



创新 改变世界 **服务** 开创未来





新能源汽车EMC 测试标准及试验方法

2020年4月 胡小军

我們用科技丈量世界的高度。

海拔7000M

海拔6000M

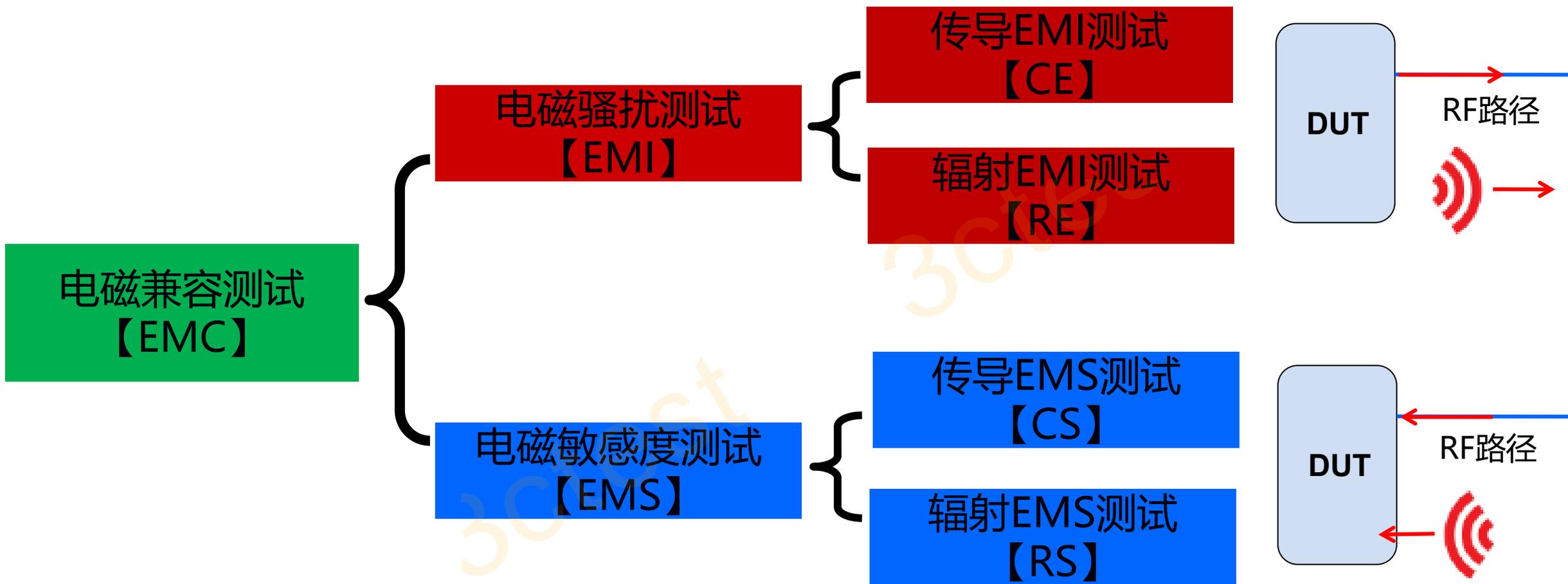
海拔5000M

海拔4000M

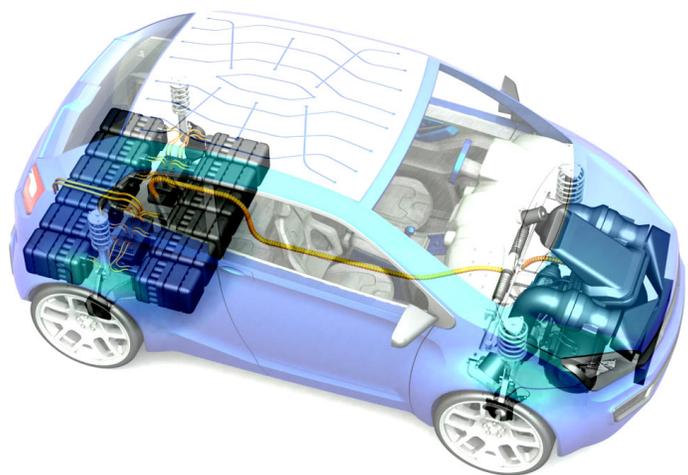
海拔3000M



① 概述



① 概述



充电系统

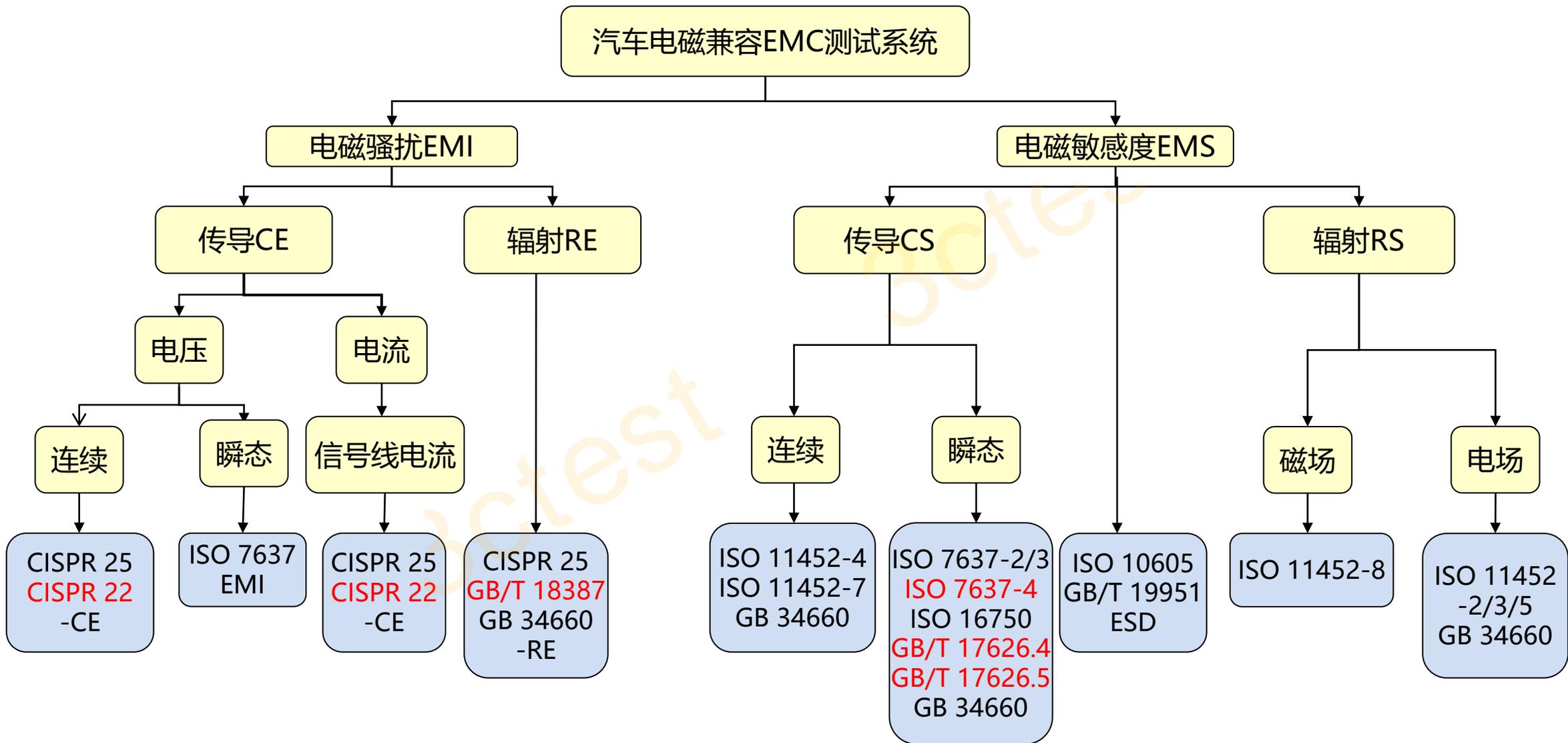


充电（电动汽车）



加油（内燃机汽车）

1 概述



ECE R10.05 《 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility 》

IEC 61000-3-2/ GB 17625.1 《电磁兼容，部分3-2：限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流 $\leq 16A$)》

IEC 61000-3-3/ GB 17625.2 《电磁兼容，部分3-3：限值 对每相额定电流 $\leq 16A$ 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化 电压波动和闪烁的限制》

IEC 61000-3-11 《电磁兼容，部分3-11：限制，对额定电流 $\leq 75A$ 并且有条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化 电压波动和闪烁的限制》

IEC 61000-3-12 《电磁兼容（EMC），部分3-12：限制，限制通过设备连接到公共低压系统输入电流 $> 16 A$ 和 ≤ 75 每相产生的谐波电流》

IEC 61000-6-3/GB/T 17799.3 《电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的发射标准》

CISPR 22/GB 9254 《信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法》

IEC 61000-4-4/ GB/T 17626.4 《电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验》

IEC 61000-4-5/ GB/T 17626.5 《电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验》



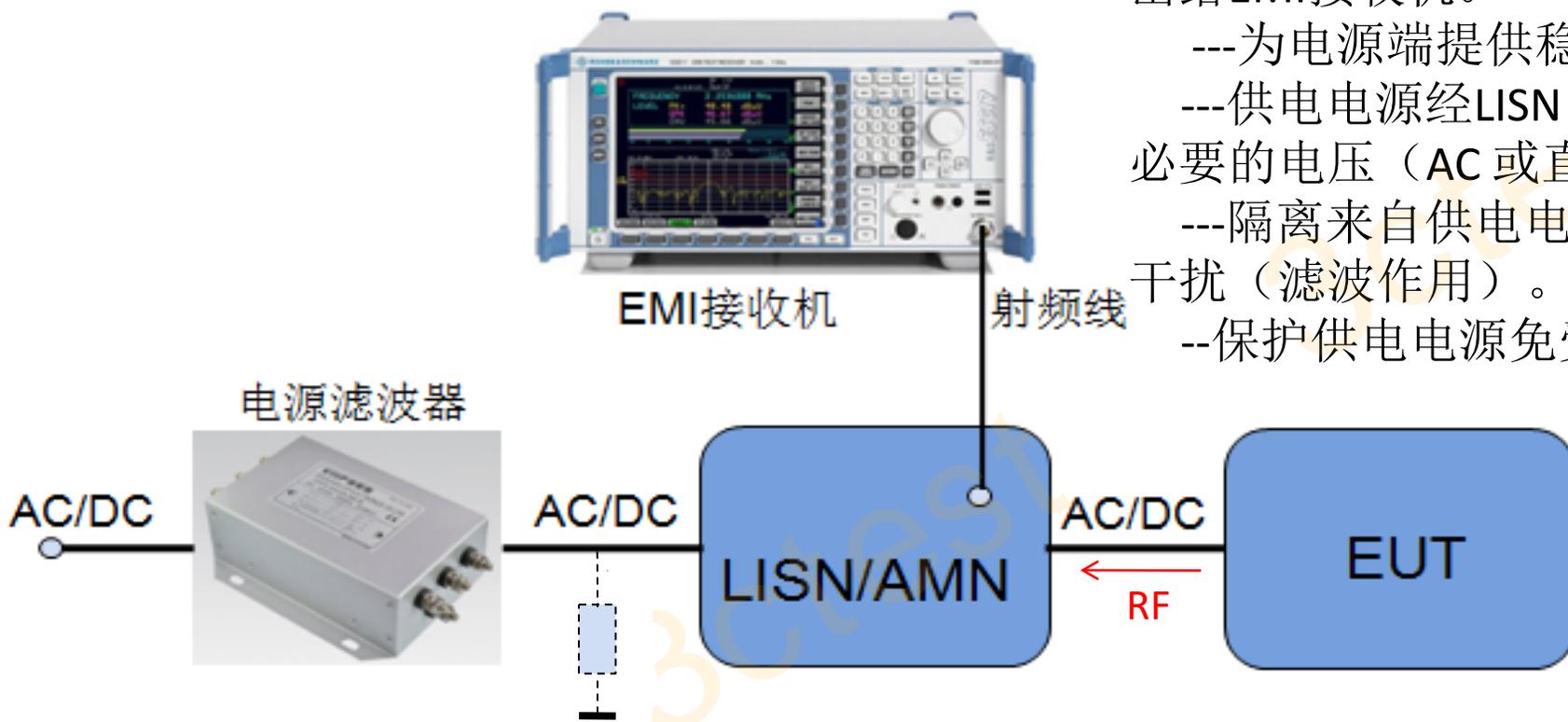
② 整车EMI 辐射骚扰



2 整车EMI 辐射骚扰

project	GB/T 34660 ECE R10.03 ECE R10.05	GB/T 18655 CISPR 25	GB/T 14023 CISPR 12	GB/T 18387
CE test	0.15MHz-30MHz	0.15MHz-30MHz	/	/
RE test	30MHz-1GHz	0.15MHz-2.5GHz	30MHz-1GHz	0.15MHz-30MHz

传导骚扰试验

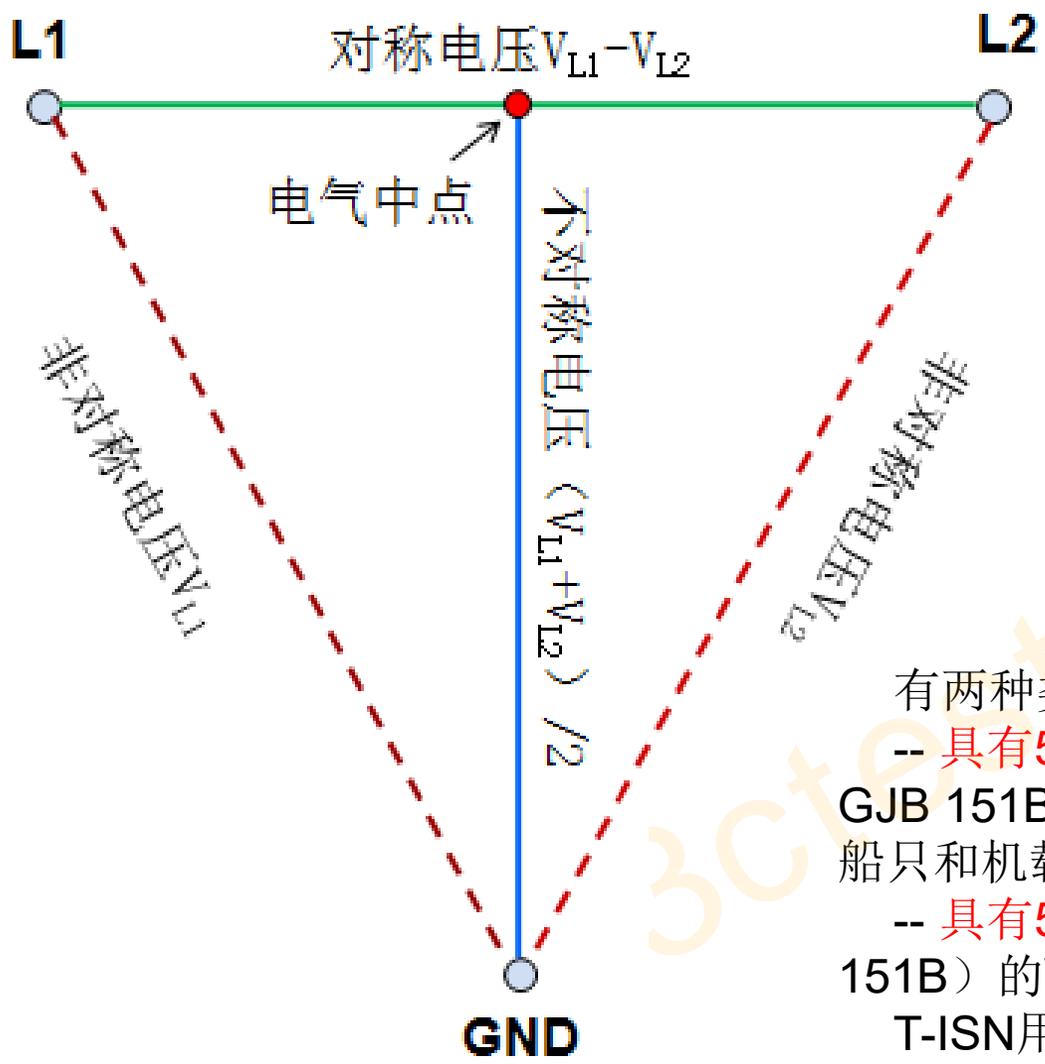


- 耦合由被测设备（EUT）产生的骚扰电压，并将其输出给EMI接收机。
- 为电源端提供稳定的射频阻抗。
- 供电电源经LISN /AMN网络为被测设备（EUT）提供必要的电压（AC或直流）和电流。
- 隔离来自供电电源端（为EUT供电）的不必要的EMI干扰（滤波作用）。
- 保护供电电源免受EUT产生的EMI干扰电压。

AMN(artificial mains network)人工电源网络有两种基本类型，分别用于测量非对称电压的V型（V-AMN）和用于测量对称电压和不对称电压的△型（△-AMN）

LISN和V型AMN可替换使用。

V-LISN（V-AMN）用于测量非对称骚扰电压。V-LISN是EMC测试中最常用的LISN。



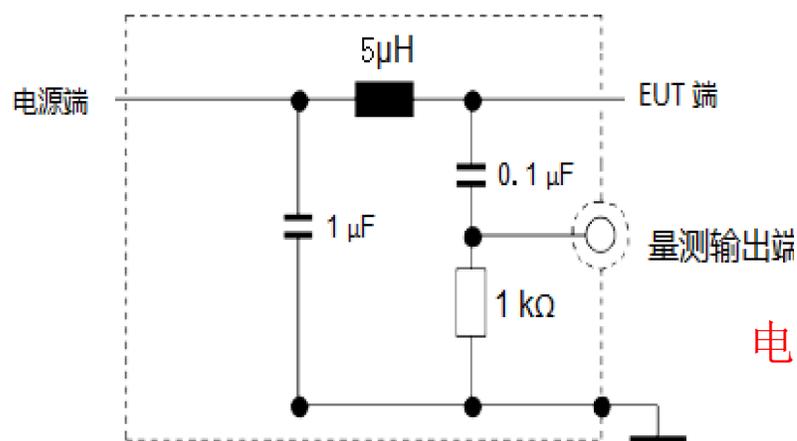
不对称电压 asymmetric voltage: 电源端子电气中点与地之间的射频骚扰电压（共模电压）即共模电压 $V_{\text{asymmetric}} = (V_{L1} + V_{L2}) / 2$ 。

非对称电压 unsymmetric voltage: 电源端子与地之间的射频骚扰矢量电压的幅值。

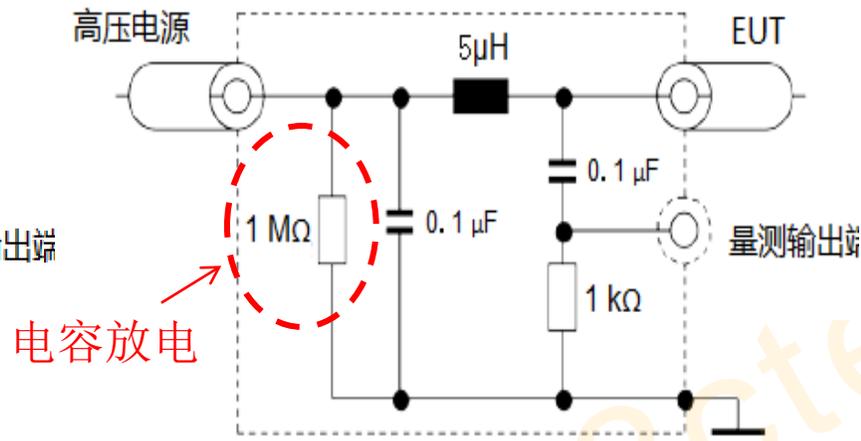
对称电压 symmetric voltage: 两线电路中（如单相电源），出现在两线间的射频骚扰电压（差模电压）。即差模电压 $V_{\text{symmetric}} = V_{L1} - V_{L2}$ 。

- 有两种类型的 V-LISN :
- 具有 **5μH 电感**（CISPR 16-1-2、CISPR 25、ISO 7637、DO160、GJB 151B）的 V-LISN 通常用于测量与直流或 400 Hz 电源相连的车辆、船只和机载设备。
 - 具有 **50 μH 电感**（CISPR 16-1-2、MIL STD 461、ANSI C63.4/ GJB 151B）的 V-LISN 通常用于测量与 50 Hz 或 60 Hz 电源相连的设备。
- T-ISN 用于测量非对称扰动电压（共模电压），并将其输出给 EMI 接收器。T-ISN 通常用于测量电信和数据传输设备，设备连接到对称线路，例如双绞线。

