转向 EMC 测试辅助系统 STAS-3800

方向盘转向机器人 · 4 轮转角同步测量 · 扭矩与角度同步采集 · ±0.5°

用于 GB 34660-2026、GB 17675-2025 线控转向抗扰试验：20 MHz ~ 6 GHz、200 V/m 场强下驱动与测量



图 1　整车抗扰试验中的 STAS-3800：四台车轮转角测量装置置于四个车轮下方，方向盘转向手装于车内方向盘上

STAS-3800 是一套用于线控转向系统电磁兼容试验的专用辅助系统。它由一台装在方向盘上的转向机器人（转向手）、四台放在车轮下方的转角测量装置、一台数据采集盒与一套上位机软件组成，在电磁干扰环境下按设定的角度或扭矩曲线驱动方向盘，同时同步采集方向盘转角、方向盘扭矩与四个车轮的实际转角，并在软件中把上下转的曲线叠在一起比对。

之所以需要这样一套设备，是因为现行的目测判定方法已经不够用了。GB 34660 规定抗扰试验时方向盘处于中间位置、失效判据是位置变化大于总范围的 10%，但目测既无法量化这 10%，也看不出助力是否失效——方向盘可能仍然可控，只是助力消失了。更关键的是，线控转向取消了方向盘与转向器之间的机械连接，部分车型还实现了四轮独立转向，前后轮、左右轮的转角彼此解耦，“车轮跟着方向盘转了多

少”这个传统假设不再成立。要判断干扰下转向功能是否正常，只能分别测量方向盘的输入与每个车轮的输出，再看两者在时间与幅值上是否还对得上。

STAS-3800 正是按这个思路设计的。转向手替代驾驶员的手，按设定的角度曲线或扭矩曲线连续转动方向盘，并把驱动过程中的扭矩与转角记录下来；四台车轮转角测量装置替代目测，把每个车轮的实际转角以 0.1° 的分辨率读出来；两者由同一套采集系统同步打时标，软件再把四条车轮曲线与一条方向盘曲线画在同一时间轴上。干扰施加前后各做一轮同样的动作，两轮曲线一比，路感模拟是否失真、上下转是否延迟、重复性是否变差，一目了然。

设备本身必须能在强场里存活。转向手的驱动单元封装在铝合金屏蔽壳体内，电机电源与编码器分别经屏蔽型航空插头引出，信号线采用双绞屏蔽线，控制电路内集成抗干扰滤波模块；转向手与数据采集盒之间用光纤连接，整车与暗室外的上位机之间只有光，没有金属导体。经实测，设备在 10 kHz～18 GHz、100 V/m 的场强下无控制信号失真、无测量数据漂移；针对 20 MHz～6 GHz、200 V/m 的要求，屏蔽与滤波环节按更高场强留有余量。

一、 主要特点

✓ **单次旋转总角度可按需设定：**转向手不限圈数连续旋转，单次动作行程可设至 2000° 以上(如 ±1000°)，60 RPM 下约 5.5 s 完成；循环次数可设，实现长时间往复驱动

✓ **系统角度精度±0.5°：**转向手输出端绝对编码器±15″、重复定位±7″，车轮转角装置 0.1°，系统合成精度优于招标要求的 1°

✓ **扭矩量程 0～10 N·m、精度±1 N·m：**覆盖招标量程且留有余量（额定 11 N·m、启停峰值 23 N·m、瞬时容许 48 N·m)，精度优于要求的 2 N·m

✓ **位置模式与扭矩模式：**位置模式按设定的角度—时间曲线驱动，用于上下转对齐与延迟考核；扭矩模式按设定的扭矩曲线加载，用于路感模拟考核；两种模式可在软件中切换

✓ **四轮转角同步采集：**4 台车轮转角测量装置，单台承重 600 kg、量程 360°、精度 0.1°，可直接放在轮胎下方，支持 1～4 轮任意组合，适配四轮独立转向车型

✓ **方向盘与车轮曲线同轴对比：**软件把方向盘角度曲线与四条车轮角度曲线画在同一时间轴上，支持叠加、缩放与差值显示，上下转的延迟与幅值差可直接读出

✓ **专用控制平台与软件：**车型参数配置、工况参数设定、角度—时间与扭矩—时间实时曲线、原始数据存储、曲线回放、对比曲线生成、回零、启停与异常报警

✓ **抗电磁干扰设计：**屏蔽壳体 + 双绞屏蔽线 + 抗干扰滤波三重加固，光纤传输；10 kHz～18 GHz、100 V/m 实测无异常，按 20 MHz～6 GHz、200 V/m 留有余量

