

团体标准

T/CSAE xx—20xx

纯电动与混合动力越野乘用车爬坡与脱困 性能试验方法

Test method for climbing and escaping performance of electric and hybrid
off-road passenger car

(报批稿)

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国汽车工程学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 试验条件	4
4.1 环境要求	4
4.2 试验车辆的准备	4
4.3 道路要求	5
5 试验程序	6
6 试验方法	7
6.1 接地比压试验	7
6.2 坡道起步能力试验	8
6.3 最大爬坡度试验	9
6.4 垂直越障高度试验	9
6.5 脱困能力试验	10
7 试验数据记录及处理	12
附录 A（资料性）试验记录表	13

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越野车技术分会提出。

本文件由中国汽车工程学会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：东风汽车集团有限公司研发总院、襄阳达安汽车检测中心有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、广州汽车集团股份有限公司、比亚迪汽车工业有限公司。

本文件主要起草人：陈元、王岭、李迎浩、程建康、邓乐乐、谢杰聪、余为锋、刘小燕、郭海彬、张旋、张东方、朱高伟。

纯电动与混合动力越野乘用车爬坡与脱困性能试验方法

1 范围

本文件描述了纯电动及NOVC-HEV的混合动力越野乘用车爬坡及脱困性能试验条件和试验方法。

本文件适用于 M1 类车辆中纯电动及NOVC-HEV的混合动力车型的爬坡及脱困性能试验，最大设计总质量超过3500kg的M1类纯电动及NOVC-HEV的混合动力车型参照执行。

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 3730.1 汽车和挂车类型的术语和定义

GB/T 3730.2 道路车辆 质量 词汇和代码

GB/T 12539 汽车爬陡坡试验方法

GB/T 12541 汽车地形通过性试验方法

GB/T 15089 机动车辆及挂车分类

GB/T 18385 电动汽车 动力性能 试验方法

GB/T 19596 电动汽车术语

GB/T 19752 混合动力电动汽车 动力性能 试验方法

GB/T 22038 汽车轮胎静态接地压力分布试验方法

3 术语和定义

GB/T 3730.1、GB/T 3730.2、GB/T 12539、GB/T 12541、GB/T 15089、GB/T 18385、GB/T 19596、GB/T 19752界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

脱困性能 escape performance

车辆在陷入非铺装复杂地形（如泥泞、沙地、雪地、岩石等）时，通过自身动力系统、底盘控制技术及辅助装置的综合作用，脱离被困状态并恢复正常行驶的能力。

4 试验条件

4.1 环境要求

试验开展时应满足下述环境条件，并记录至表A.1～表A.5中。

- a) 室外试验温度为 $-50^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 地平面以上0.7m处平均测量风速不应超过3m/s，瞬时风速不大于5m/s。
- c) 相对湿度低于95%。
- d) 试验路面干燥，无积水或者积雪现象。

4.2 试验车辆的准备

4.2.1 车辆调试与点检

对试验车辆的相应功能和状态进行点检。

- a) 将试验车辆的驾驶模式设置为厂家推荐模式，如有副变速箱也置于最低挡。厂家若未推荐则以默认模式进行试验。
- b) 轮胎规格和花纹应符合产品配置定义，轮胎表面花纹深度不应低于新胎花纹深度的90%，且轮胎的生产日期应在一年以内。
- c) 车轮胎压、四轮定位参数调整至设计值。
- d) 对于悬架高度可调的车辆，厂家若未推荐高度则以默认高度进行试验。
- e) 检查底盘各系统功能及连接件紧固情况，调整拧紧力矩至规范值；检查车辆润滑及加注情况，其中燃油箱和散热水箱应加满。

4.2.2 车辆加载

试验前应统一进行车辆加载。

- a) 试验车辆在试验开始前，应将车辆装载至满载质量，即车辆装载为最大允许装载质量，最大允许装载质量包括驾驶员质量；或将车辆装载至半载质量，即车辆装载为最大允许装载质量的一半。
- b) 装载质量应均匀分布，装载物应固定牢靠，试验过程中不应晃动和颠离；不应因潮湿件变化而改变其质量，以保证装载质量的大小、分布不变。