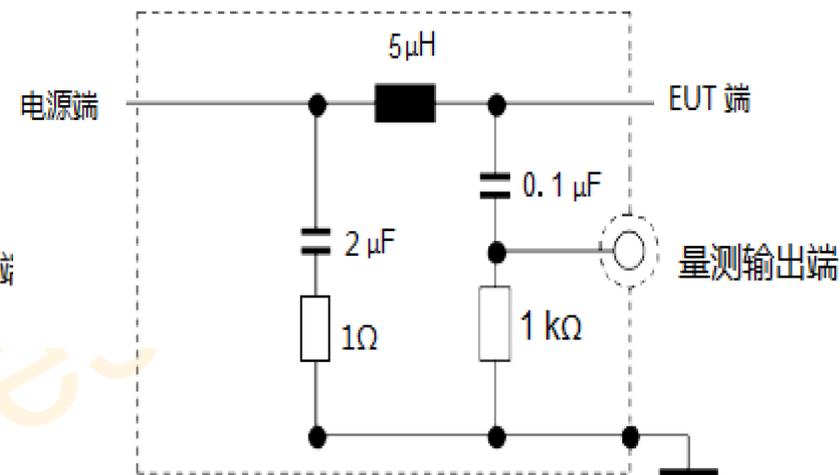
3 整车传导骚扰



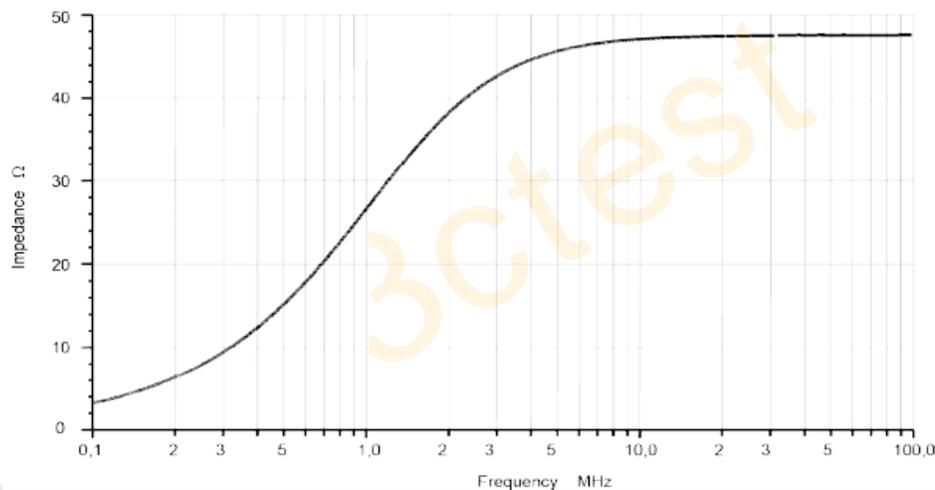
CISPR 25 5 μ H||50 Ω LISN



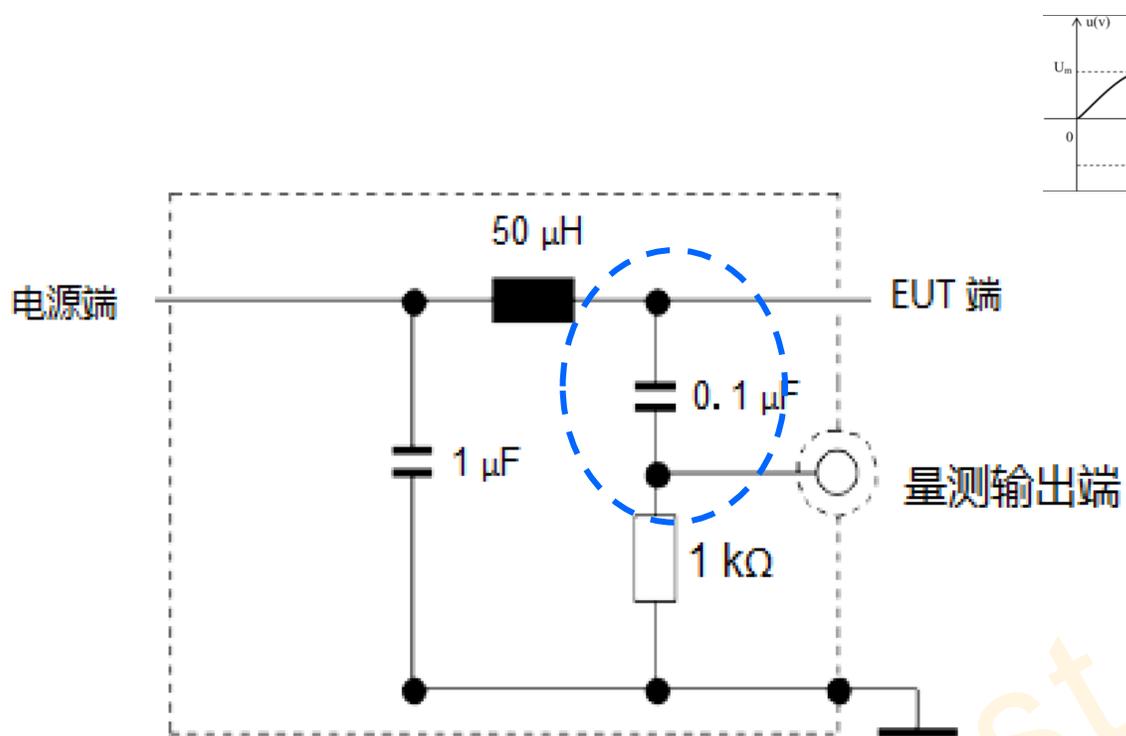
CISPR 25 5 μ H||50 Ω HVLISN



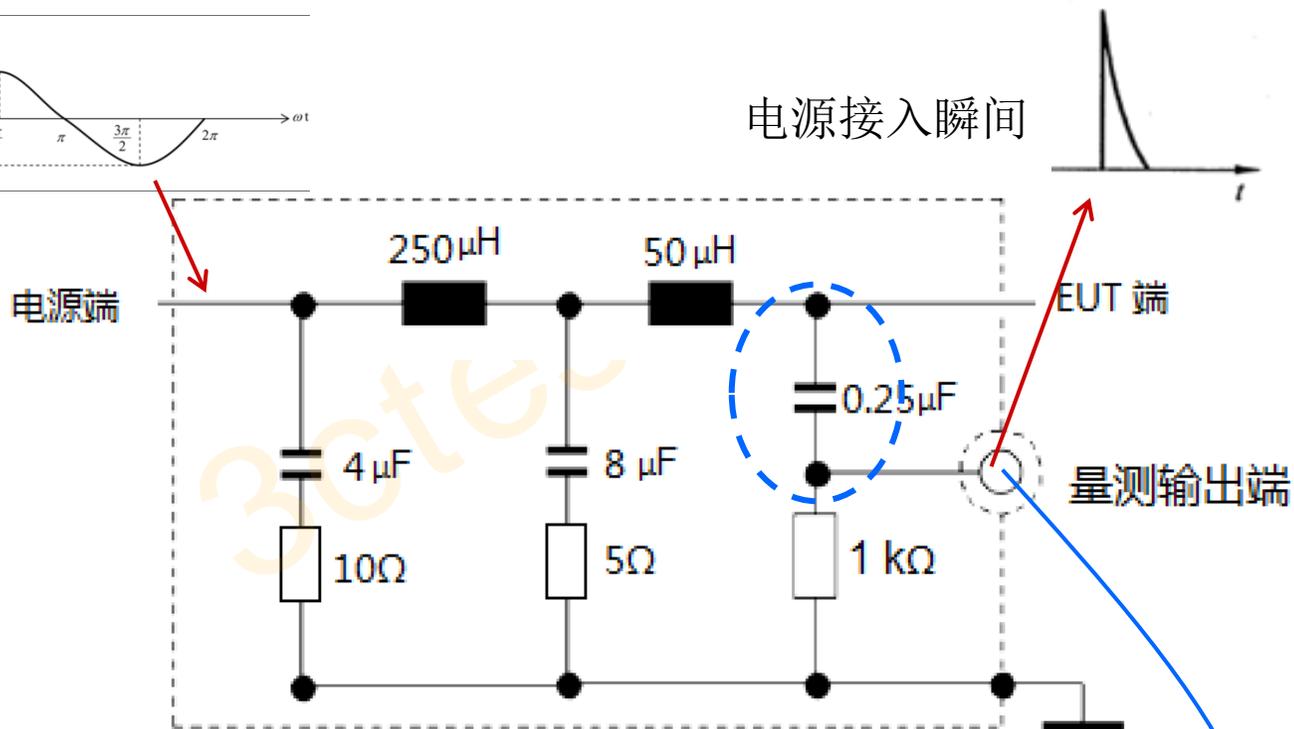
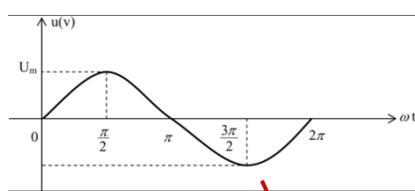
CISPR 16-1-2 5 μ H+1||50 Ω LISN



3 整车传导骚扰



CISPR 16-1-2 50µH||50Ω LISN
150KHz-30MHz



CISPR 16-1-2 50µH+5||50Ω LISN
9KHz-30MHz

50µH+5||50Ω LISN在150KHz-30MHz频率范围的阻抗（模和相角）满足50µH||50Ω LISN参数要求，也可用于150KHz-30MHz频率测试



EMI接收机损坏???

3 整车传导骚扰



50 Ω /5 μ H V-networks



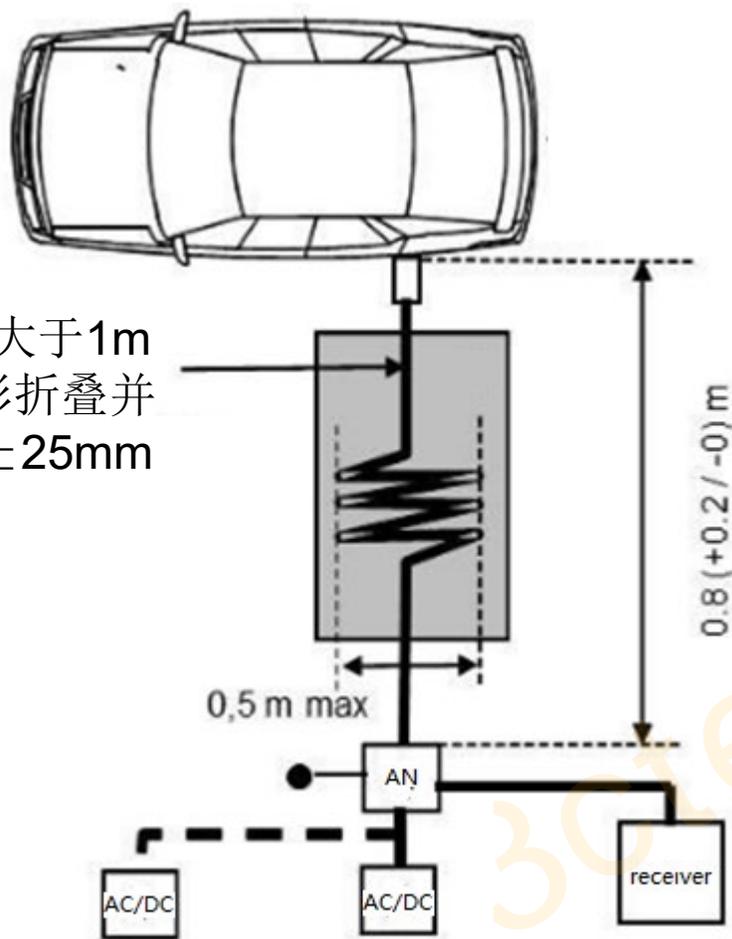
50 Ω /5 μ H V-networks



50 Ω /50 μ H V-networks

3 整车传导骚扰

电缆长度大于1m时，应z形折叠并距地 $100 \pm 25\text{mm}$



Frequency (MHz)	Limits and detector
0.15 to 0.5	66 to 56 dB μ V (quasi-peak) 56 to 46 dB μ V (average) (linearly decreasing with logarithm of frequency)
0.5 to 5	56 dB μ V (quasi-peak) 46 dB μ V (average)
5 to 30	60 dB μ V (quasi-peak) 50 dB μ V (average)

AC电源端口传导骚扰限值

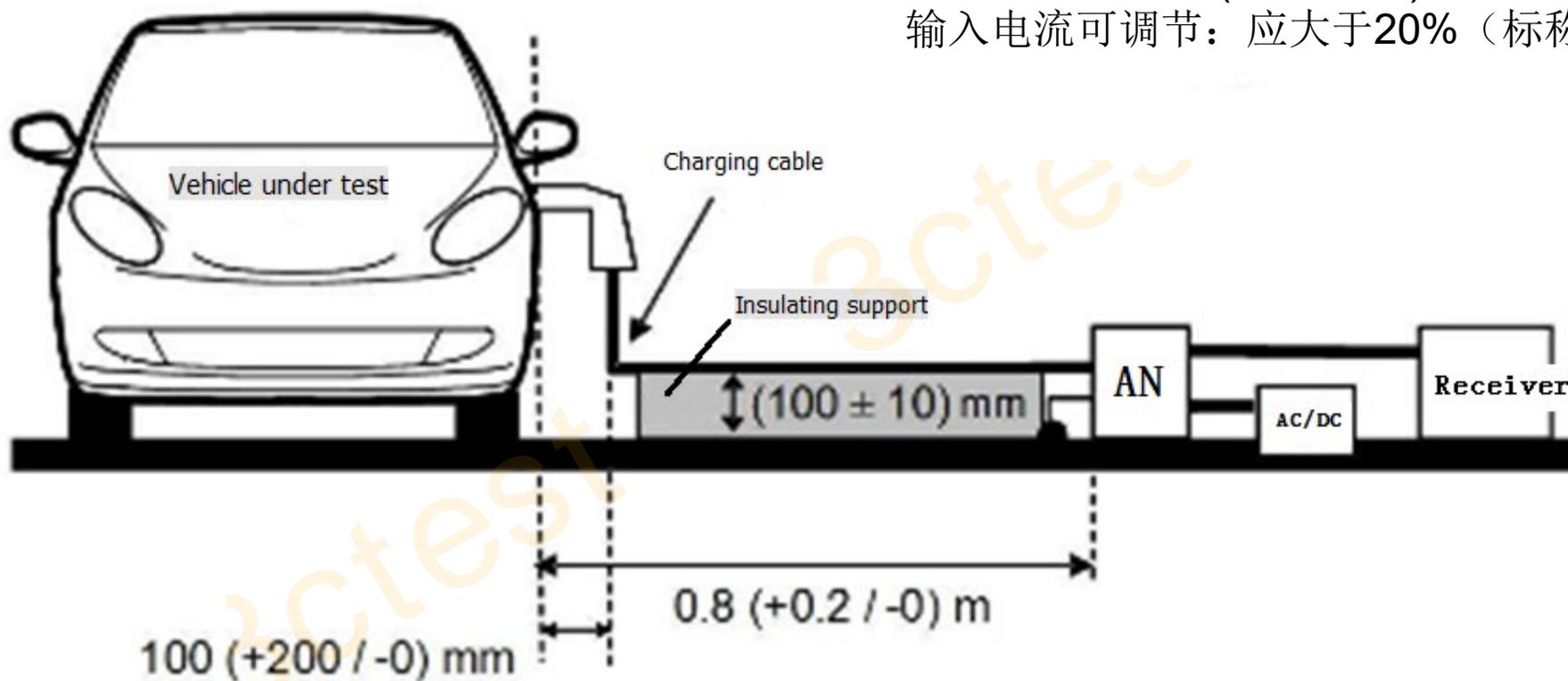
Frequency (MHz)	Limits and detector
0.15 to 0.5	79 dB μ V (quasi-peak) 66 dB μ V (average)
0.5 to 30	73 dB μ V (quasi-peak) 60 dB μ V (average)

DC电源端口传导骚扰限值

传导骚扰AC/DC电源端口试验 (侧面)

3 整车传导骚扰

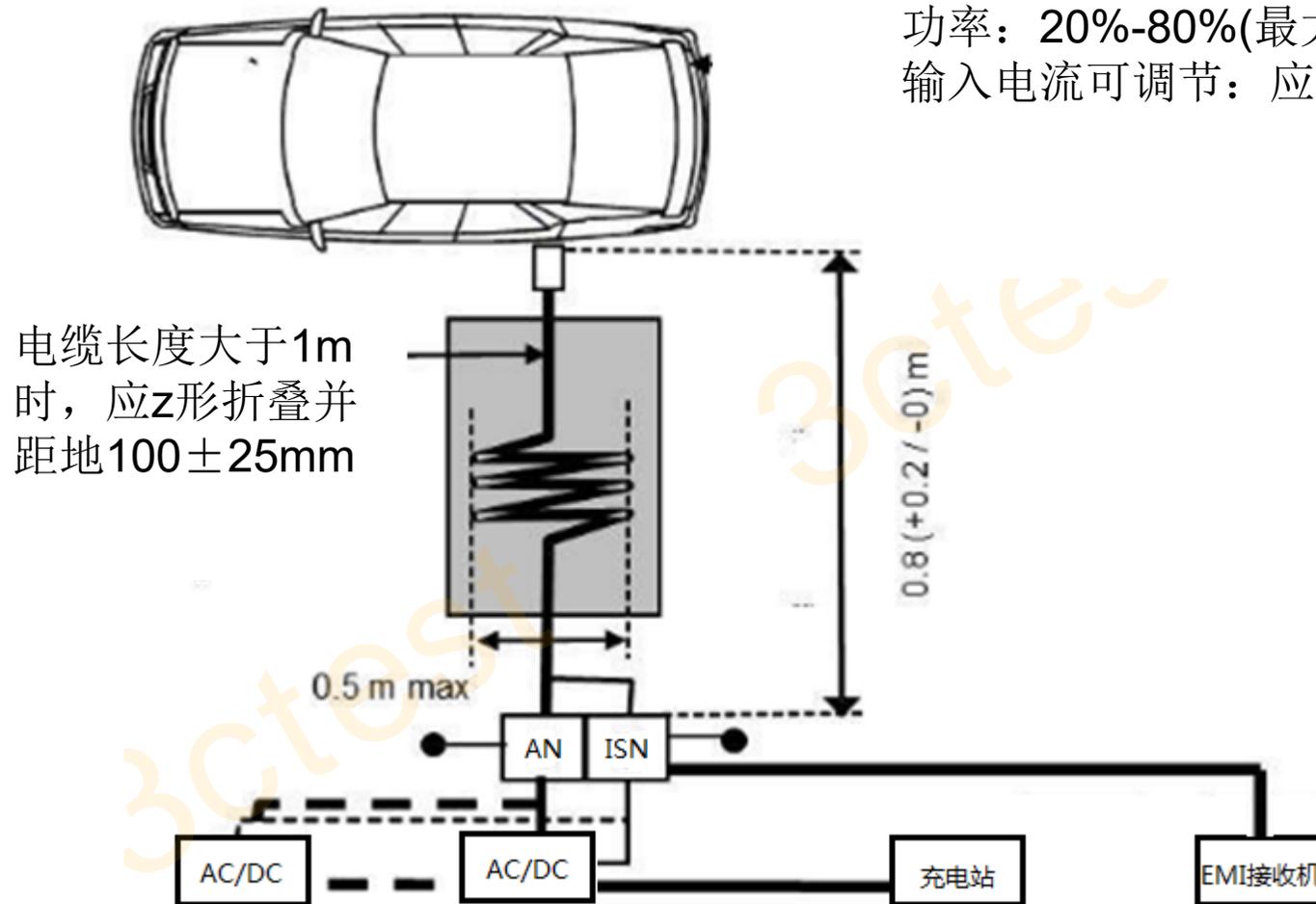
功率：20%-80%(最大SOC)
输入电流可调节：应大于20%（标称值）



传导骚扰AC/DC电源端口试验（侧面）

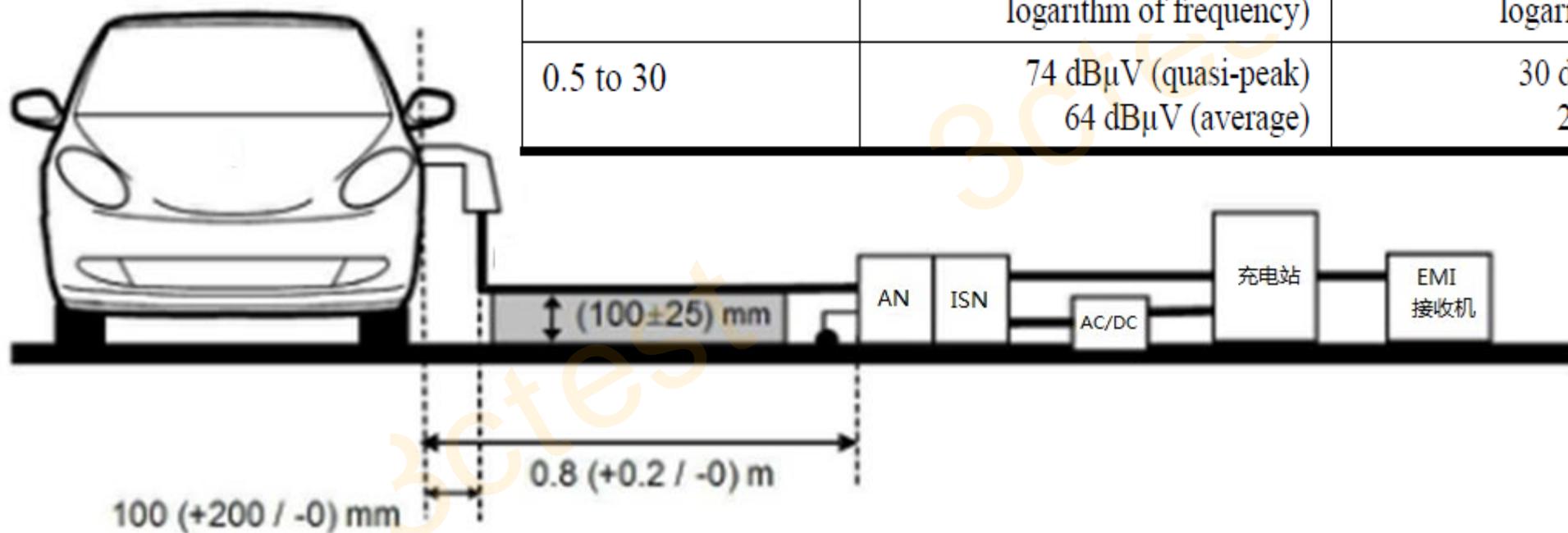
3 整车传导骚扰

ISN试验 (侧面)



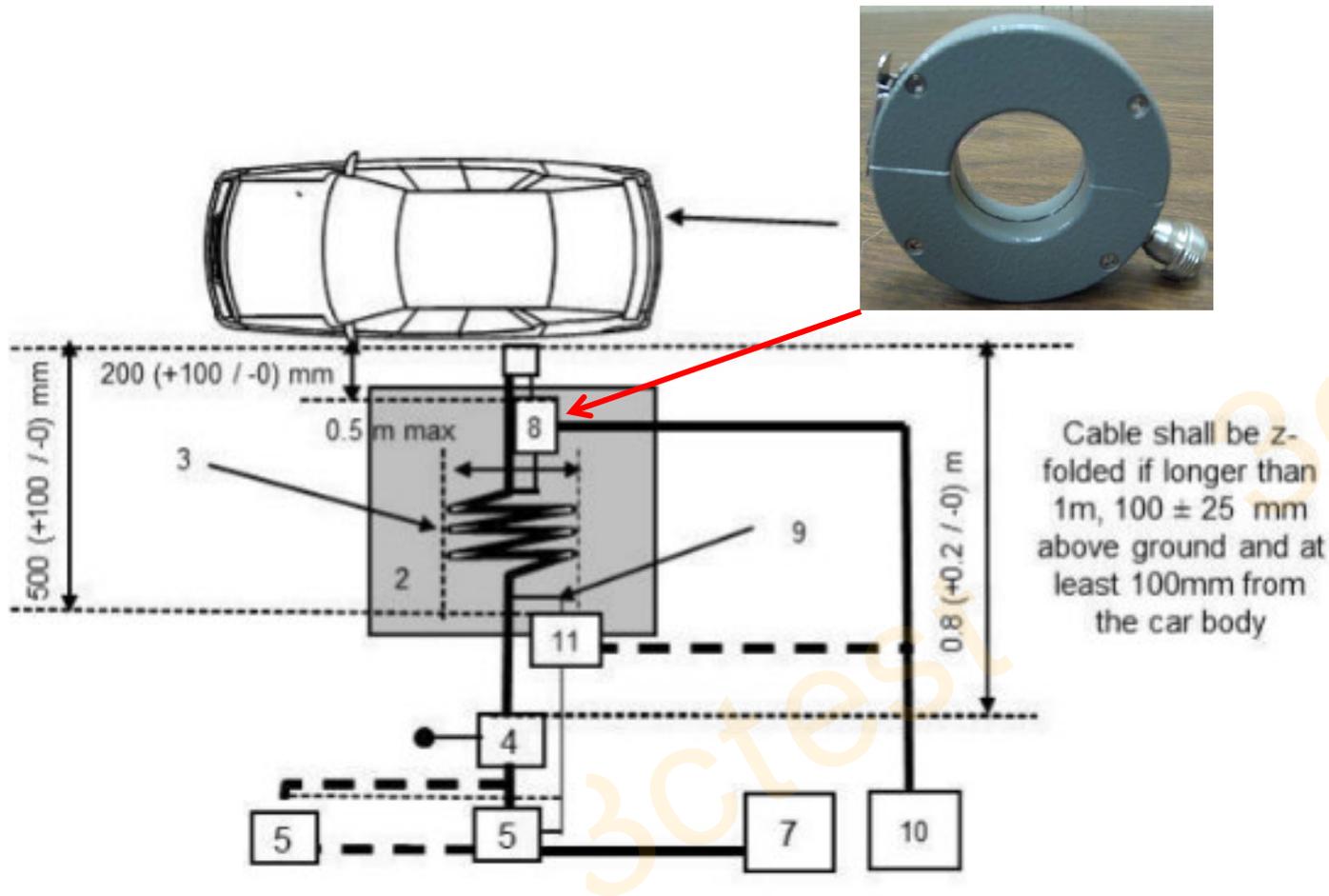
3 整车传导骚扰

Frequency (MHz)	Voltage limits (detector)	Current limits (detector)
0.15 to 0.5	84 to 74 dB μ V (quasi-peak) 74 to 64 dB μ V (average) (linearly decreasing with logarithm of frequency)	40 to 30 dB μ A (quasi-peak) 30 to 20 dB μ A (average) (linearly decreasing with logarithm of frequency)
0.5 to 30	74 dB μ V (quasi-peak) 64 dB μ V (average)	30 dB μ A (quasi-peak) 20 dB μ A (average)



ISN test (电压限值)

3 整车传导骚扰

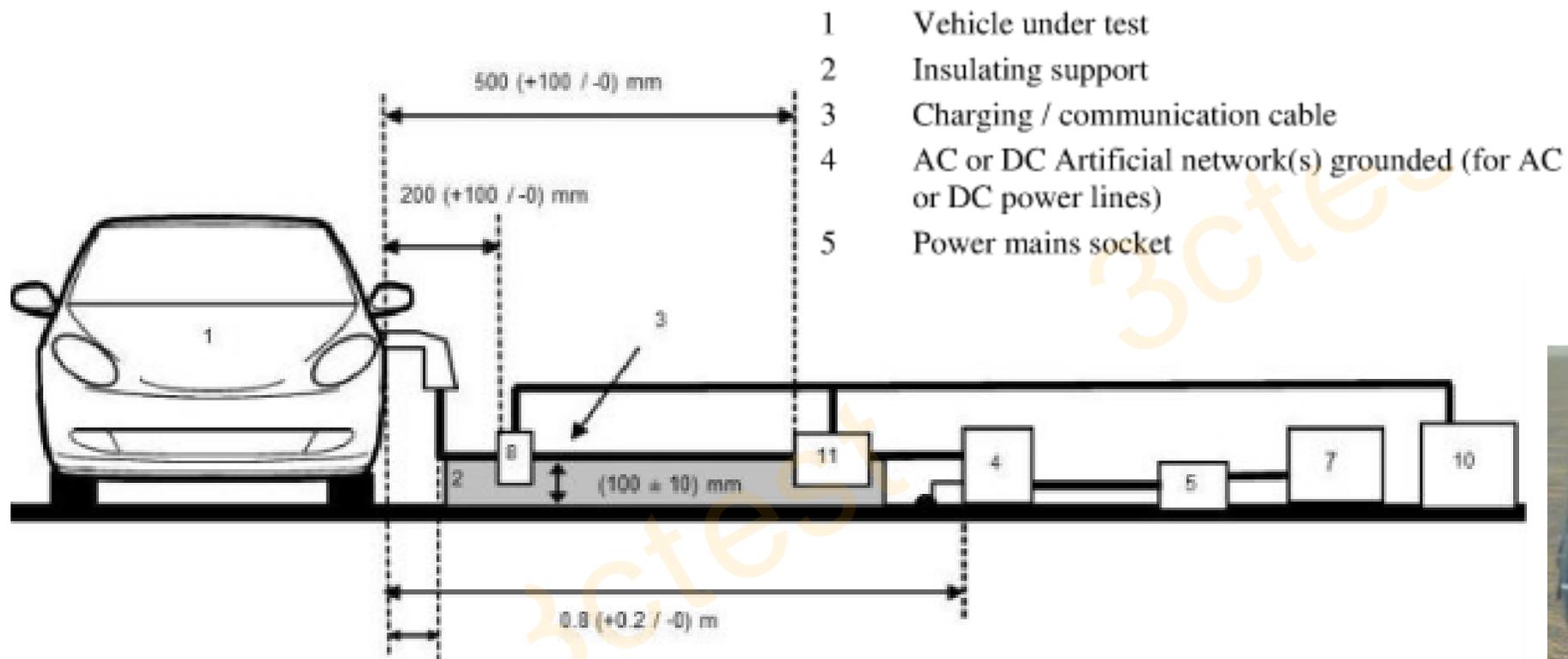


电流探头法（电流限值）

功率：20%-80%(最大SOC)
输入电流可调节：应大于20%（标称值）

- 1 Vehicle under test
- 2 Insulating support
- 3 Charging / communication cable
- 4 AC or DC Artificial network(s) grounded (for AC or DC power lines)
- 5 Power mains socket
- 7 Charging station
- 8 Current probe
- 9 Communication lines
- 10 Measuring receiver
- 11 Capacitive voltage probe

