

# 电动汽车充电站的电磁兼容测试

如何对电动汽车充电站进行 EMC 测试？



该测试系统已为我国最大的电动汽车生产企业所使用

本文已发表于《安全与电磁兼容》杂志，欢迎传阅，但请勿用于商业用途

**摘要：**电动汽车充电站是电动汽车发展的重要组成部分，文章针对电动汽车的充电方式、等级以及连接方式，介绍

电动汽车充电站的电磁兼容问题。

**关键词：**电动汽车充电站 充电等级 充电方法 电磁兼容

## 引言

电动汽车充电站是电动汽车发展中一个非常重要的部分，如果消费者不能方便地找到充电站给自己的电动汽车充电或者在充电站等待时间过长的话，消费者购买电动汽车的热情就会下降。为了满足消费者的要求，必须大量布置充电站并增加充电站的功率以提高充电速度，但是电动汽车充电站作为一个接在城市电网和电动汽车之间的电工电子设备，必须对充电站的电磁兼容性有严格的要求，这样才能保证充电站能够在电网中安全稳定的运行并且不对其他设备产生干扰。如果不对电磁兼容性加以限制，就会导致大量的低成本、低功率因数以及高损耗的电动汽车充电站在电网中运行，这是非常危险的。

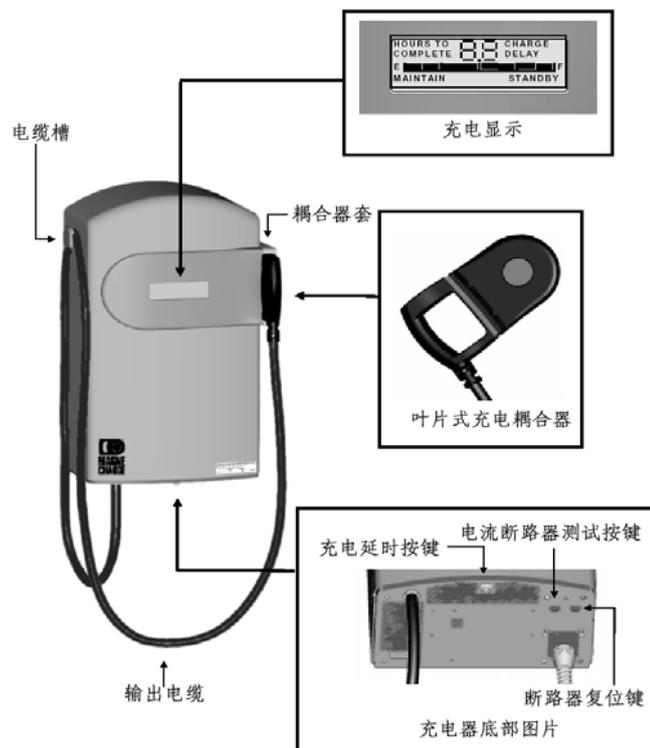
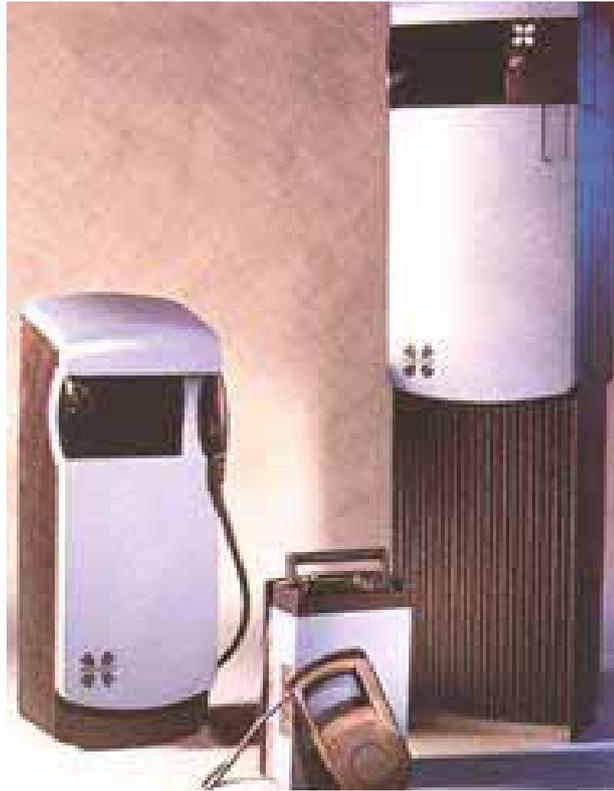
本文将结合电动汽车的结构、充电方式、电动汽车和充电站的连接方式以及充电站的充电等级来讨论电动汽车充电站的电磁兼容骚扰测量以及抗扰度测试的问题。