✓ **不损伤车辆的快装结构：**手压吸盘吸附前风挡、万向球与伸缩杆自适应找正，三角支撑夹爪适配 340～460 mm 方向盘，支架总质量 4.3 kg，单人 3 分钟完成安装

✓ **车载 48 V 供电：**测试时可由车载电源或车外电源供电，暗室内不留市电引入线；方向盘转向手与测量装置共用一套电源与上电开关

二、 系统组成与工作原理

（一）系统组成

系统由机械执行、转角测量、数据采集与上位机四部分组成。方向盘转向手与四台车轮转角测量装置分别采集上下转的数据，经数据采集盒汇总后通过光纤转换盒送出暗室，由上位机软件统一显示、存储与比对。供电由 48 V 电源经上电开关分配，暗室内不引入市电。

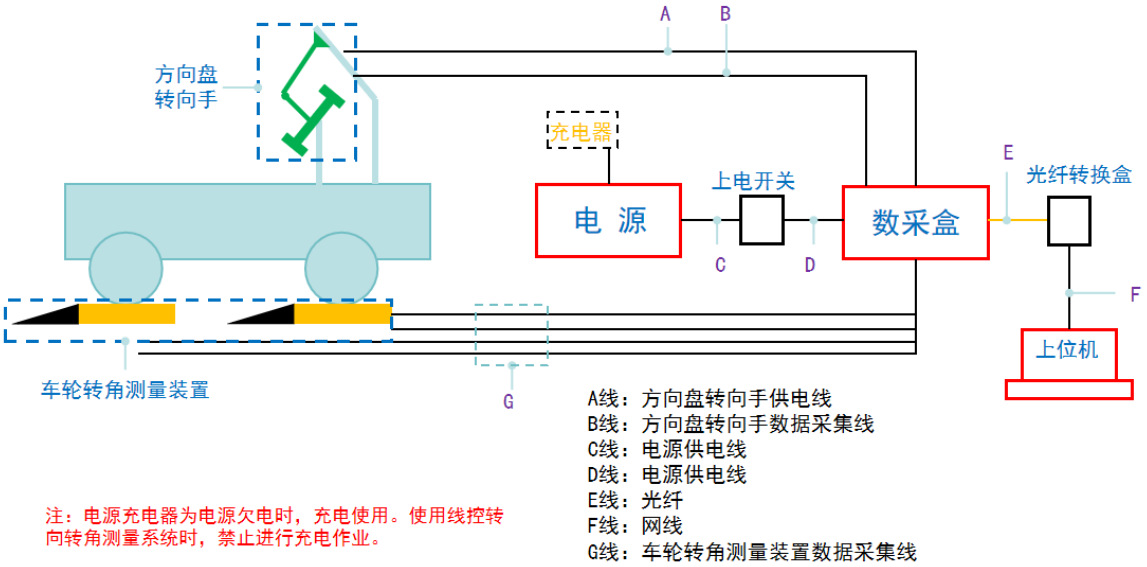


图 2　STAS-3800 系统原理：A 供电、B 转向手数据、C / D 电源供电、E 光纤、F 网线、G 车轮转角装置数据采集线

表 1　系统组成

部件	数量	主要作用
方向盘转向手（含驱动模块、支架、夹爪）	1 台	按角度或扭矩曲线驱动方向盘，同步测量转角与扭矩
车轮转角测量装置	4 台	置于轮胎下方，测量每个车轮的实际转角，量程 360°、精度 0.1°
数据采集盒	1 台	汇聚转向手与 4 路车轮转角信号，统一时标
光纤转换盒	1 套	电—光转换，暗室内外只保留光纤连接
48 V 电源与上电开关	1 套	为转向手与测量装置供电，含充电器接口
上位机与控制软件	1 套	参数配置、实时曲线、数据存储、回放与比对

