

ICS 43.120

CCS T 47

团 体 标 准

T/CSAE xx—20xx

电动汽车用动力蓄电池多轴振动试验方法

Multi-axis vibration test method for Electric vehicles traction battery

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉及的必要专利信息连同支持性文件一并附上。

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国汽车工程学会 发布

刘挺8675

8675

8675

8675

目 次

前 言	II
电动汽车用动力蓄电池多轴振动试验方法	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	2
4.1 符号	2
4.2 缩略语	2
5 试验条件	2
5.1 一般条件	2
5.2 测试仪器、仪表准确度	3
5.3 数据记录与记录间隔	3
6 试验准备	3
6.1 电池包的准备	3
6.2 电池系统的准备	3
7 试验方法	4
7.1 状态检查	4
7.2 路谱的获取	4
7.3 试验对象的装配	4
7.4 路谱的迭代	4
7.5 试验加载	5
附录 A（规范性）电池包或系统绝缘电阻测试方法	7
附录 B（资料性）电池包或系统多轴振动路谱的生成方法和入库要求	9
附录 C（资料性）电池包或系统多轴振动典型路谱	11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国汽车工程学会电动汽车产业技术创新战略联盟提出。

本文件起草单位：中汽研汽车检验中心（常州）有限公司、威睿电动汽车技术（宁波）有限公司、福特电马赫科技（南京）有限公司、北京汽车研究总院有限公司、中汽研新能源汽车检验中心（天津）有限公司、中创新航技术研究院（江苏）有限公司。

本文件主要起草人：杨洪宇、田涌君、刘三兵、王鑫、李宁、刘磊、高源、刘耕、董文楷。

电动汽车用动力蓄电池多轴振动试验方法

1 范围

本文件描述了电动汽车用动力蓄电池（以下简称“电池”）包和系统的多轴振动测试的试验条件、样品准备和试验步骤等内容。

本文件适用于装载在电动汽车上的电池包和系统，其他类型电池可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2423.43 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 振动、冲击和类似动力学试验样品的安装

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 12678-2021 汽车可靠性行驶试验方法

GB/T 19596 电动汽车术语

GB/T 31467-2023 电动汽车用锂离子动力电池包和系统电性能试验方法

GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求

3 术语和定义

GB/T 19596及GB 38031界定的以及下列术语及定义适用于本文件。

3.1

电池包 battery pack

具有从外部获得电能并可对外输出电能的单元。

注：通常包括电池单体、电池管理模块（不含BCU）、电池箱及相应附件（冷却部件、连接线缆等）。

3.2

电池系统 battery system

一个或一个以上的电池包及相应附件（管理系统、高压电路、低压电路及机械总成等）构成的能量存储装置。

3.3

多轴模拟振动台 multi axial simulation table

可以对测试样件进行一个自由度以上振动激励的振动台。

3.4

相对损伤 relative damage

两条路谱潜在损伤的比值百分数。

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件。

I_3 : 3 h 率放电电流 (A), 其数值等于额定容量值的 1/3。

I_5 : 5 h 率放电电流 (A), 其数值等于额定容量值的 1/5。

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BCU: 电池控制单元 (battery control unit)

FS: 满量程 (full scale)

RMS: 均方根 (root mean square)

SOC: 荷电状态 (state of charge)

MAST: 多轴模拟振动台 (multi axial simulation table)

RD: 相对损伤 (relative damage)

PACC: 加速度峰值 (peak acceleration)

VACC: 加速度谷值 (valley acceleration)

5 试验条件

5.1 一般条件

5.1.1 除另有规定, 试验环境温度为 $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 10%~90%, 大气压力为 86 kPa~106 kPa。

5.1.2 对于由车身骨架包覆并构成电池包箱体的电池包或系统, 可带箱体或车体试验。

5.1.3 电池包或系统交付时应包括必要的操作文件, 以及和试验设备相连所需的接口部件 (如连接器、插头等), 电池包或系统的典型结构见 GB/T 31467-2023。制造商应提供电池包或系统的安全工作限值。

5.1.4 电池包或系统在试验前后应按附录 A 进行绝缘电阻测试。测试位置为正负极输出端子和电平台之间。测得的绝缘电阻值除以电池包或系统的最大工作电压不应小于 $100\text{ }\Omega/\text{V}$ 。

5.1.5 如果电池包或系统由于某些原因 (如尺寸或质量) 不适合进行某些测试, 那么制造商与检测机构协商一致后可用电池包或系统的子系统代替作为试验对象, 进行全部或部分测试, 但是作为试验对象的子系统应包含和整车要求相关的所有部分 (如连接部件或保护部件等)。