4.2.3 常规充电

使用车载充电器为动力蓄电池充电,或采用车辆厂家推荐的外部充电器给动力蓄电池充电。充电时的环境温度应保持在-50℃~60℃。

车辆厂家应保证试验过程中车辆没有进行特殊充电操作。

4.2.4 预热

试验车辆应以厂家估计的30min最高车速的80%速度行驶不少于5000m,使电机及传动系统预热,并可通过预热来控制车辆动力电池荷电状态(stage of charge; SOC)。若试验场地条件或车辆条件不支持以车辆30min最高车速的80%速度进行预热,可采用降低车速增加行驶距离来达成近似的预热效果,预热距离由式(1)计算,预热车速不应低于60km/h。

$$S_1 = S_0 \times \frac{f_2 \times v_0^2 + f_1 \times v_0 + f_0}{f_2 \times v_1^2 + f_1 \times v_1 + f_0} \quad (1)$$

式中:

S_0 ——为30min最高车速的80%速度行驶的预热距离,单位为米(m);

S_1 ——为厂家提供的车速行驶的预热距离,单位为米(m);

f_0 ——道路载荷常数项系数,单位为牛(N)

f_1 ——道路载荷一次项系数,单位为牛每(千米每小时)(N/(km/h))

f_2 ——道路载荷二次项系数,单位为牛每(千米每小时的平方)(N/(km/h)²)

v_0 ——厂家估计的30min最高车速的80%对应的车速,单位千米每小时(km/h);

v_1 ——厂家建议调整后的车速,单位千米每小时(km/h)。

4.2.5 电池电量调整

试验开始后,可通过预热对电池电量进行调整,保证在试验条件允许范围内。

4.3 道路要求

4.3.1 试验坡道

如图1所示,测试路段坡道长应不小于20m,测试路段的前后设有渐变路段,坡前平直路段应不小于8m。坡度小于40%的标准坡道表面为水泥铺装路面或附着系数处于0.7~0.8的干燥平整路面,坡度40%及以上坡道表面为石块铺装路面或附着系数处于0.8~1.0的干燥平整路面。测试路段的纵向坡度变化率不应大于0.1%,横向变化率不应大于3%。

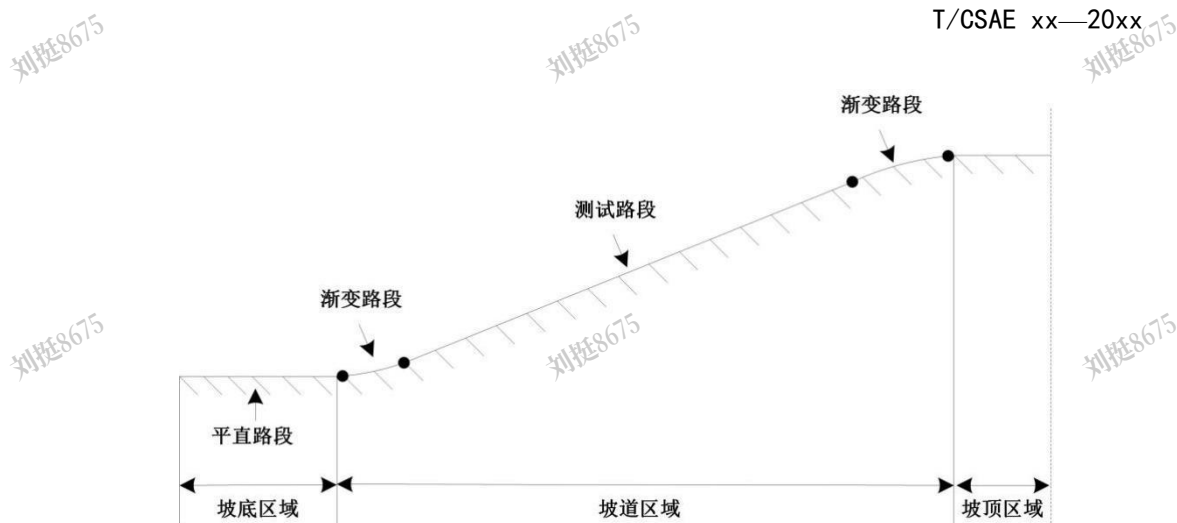


图1 试验坡道示意图

4.3.2 垂直障碍

如图2所示，测试路段高度 $h = 2/3r$ 、 r 和 $4/3r$ 三种， r 为轮胎静力半径，试验台长度 L 不小于被试车辆车长，宽度为 W 不小于被试车辆车宽，且不小于被试车辆0.8倍的车长（也可用各试验场的固定设施进行）。