（二）测试流程

抗扰试验分两轮进行，两轮的动作完全一致，差别只在于是否施加干扰。抗扰测试前：车辆怠速、转向轮正常接地并装好转角测量装置，方向盘装好转向手；软件中选择扭矩模式或位置模式，设定转向角度、转速与循环次数，使方向盘反复稳定旋转；启动后连续记录转向扭矩与转向角度。抗扰测试时：保持上述状态不变，启动新一轮数据记录，在持续旋转过程中施加电磁干扰，试验结束后导出两轮数据。

（三）三类自动判定

两轮数据导出后，软件按三条判据自动给出结论：一是路感模拟，扭矩—时间曲线出现异常突变（幅值跳变或平直段）即判为路感失真，可发现助力消失；二是上下转同步，方向盘角度与车轮角度之间的相

位差超出阈值即判为延迟；三是上下转重复性，同一转角下多圈的车轮角度离散度超限即判为对齐失效。三条判据的阈值都可在软件中按车型设定，判定结果与原始曲线一并存入报告。

三、 方向盘转向手

转向手是整套系统的执行机构，也是扭矩测量的基准。它由吸盘支撑模块、转向驱动模块与驱动支架模块三部分组成：吸盘吸在前风挡玻璃上提供反力，伸缩杆与万向球找正，驱动模块内含伺服电机、绝对值编码器、伺服驱动器、扭矩传感器、摩擦式制动器与精密谐波减速器，驱动法兰经三角支架与夹爪抱住方向盘。



图 3　方向盘转向手：手压吸盘吸附前风挡，伸缩杆与万向球找正，驱动单元经夹爪抱住方向盘

表 2　转向驱动模块主要技术参数

项目	参数	项目	参数
额定扭矩	11 N·m	启停峰值扭矩	23 N·m
瞬时容许最大扭矩	48 N·m	输出端峰值转速	60 RPM
电机功率	126 W	供电电压	48 V
制动器类型	摩擦式阻尼制动器	通讯方式	EtherCAT（光纤化）
编码器重复定位精度	±7″	编码器绝对定位精度	±15″

屏蔽壳体由铝合金整块加工而成，电机与驱动器全部置于壳内，对外只留两只屏蔽型航空插头，一只走电机电源与控制，另一只走编码器与扭矩传感器数据。这样的结构把驱动单元的辐射与敏感环节都关在壳内，是设备能在强场下工作的基础。

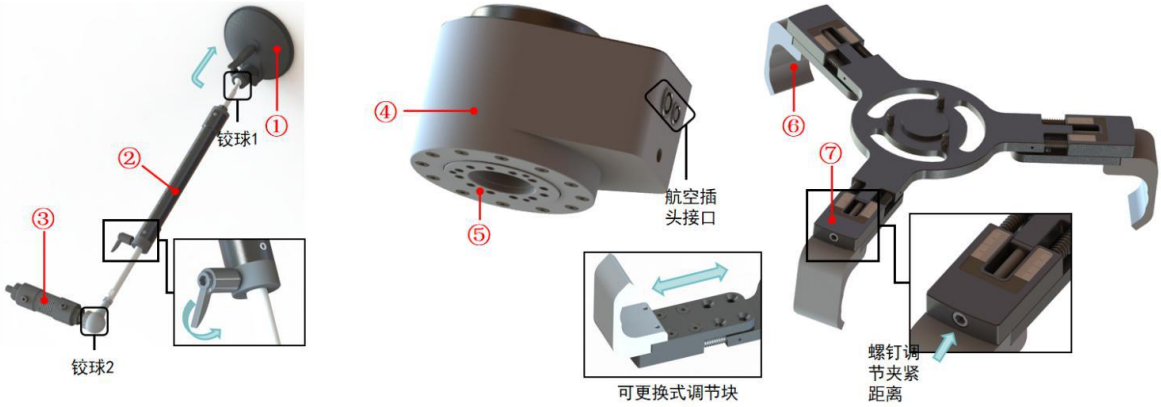


图 4　转向手拆解：① 手压吸盘　② 伸缩杆　③ 弹性连接器　④ 驱动单元　⑤ 驱动法兰　⑥ 夹爪　⑦ 距离调节块

支架部分的主要参数见下表。吸盘吸附质量 30 kg，配合 4.3 kg 的支架自重，可稳定承受 48 N·m 的瞬时扭矩而不打滑；万向球提供平面 180°、上下 120° 的调整范围，伸缩杆行程±100 mm，可适应不同车型的驾驶位与前风挡距离。夹爪通过距离调节块上的刻度对称调整，适配外径 340 ~ 460 mm 的方向盘。