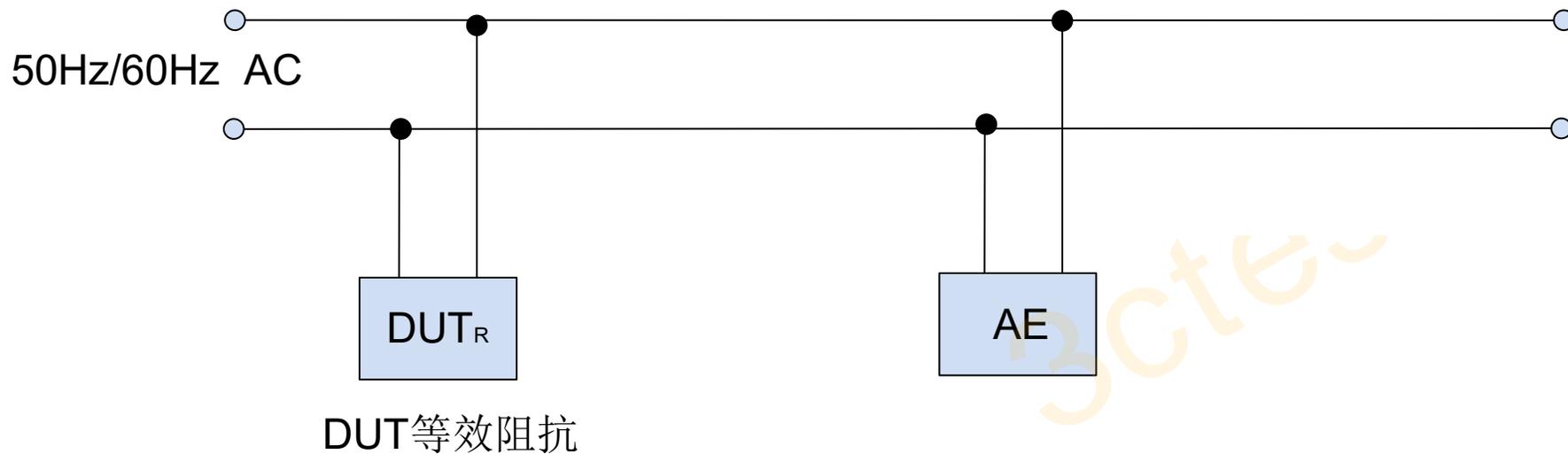
3 整车传导骚扰



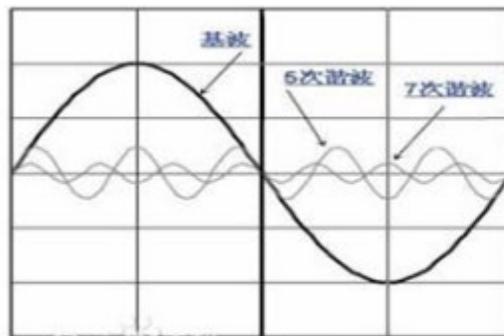
电流探头法（电流限值）



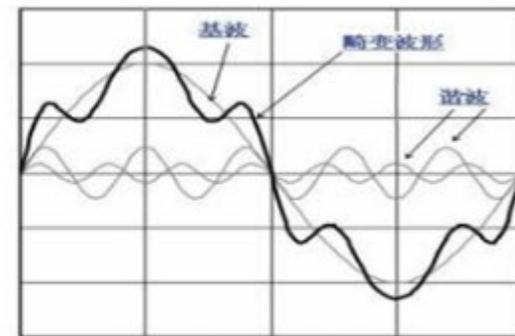
谐波/闪烁试验



由于DUT的非线性阻抗（容抗/感抗）造成电网端输入的50Hz/60Hz正弦电流经过DUT后产生畸变



基波与谐波



波形畸变

4 整车谐波试验

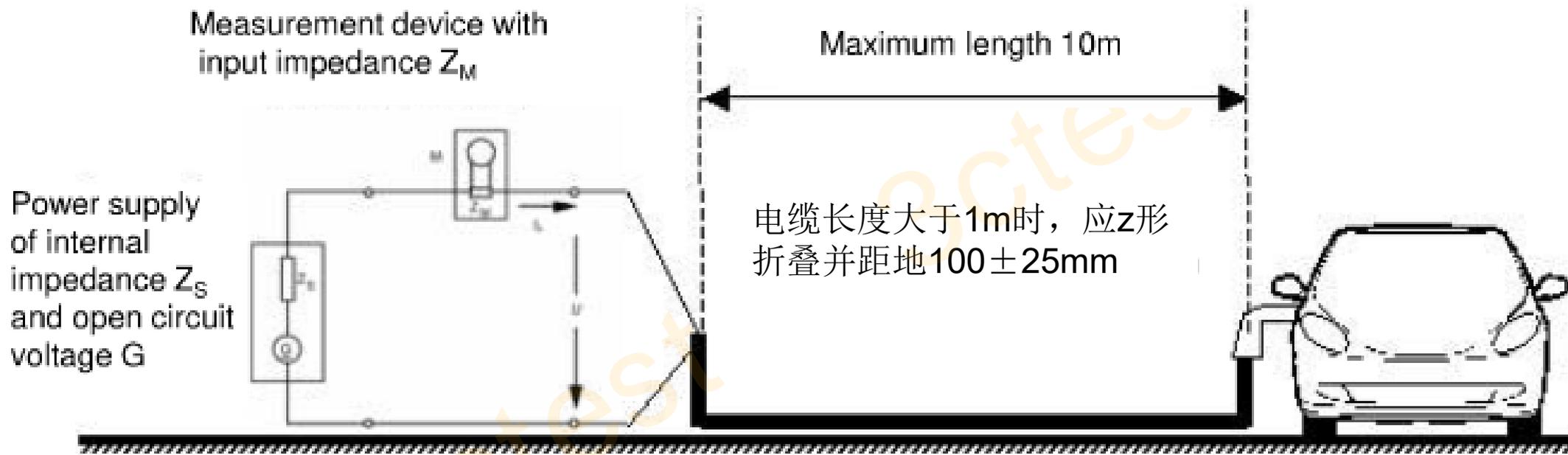
谐波试验

IEC 61000-3-2

IEC 61000-3-12

功率：20%-80%(最大SOC)

输入电流可调节：应大于80%（标称值）



50Hz/60Hz 单相充电试验配置

4 整车谐波试验

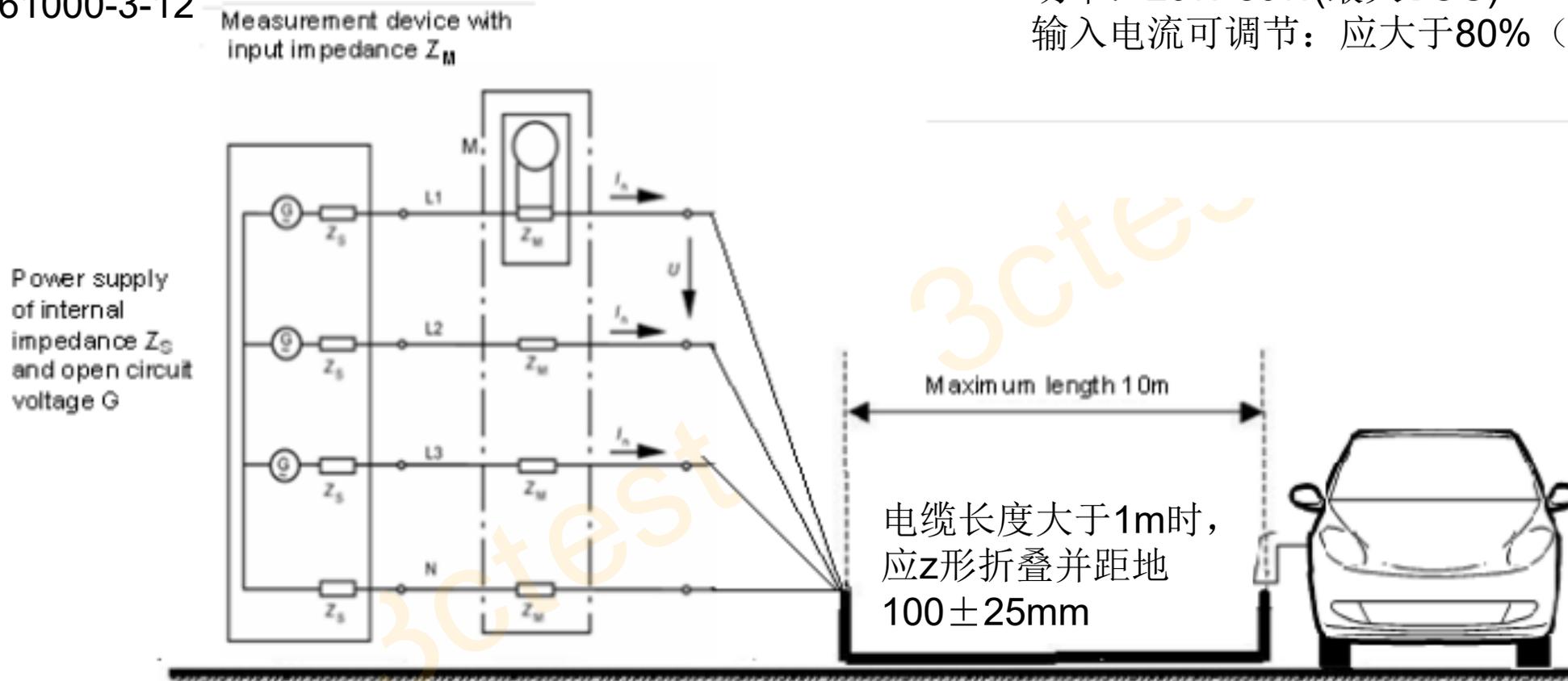
谐波试验

IEC 61000-3-2

IEC 61000-3-12

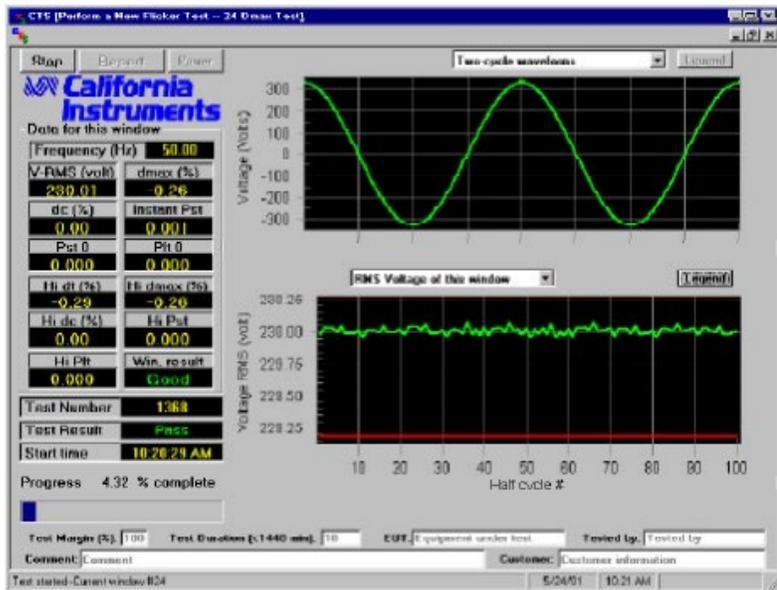
功率：20%-80%(最大SOC)

输入电流可调节：应大于80%（标称值）



三相充电试验配置

4 整车谐波试验



IEC 61000-3-12 16A < 每相输入电流 ≤ 75A
IEC 61000-3-2 每相输入电流 ≤ 16A

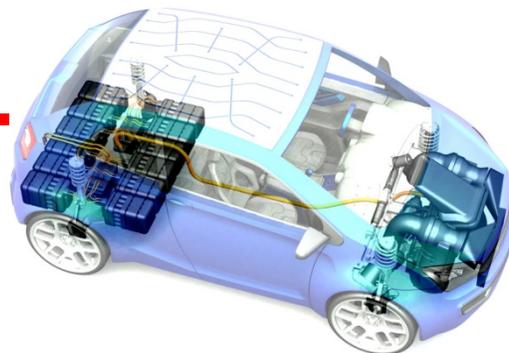
B类设备：便携式工具/不属于专用设备的电弧焊设备

C类设备：照明设备

D类设备：规定功率不大于600W的个人计算机和个人计算机显示器/电视机

A类设备：平衡的三相设备/家用电器（不包含D类设备）/工具（包含便携式工具）/白炽灯调光器/音频设备

未规定为B,C,D类的设备均视为A类设备



4 整车谐波试验

<i>Harmonic number</i> <i>n</i>	<i>Maximum authorized harmonic current</i> <i>A</i>
Odd harmonics	
3	2.3
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
$15 \leq n \leq 39$	$0.15 \times 15/n$
Even harmonics	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
$8 \leq n \leq 40$	$0.23 \times 8/n$

IEC 61000-3-2 A类设备谐波电流限值

4 整车谐波试验

Minimum R_{sce}	Admissible individual harmonic current I_h/I_{ref}^a %						Admissible harmonic parameters %	
	I_3	I_5	I_7	I_9	I_{11}	I_{13}	THC/I_{ref}	$PWHC/I_{ref}$
33	21,6	10,7	7,2	3,8	3,1	2	23	23
66	24	13	8	5	4	3	26	26
120	27	15	10	6	5	4	30	30
250	35	20	13	9	8	6	40	40
≥350	41	24	15	12	10	8	47	47

I_h :谐波电流分量
 I_{ref} :参考电流

非平衡的三相设备谐波电流限值

Minimum R_{sce}	Admissible individual harmonic current I_h/I_{ref}^a %				Admissible harmonic parameters %	
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	THC/I_{ref}	$PWHC/I_{ref}$
33	10,7	7,2	3,1	2	13	22
66	14	9	5	3	16	25
120	19	12	7	4	22	28
250	31	20	12	7	37	38
≥350	40	25	15	10	48	46

平衡的三相设备谐波电流限值

4 整车谐波试验

Minimum R_{sce}	Admissible individual harmonic current I_h/I_{ref} ^a %				Admissible harmonic parameters %	
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	THC / I_{ref}	$PWHC / I_{ref}$
33	10,7	7,2	3,1	2	13	22
≥120	40	25	15	10	48	46

平衡的三相设备在规定条件 (a,b,c) 谐波电流限值

Minimum R_{sce}	Admissible individual harmonic current I_h/I_{ref} ^a %												Admissible harmonic parameters %	
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	I_{17}	I_{19}	I_{23}	I_{25}	I_{29}	I_{31}	I_{35}	I_{37}	THC / I_{ref}	$PWHC / I_{ref}$
33	10,7	7,2	3,1	2	2	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	13	22
≥250	25	17,3	12,1	10,7	8,4	7,8	6,8	6,5	5,4	5,2	4,9	4,7	35	70

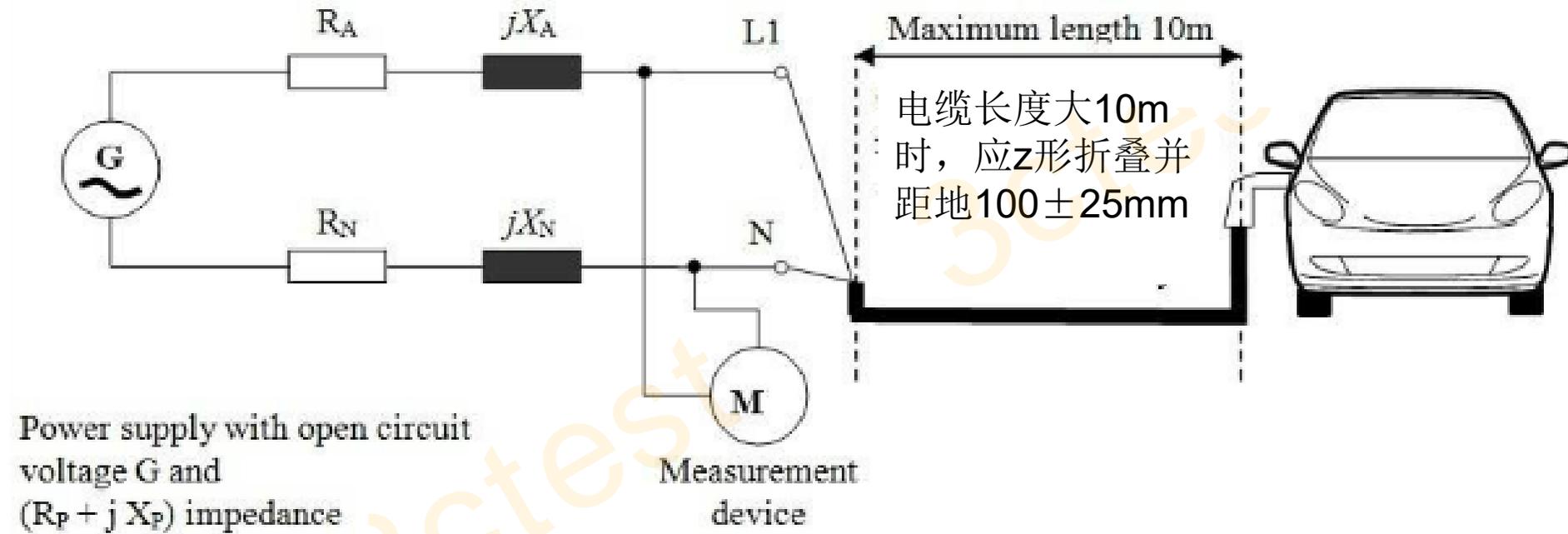
平衡的三相设备在规定条件 (d,e,f) 谐波电流限值

5 整车电压波动闪烁试验

闪烁试验

IEC 61000-3-3

IEC 61000-3-11



单相充电试验配置



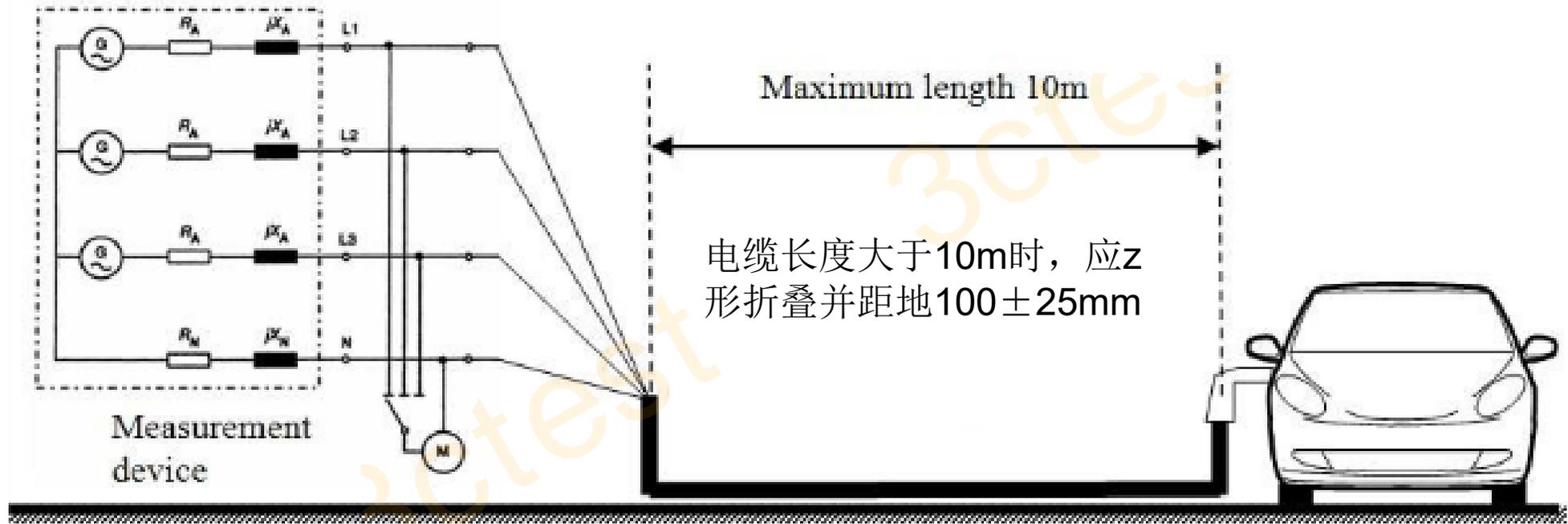
闪烁试验

IEC 61000-3-3

IEC 61000-3-11

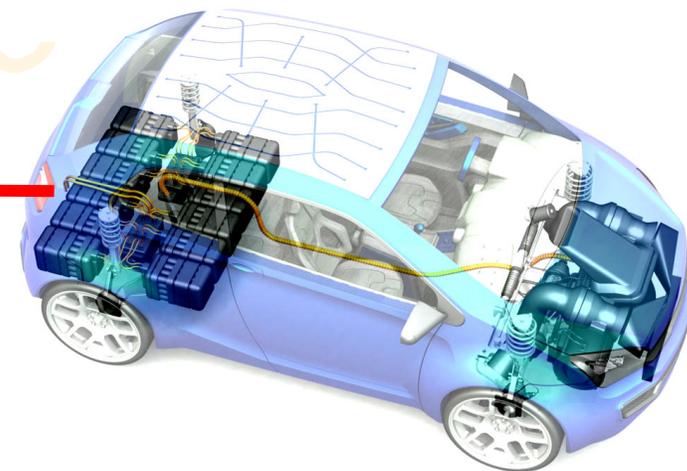
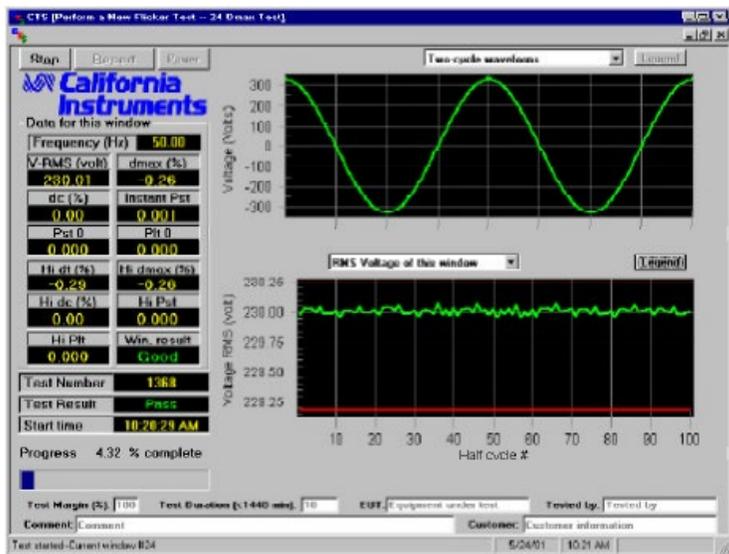
Power supply with open circuit voltage G and $(R_P + j X_P)$ impedance