## 电动汽车充电站介绍

在商业电网中的电动汽车充电站大致有三个部分，一是电压变换单元；二是计费单元；三是充电站与电动汽车的通讯单元，图一是一个具体的电动汽车充电站的图片，这是一个感应式电动汽车充电站，从这个图片上可以大致了解一个充电站的结构。图一中左侧还可以看出三种不同的充电器配置，分别可以用在家庭，停车场以及路边的商业充电站。

小型的应急充电器、家用充电站或者停车场配置的免费充电站（充电费用计入停车费），这样的充电方式可以不考虑计费系统，只用电力供应商提供的电度表，缴纳电费即可。这类充电站由于不含有计费系统，在电磁兼容性抗扰度测试时的失效判别比较容易，只要充电功能正常或失效后能恢复功能即可。

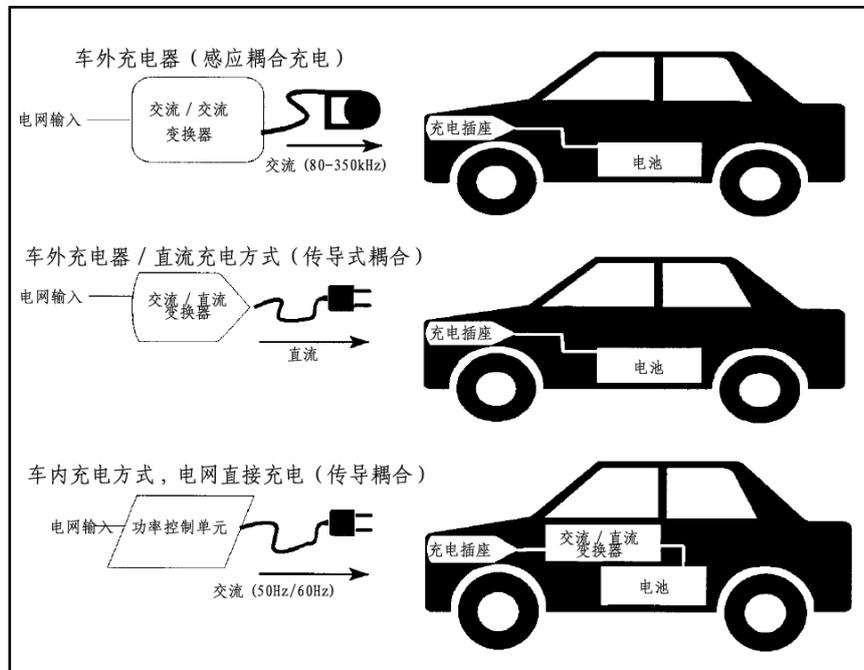
路边的商业充电站，除了充电系统外还应该包括计费系统，计费系统除需要要经过很好地计量外，在外部电磁干扰下也不能有计费误差，因此这类充电站在电磁兼容抗扰度测试时的失效判别比较复杂，必须做出详细而且严格地规定。



