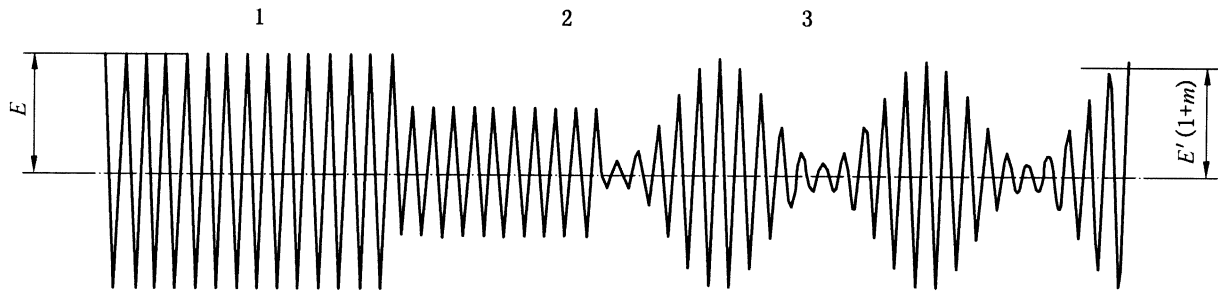
$$P_{AM} = k \left(1 + \frac{m^2}{2} \right) E'^2$$

B.4 峰值恒定**B.4.1 概述**

保证未调制信号和调幅后信号的峰值相等。

$$E_{CWpeak} = E_{AMpeak}$$

如图 B.1 所示。



说明：

- 1——CW 信号；
- 2——调制前幅度降低的 CW 信号；
- 3——AM 信号。

图 B.1 峰值恒定

调整信号以保持峰值恒定有两种方式：计算已调制功率和计算未调制功率方式(B.4.2 和 B.4.3)。

B.4.2 调制信号功率的计算

未调制信号的平均功率 P_{CW} 和调幅信号的平均功率 P_{AM} 的关系为：

$$\frac{P_{AM}}{P_{CM}} = \frac{k(1 + m^2/2)E'^2}{kE^2} = \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) \left(\frac{E'}{E}\right)^2 = \frac{1 + m^2/2}{(1 + m)^2}$$

导出：

$$P_{AM} = P_{CW} \frac{2 + m^2}{2(1 + m)^2}$$

$m = 0.8$ (AM 1 kHz 80%) 时：

$$P_{AM} = 0.407 P_{CW}$$

B.4.3 未调制信号功率的计算

未调制信号的平均功率 P_{CW} 和调制前非调幅信号的平均功率 P_{CWpm} 的关系为：

$$\frac{P_{CWpm}}{P_{CW}} = \left(\frac{1}{1 + m}\right)^2$$

导出：

$$P_{CWpm} = P_{CW} \left(\frac{1}{1 + m}\right)^2$$

$m = 0.8$ (AM 1 kHz 80%) 时：

$$P_{CWpm} = 0.309 P_{CW}$$