5 整车电压波动闪烁试验



三相充电试验配置

5 整车电压波动闪烁试验



脉冲群抗扰试验



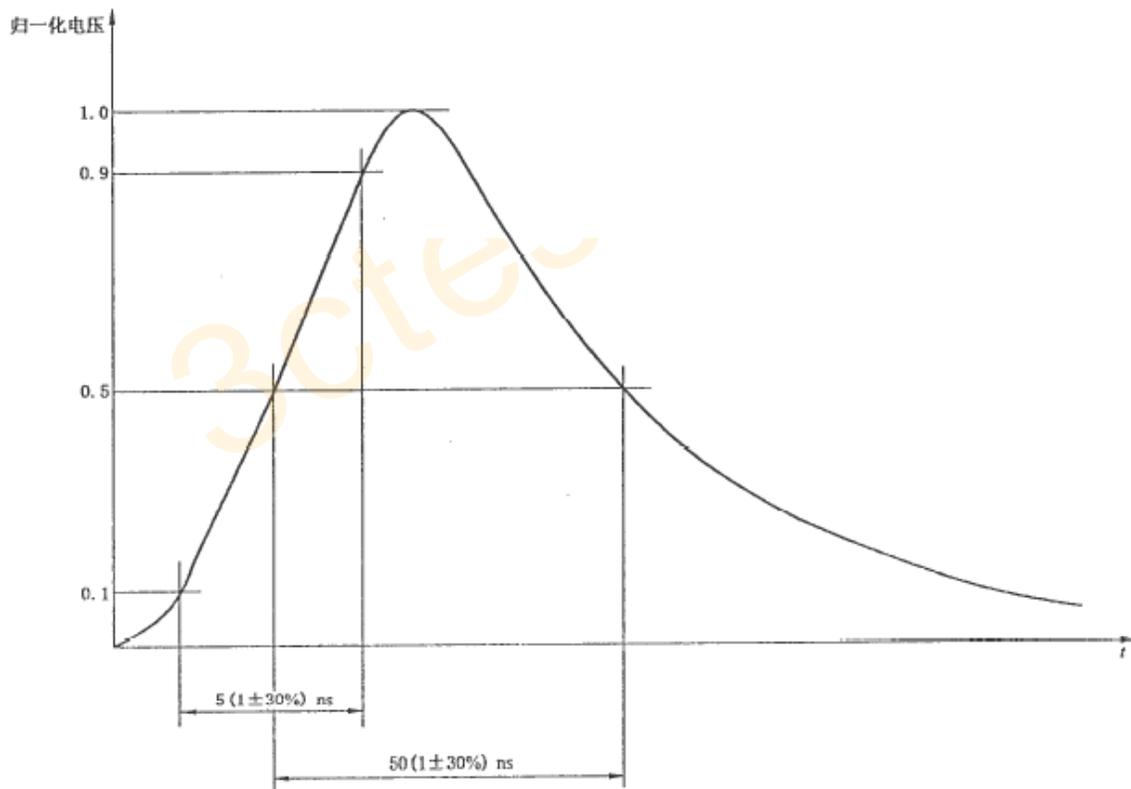
切换感性负载、继电器触点弹跳（如配电站合闸）等切换瞬态过程中产生的各种类型瞬变骚扰信号。

特点：高幅值、短上升时间、高重复率和低能量

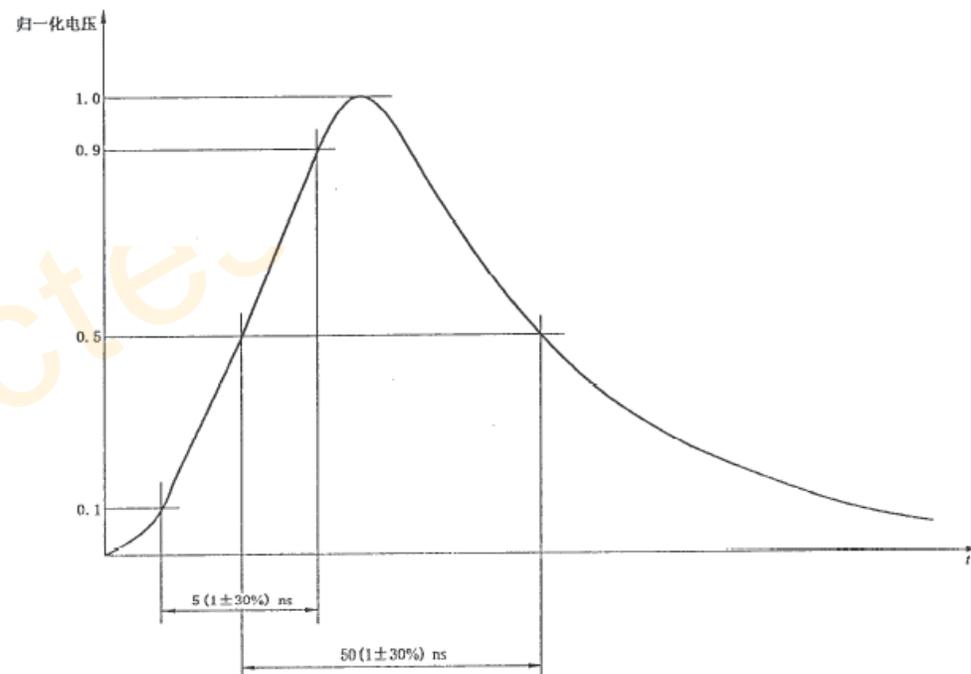
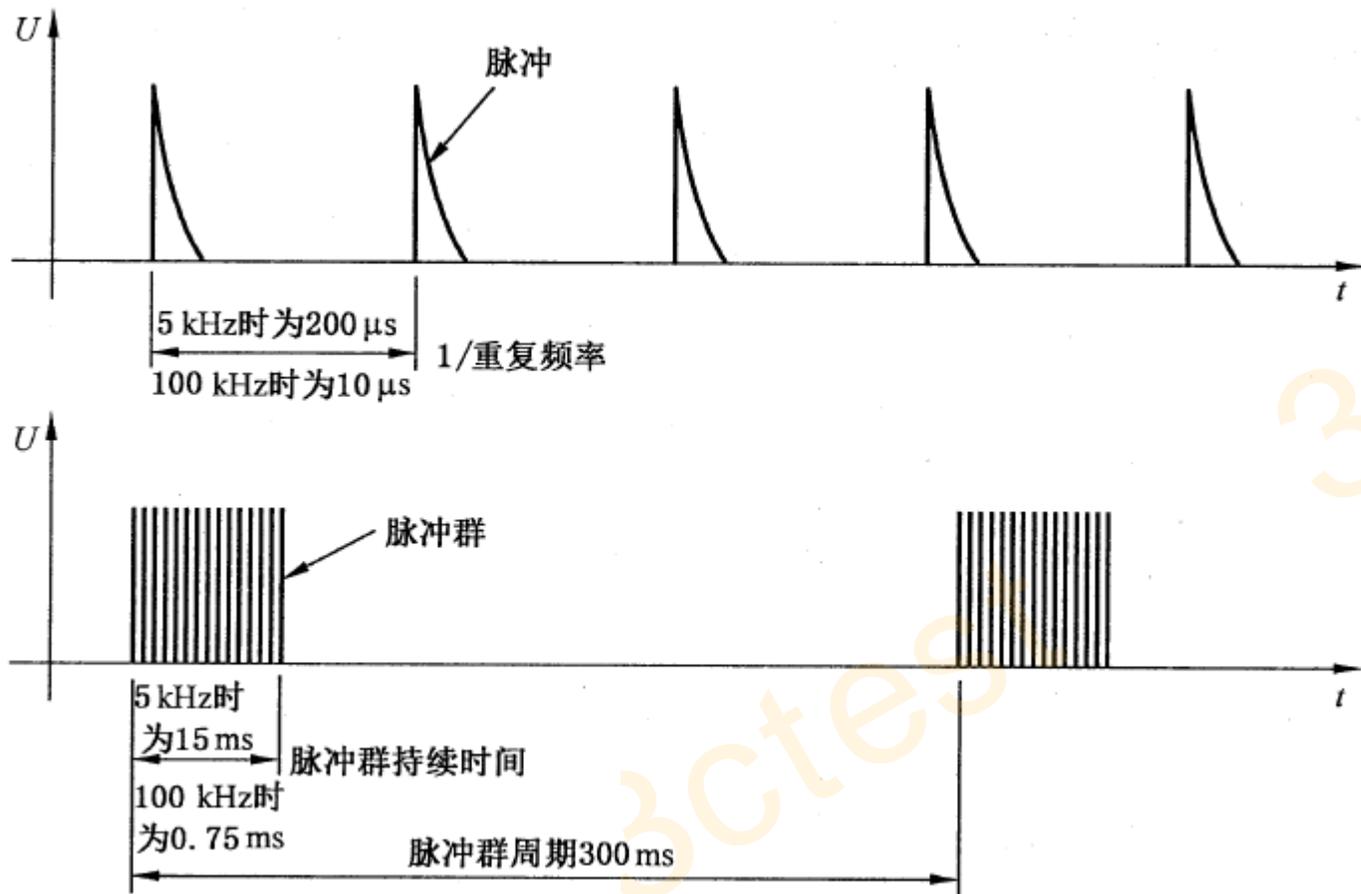


脉冲群抗扰试验

试验波形5/50ns



6 整车脉冲群抗扰试验



5/50ns波形

6 整车脉冲群抗扰试验

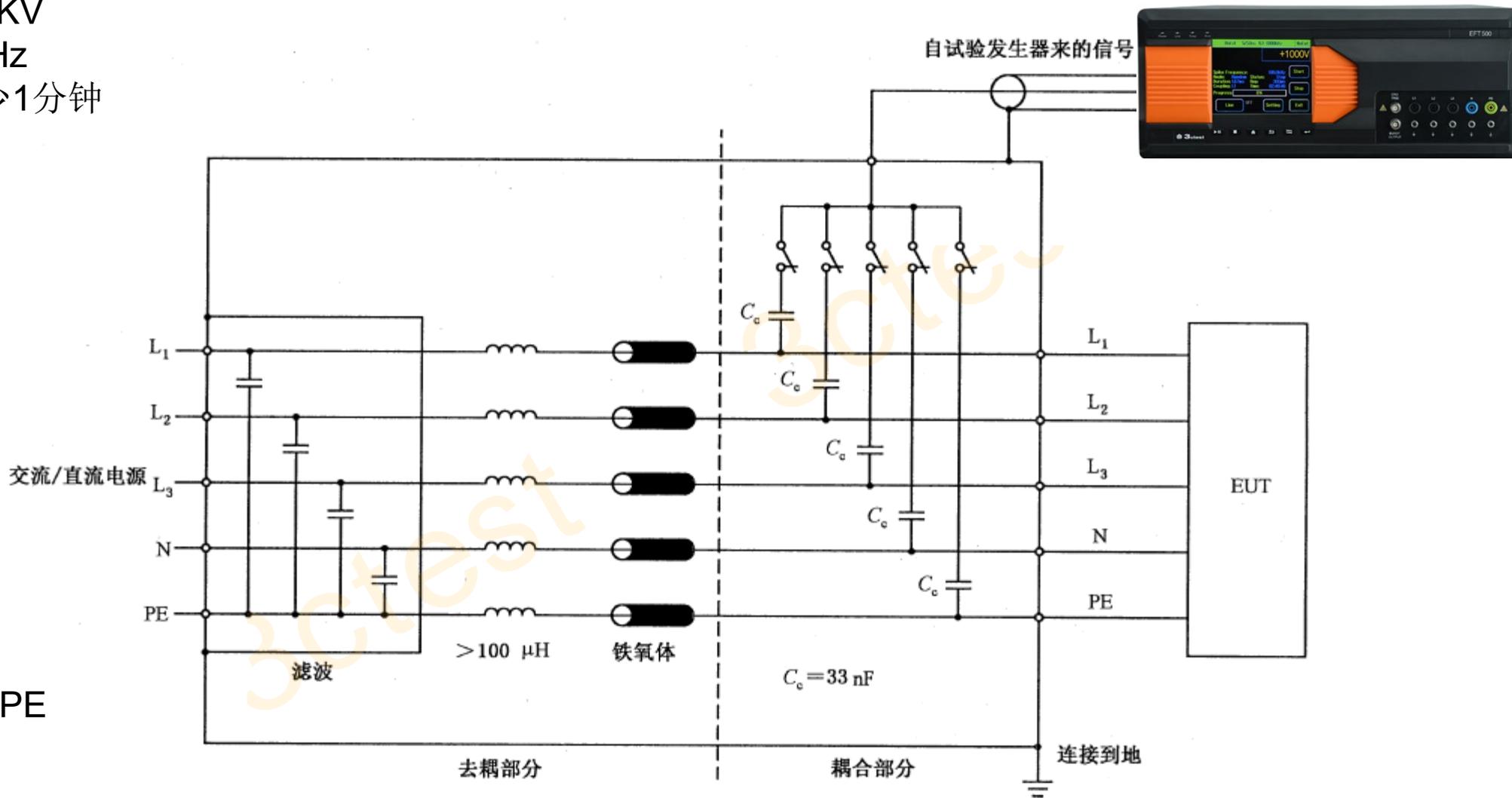
试验电压: $\pm 2\text{KV}$

试验频率: 5KHz

测试时间: 至少1分钟

试验组合

- L1
- L2
- L3
- L1+L2+L3
- L1+N
- L2+N
- L3+N
- L1+L2+L3+N
- L1+PE
- L2+PE
- L3+PE
- L1+L2+L3+N+PE
-



6 整车脉冲群抗扰试验

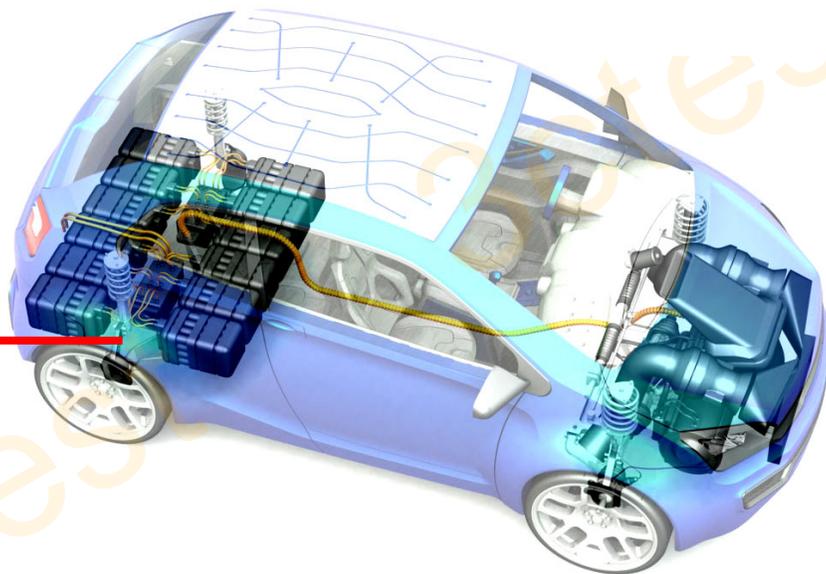
EFT CDN

功率：20%-80%(最大SOC)

输入电流可调节：应大于20%（标称值）



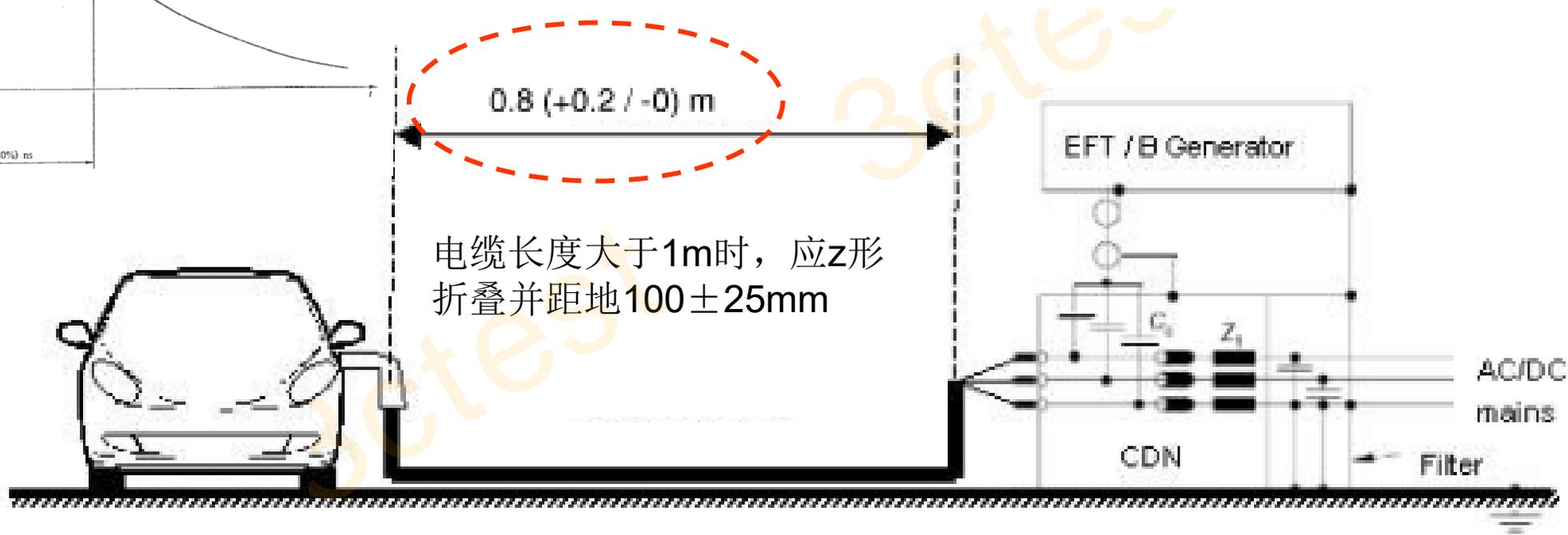
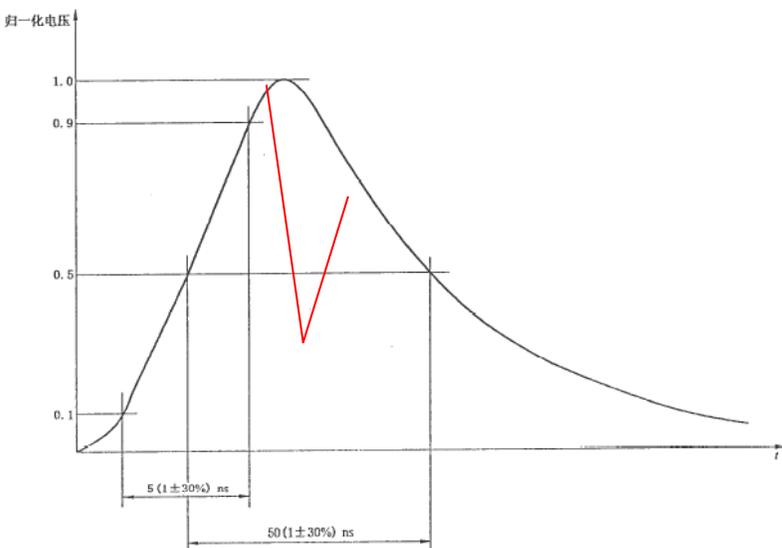
32A 大功率网络



200A 大功率网络

6 整车脉冲群抗扰试验

被测线缆长度、布置位置对测试结果影响很大。
0.8m的线长对于脉冲群测试来说已经是不可以接受的了，不确定因素太多。



脉冲群抗扰试验 IEC 61000-4-4

7 整车浪涌抗扰试验



产电力系统开关瞬态

- 主网电力系统的切换骚扰（电容组切换）
- 配电系统中较小的局部开关动作或负载变化
- 与开关器件（晶闸管）相关联的谐振现象
- 电气装置对接地系统短路或电弧故障



雷电产生的浪涌

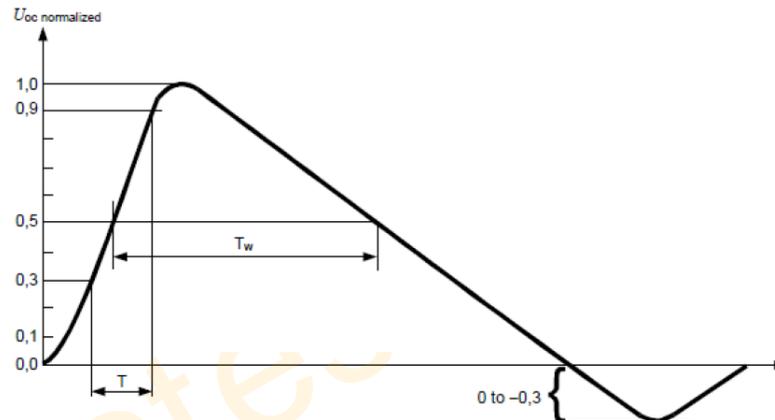
- 直接雷击于外部（户外）电路产生电压
- 间接雷击于建筑物内、外导体上感应电压和电流
- 附近直接对地放电的雷电入地电流



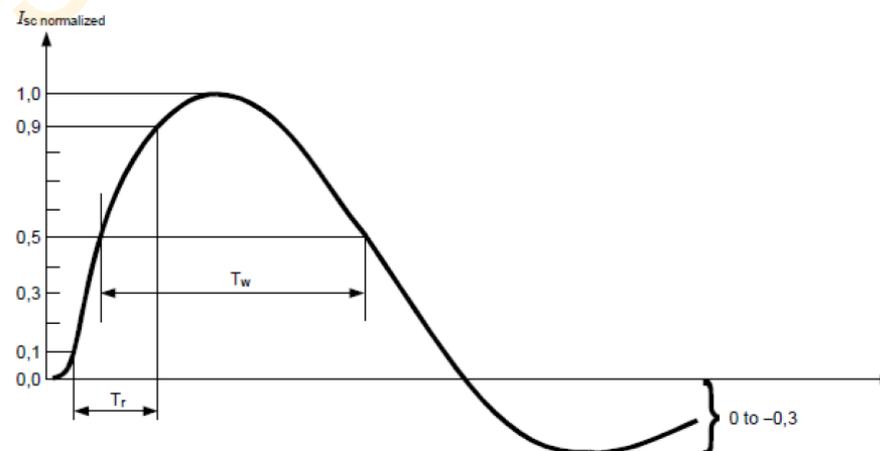
7 整车浪涌抗扰试验

雷击浪涌抗扰试验

试验波形：组合波1.2/50μs、8/20μs

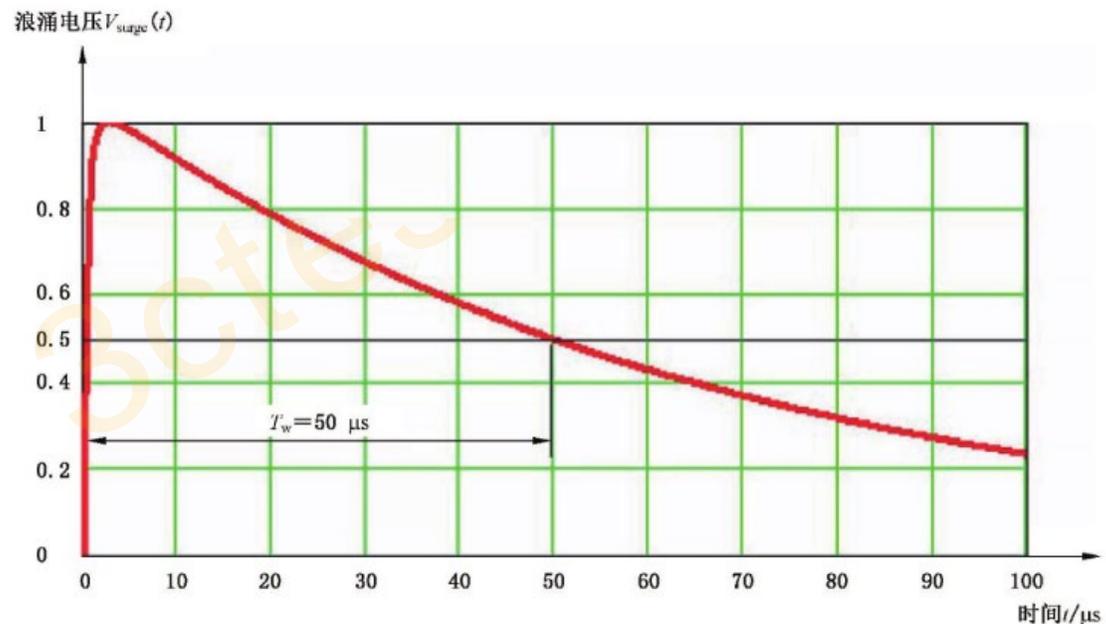
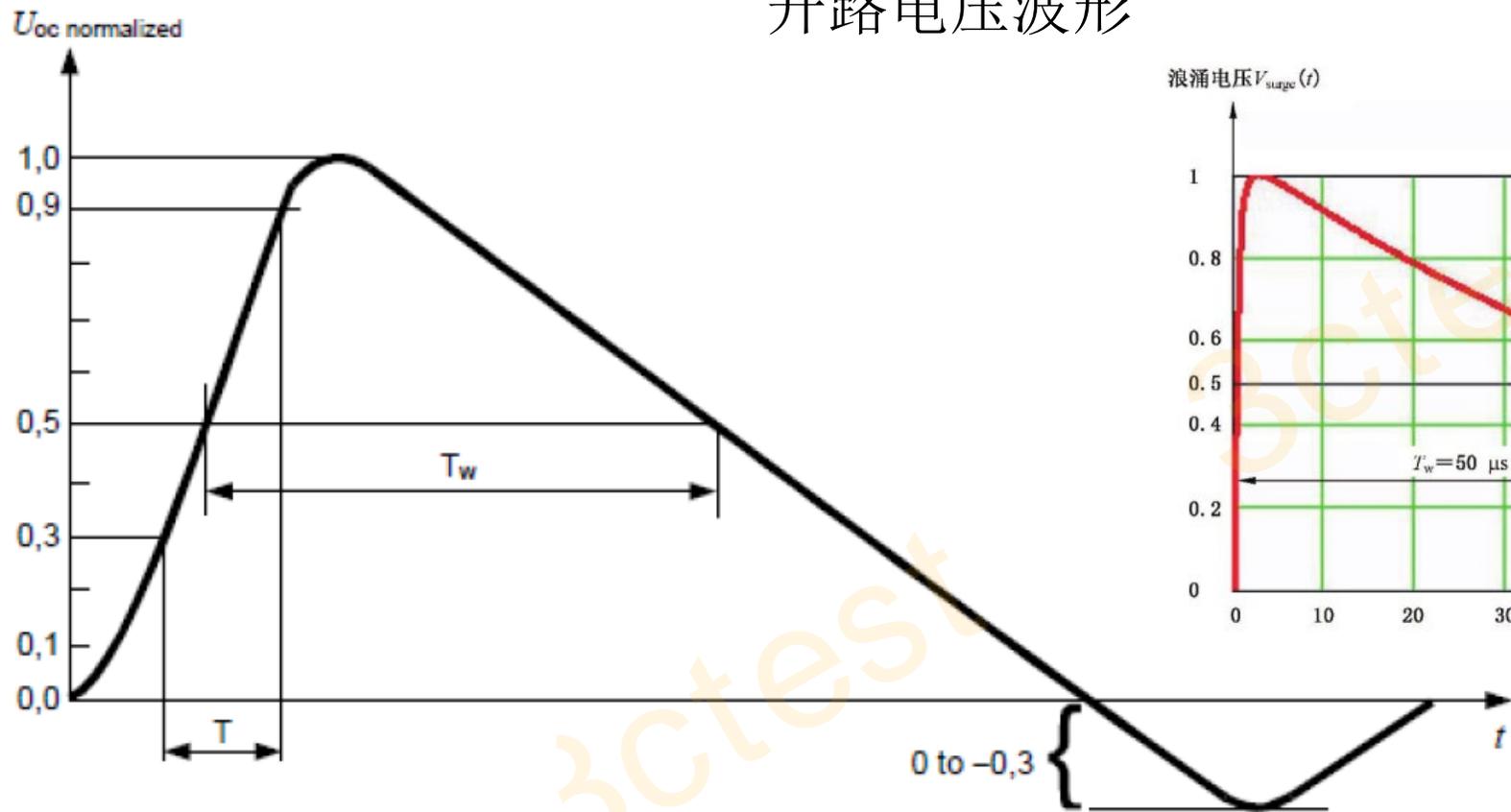