图一 电动汽车充电站及其具体结构

## 电动汽车充电站的连接方式

电动汽车和充电站之间基本的连接方式可以归纳为三种,图二中可以形象的看到这三种连接方式

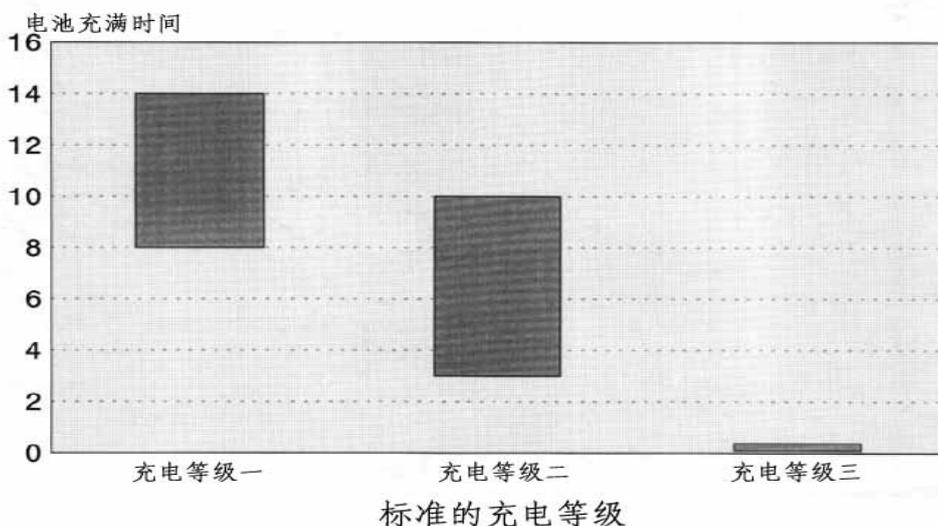


图二 电动汽车充电站的连接方式

## 电动汽车充电站的充电等级和充电方式

### 三个不同的充电等级

标准的电动汽车充电等级,按照美国现有的情况,国家电动汽车基础设施理事会 (IWC) 定义了下述三个充电站的充电等级,这些等级决定了电动汽车充电器的额定功率的大小,图三是充电等级的充电时间和等级的图表:



图三 电动汽车充电站的充电等级

- 等级 1 充电由各个普遍使用的三芯插头上的电网供电直接完成，由于这样的充电方式，充电时间可以很长，可以在家庭或者夜间停车厂采用，充电时间一般为 8-14 小时。
- 等级 2 采用 240V，40 安培的充电站，这样的充电设施可以用在家里，也可以在工作区停车厂，充电时间为 3-10 小时，等级 2 可以作为家用或者备份快速充电站使用。在实际应用中，建议采用 6.6 千瓦的充电额定功率。
- 等级 3 这是一种高能充电技术，各大电动汽车生产厂及配套正在花大力气研究开发的一种充电方式，这种方式在剩余电池电量 80%到 20%之间，充电时间约为 5-10 分钟，这样的速度与内燃动力的汽车在加油站的时间大致相同，对于这种“快充”的充电站的电压和电流没有确定的值，理论上根据采用电池的不同，所需功率为 50KW 以上，典型值最好取 100KW，这样大动力一般由市电三相整流变换来完成。在实际应用中，由于电网功率的限制，大多限定在 25 千瓦一下。

在我国，由于城市电网民用电压与美国有很大的区别，同时电网的质量有很大不同，这就意味着我国在规定电动汽车充电站的具体技术指标时，应该充分考虑我国的现状，兼顾充电速度和功率消耗，同时也要针对具体的充电等级来考虑电磁兼容性方面要求。

### 两种不同的充电方式

电动汽车充电主要是两种充电方式，图四为两中充电方式所采用的手柄：



传导式充电方式



感应式充电方式

图四 电动汽车充电站的充电方式

传导式充电方式是最常见的一种充电方式，其充电插头见图四左图，一般这种充电方式应用在充电等级 2 和 3 中，美国的 EPRI（电力研究院）已经联合了 20 多家公司（这 20 家公司大部分是 IWC 的成员）在 1996 年将有关传导充电方式采用的汽车上的插座，充电电缆等作了具体规定并上报 SAE 形成标准 SAE J1772。