5.1.6 试验过程中的充放电倍率大小、充放电方法和充放电截止条件由制造商提供。

5.1.7 电池包或系统放电电流符号为正, 充电电流符号为负。

5.1.8 当电池冷却系统使用了冷却液时,如果试验不要求电池冷却,也可在排掉冷却液后进行试验。

5.2 测试仪器、仪表准确度

5.2.1 测量仪器、仪表准确度应不低于以下要求:

- 电压测量装置: $\pm 0.5\%$ FS;
- 电流测量装置: $\pm 0.5\%$ FS;
- 温度测量装置: $\pm 0.5\%$ °C;
- 时间测量装置: $\pm 0.1\%$ FS;
- 尺寸测量装置: $\pm 0.1\%$ FS;
- 质量测量装置: $\pm 0.1\%$ FS;
- 加速度测量装置: $\pm 2\%$ FS。

5.2.2 测量过程中,充放电装置、温控箱等控制仪器的精度应符合以下要求:

- 电压: $\pm 1\%$;
- 电流: $\pm 1\%$;
- 温度: $\pm 2\%$ °C。

5.3 数据记录与记录间隔

5.3.1 加速度的记录频率应不低于最高测试频率的 2 倍。

5.3.2 除在某些具体测试项目中另有说明,测试数据(如时间、温度、电流和电压等)的记录间隔应不大于 100s。

6 试验准备

6.1 电池包的准备

6.1.1 电池包的高压、低压及热管理系统装置应和测试平台设备相连,并开启电池包的被动保护功能。

6.1.2 测试平台应检测和控制电池包的工作状态和工作参数,并保证主动保护开启,必要时可通过断开电池包的主接触器来实现。

6.1.3 电池包测试过程中,电池包和测试平台之间没有信息交换,电池包的参数限值应由测试平台直接控制。

6.1.4 测试平台应检测电池包的电流、电压、容量或能量等参数,并将这些数据作为检测结果或计算依据。

6.2 电池系统的准备

6.2.1 电池系统的高压、低压、热管理系统装置及 BCU 应和测试平台设备相连,开启电池系统的主动和被动保护。除另有规定,否则应由 BCU 控制热管理系统装置的工作。必要时 BCU 的程序可由电池系统制造商根据测试规程进行更改。

6.2.2 测试平台和 BCU 之间应实现正常通信,测试平台保证测试参数、条件与测试规程的要求一致,并保证电池系统工作在合理的限值之内,这些限值应由 BCU 通过总线传输至测试平台。

6.2.3 主动保护应由测试设备平台保证，必要时可通过断开电池系统的主接触器实现。

6.2.4 电池系统测试过程中，电池系统应通过总线和测试平台通信，将电池状态参数和工作限值实时传输给测试平台，再由测试平台根据电池状态和工作限值控制测试过程。

6.2.5 测试平台应检测电池系统的电流、电压、容量或能量等参数，并将这些数据作为检测结果和计算依据。

7 试验方法

7.1 状态检查

制造商与检测机构协商一致后，可在试验前后按照GB/T 31467-2023、GB/T 4208-2017和制造商的要求进行充放电性能测试、气密性测试、外壳防护等级测试等状态检查试验。

7.2 路谱的获取

7.2.1 试验路谱宜由制造商或检测机构提供，路谱采集的一般步骤见附录 B。

7.2.2 如果制造商和检测机构无法提供相应的路谱，可按照附录 C 中的典型路谱进行试验。

7.3 试验对象的装配

7.3.1 按照试验对象车辆安装位置和 GB/T 2423.43 的要求，将试验对象安装在与实车等价的工装（框架或支架）上，然后固定到 MAST 上，记录试验对象与工装、工装与振动台连接螺纹的扭矩。

7.3.2 工装（框架或支架）宜由制造商与检测机构协商一致后提供，连接螺纹的扭矩应与试验对象在车辆安装时保持一致。

7.3.3 按照路谱采集时加速度传感器布置的位置，在试验对象左前、右前、左后、右后安装点附近各布置 1 个三向加速度传感器。

7.4 路谱的迭代

7.4.1 试验对象装配完成后，先进行往复扫频，频率范围 5 Hz~50Hz，量级 0.5g，扫频速度 1 Oct/min。如果扫频条件与试验对象不适用，那么制造商与检测机构协商一致后可以由制造商提供扫频条件。

7.4.2 通过 MAST 对路谱按照图 1 进行迭代，滤波上限为 100 Hz，滤波下限为 0.5 Hz,迭代后每个通道的 RMS 偏差范围应为 80%~120%，RD 偏差范围应为 60%~130%，PACC、VACC 偏差范围应为 85%~115%。

RMS偏差按照公式（1）计算：

$$\Delta RMS_x = \frac{RMS_x^n}{RMS_x^0} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ΔRMS_x ——通道x的RMS偏差；