波前时间: $T_f = 1.67 \times T = 1.2 \mu s \pm 30\%$
 半峰值时间: $T_d = T_w = 50 \mu s \pm 20\%$



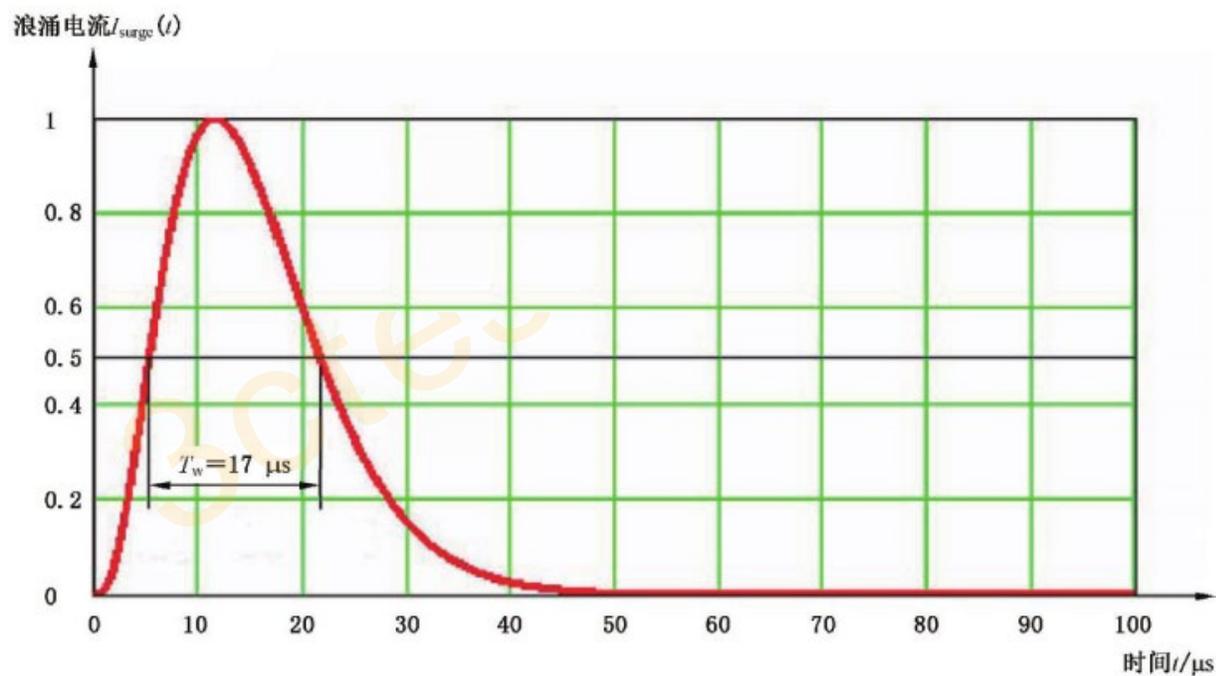
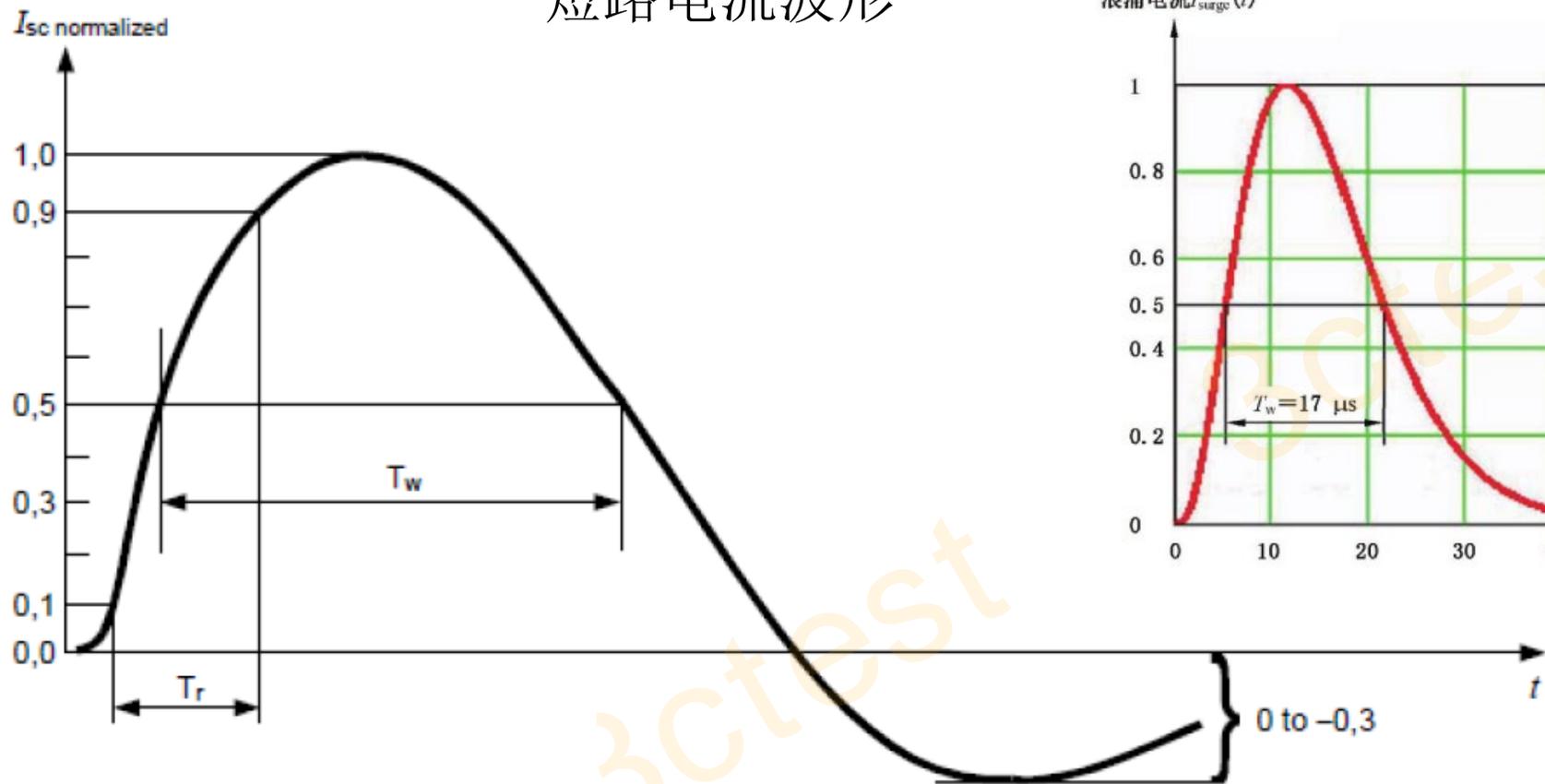
波前时间: $T_f = 1.25 \times T_r = 8 \mu s \pm 20\%$
 半峰值时间: $T_d = 1.18 \times T_w = 20 \mu s \pm 20\%$

开路电压波形



波前时间: $T_f = 1.67 \times T = 1.2 \mu s \pm 30 \%$
半峰值时间: $T_d = T_w = 50 \mu s \pm 20 \%$

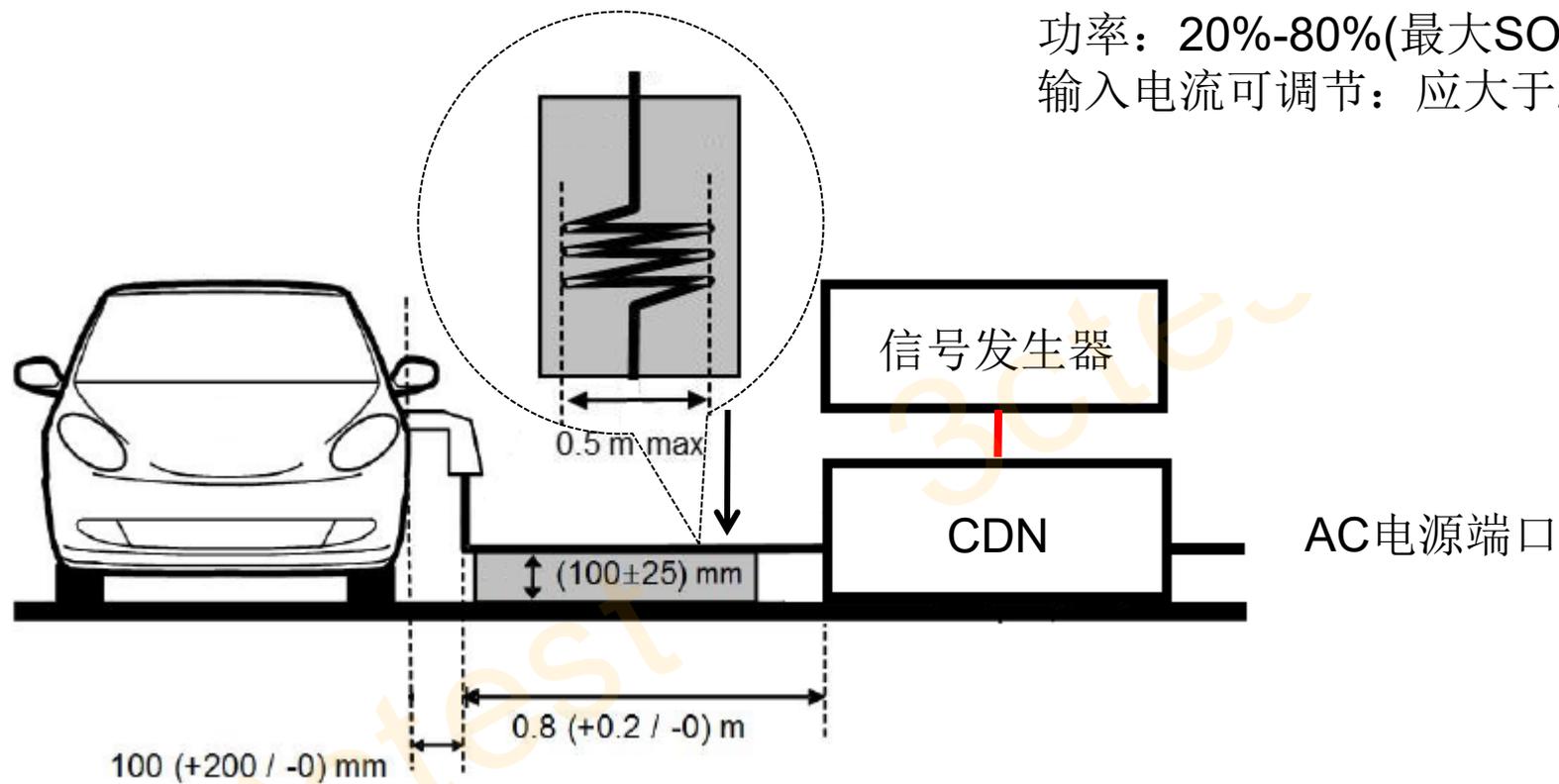
短路电流波形



波前时间: $T_f = 1.25 \times T_r = 8 \mu s \pm 20 \%$
 半峰值时间: $T_d = 1.18 \times T_w = 20 \mu s \pm 20 \%$

7 整车浪涌抗扰试验

功率：20%-80%(最大SOC)
输入电流可调节：应大于20%（标称值）



电缆长度大于1m时，应z形折叠并距地面 100 ± 25 mm

7 整车浪涌抗扰试验

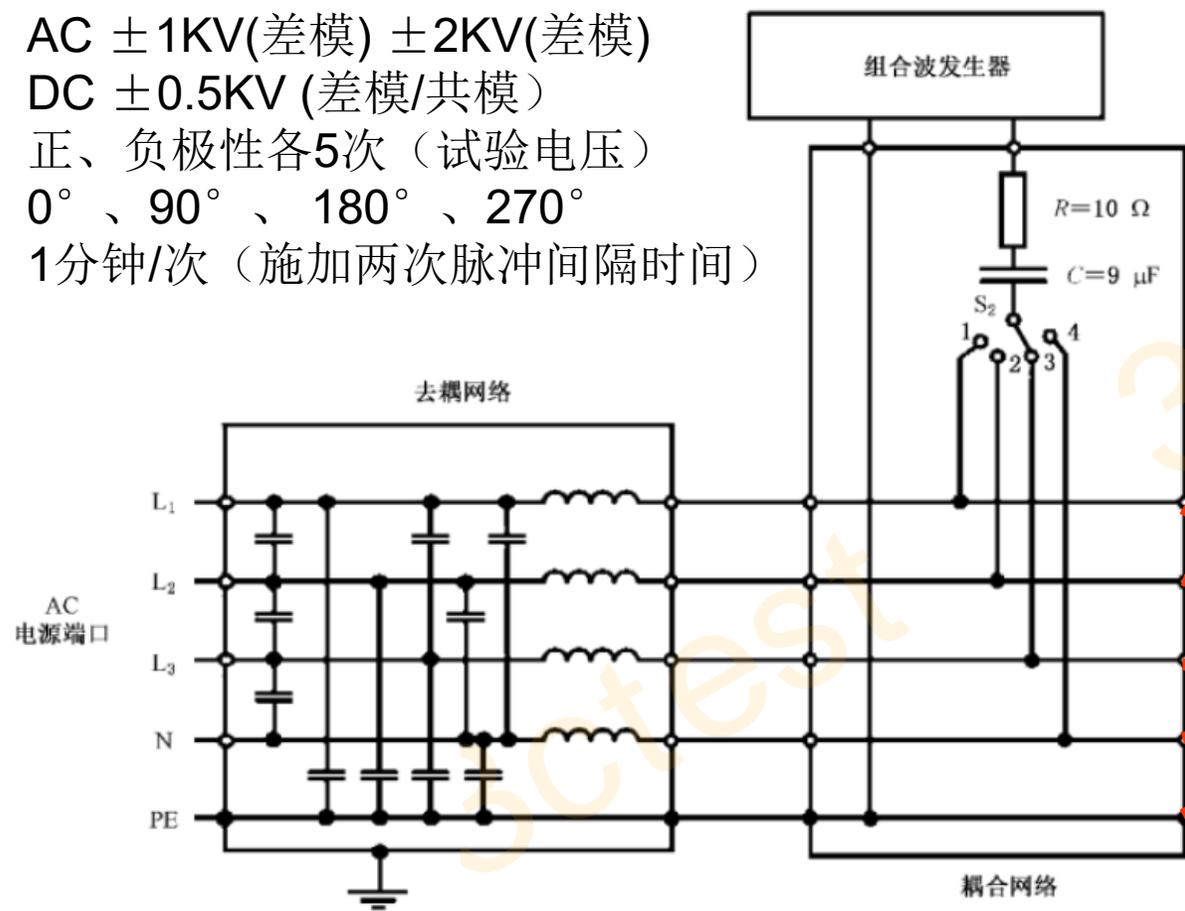
试验电压: AC $\pm 1\text{KV}$ (差模) $\pm 2\text{KV}$ (差模)

DC $\pm 0.5\text{KV}$ (差模/共模)

脉冲次数: 正、负极性各5次 (试验电压)

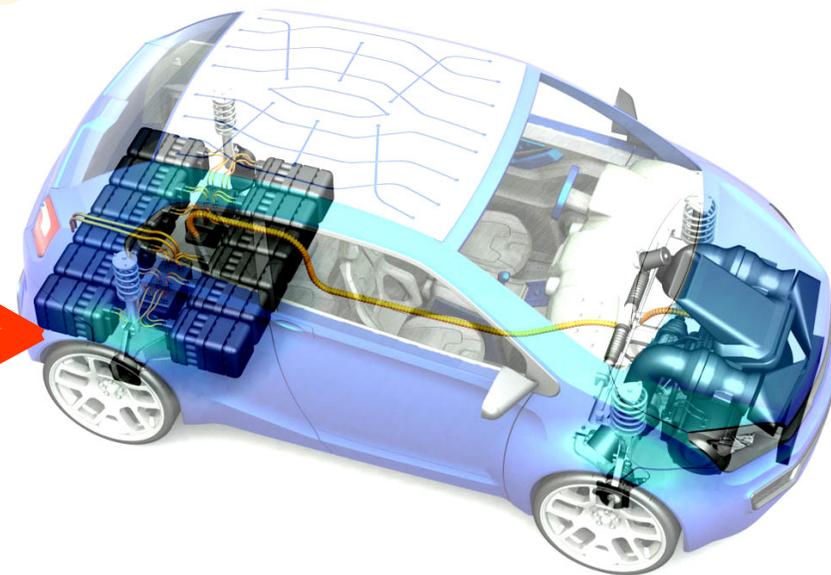
施加相位: 0° 、 90° 、 180° 、 270°

脉冲间隔: 1分钟/次 (施加两次脉冲间隔时间)



试验阻抗 12Ω (源阻抗 $2\Omega + 10\Omega$)