感应式充电方式是一种非常先进的采用叶片型感应耦合器（图四右图）将电能通过电磁感应的方式将电能馈入汽车上的电池上。例如通用汽车的 EV1 即是采用 DELCO 公司生产的 MagneCharge 进行充电（具体图片参考图一），这种充电方式对充电等级 1~3 均适用，而且三个等级所用的叶片型感应耦合器均相同。采用这种方式的好处是充电站与电动汽车无电气传导连接，非常安全；三个充电等级采用同一叶片型感应耦合器，非常有利于电动汽车和充电站的设计。美国汽车工程师协会（SAE）专用制定了标准 SAEJ1773 来规定这种充电方式的细节。

## 电动汽车充电站的电磁骚扰(EMI)测量

对于电动汽车的充电站，国际上的许多标准化组织对其电磁兼容性已有一些标准。对于传导式电动汽车充电站在 IEC61851 中对电磁兼容性也作了一些规定：

### 低频传导骚扰

当电动车辆连到电源时，所引起的交流输入电流失真不应超过有关规定。在 IEC61851 对于电动汽车充电站所产生的电压闪烁没有作具体规定。

在 IEC61851 中只对电动车辆充电站交流输入额定电流不大于 16 安培的情况下规定了谐波限值的测量方法采用 IEC61000-3-2 的规定，但是我们从前面的充电等级的介绍中知道，在充电站的充电等级二中，电流就有可能完全超过 16 安培。对于完成这样大电流的谐波的测量，是否可以考虑引用 IEC61000-3 系列中有关额定电流大于 16 安培的相关标准，并将测量方法和限值作具体规定比较现实。同时，我国国家标准的制定，在考虑 IEC 规定的同时，应该考虑我国电网的质量要求对谐波失真作出具体的规定。

在电压闪烁的规定上，IEC61851 没有规定，但是这么大的可变负载的功率设备接在电网中，非常有必要对其所产生的电压闪烁作出规定，由于在电动汽车充电站，电动汽车不断的接入和离开充电站，产生的电压闪烁应该加以规定，这样才能保证电网的总体质量。

在我国制定这方面标准的时候，除了引用 IEC 等国际通用标准外，还应该综合考虑我国电网的特性，例如供电电压，三相电压的连接方式以及电网参考阻抗。

### 高频传导和辐射骚扰

这部分测量可以参照 CISPR11、CISPR 22。

电动车辆在交流输入连接端的传导骚扰应小于表 1 所给出的值。在 150kHz~30 MHz 频段内，辐射骚扰的限值见表 1。

表 1 输入连接端的传导发射限值电平

充电站所处位置 频段 MHz	非限定区域（包括民用环境）		限定区域的（仅限于工业环境）	
	准峰值 dB $\mu$ V	平均值 dB $\mu$ V	准峰值 dB $\mu$ V	平均值 dB $\mu$ V
{ 0.15~0.5 }	66 随频率对数减少到 56	56 随频率对数减少到 46	79	66
{ 0.5~5.0 }	56	46	73	60
{ 5.0~30.0 }	60	50	73	60

把电动车辆的电源电缆连到人工设置的电源网络上，测量电动车辆充电设备的高频电压骚扰，然后确定产生最大电压骚扰的工作点，所测量的骚扰电压不高于表一中的限制即可认定为合格。