RMS_x^n ——经过第n次迭代后通道x的RMS值；

RMS_x^0 ——路谱文件迭代前通道x的RMS值。

RD偏差按照公式（2）计算：

$$\Delta RD_x = \frac{RD_x^n}{RD_x^0} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

式中：

ΔRD_x ——通道x的RD偏差；

RD_x^n ——经过第n次迭代后通道x的RD值；

RD_x^0 ——路谱文件迭代前通道x的RD值。

PACC偏差按照公式（3）计算：

$$\Delta PACC_x = \frac{PACC_x^n}{PACC_x^0} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$\Delta PACC_x$ ——通道x的PACC偏差；

$PACC_x^n$ ——经过第n次迭代后通道x的PACC值；

$PACC_x^0$ ——路谱文件迭代前通道x的PACC值。

VACC偏差按照公式（4）计算：

$$\Delta VACC_x = \frac{VACC_x^n}{VACC_x^0} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

式中：

$\Delta VACC_x$ ——通道x的VACC偏差；

$VACC_x^n$ ——经过第n次迭代后通道x的VACC值；

$VACC_x^0$ ——路谱文件迭代前通道x的VACC值。

7.4.3 如果迭代过程中各通道间耦合性较差导致无法正常进行，那么制造商与检测机构协商一致后可以删去部分通道，但是至少应保留 6 个通道，其中 Z 方向通道至少应保留 3 个。

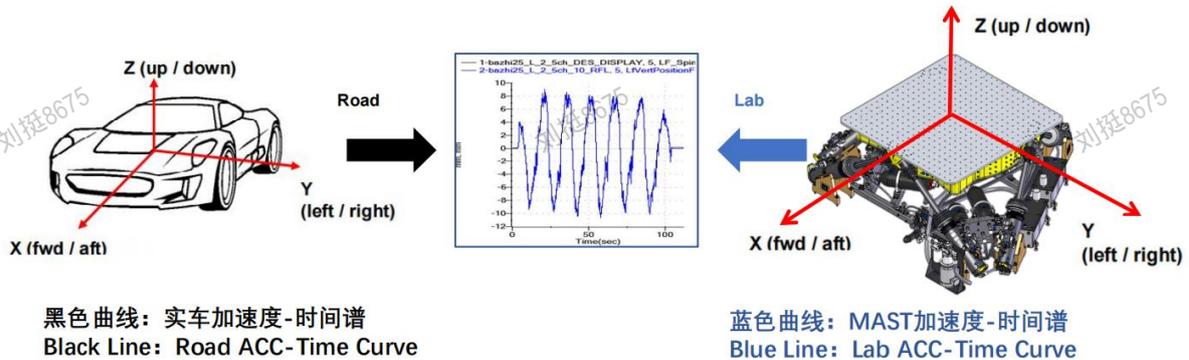


图1 迭代原理示意图

7.5 试验加载

7.5.1 按照迭代后的路谱文件进行多轴振动测试，全程通过测试平台加载温度与充放电负荷。

7.5.1.1 测试平台加载的温度与充放电负荷宜由制造商与检测机构协商一致后提供，最高、最低温度区间和充放电 SOC 区间应与电池包或系统在整车使用时的温度区间和 SOC 区间一致。

7.5.1.2 如果制造商和检测机构无法提供相应的温度与充放电负荷，可以按照表 1、表 2 和图 2 进行试验，重复循环至多轴振动测试结束。

表1 电池包或系统多轴振动过程中加载的温度负荷

时间/min	温度/°C
0	-10
120	-10
600	40
720	40
1200	-10

表2 电池包或系统多轴振动过程中加载的充放电负荷

步骤	恒定电流/A	截止时间/min	截止 SOC/%
搁置	——	30	——
恒流放电	I_3	——	20
搁置	——	30	——
恒流充电	$-I_5$	——	80