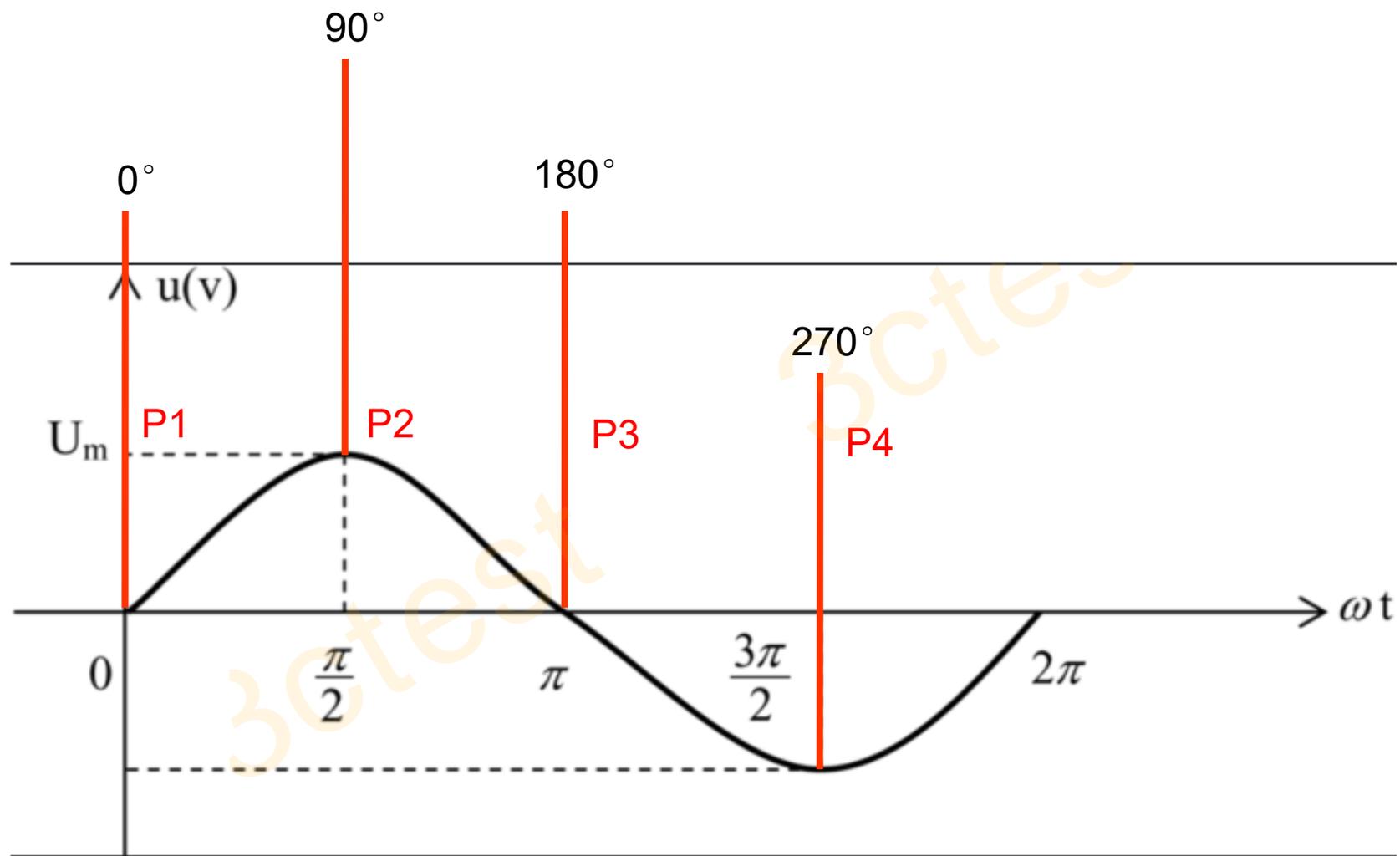
耦合电容 $9\mu\text{F}$





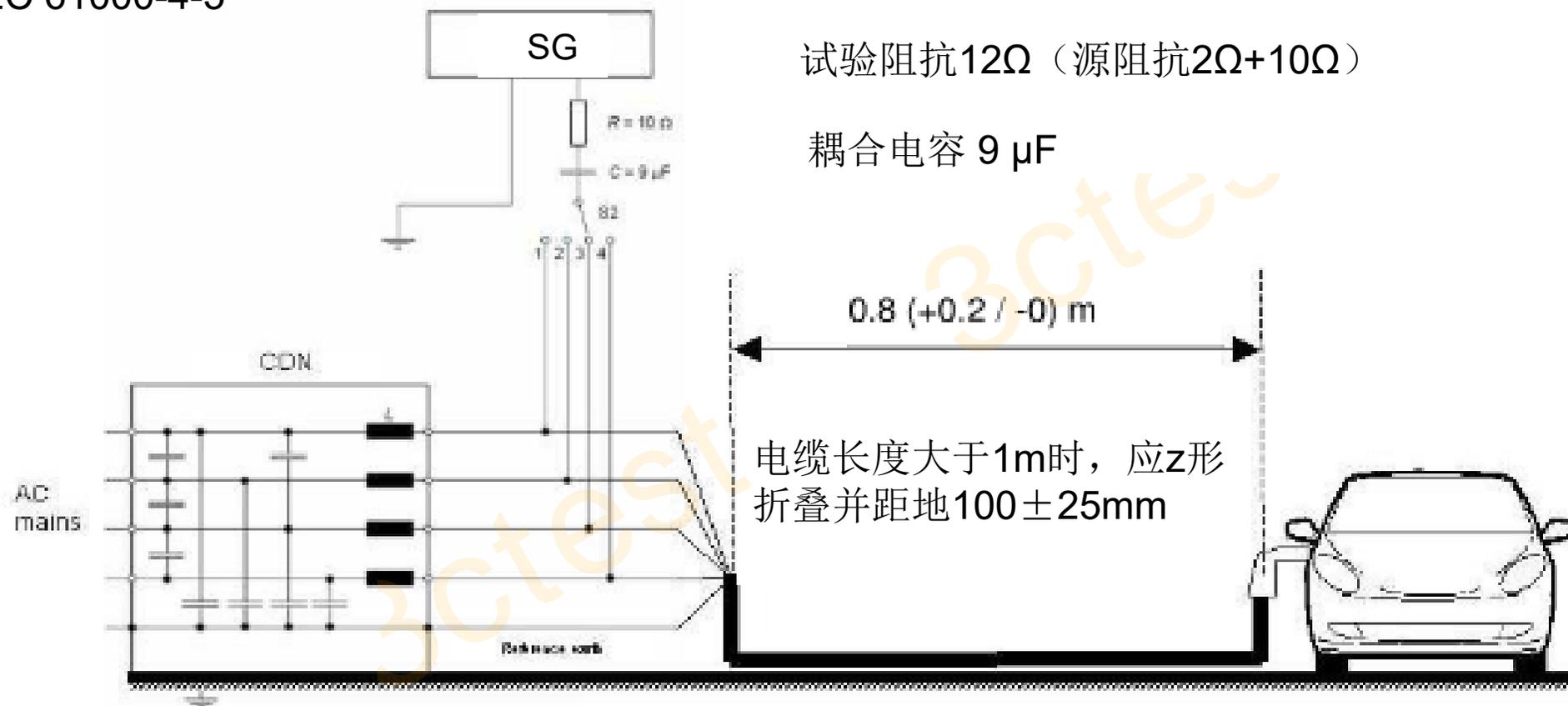
7 整车浪涌抗扰试验

相位角施加脉冲



7 整车浪涌抗扰试验

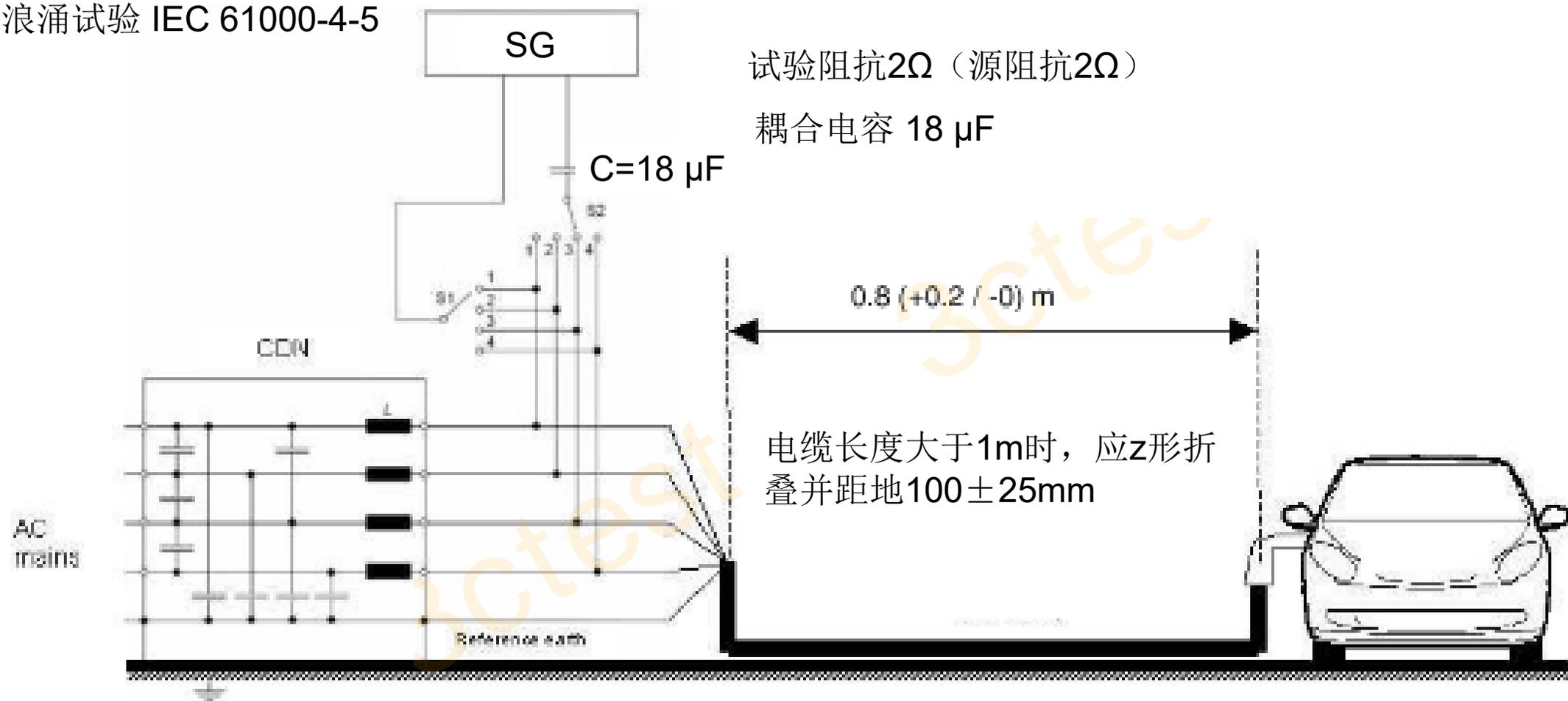
Surge test
IEC 61000-4-5



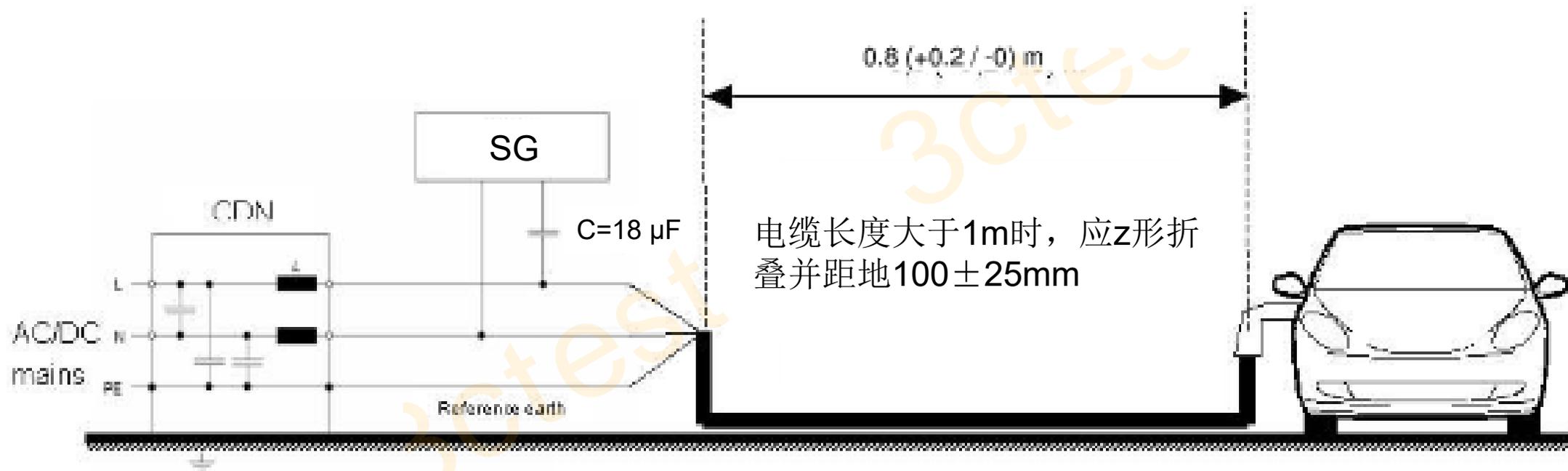
浪涌共模试验 L3 对地(三相)

7 整车浪涌抗扰试验

浪涌试验 IEC 61000-4-5

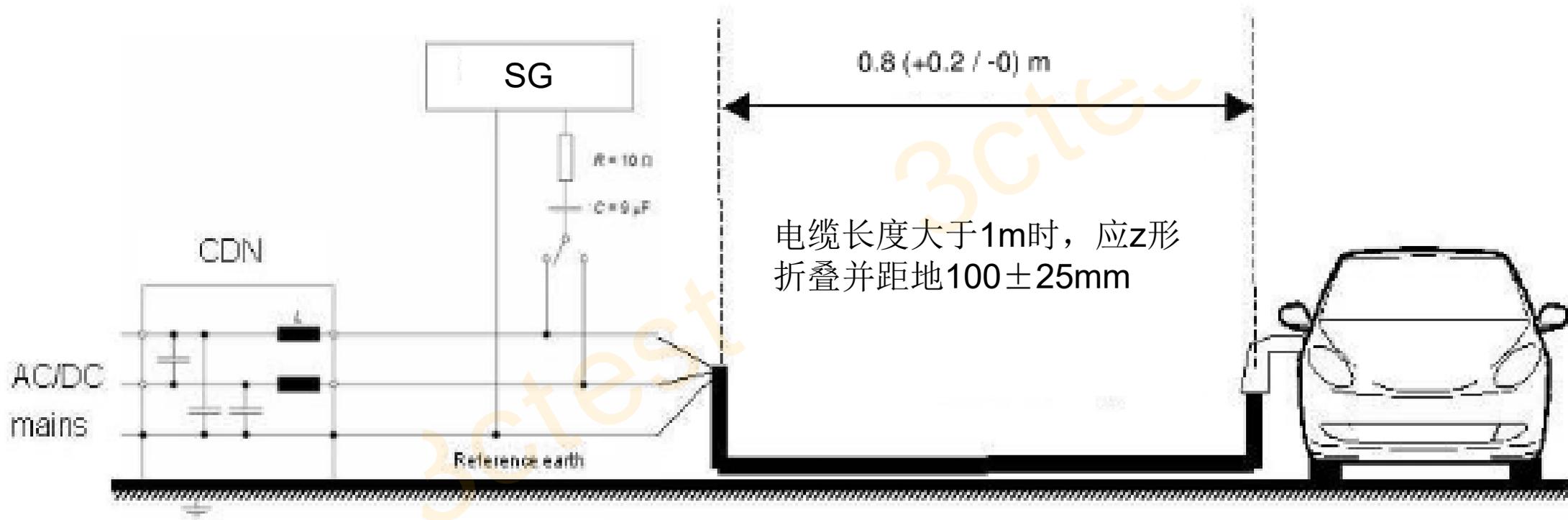


浪涌试验 IEC 61000-4-5



浪涌差模试验 L 对N(单相)

浪涌试验 IEC 61000-4-5



浪涌共模试验 L 对PE试验(单相)



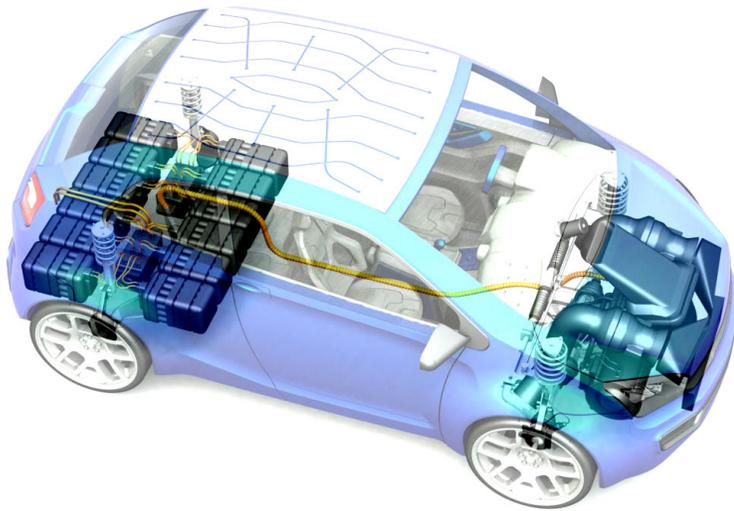
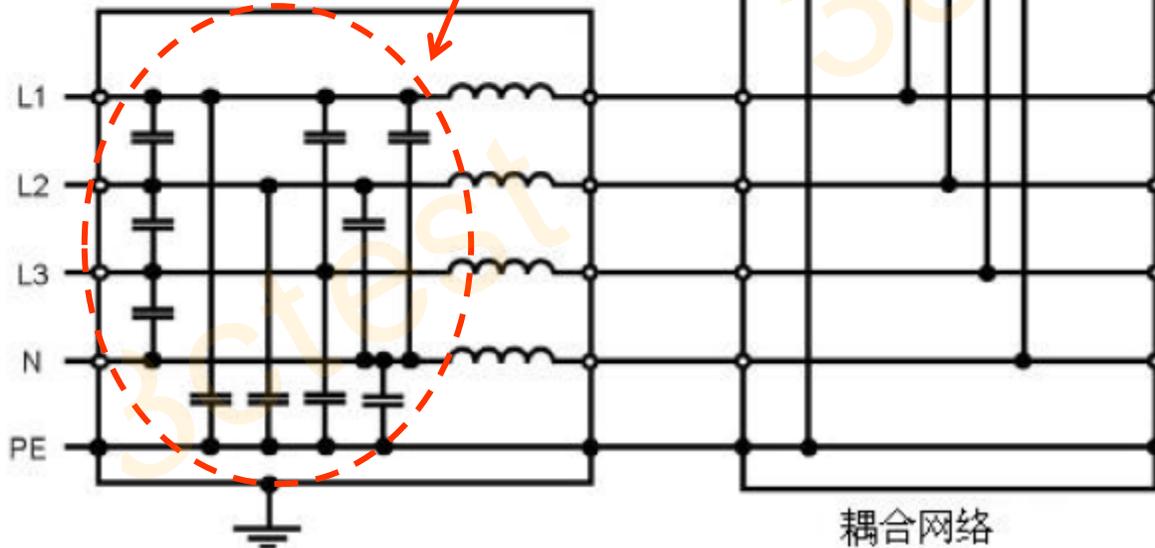
7 整车浪涌抗扰试验

Test set-up

漏电流保护开关



μF 级，造成漏电流
去耦网络



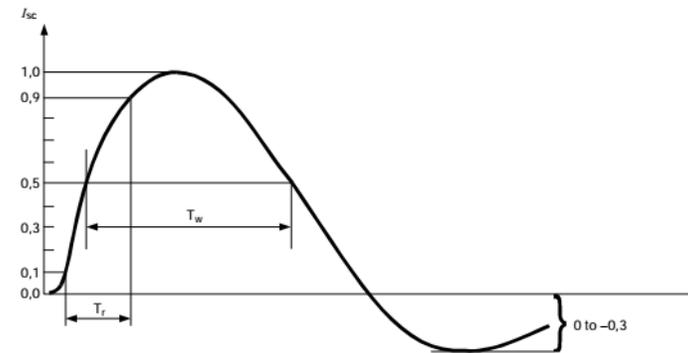
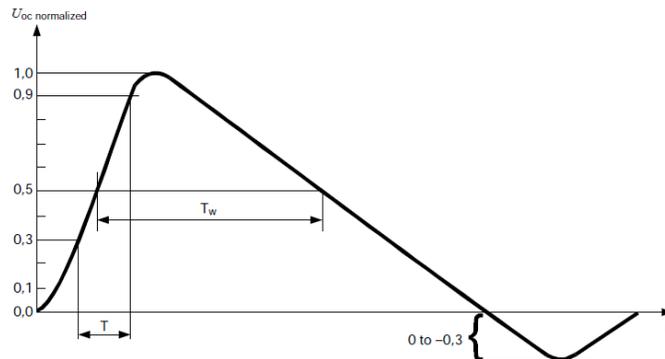


8 浪涌抗扰试验差异分析

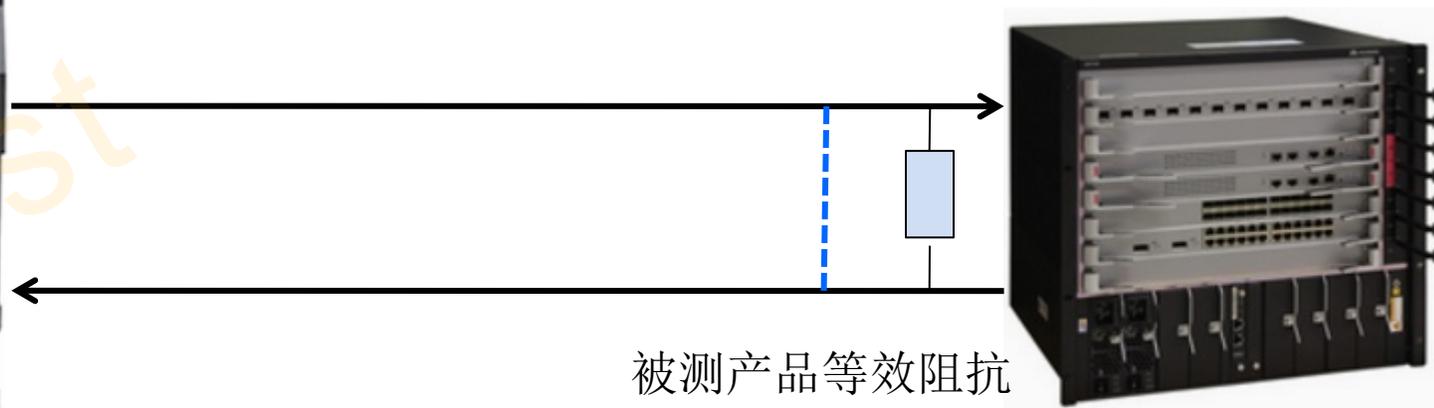
组合波 ???

开路电压波: 1.2/50μs

短路电流波: 8/20μs

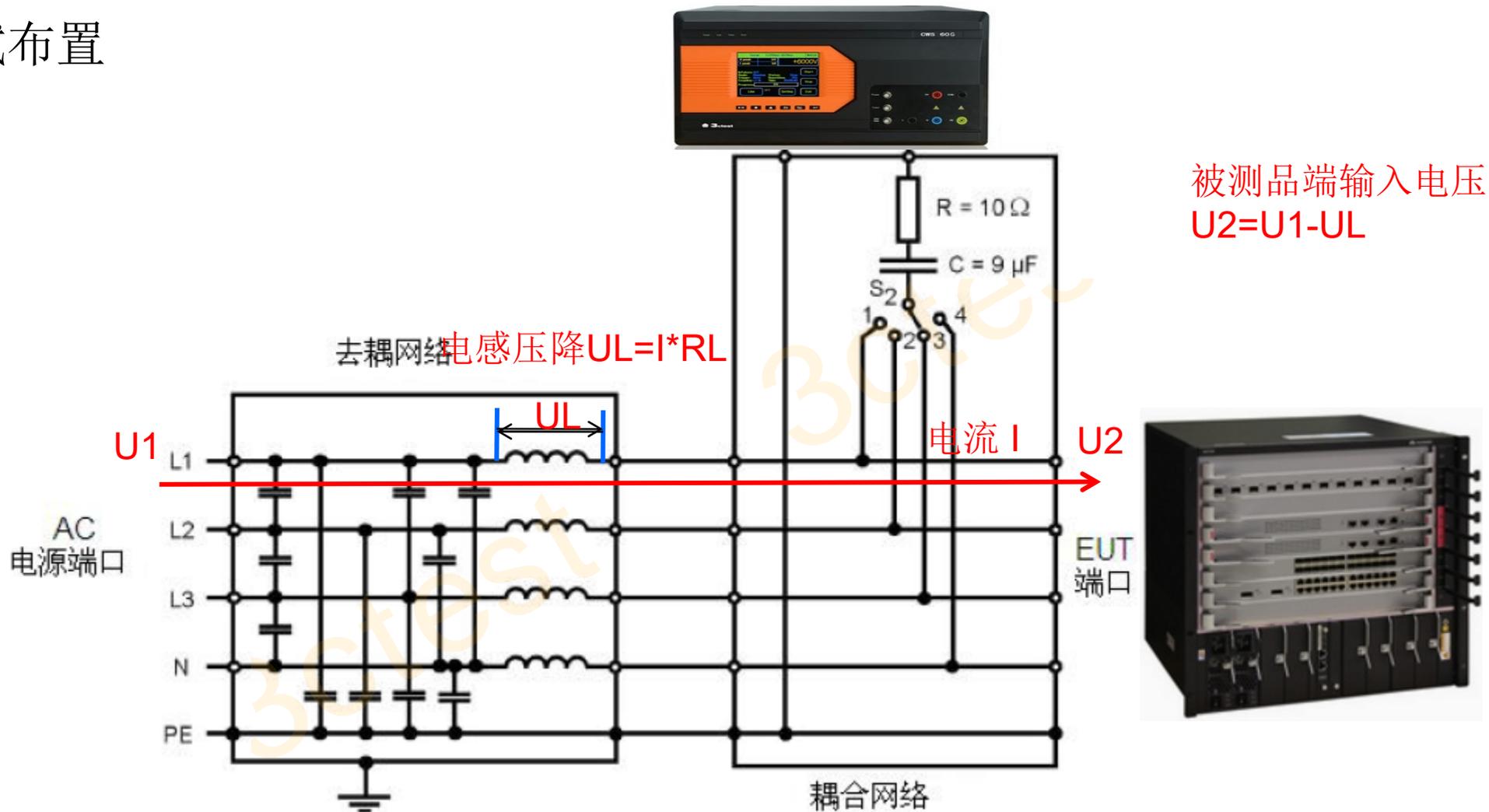


Front time: $T_f = 1.67 \times T = 1.2 \mu s \pm 30 \%$
 Duration: $T_d = T_w = 50 \mu s \pm 20 \%$

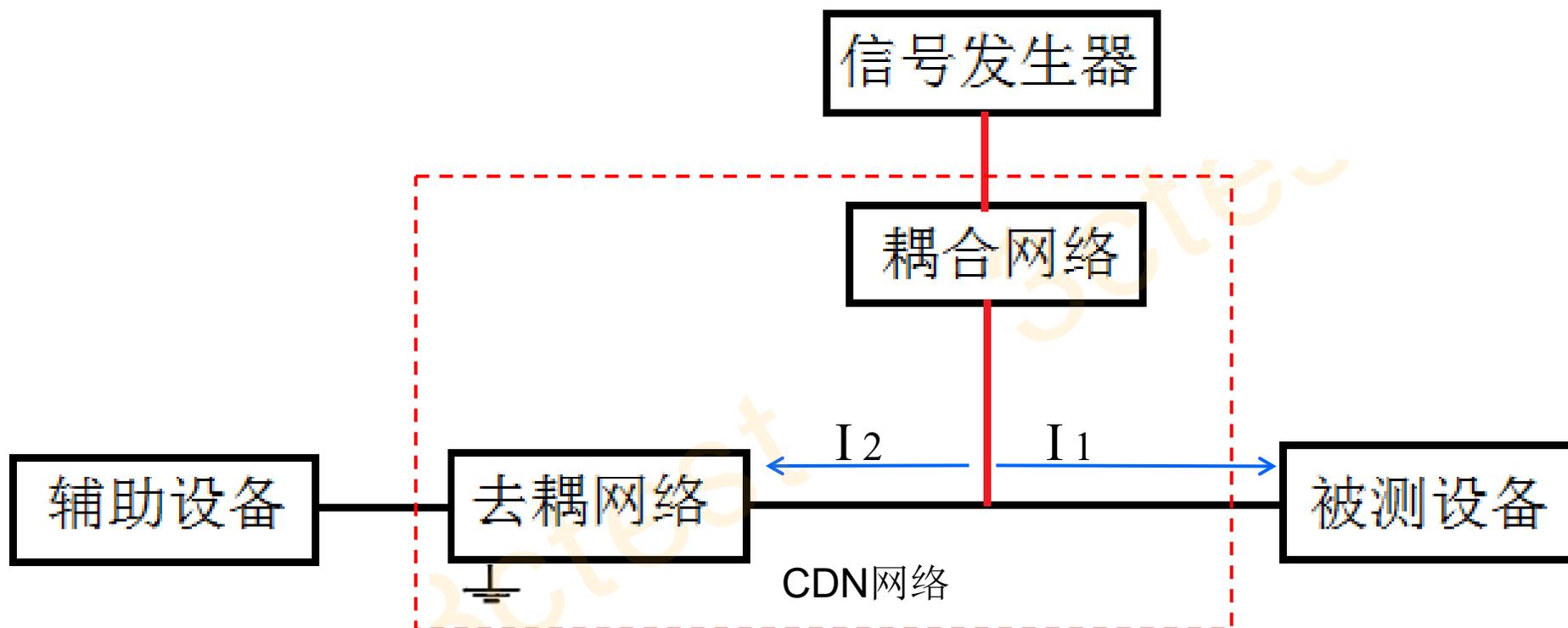


被测产品等效阻抗

电源端测试布置



耦合去耦网络使用原理



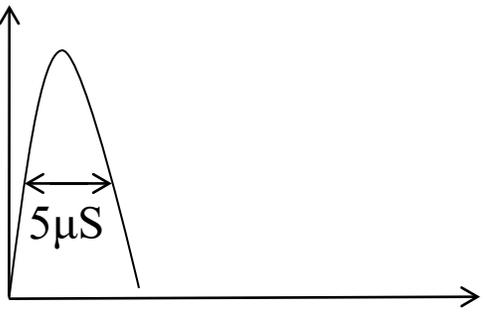
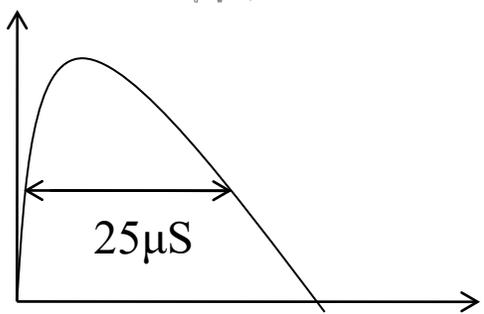
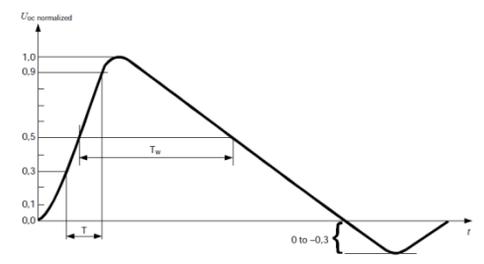
测试结果产生差异，主要是去耦网络阻抗（能量分流）