表 3　支架与安装参数

项目	参数	项目	参数
吸盘吸附质量	30 kg	球铰链转向角度	平面 180°，上下侧面 120°
支架总长	500 mm	可伸缩范围	±100 mm
支架总质量	4.3 kg	可夹持方向盘外径	340 ~ 460 mm
供电	48 V（车载或车外）	控制接口	光纤以太网

注：常规夹持机构无法夹持方形等非常规方向盘，遇此类车型可定制专用夹持机构。

四、　车轮转角测量装置

线控转向取消了上下转的机械连接，四轮转角彼此解耦，因此每个车轮都要单独测。车轮转角测量装置就是为此开发的：它是一块带滚珠轴承转盘的承重底板，车轮直接落在转盘上，转盘随车轮转动，角度传感器读出转角。底板下设前后移动滑块与横向移动导轨，可消除车轮与转盘的偏置；四角弹性支撑结构让底板在车辆放下后自动贴合地面。

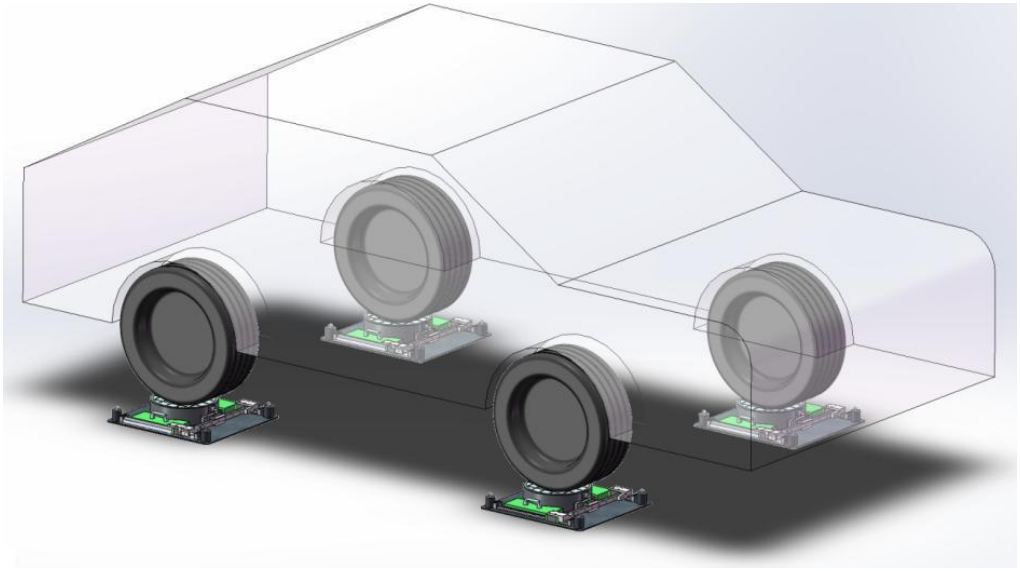


图 5　四轮布置：四台车轮转角测量装置分别置于四个车轮下方，适用于四轮独立转向车型

装置本体由承重底板、前后移动滑块组件、横向移动导轨、承重转盘与四角弹性支撑结构组成，转盘下方为滚珠轴承，角度测量数据经接头引出，结构见下图。

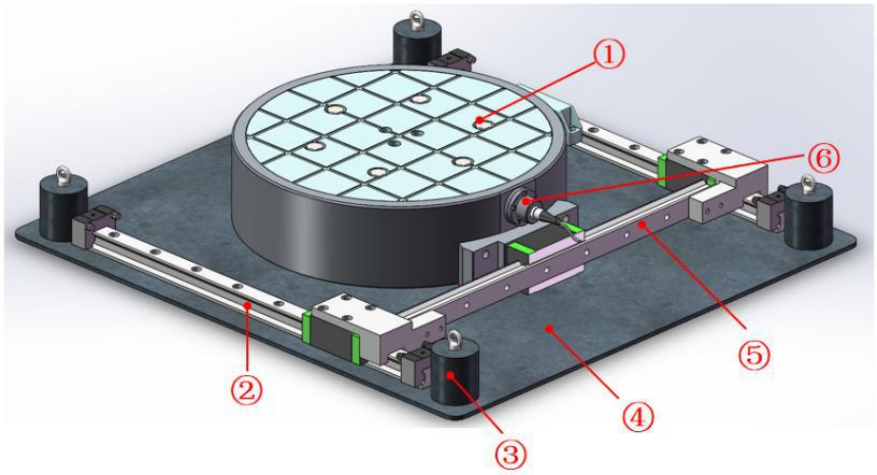


图 6　车轮转角测量装置结构：① 承重转盘　② 前后滑块　③ 弹性支撑　④ 承重底板　⑤ 横向导轨　⑥ 数据接头

表 4　车轮转角测量装置技术参数

项目	参数	项目	参数
数量	4 台	单台质量	60 kg
最大承重	600 kg	外形尺寸	650×600×103 mm
适用角度	360°	角度测量精度	0.1°