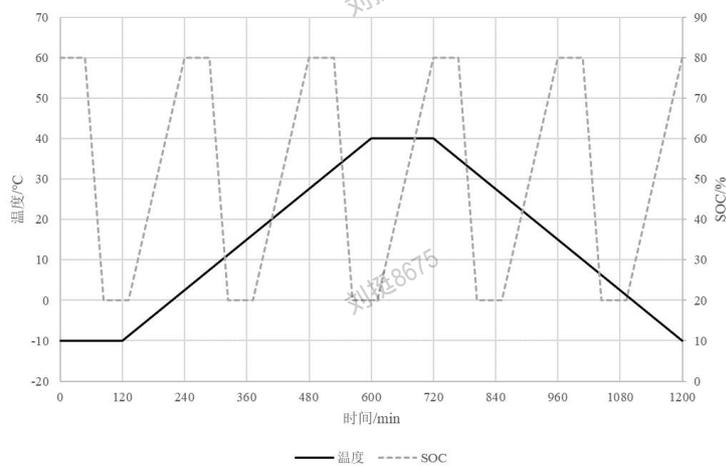


图2 电池包或系统多轴振动过程中加载的温度与充放电负荷

7.5.2 多轴振动测试完成后，在试验环境温度下观察 1h，然后按照与试验前相同的条件再次进行往复扫频。

7.5.3 完成以上试验步骤后，记录试验对象与工装、工装与振动台连接螺纹的扭矩。

附录 A
(规范性)
电池包或系统绝缘电阻测试方法

A.1 试验条件

电池包或系统均以制造商规定的完全充电状态进行, 试验环境温度为 $22\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 湿度为 15%~90%。

电压检测工具的内阻不小于 $10\text{ M}\Omega$ 。在测量时若绝缘监测功能会对电池包或系统绝缘电阻的测试产生影响, 则应将绝缘监测功能关闭或者将绝缘电阻监测单元从 B 级电压电路中断开, 以免影响测量值, 否则制造商可选择是否关闭绝缘监测功能或者将绝缘监测单元从 B 级电压电路中断开。

A.2 绝缘电阻测试方法

A.2.1 方法 1

A.2.1.1 使电池包或系统内的电力、电子开关激活以保证电池系统处于接通状态。

A.2.1.2 用相同的两个电压检测工具同时测量电池包或系统的两个端子和电平台之间的电压, 如图 A.1 所示。待读数稳定, 较高的一个为 U_1 , 较低的一个为 U_1' 。

注: 电池包或系统的电平台可以是其与整车电平台连接的可导电外壳。

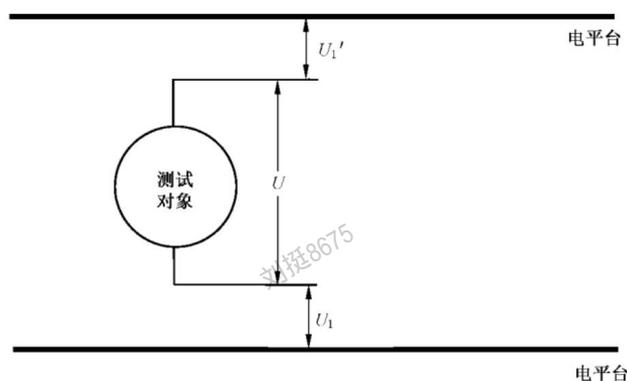


图 A.1 绝缘电阻测量步骤 1

A.2.1.3 添加一个已知电阻 R_0 , 阻值推荐 $1\text{ M}\Omega$ 。如图 A.2 所示并联在电池包或系统的 U_1 侧端子与电平台之间。再用 A.2.1.2 中的两个电压检测工具同时测量电池包或系统的两个端子和电平台之间的电压, 待读数稳定, 测量值为 U_2 和 U_2' 。

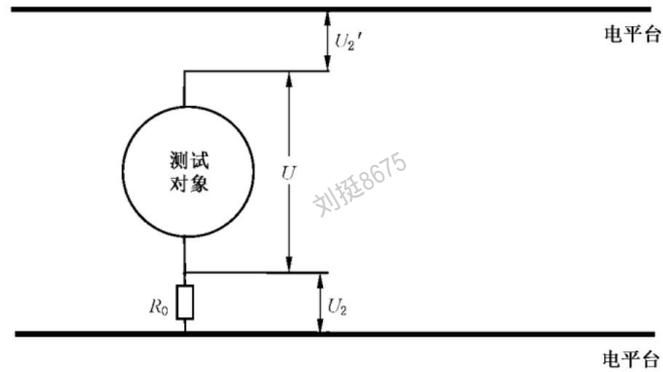


图 A.2 绝缘电阻测量步骤 2

A.2.1.4 计算绝缘电阻 R_i ，方法如下：

R_i 可以使用 R_0 和四个电压值 U_1 、 U_1' 、 U_2 和 U_2' 以及电压检测设备内阻 r ，代入式 (A.1) 或式 (A.2) 来计算。

$$\frac{R_i \times r}{R_i + r} = R_0 \left(\frac{U_2'}{U_2} - \frac{U_1'}{U_1} \right) \dots\dots\dots (A.1)$$

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_0 \left(\frac{U_2'}{U_2} - \frac{U_1'}{U_1} \right)} + \frac{1}{r}} \dots\dots\dots (A.2)$$

A.2.2 方法 2

A.2.2.1 使电池包或系统处于接通的状态。

A.2.2.2 使用绝缘电阻仪分别测量电池包或系统两个端子和电平台之间的绝缘电阻。电平台可以是其与整车电平台连接的可导电外壳。

A.2.2.3 测量电压：使用的测量电压应为电池包或系统标称电压的 1.5 倍或 500V (d.c.) 的电压，两者取较高值。测量时间：施加的电压应该足够长，以便获得稳定的读数，推荐值为 30s。