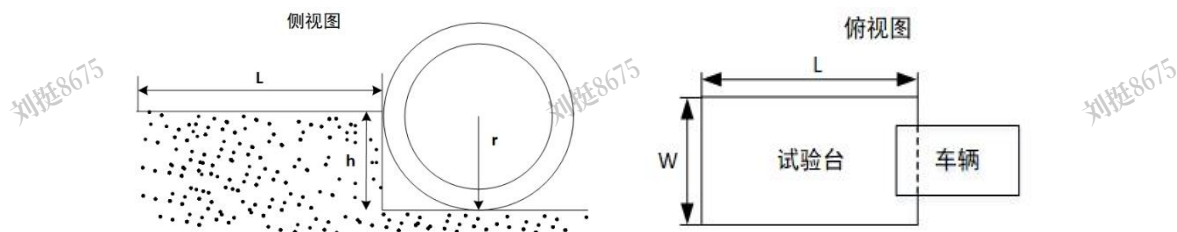


图2 垂直越障（侧视和俯视）示意图

5 试验程序

试验流程包括以下4个选项，厂家可选择具体试验流程，如图3所示。

选项1：可单独进行满载状态下的接地比压试验、高SOC(40%~70%)下的车辆爬坡及脱困试验和低SOC($\leq 30\%$)下的车辆爬坡及脱困试验。

选项2：可单独进行半载状态下的接地比压试验、高SOC(40%~70%)下的车辆爬坡及脱困试验和低SOC($\leq 30\%$)下的车辆爬坡及脱困试验。

选项3：可先进行满载状态下相关试验再进行半载状态下相关试验。

选项4：可先进行半载状态下相关试验再进行满载状态下相关试验。

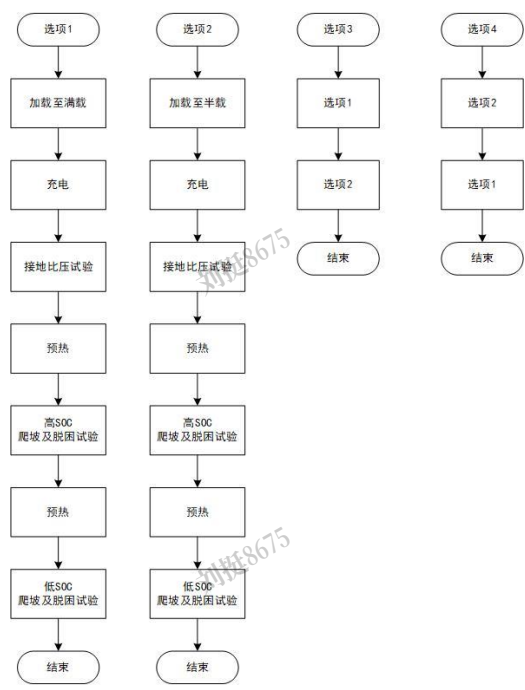


图3 试验流程图

6 试验方法

6.1 接地比压试验

- 6.1.1 试验前应确保被测车辆轮胎压力和轮胎表面状况符合 GB/T 22038 的相关要求。
- 6.1.2 将处于整车状态的待测试车辆制动停止在水平、坚实、平整的路面上。
- 6.1.3 根据试验条件及设备可用性，可采用墨水法、敏感胶片法、光吸收法、压力传感阵列法或其他能准确反映轮胎与地面接触区域并测量其面积的技术。墨水法可通过获取轮胎接地印痕，测量接地面积 A_1 。
 - 6.1.3.1 使用千斤顶或其他举升装置安全举升车体，使被测车轮离地。举升后应确保轮胎处于自由状态；
 - 6.1.3.2 在轮胎胎面中心区域均匀涂抹一层薄而均匀的示踪剂（如碳素墨水、专用染料）。涂抹区域面积应略大于预估的接地面积；
 - 6.1.3.3 在轮胎下方地面铺设洁净的白纸或专用复写纸，确保其中心位置对准涂有示踪剂的胎面部分，并固定纸张；
 - 6.1.3.4 缓慢降下举升装置，直至其完全卸载且车辆重量完全由轮胎承担。保持车辆在此状态至少 5 秒；
 - 6.1.3.5 重新举升车体使被测车轮离地，小心取出带有清晰接地印痕的纸张。