承重转盘直径	320 mm	适用轮胎	205～235 / R16～R19

安装时只需把车抬起 103 mm 以上，将装置推到车轮下方，取出对应位置的固定块，放下车辆即可。四台装置可全部使用，也可只用在需要测量的车轮上；不需要测量的车轮保留固定块，转盘不随动。装置之间通过数据线串接至数据采集盒，四个通道在同一时基上采样。

五、 控制平台与控制软件

上位机软件是整套系统的操作界面，也是数据处理的中心。左侧为项目、线控转向、报告生成与系统设置四个功能页；顶部工具条实时显示四个车轮转角、方向盘转角、方向盘扭矩、方向盘转速与电池电压；中部为参数设置区，可设定控制模式（扭矩 / 位置）、扭矩幅值、曲线类型（三角波、正弦、斜坡）、斜率与循环次数；下部为两幅实时曲线，左为方向盘转角—时间，右为方向盘扭矩—时间。

软件功能与招标要求的对应关系见下表。

表 5　软件功能对照

招标要求	软件实现
车型参数配置	按车型建立项目，保存方向盘外径、夹爪刻度、转向比、车轮位置等参数，调用即用
测试工况参数设定	控制模式、角度 / 扭矩幅值、曲线类型、斜率、转速、循环次数、采样率
实时显示角度—时间、扭矩—时间曲线	双图区实时刷新，横轴为时间，纵轴分别为转角（°）与扭矩（N·m）
原始数据存储	按通道存原始采样值（含时标），可导出为通用格式供二次分析
曲线回放	按时间轴回放历史试验，支持倍速、暂停与游标读数
对比曲线生成	抗扰前后两轮曲线叠加显示，亦可与车轮角度曲线同轴比对
回零设置	方向盘与四轮转角一键回零，消除安装偏差
测试启停	启动、暂停、停止与急停；异常时自动停止并记录状态
异常报警	扭矩突变、上下转延迟、重复性超限、通讯中断、超程均给出报警并标记时刻