附录 B (资料性)

电池包或系统多轴振动路谱的生成方法和入库要求

B.1 路谱采集

B.1.1 传感器布置

B.1.1.1 驾驶试验车在特定道路进行路谱采集时，应采用至少 4 个三向加速度传感器，布置在电池包或系统与车身的连接处附近。

B.1.1.2 三向加速度传感器的三个方向应分别与整车坐标系的一个轴平行。

B.1.1.3 按照图 B.1 的位置布置三向加速度传感器，并拍照记录。

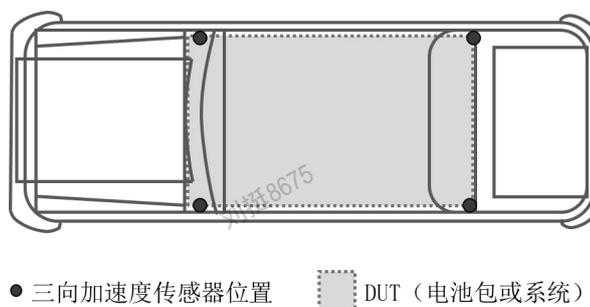


图 B.1 路谱采集加速度传感器粘贴位置示意图

B.1.2 数采配置要求

B.1.2.1 三向加速度传感器的采样频率为 2000Hz

B.1.2.2 标定传感器，使得每个三向加速度传感器 X、Y、Z 三个方向通道的信号与整车坐标系正方向对应。推荐参照表 B.1 方法对应。

表 B.1 数采通道与加速度对应表

数采通道	信号名	实际加速度信号
Ch1	ACC_LF_X	左前方加速度传感器，加速度方向与车辆行驶方向相反
Ch2	ACC_LF_Y	左前方加速度传感器，加速度方向与车辆行驶方向垂直，朝向车辆右边
Ch3	ACC_LF_Z	左前方加速度传感器，加速度方向垂直于车底盘所在平面，指向车顶
Ch4	ACC_RF_X	右前方加速度传感器，加速度方向与车辆行驶方向相反
Ch5	ACC_RF_Y	右前方加速度传感器，加速度方向与车辆行驶方向垂直，朝向车辆右边
Ch6	ACC_RF_Z	右前方加速度传感器，加速度方向垂直于车底盘所在平面，指向车顶
Ch7	ACC_LR_X	左后方加速度传感器，加速度方向与车辆行驶方向相反
Ch8	ACC_LR_Y	左后方加速度传感器，加速度方向与车辆行驶方向垂直，朝向车辆右边

表 B.1 数采通道与加速度对应表 (续)

数采通道	信号名	实际加速度信号
Ch9	ACC_LR_Z	左后方加速度传感器, 加速度方向垂直于车底盘所在平面, 指向车顶
Ch10	ACC_RR_X	右后方加速度传感器, 加速度方向与车辆行驶方向相反
Ch11	ACC_RR_Y	右后方加速度传感器, 加速度方向与车辆行驶方向垂直, 朝向车辆右边
Ch12	ACC_RR_Z	右后方加速度传感器, 加速度方向垂直于车底盘所在平面, 指向车顶

B.1.3 路谱采集方法

B.1.3.1 按照 GB/T 12678-2021 中的加速可靠性行驶试验方法, 根据用户关联或试验场规范, 确定试验车在试验场不同类型道路工况的行驶里程、工况分配和驾驶操作。

B.1.3.2 一个完整的路谱一般由多个道路工况组成, 为便于区分各道路工况采集数据的起始和终止, 每采集一个路况前, 向数采键入一个标记信号。

B.1.3.3 为了消除路谱采集过程中的偶然性, 一般每个道路工况的驾驶采集应重复至少 3 次。

B.2 路谱分析处理

B.2.1 剔除路谱采集过程中传感器因异物撞击产生的加速度信号毛刺。

B.2.2 根据路谱采集过程中键入的标记信号, 分割出每一个工况, 并按照对应的道路进行命名。

B.2.3 对路谱中每一个道路工况重复采集到的多圈数据分别进行归一化处理, 从RD、PACC和VACC的角度进行数据离散度分析, 选取离散度最小的一组数据作为最终数据。

B.3 路谱录入路谱库的要求

B.3.1 入库路谱应按照 B.1 进行采集, 并按照 B.2 进行处理。

B.3.2 入库路谱数据格式应为加速度-时间信号, 其中横、纵坐标分别是时间和加速度。使用时可以通过调整路谱中不同道路工况运行的次数和顺序, 对不同试验对象进行不同量级的考察。