## 电动汽车充电站的电磁兼容抗扰度测试

作为接在电力网络中的一个高功耗设备,它电磁兼容抗扰度测试应该考虑静电放电抗扰度、射频幅射抗扰度及传导以及电快速瞬变和浪涌抗扰度。

以上是电工电子设备的通用要求,但是作为接在市电网络上的一个高功耗的设备,电动汽车充电站还应通过更加严酷的电源相关的电磁兼容抗扰度的测试,如电压中断、跌落以及变化抗扰度、工频电压中的谐波抗扰度、电压波动抗扰度、三相电压不平衡抗扰度以及工频电网中的频率变化抗扰度测试。

### 性能判据

下面的是我国国家标准 GB/T 18487 (大部分引用 IEC61851)

**性能判据 A:** 设备应像预期的那样正常连续工作。当设备如期按低于制造者所规定的抗干扰特性电平运行时,不允许功能丧失或性能降低。在某些情况下,特性电平可能被一个允许的性能失效来替代。假冒若制造者并没有规定最低的特性电平和允许的性能失效,那么这两项中任一项都可以从产品说明书和文件(散页印刷品和广告)中引出。假若应用情况像期望的那样,用户可从设备中合理地获得这些特性。

**性能判据 B:** 在试验以后,设备应像期望的那样连续工作。当设备运用情况正常时,不允许功能失效或性能降低到制造商规定的抗干扰特性电平之下。某些情况下,特性电平可能被一个允许的性能失效来替代。在试验期间性能降低是允许的,但不允许实际操作状态和存储数据的改变。假若制造商没有规定最低的特性电平和允许性能失效,那么这两项中的任一项可从产品说明书和文件(散页印刷品和广告)中引出。如设备按预期的工作,用户理应从设备中获得这些性能。

**性能判据 C:** 只要功能失效可用控制操作来恢复,暂的功能丧失是允许的。

从上边的性能判据中,我们看不出任何有关电动汽车充电站的具体要求,这是一个关于电工电子设备失效判定的一般判据,但是针对于电动汽车充电站,其性能判据应该根据具体的充电方式以及连接方式结合计费系统的正常与否规定比较具体的判据,这样对于检测机构和生产厂家都比较容易执行。

### 辐射电磁场的抗扰度

这项测试在暗室中进行,应满足 IEC61000-4-3,电动汽车充电站以额定输出功率运行时测试,

测试场强 3V/m, 频率范围为 80MHz~1000MHz, 性能判据为 A

测试场强 10 V/m, 频率范围为 80MHz~1000MHz, 性能判据为 B

### 低频传导骚扰抗扰度

#### 静电放电的抗扰度

标准 IEC61851 规定采用 IEC61000-4-2, 具体的抗扰度测试等级空气放电 8kV、接触放电 4kV, 性能判据采用 B

#### 快速瞬变脉冲群和电压浪涌抗扰度测试

标准中建议采用 IEC61000-4-4 以及 IEC61000-4-5, 具体的抗扰度测试等级为 II 级, 要求并不是非常严酷。性能判据为 B

### 电源相关电磁兼容抗扰度测试

#### 电压跌落、中断以及变化

标准中建议采用 IEC61000-4-11, 用于检验电动汽车充电站对电源电压的跌落、中断以

及变化的抗扰度，具体的抗扰度测试等级为电压变化 5 毫秒跌落 70%，性能判据为 B  
**电源电压谐波**

在标准中规定的电源电压谐波，谐波频率范围为 50Hz ~2KHz ,标准 IEC61851 规定的最低要求是 IEC 61000-2-2 电磁兼容性电平乘上系数 1.7，性能判据为 A。根据 IEC 最新标准的趋势，将来应该会采用 IEC61000-4-13。

### 工频电网中的频率变化抗扰度

如今现有的标准只是提出要求测试 ,用于考验电动汽车充电站对电网中频率变化的抗扰度，标准 IEC61851 没有规定最低要求和性能判据，根据 IEC 最新标准的趋势，将来应该会采用 IEC61000-4-28。