6.1.3.6 对获得的接地印痕进行扫描或数字化处理。接触面印痕的识别与处理可参考 GB/T 22038 的相关图示说明。通过图像分析软件计算得到轮胎接地面积,单位为平方厘米(cm^2)。

6.1.4 通过公式(2)计算得到如左前轮的接地比压 P_a ,并记录。

$$P_a = m_1 \times g \times 10 / A_1 \dots\dots\dots (2)$$

式中:

P_a —— 接地比压,单位为千帕(kPa);

m_1 —— 左前轮载荷,单位为千克(kg);

A_1 —— 左前轮接地面积,单位为平方厘米(cm^2);

6.1.5 其他三轮重复 6.1.3 和 6.1.4 的操作,计算得到相应车轮的接地比压,并记录。

6.2 坡道起步能力试验

6.2.1 进行该试验时所使用的测试坡道的倾斜角 α_1 应尽可能接近厂家声明的倾斜角 α_0 , α_1 与 α_0 间的偏差将由式(3)中修正质量 ΔM 来补偿, ΔM 应该均布于乘客室和货箱中。车辆坡道起步的爬坡度可由式(4)计算。

$$\Delta M = M \times \frac{\sin \alpha_0 - \sin \alpha_1}{\sin \alpha_1 + R} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

M —— 试验前的加载质量,单位为千克(kg);

α_0 —— 坡道起步能力对应的坡度角,单位为度($^\circ$);

α_1 —— 试验坡道的实际坡度角,单位为度($^\circ$);

R —— 滚动阻力系数,通常取0.01(厂家可自行提供)。

$$i_0 = \tan \alpha_0 \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中:

i_0 —— 最大坡道起步能力的坡度。

6.2.2 将车辆移至测试路段的起步区域,车辆正向(驾驶员面向坡顶区域)停止在坡道中段设置至少 10m 的测量区,考车辆自身制动系统稳定地停在坡道上,将档位放置在 P 档或 N 档并保持 2min,将车辆档位切换至前进挡,缓慢增加油门开度直到车辆向上移动,且以每 min 至少行驶 10m 的速度通过测量区域,判定为坡道起步成功。进行三次试验,若试验均成功,则记录该坡度 i_0 。

6.2.3 将车辆移至测试路段的起步区域,车辆反向(驾驶员面向坡底区域)停止在坡道中段设置至少 10m 的测量区,考车辆自身制动系统稳定地停在坡道上,将档位放置在 P 档或 N 档

并保持 2min，将车辆档位切换至倒挡，缓慢增加油门开度直到车辆向上移动，且以每 min 至少行驶 10m 的速度通过测量区域，判定为坡道起步成功。进行三次试验，若试验均成功，则记录该坡度 i'_0 。

6.2.4 低 SOC 状态，重复 6.2.2 和 6.2.3 的过程，并记录。

注：前进挡坡道起步试验为必选项，倒挡道起步试验为可选项。

6.3 最大爬坡度试验

6.3.1 若没有厂家规定坡度的坡道，可增减装载质量进行试验，按式（5）折算为试验前加载质量下的坡度角，车辆最大爬坡度可由式（6）计算。

$$\alpha_m = \sin^{-1} \left(\frac{M_a \times \sin \alpha_a + (M_a - M) \times R}{M} \right) \dots \dots \dots (5)$$