表 4 CDN 的 EUT 端口的电压波形要求

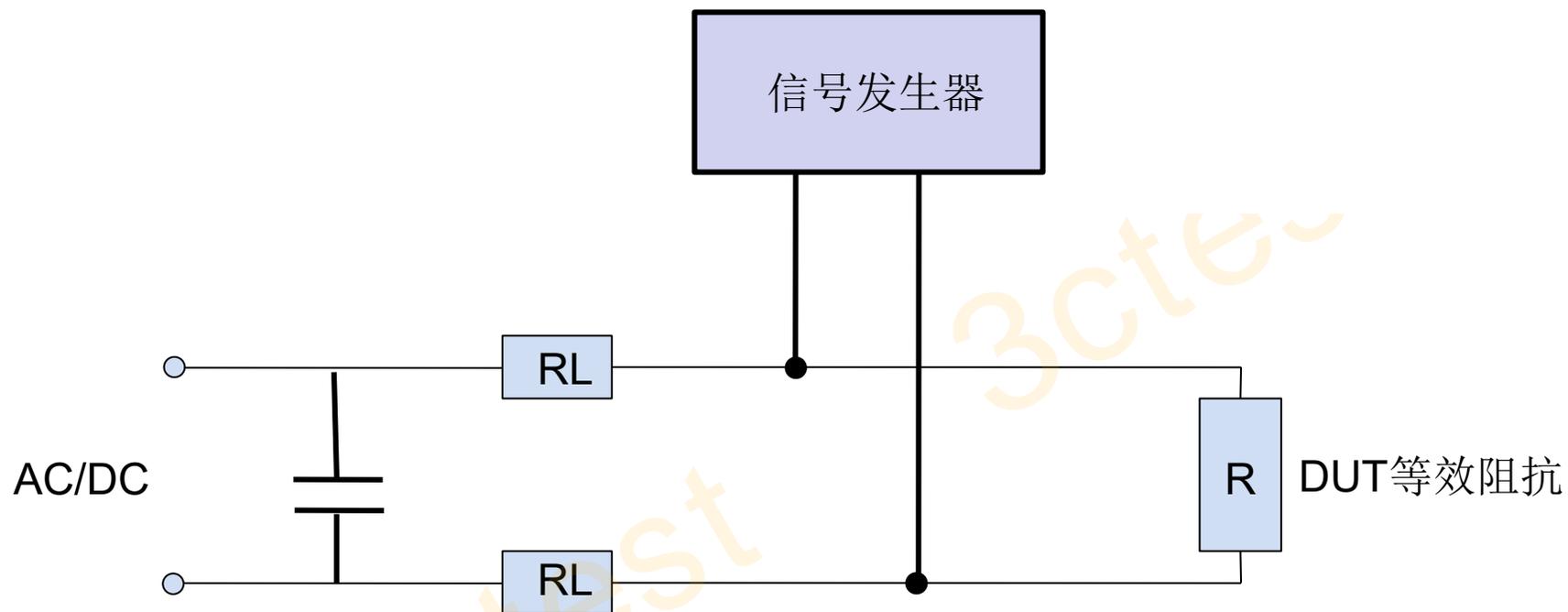
开路条件下的浪涌电压参数 ^{a,b}	耦合阻抗	
	18 μF (线-线)	9 μF +10 Ω (线-地)
峰值电压		
额定电流 $\leq 16\text{ A}$	设置电压 +10%/-10%	设置电压 +10%/-10%
16 A < 额定电流 $\leq 32\text{ A}$	设置电压 +10%/-10%	设置电压 +10%/-10%
32 A < 额定电流 $\leq 63\text{ A}$	设置电压 +10%/-10%	设置电压 +10%/-15%
63 A < 额定电流 $\leq 125\text{ A}$	设置电压 +10%/-10%	设置电压 +10%/-20%
125 A < 额定电流 $\leq 200\text{ A}$	设置电压 +10%/-10%	设置电压 +10%/-25%
波前时间	$1.2 \times (1 \pm 30\%) \mu\text{s}$	$1.2 \times (1 \pm 30\%) \mu\text{s}$
持续时间		
额定电流 $\leq 16\text{ A}$	50 μs +10 μs / -10 μs	50 μs +10 μs / -25 μs
16 A < 额定电流 $\leq 32\text{ A}$	50 μs +10 μs / -15 μs	50 μs +10 μs / -30 μs
32 A < 额定电流 $\leq 63\text{ A}$	50 μs +10 μs / -20 μs	50 μs +10 μs / -35 μs
63 A < 额定电流 $\leq 125\text{ A}$	50 μs +10 μs / -25 μs	50 μs +10 μs / -40 μs
125 A < 额定电流 $\leq 200\text{ A}$	50 μs +10 μs / -30 μs	50 μs +10 μs / -45 μs

EUT电流值	推荐去耦感抗值
200A < 电流值 $\leq 400\text{A}$	200 μH ~100 μH
400A < 电流值 $\leq 800\text{A}$	100 μH ~50 μH
800A < 电流值 $\leq 1600\text{A}$	50 μH ~25 μH
安培值 < 电流值 $\leq 2 \times$ 安培值	电感值减少2倍

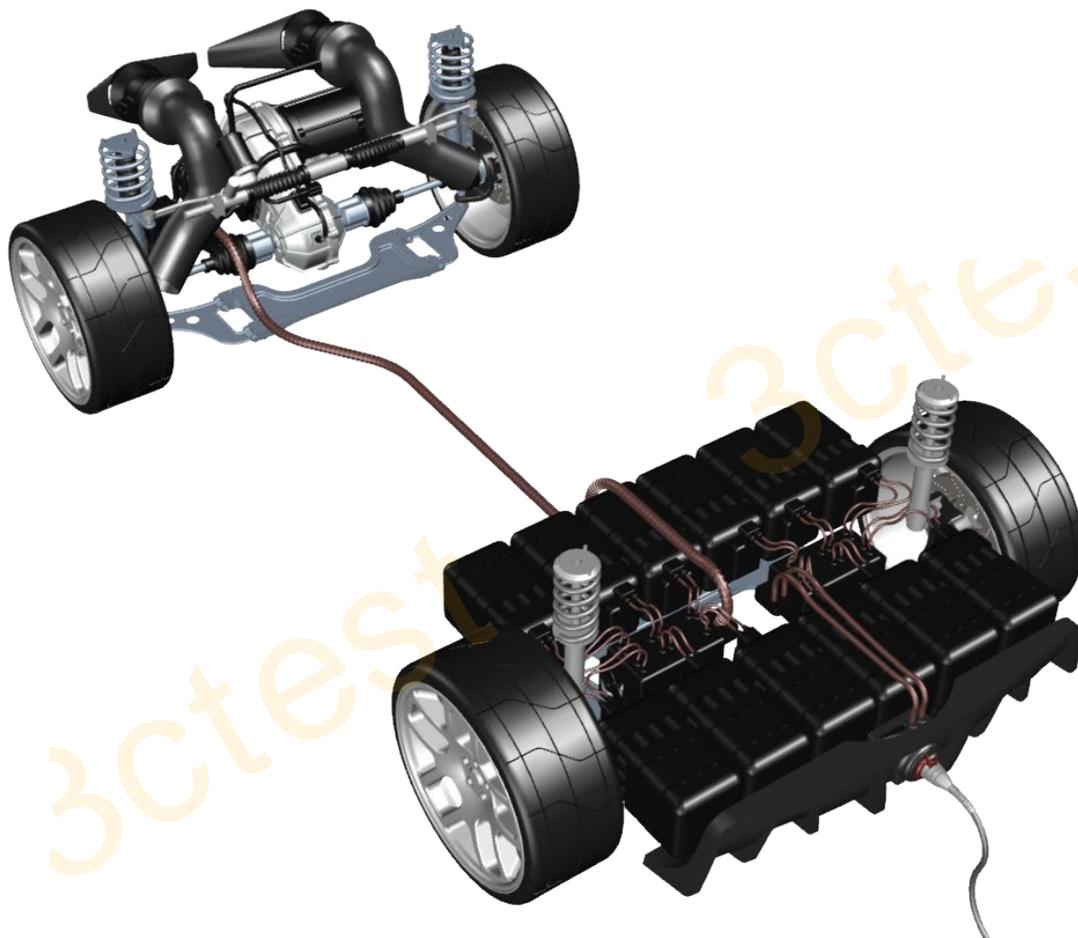
CDN网络带载电流的选择



8 浪涌抗扰试验差异分析



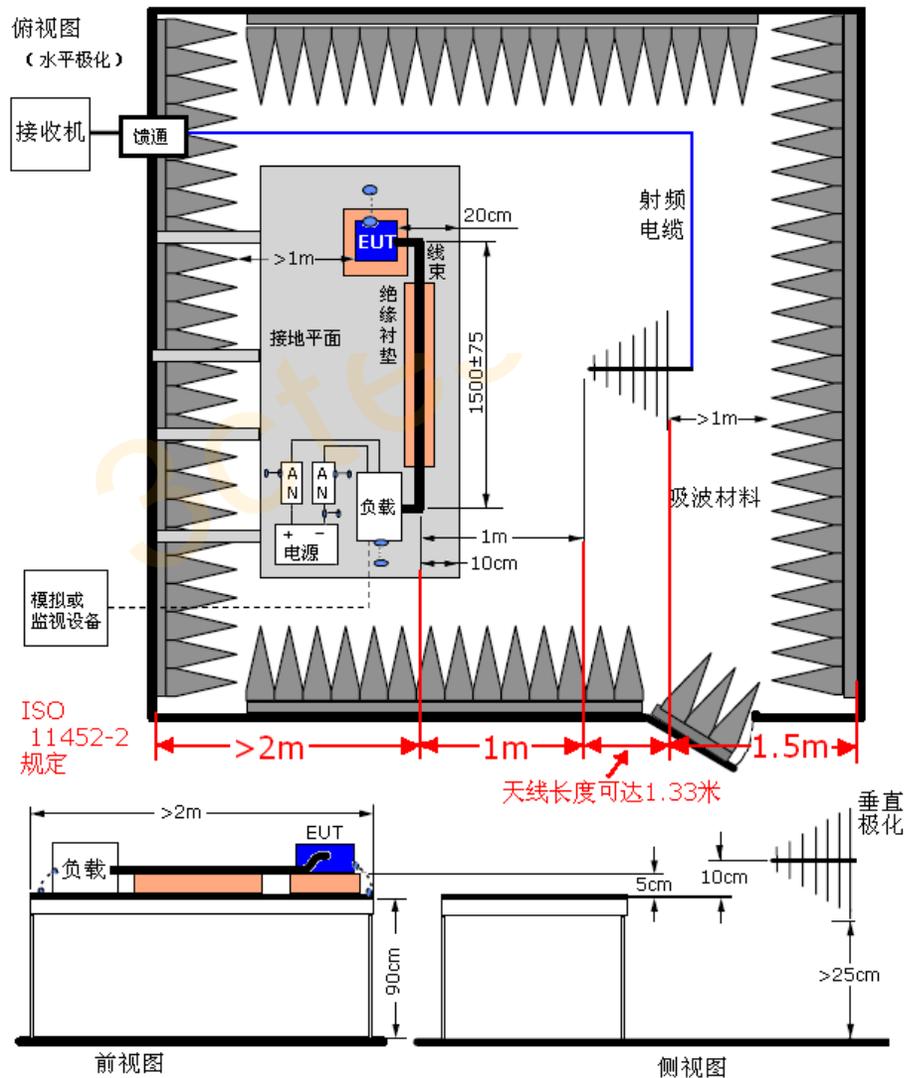
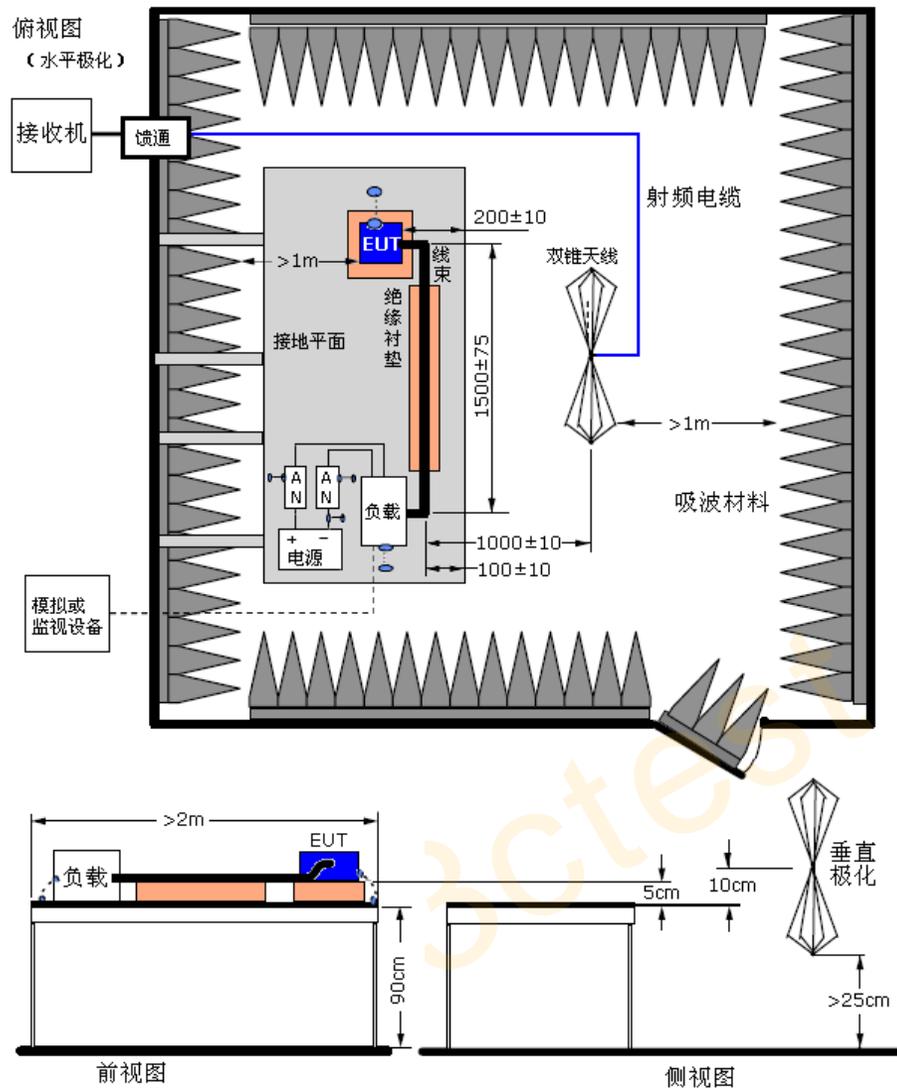
当DUT是大功率设备（如，工作时电流 $>200\text{A}$ ），其等效阻抗 R 值会很小；相当于将浪涌信号发生器HV-COM端之间短路，因此主要对DUT的影响波形是 $8/20\mu\text{s}$ 电流波

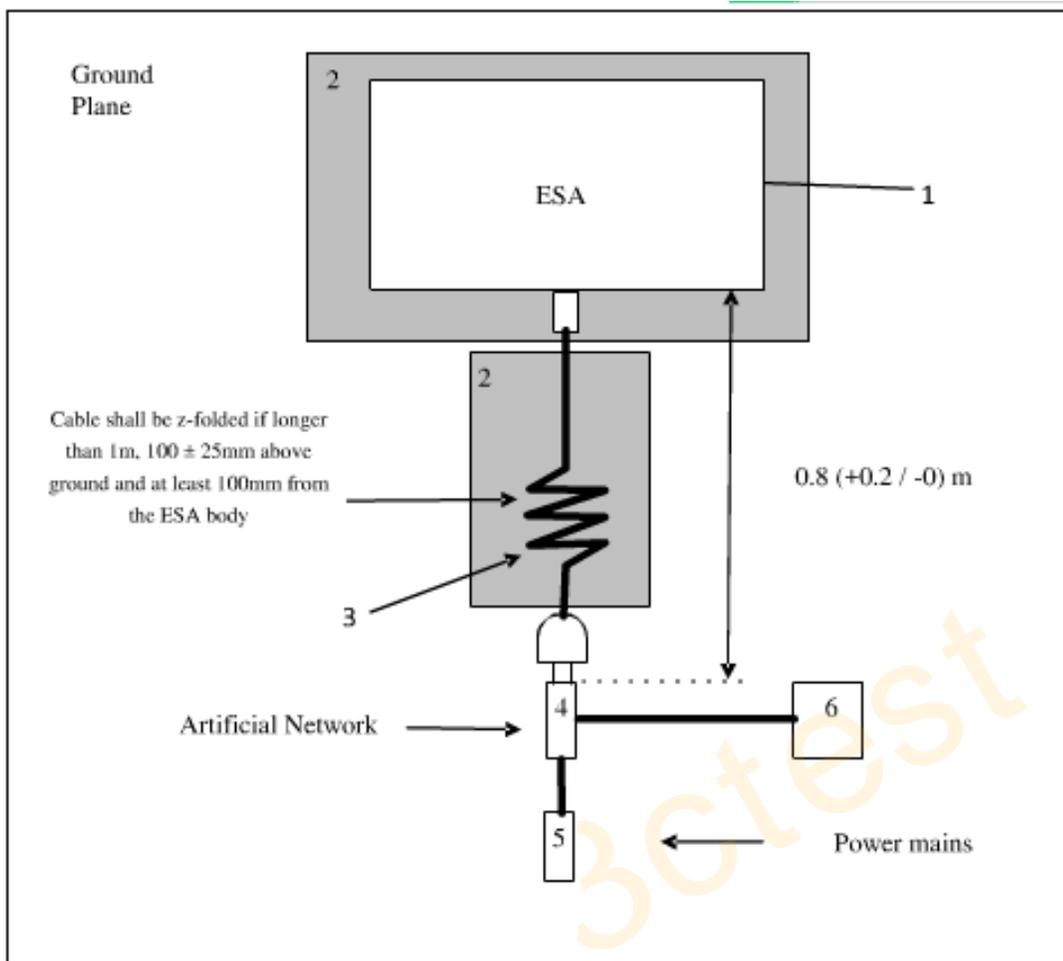




辐射骚扰



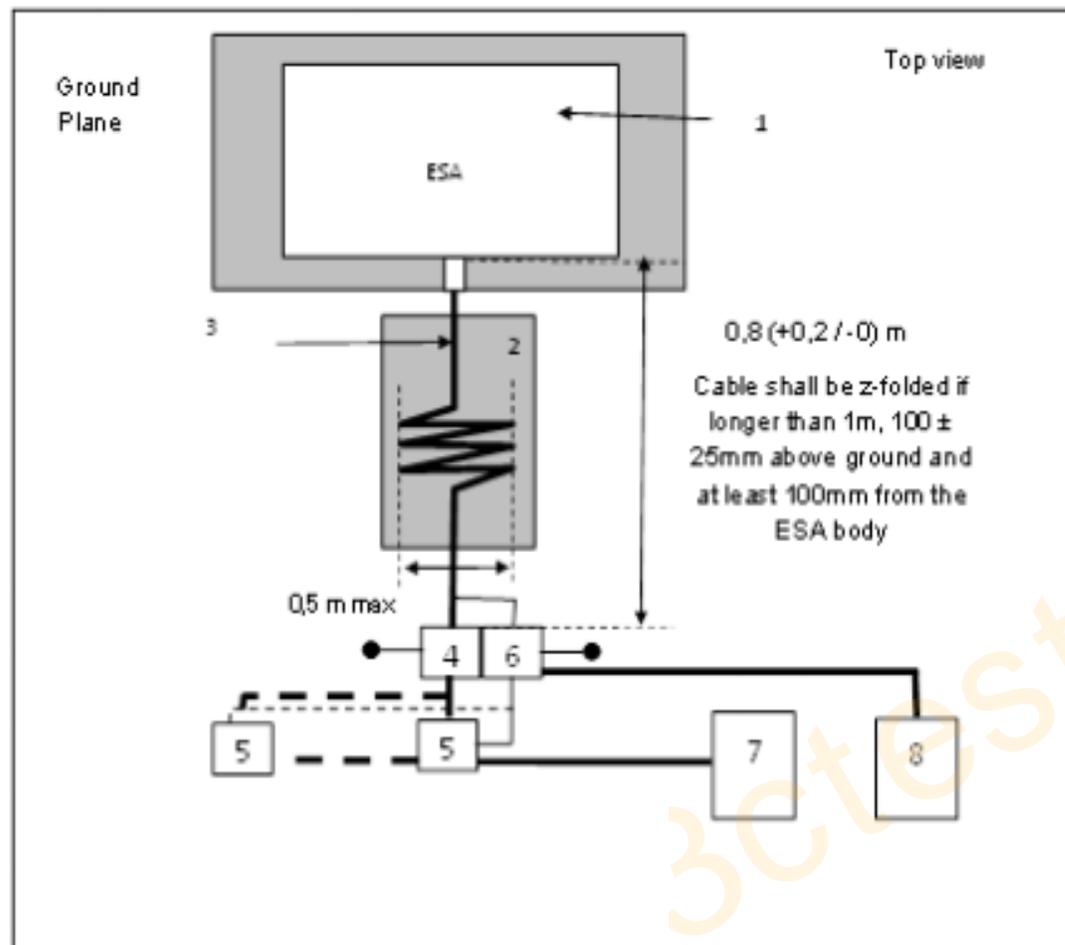




功率：20%-80%(最大SOC)
 输入电流可调节：应大于80%（标称值）

- 1 ESA under test
- 2 Insulating support
- 3 Charging cable
- 4 AC or DC Artificial network(s) grounded
- 5 Power mains socket
- 6 Measuring receiver

传导骚扰



- 1 ESA under test
- 2 Insulating support
- 3 Charging / communication cable
- 4 AC or DC Artificial network(s) grounded
- 5 Power mains socket
- 6 Impedance stabilization(s) grounded
- 7 Charging station
8. Measuring receiver

传导骚扰 (ISN)



谐波试验

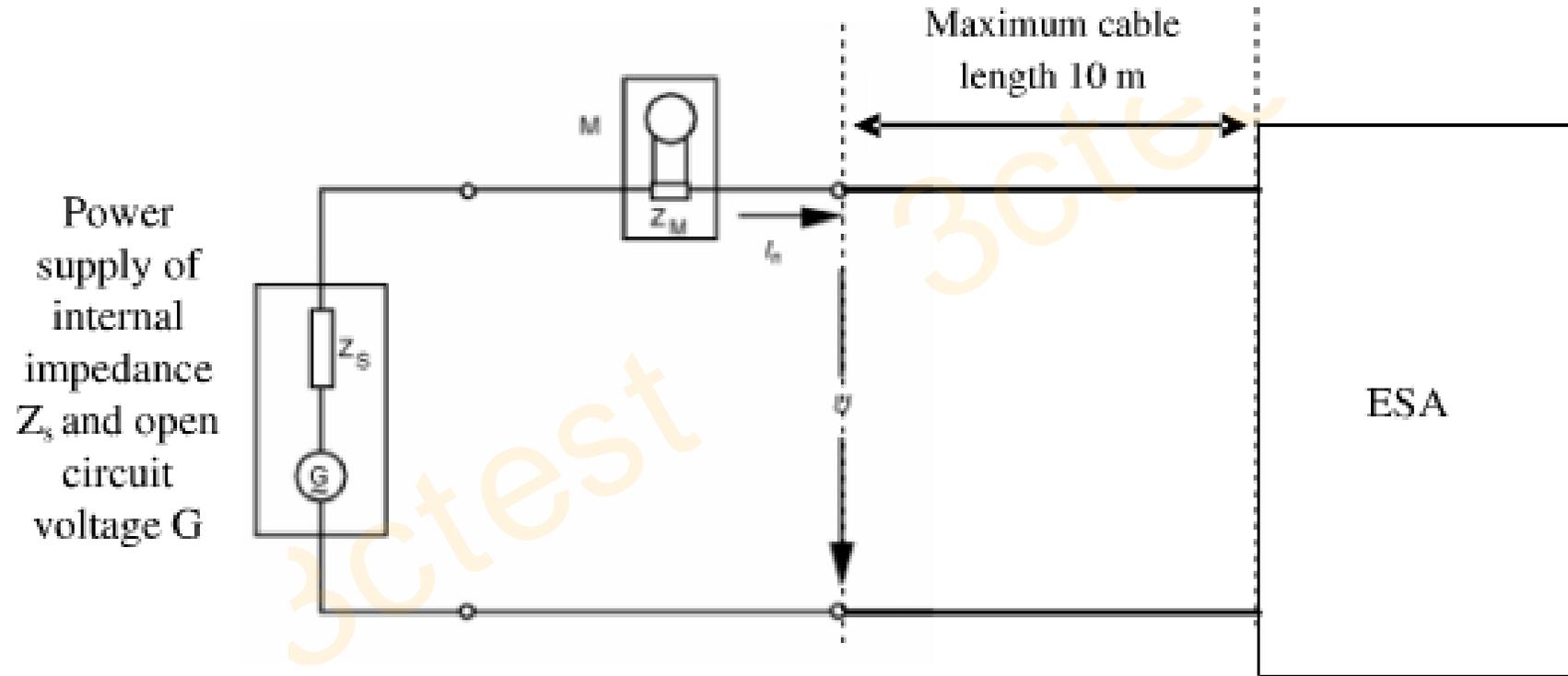
IEC 61000-3-2

IEC 61000-3-12

功率：20%-80%(最大SOC)