### 交流电压上的直流分量抗扰度

直接用交流电网供电的电动车辆充电设备应能承受由于不平衡负载引起的直流分量。标准 IEC61851 没有规定最低要求和性能判据。具体采用 IEC 的基础标准也不确定。

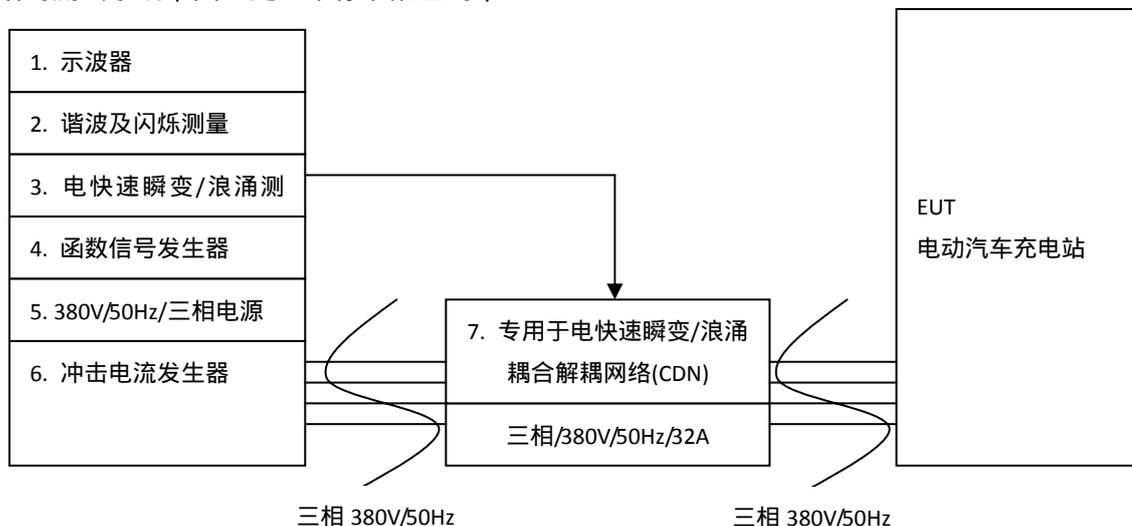
## 电磁兼容测试的具体实现

### 高频传导和辐射骚扰测量以及对辐射电磁场的骚扰抗扰度

骚扰测量应该在暗室中进行 ,这样就应该根据电动汽车充电站的充电等级为暗室设计具体的大功率的供电电源和滤波器 ,这样的供电电源接头和滤波器在暗室设计的过程中就应该给予考虑。

### 低频传导骚扰的测量以及低频传导干扰抗扰度测试

从上边的描述中 ,我们可以看到电磁兼容测试抗扰度测试和低频传导骚扰测量占有很大的比重，同时大部分测试是电源相关的抗扰度测试，在配置这样的系统时，应该充分考虑电动汽车充电站的充电等级以及充电方式，根据充电方式可以确定具体的测试项目和测试要求；根据充电等级可以确定低频传导骚扰测量用的标准电源的功率以及参考阻抗的大小；根据充电等级可以确定传导干扰抗扰度测试中电快速瞬变以及浪涌测试要求的耦合解耦网络(CDN)的电压和电流。一般来讲，对于 25 千瓦的电动汽车充电站的测试，应该考虑三相 32 安培的测试系统，图五是一个标准配置的，



**图五 传导骚扰测量以及抗扰度测试系统**

在图五中，示波器用于监测各种电压波形以及用于防止各种信号失真，谐波以及闪烁测量仪主要是用于满足 IEC61000-3 系列标准的测量，本文中的谐波和闪烁测量仪中包含工频网络的参考阻抗，电快速瞬变以及浪涌测试一般可以采用一体化的测试设备，一般用于 CCC 认证或者 CE 认证的测试仪均可以使用，函数信号发生器用于产生电压跌落以及变化、工频谐波、工频频率变化等波形，这些波形信号通过 380/50Hz/三相电源（原理是一个低频功率放大器）进行放大，即可完成电源相关的抗扰度测试。图六是目前实现以后的仪器图片。