B.3.3 除了提供各工况所有通道的数据文件外, 入库路谱文件应按照表 B.2 提供每个道路工况的名称、长度和车速信息表, 并记录试验车的相关信息。其中, 每个通道的路谱数据文件应按照表 B.1 中的信号名进行命名。

表 B.2 采集路况信息

序号	路况名称	长度 (km)	车速 (km/h)
1			
2			
3			

附录 C
(资料性)

电池包或系统多轴振动典型路谱

C.1 典型路谱文件

C.1.1 典型路谱文件是按照《中汽中心盐城汽车试验场 电动汽车可靠性行驶试验规程（试行）》，在 T8 强化耐久路采集的 15 个典型道路工况。具体道路名称、长度和车速信息如表 B.1 所示，每个道路均按照空载 3 次、满载 3 次进行重复采集。

表 B.1 强化环路基本信息及采集圈数

序号	强化环路名称	长度 (km)	车速 (km/h)	采集重复次数
1	森林路	2.1	25-40	空载 3 次, 满载 3 次
2	混凝土补丁路	0.2	5-10	空载 3 次, 满载 3 次
3	拱形车道	0.09	30-35	空载 3 次, 满载 3 次
4	不规则混凝土路	0.4	30-35	空载 3 次, 满载 3 次
5	均匀波浪路	0.315	20-25	空载 3 次, 满载 3 次
6	井盖路	0.135	25-30	空载 3 次, 满载 3 次
7	锯齿路	0.14	25-30	空载 3 次, 满载 3 次
8	鹅卵石路	0.24	15-20	空载 3 次, 满载 3 次
9	振动路 I	0.24	20-25	空载 3 次, 满载 3 次
10	混凝土板冲击路	0.18	40-45	空载 3 次, 满载 3 次
11	鱼鳞坑路	0.1	35-40	空载 3 次, 满载 3 次
12	倾斜车道	0.13	40-45	空载 3 次, 满载 3 次
13	比利时路	0.21	20-25	空载 3 次, 满载 3 次
14	振动路 II	0.15	25-30	空载 3 次, 满载 3 次
15	长波路	0.156	45-50	空载 3 次, 满载 3 次