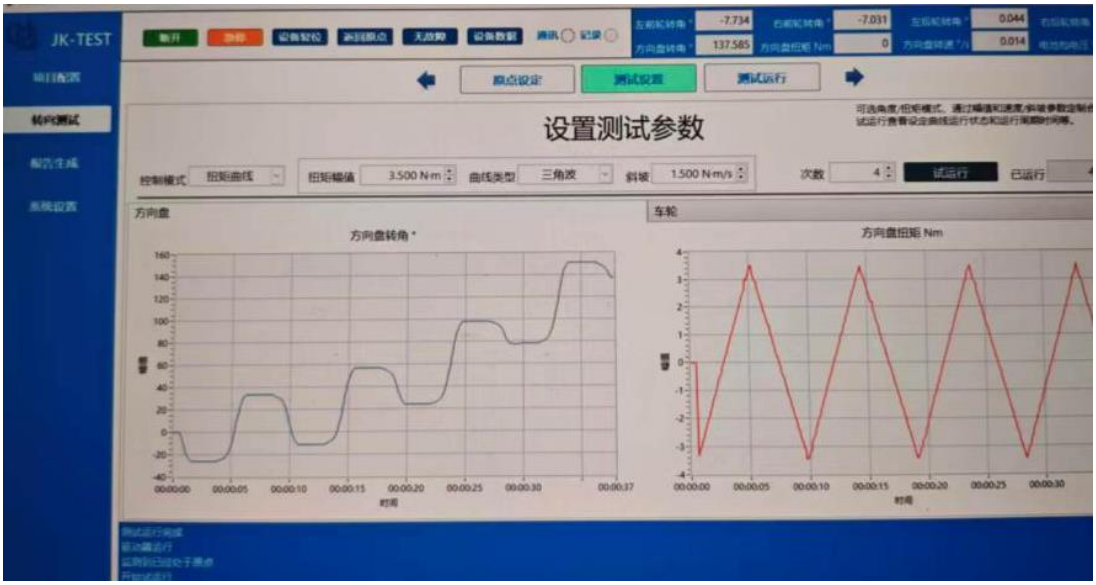


图 7　控制软件运行界面：上方为四轮转角与方向盘状态实时显示，中部为工况参数设置，下方为转角—时间与扭矩—时间实时曲线

六、　安装与使用

安装分转向手与车轮转角装置两部分，均在车辆举升或怠速状态下完成，不需要拆装车辆部件。

（一）转向手安装

步骤 1：将转向手置于方向盘上，吸盘支撑杆处于自由状态。步骤 2：用 5 号扳手调节锁紧螺钉，调整锁紧距离使夹爪抱紧方向盘。步骤 3：将吸盘贴紧前风挡玻璃，按压吸盘扣，使吸盘吸附在玻璃上。步骤 4：锁紧伸缩杆上的锁紧把手。安装时注意三点：驱动机构与方向盘转动轴心尽量一致，一般位于喇叭中心或方向盘 LOGO 中心；夹爪调节块左右刻度应基本相等；驱动机构与方向盘保持 90° 垂直。

（二）车轮转角装置安装

第一步：将车辆抬起，保证车轮最低点距地面大于 103 mm。第二步：把装置推到车轮下方，取出需要测量车轮的固定块。第三步：放下车辆，让车轮落在转盘上。第四步：接通电源、打开软件，回零后开始测试。注意：不需要测量转角的车轮保留固定块；装置四周需预留滑块滑动距离。

（三）测试操作要点

每次试验前先做一轮无干扰的基准动作，确认方向盘与四轮曲线形状正常、无卡滞；抗扰试验时保持同一组参数，只施加干扰。若中途出现扭矩突变报警，先记录报警时刻，不要立即停机——突变本身就是需要保留的失效证据。试验结束后按车型归档数据，同一车型的多次试验可累积形成重复性基线。

七、 系统主要技术指标

表 6　STAS-3800 综合技术指标

项目	指标	项目	指标
单次旋转总角度	可设，≥2000°（不限圈数）	系统角度精度	±0.5°
扭矩量程	0 ~ 10 N·m	扭矩精度	±1 N·m
控制模式	位置模式 / 扭矩模式	输出端峰值转速	60 RPM
车轮转角测量	4 路，360°，0.1°，承重 600 kg	同步方式	同一时基采集，光纤传输
方向盘适配	外径 340 ~ 460 mm	供电	48 V（车载或车外）
抗扰度	10 kHz ~ 18 GHz，100 V/m 实测无异常	设计场强	20 MHz ~ 6 GHz，200 V/m
控制接口	光纤以太网	安装方式	吸盘 + 夹爪，不损伤车辆

注：系统角度精度为方向盘转角与车轮转角的合成误差，按转向手绝对编码器±15″（约 0.004°）、车轮转角装置 0.1°、机械安装偏差综合评估；实测重复性优于 0.3°。

八、 供货配置清单

表 7　单套系统供货清单

序号	名称	型号 / 规格	数量	备注
1	方向盘转向手	STAS-3800-SW	1 台	含驱动模块、支架、夹爪、屏蔽航空插头线束
2	车轮转角测量装置	STAS-3800-WA	4 台	承重 600 kg，精度 0.1°
3	数据采集盒	STAS-3800-DAQ	1 台	5 通道（方向盘 + 4 轮）
4	光纤转换盒	STAS-3800-FO	1 套	含光纤跳线
5	48 V 电源与上电开关	—	1 套	含充电器接口
6	控制软件	JK-TEST 线控转向	1 套	含加密狗与安装介质
7	随机文件	—	1 套	说明书、出厂测试报告、校准证书

南京：江苏省南京市江宁区诚信大道 2108 号（211112）
北京：北京市海淀区中关村南大街甲 6 号铸诚大厦 A1716 室（100086）
上海：上海市闵行区申昆路 2177 号 18 号楼 605 室（201106）
Email：info@emcdir.com