**图六：电动汽车充电站的抗扰度测试设备**

## 总结

电动汽车充电站作为一个大功率的电工电子设备，它的电磁兼容性测试是非常复杂的，同时电动汽车充电站还具有计量的功能来实现对所充电能计量和收费。在电动汽车充电站大量布置的条件下，还应该考虑采用信用卡或者智能卡支付，这种情况下，电动汽车充电站的电磁兼容性测试将更加复杂。

## 参考文献

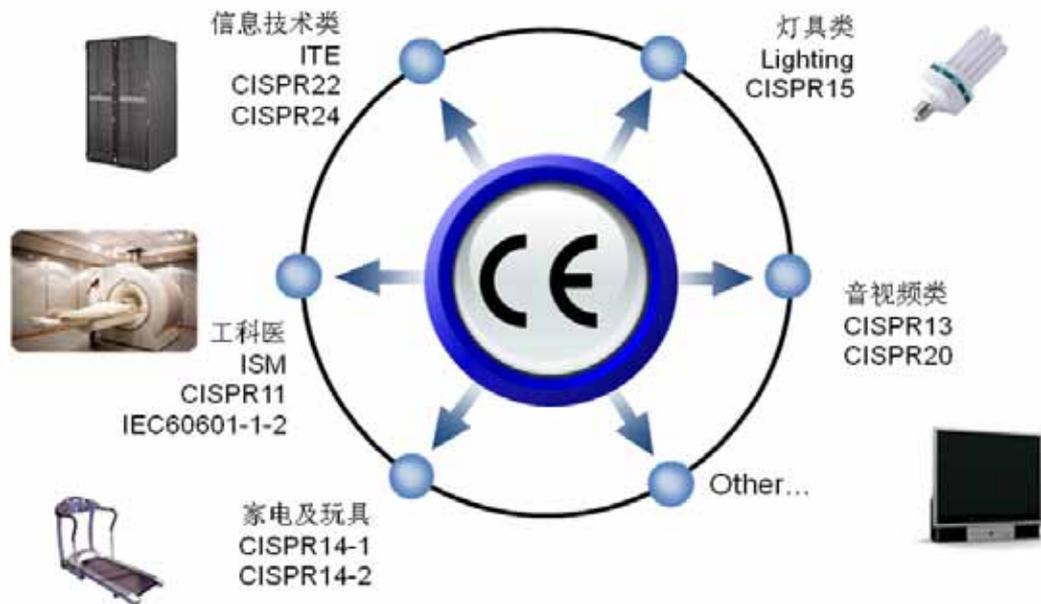
1. GB T18487.1 电动车辆传导充电系统 一般要求
2. GB T18487.2 电动车辆传导充电系统 电动车辆与交流/直流电源的连接要求
3. GB T18487.3 电动车辆传导充电系统 电动车辆交流/直流充电机(站)
4. EV Charging Facilities
5. Guide for Harmonic Limits for Single-Phase Equipment
6. Single Phase Harmonic Limits
7. 电磁兼容标准汇编(基础、通用卷) 中国标准出版社出版

该测试系统已为我国最大的电动汽车生产企业所使用



## 关于千里顺风公司 KiloSense :

作为多家欧美知名 EMC 公司的中国代理,千里顺风公司能够提供全面的满足军标,民标和汽车测试要求 EMC 测试系统。我们对标准深刻的理解能力,丰富的系统设计经验以及成功的案例,都为客户组建经济而全面的 EMC 测试系统提供了可靠的保证。



千里顺风公司能提供的不同领域的测试系统  
(汽车和军标系统请直接和我们联系)

更多信息，请登陆千里顺风电讯技术有限公司网站：

[www.Ki loSense.com](http://www.Ki loSense.com)