C.1.2 典型路谱文件采集时的加速度传感器按照图 B.1 布置，每个传感器 X、Y 和 Z 方向的数据如表 B.2 所示。

表 B.2 典型路谱中各工况文件每个通道的数据

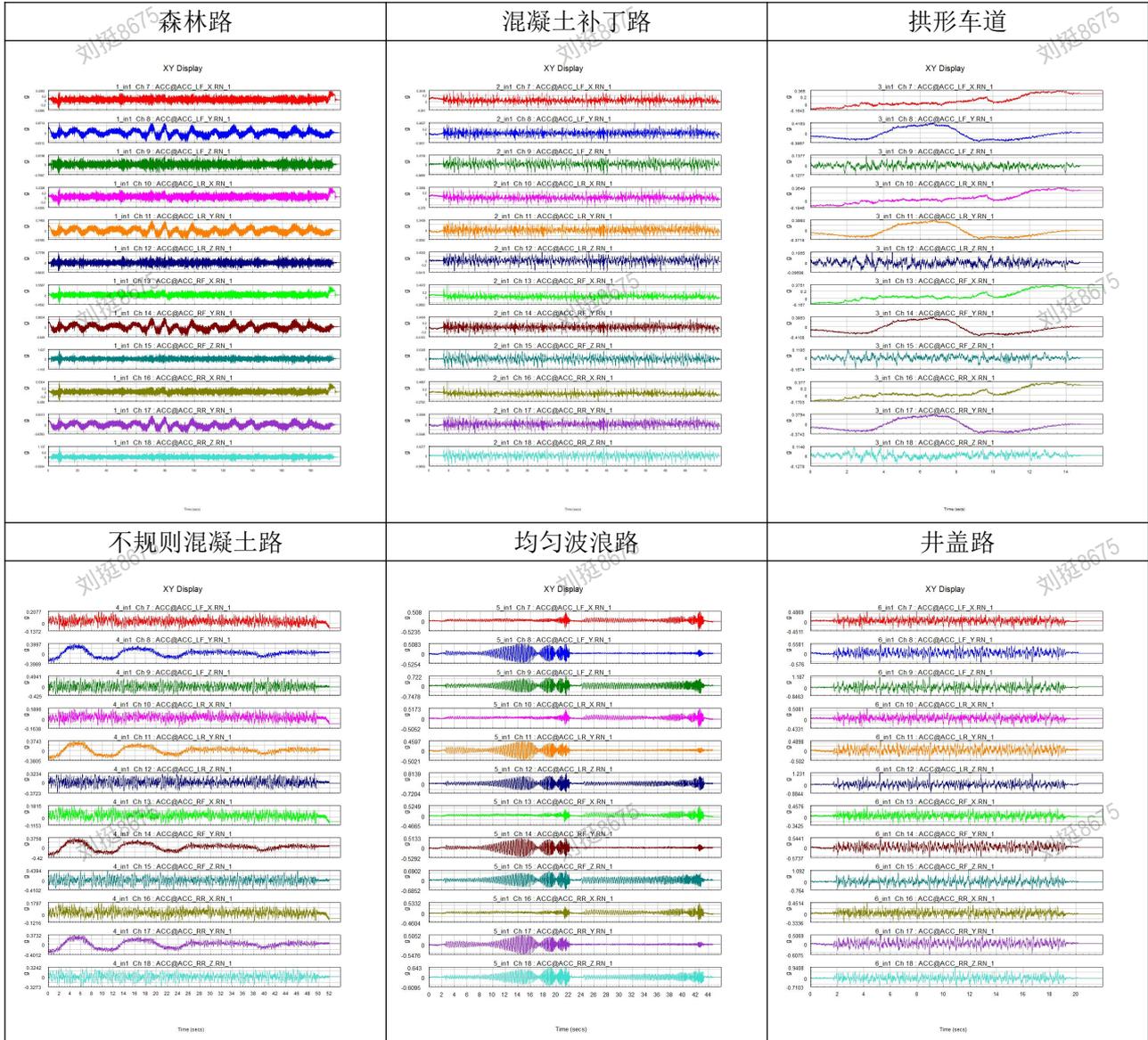


表 B.2 典型路谱中各工况文件每个通道的数据 (续)