输入电流可调节：应大于80%（标称值）

Measurement device with input impedance Z_M

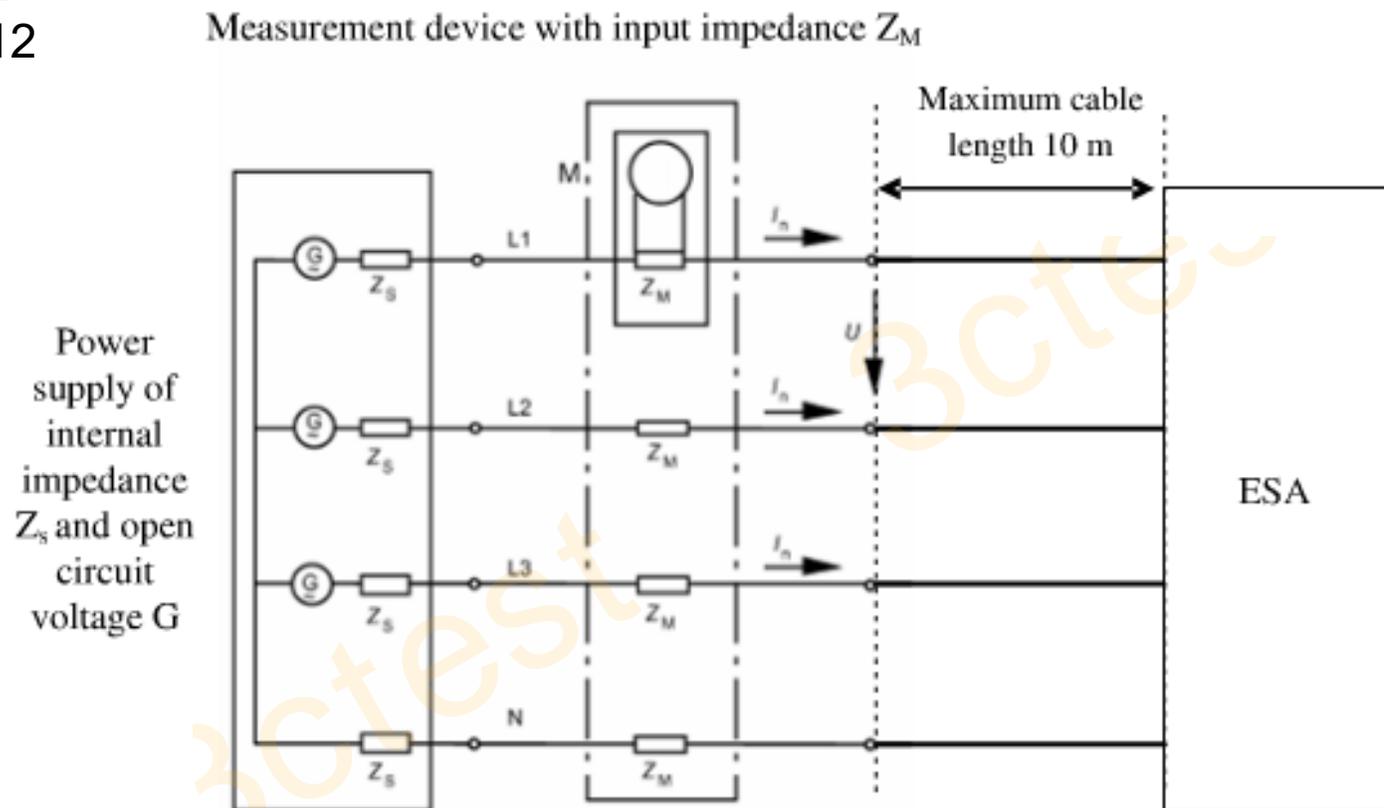


Single phase charger test set-up

谐波试验

IEC 61000-3-2

IEC 61000-3-12

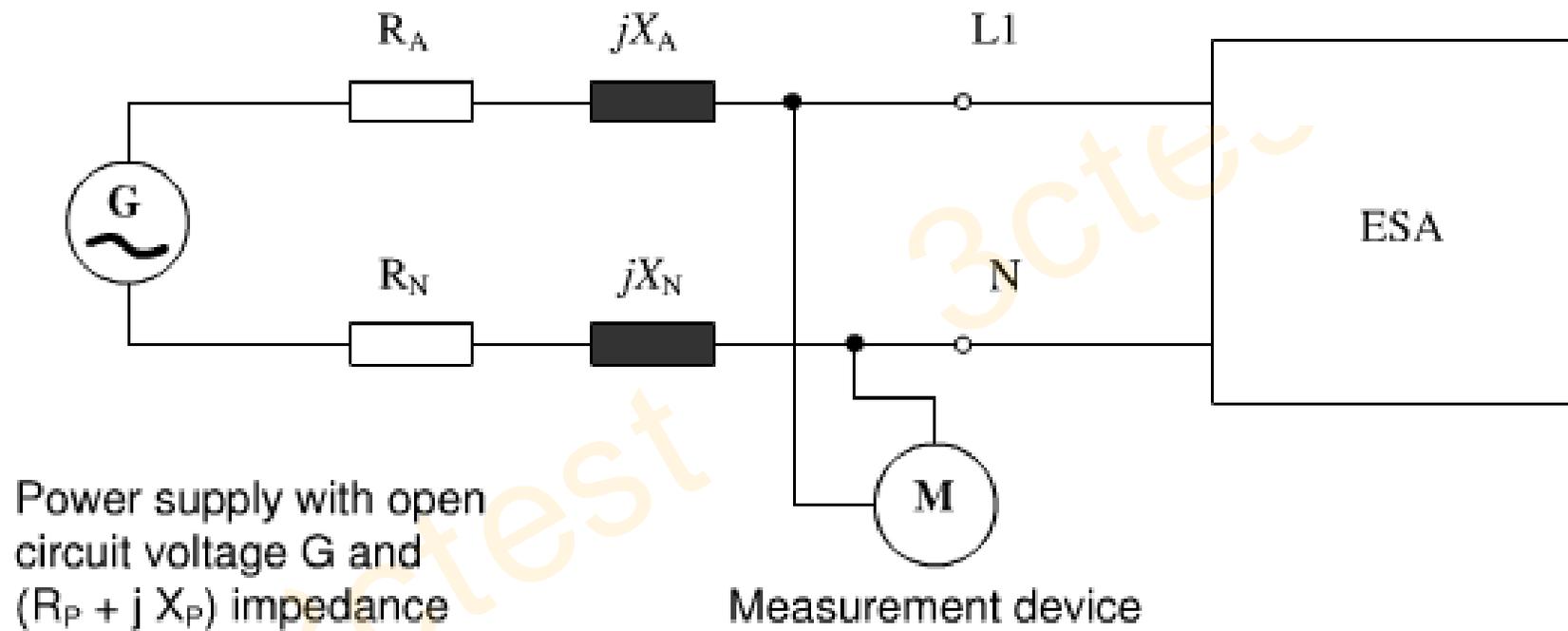


Three-phase charger test set-up

闪烁试验

IEC 61000-3-3

IEC 61000-3-11



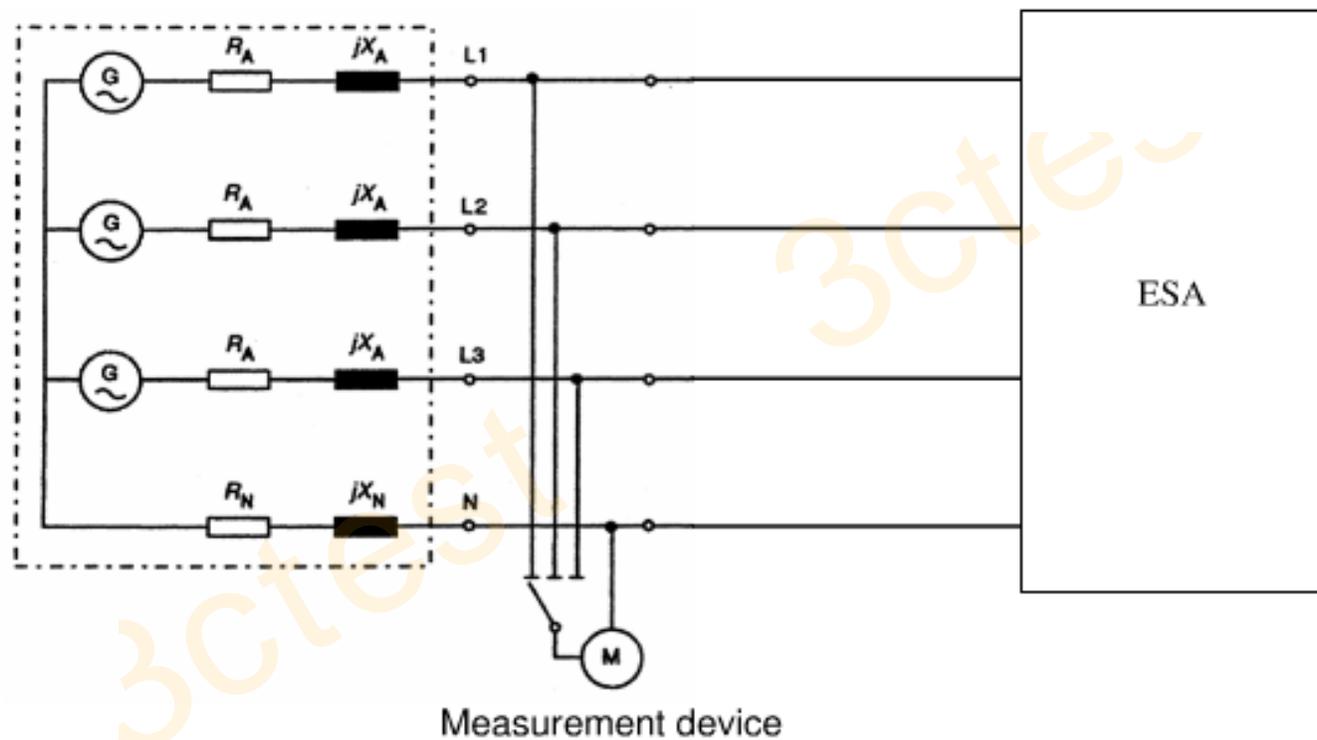
Single phase test set-up

闪烁试验

IEC 61000-3-3

IEC 61000-3-11

Power supply with open circuit
voltage G and $(R_P + j X_P)$
impedance

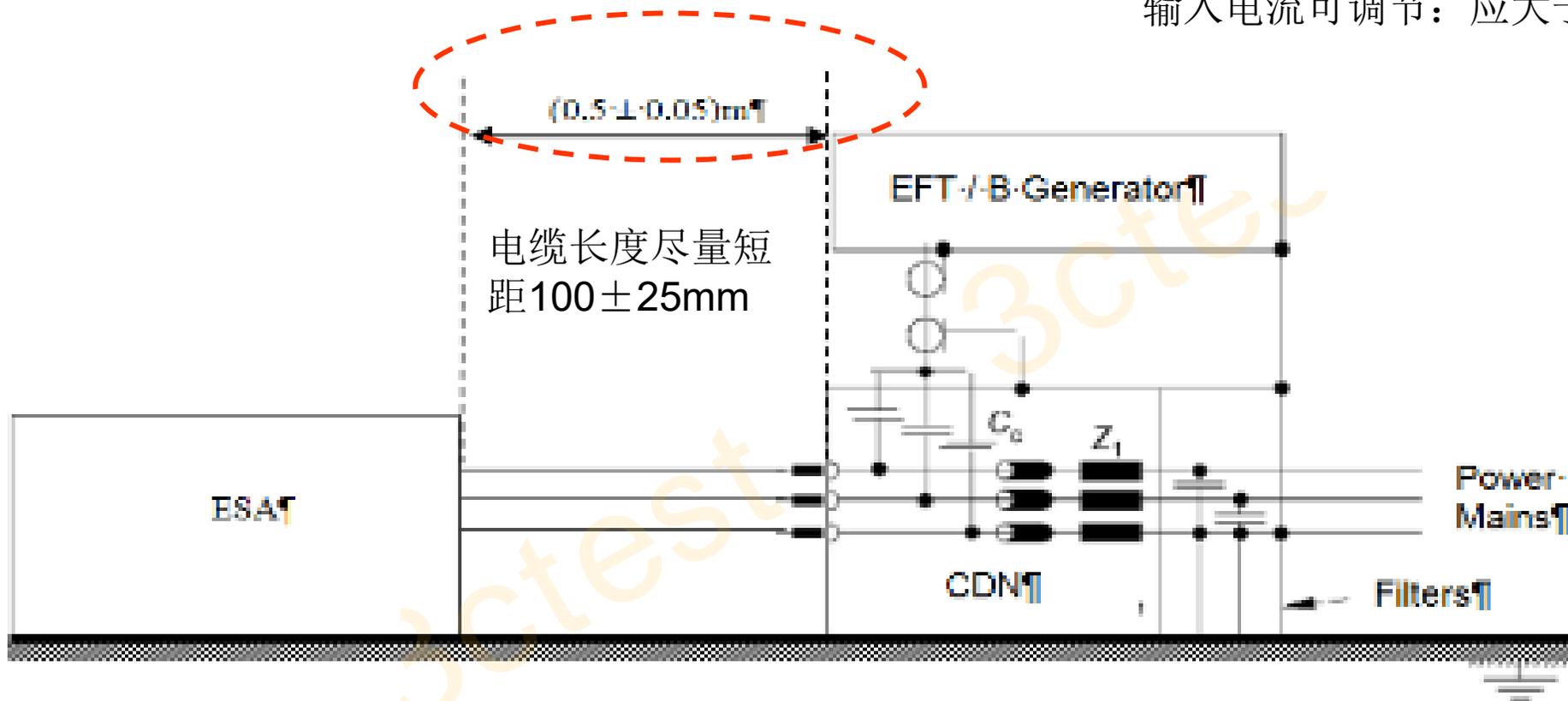


Three-phase test set-up

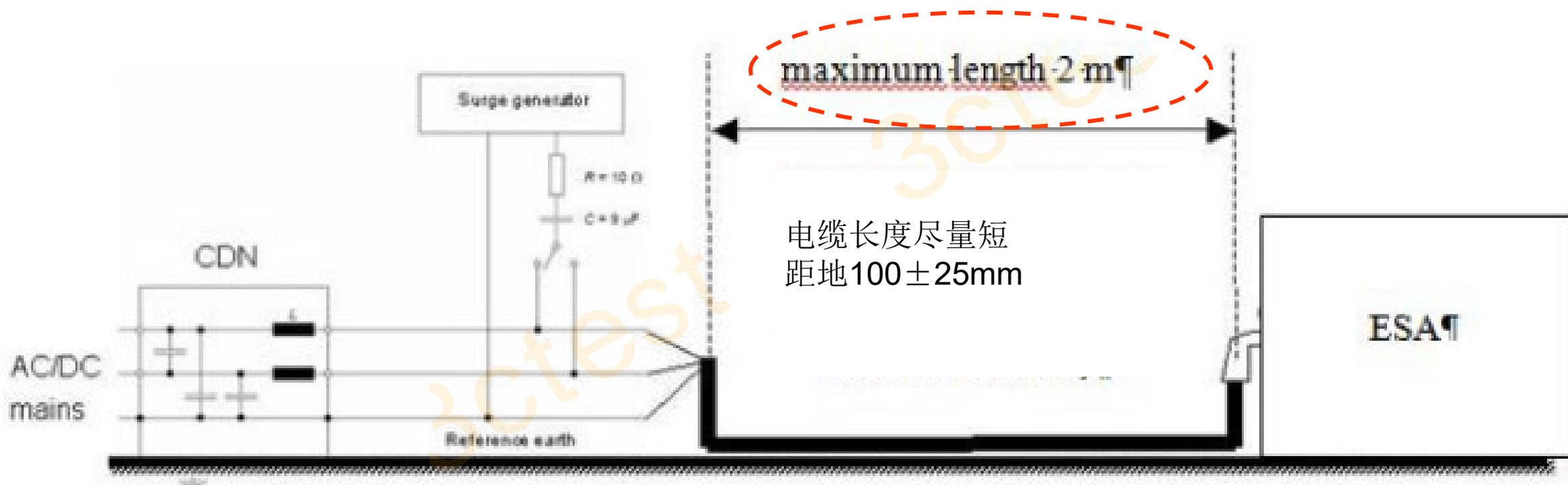
脉冲群IEC 61000-4-4

功率：20%-80%(最大SOC)

输入电流可调节：应大于20%（标称值）



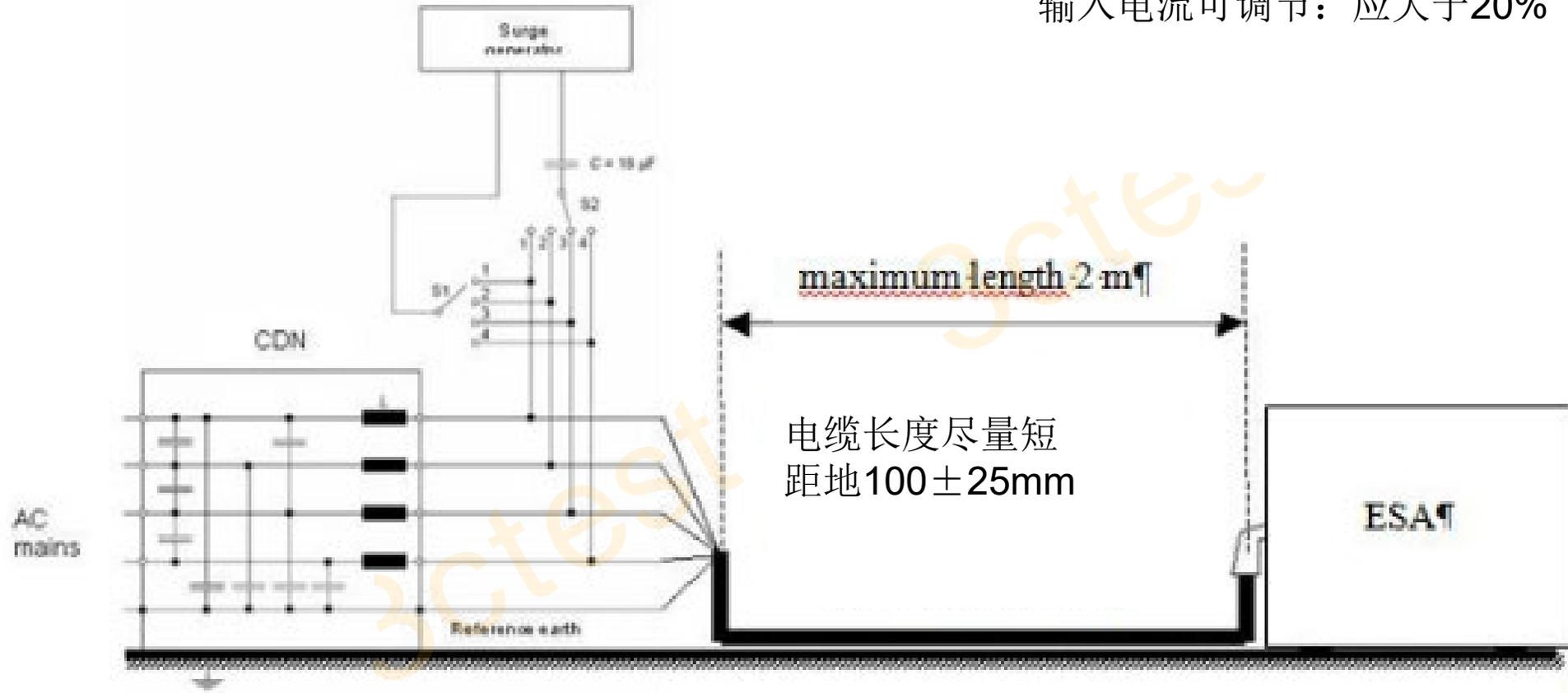
浪涌试验IEC 61000-4-5



Surge test L to Ground(Single Phase)

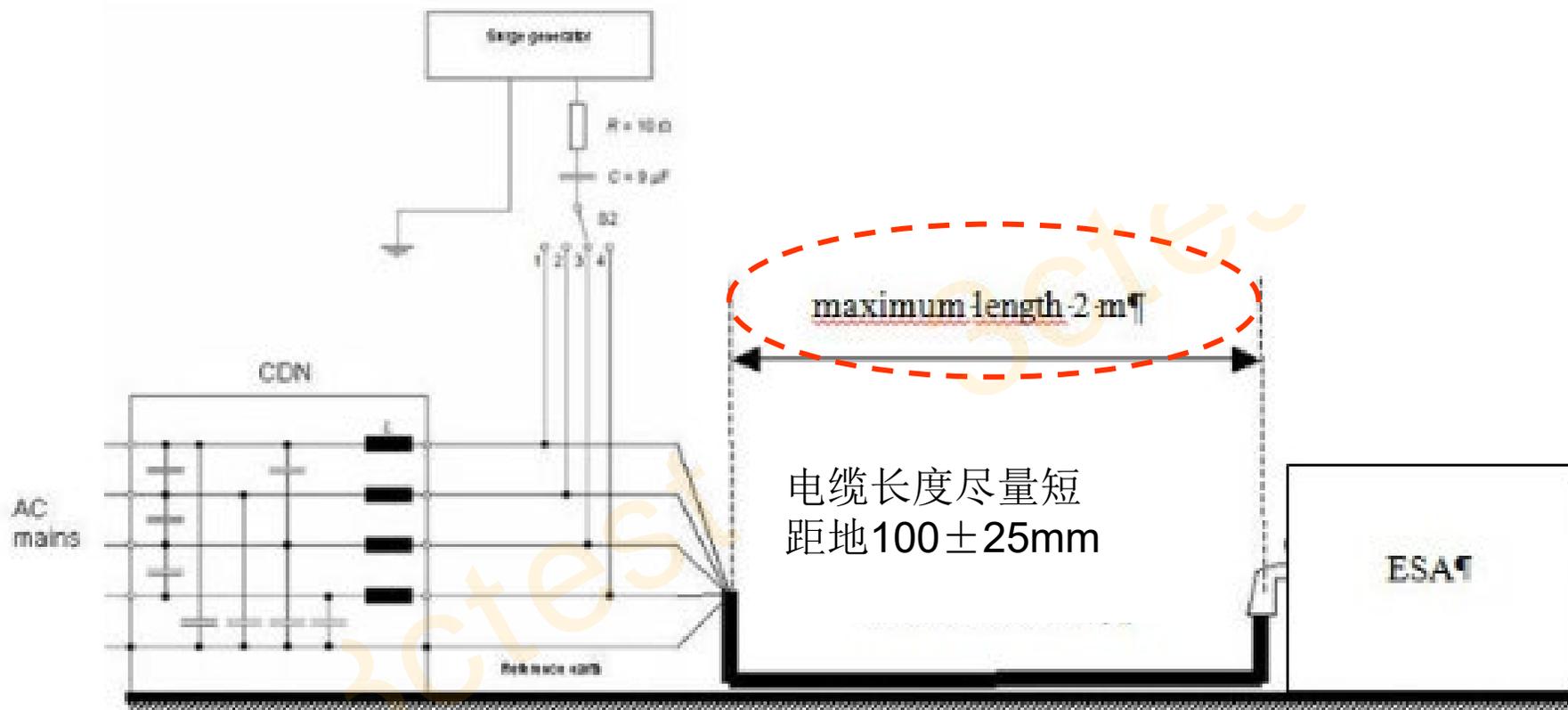
浪涌试验IEC 61000-4-5

功率：20%-80%(最大SOC)
输入电流可调节：应大于20%（标称值）



浪涌差模试验 L3 对L1试验(三相)

浪涌试验 IEC 61000-4-5



浪涌共模试验 L3 对地试验(三相)



Thank you!!!

地址：苏州高新区峨眉山路99号

网址：<http://www.3ctest.cn>

Email:info@3ctest.cn

TEL: 0512-68413700

68413800

68079956 胡小军