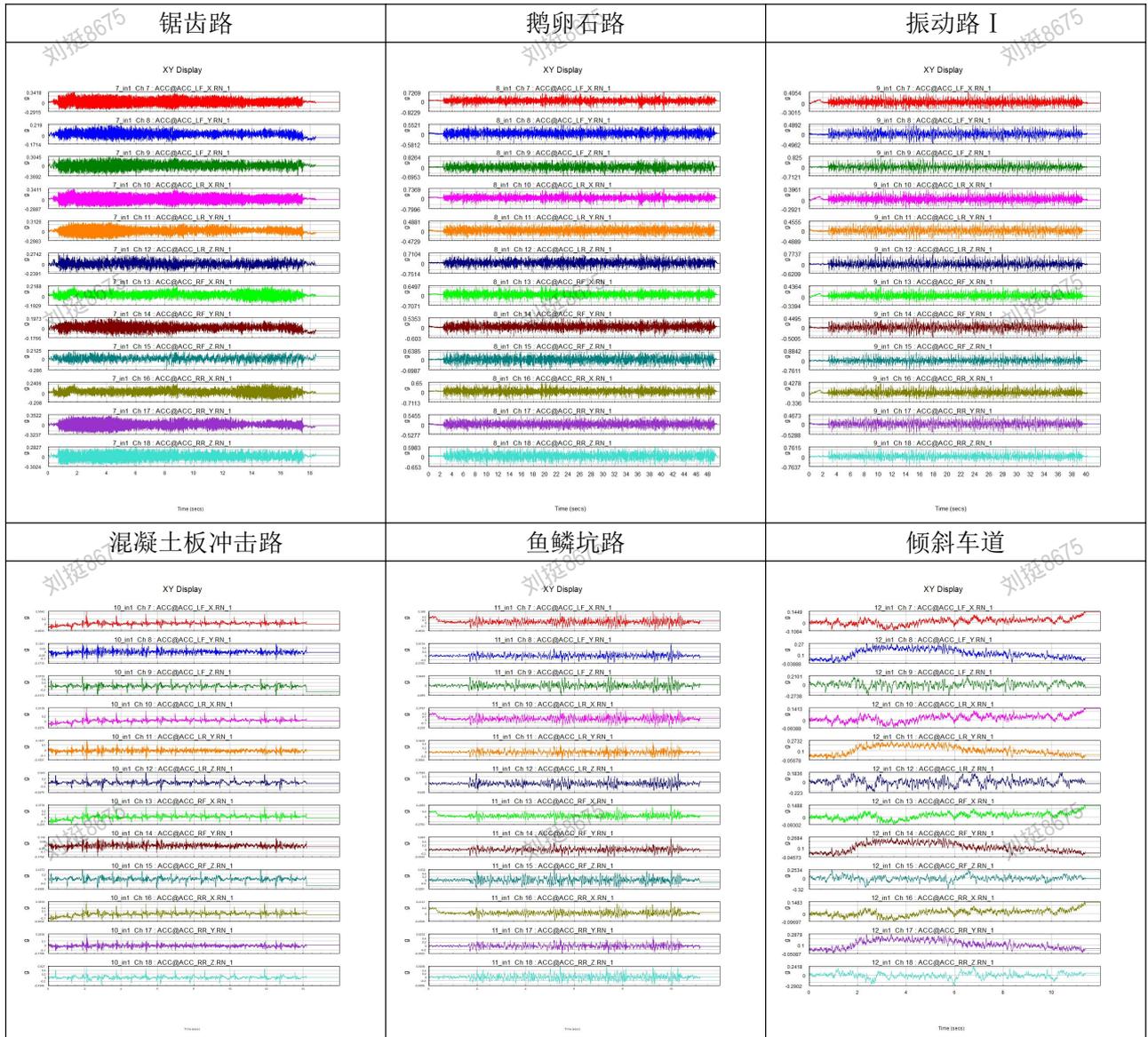
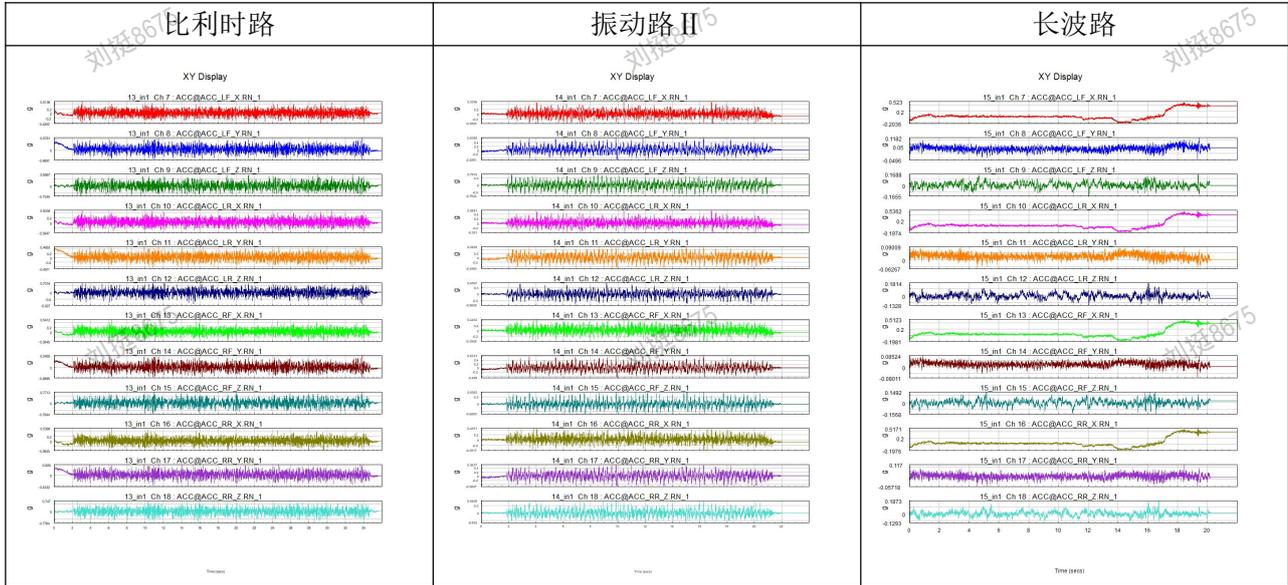


表 B.2 典型路谱中各工况文件每个通道的数据 (续)



C.2 典型路谱文件的使用

C.2.1 试验时三向加速度传感器粘贴位置应与路谱采集时保持一致。

C.2.2 试验中 A 类电动车和 B 类电动车每个道路工况运行的次数及序列分别见表 C.3 和表 C.4。

C.2.2.1 座位数在 5 座及以下的 M1 类电动车为 A 类电动车。

C.2.2.2 座位数大于 5 座的 M1 类、M2 类、N1 类以及总质量不超过 5 吨的 N2 类电动车为 B 类电动车。

表 C.3 不同电动车各道路种类运行的次数及序列

路谱名称	工况名称	圈数(圈)	A 类电动车循环 (次)	B 类电动车循环 (次)
强化耐久路	森林路	5	105	275 或 92
	混凝土补丁路			
	拱形车道			
	不规则混凝土路			
	均匀波浪路			
	井盖路			
	锯齿路			
鹅卵石路				

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

表 C.3 不同电动车各道路种类运行的次数及序列 (续)

路谱名称	工况名称	圈数(圈)	A 类电动车循环 (次)	B 类电动车循环 (次)
强化耐久路	振动路I	1	105	275 或 92
	混凝土板冲击路			
	鱼鳞坑路			
	倾斜车道			
	比利时路			
	振动路II			
	长波路			

刘挺8675

刘挺8675