式中：

α_m —— 最大爬坡度对应的坡度角，单位为度（°）；

α_a —— 试验坡道的实际坡度角，单位为度（°）；

M_a —— 汽车实际试验质量，为千克（kg）；

M —— 试验前加载质量，单位为千克（kg）；

R —— 滚动阻力系数，通常取 0.01（厂家可自行提供）。

$$i_m = \tan \alpha_m \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

式中：

i_m —— 最大爬坡度的坡度。

6.3.2 将车辆停止在坡底区域的平直路段，车辆距离渐变路段最低点 1.5m 处，大油门起步加速，爬坡中车速不断升高或趋于稳定通过测试路段则爬坡成功，并记录最大爬坡坡度 i_m 。

6.3.3 低 SOC 状态下，重复 6.3.2 并记录最大爬坡坡度。

6.4 垂直越障高度试验

6.4.1 将试验车辆缓慢行驶至车辆及前轮垂直停靠在 $2/3r$ 高度台阶边缘，缓慢增加油门开度直至前轮爬坡过台阶。

6.4.2 前轮爬越过垂直障碍物后缓慢将车辆及后轮垂直停靠至台阶边缘，缓慢增加油门开度直至后轮爬坡过台阶，则试验成功。

6.4.3 重复 6.4.1 和 6.4.2 的操作，依次进行 r 和 $4/3r$ 台阶高度试验，并记录爬越高度，小数点保留 2 位，单位为 m。

6.4.4 将试验车辆缓慢行驶至车辆及某一前轮斜 45° 停靠在 $2/3r$ 高度台阶边缘，缓慢增加油

门开度直至两个前轮爬坡过台阶。

6.4.5 前轮爬越过垂直障碍物后缓慢将车辆及某一后轮斜 45° 停靠至台阶边缘，缓慢增加油门开度直至两个后轮爬坡过台阶，则试验成功。

6.4.6 重复 6.4.4 和 6.4.5 的操作，依次进行 r 和 $4/3r$ 台阶高度试验，并记录爬越高度，并记录斜 45° 爬越高度，小数点保留 2 位，单位为 m。

6.4.7 低 SOC 状态下，并重复 6.4.1~6.4.6 的操作，并记录爬越高度，小数点保留 2 位，单位为 m。

6.5 脱困能力试验

6.5.1 通过脱困试验台测试车辆在不同脱困场景下的脱困能力。脱困试验台由四驱滚轴、高附盖板和可调坡度试验台组成，其中四驱滚轴由四组可自由滚动的滑轮组(长度 $l \geq 2m$ ，宽度 $\geq 0.4m$)和相连接的桁架结构组成，滑轮组间的间距可通过桁架结构调整，以适应不同轮距和轴距的车型。四驱滚轮可固定至可调坡度试验台上，高附盖板可固定且覆盖滑轮组上，如图 4 所示。通过高附盖板和滑轮组组合来实现单轴脱困(单前轴或单后轴处于高附路面)、交叉轴脱困(左前右后轮或右前左后轮处于高附路面)和单轮脱困(单轮处于高附路面)的场景。将试验车辆开上试验台，将车轮置于滑轮组或高附路面上，测试车辆的脱困时间。脱困场景如表 1 所示。

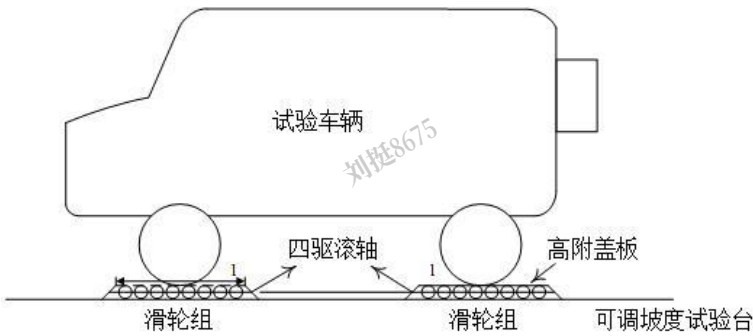
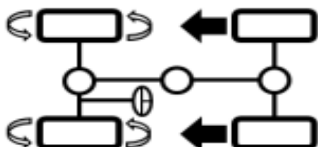
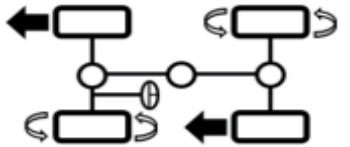
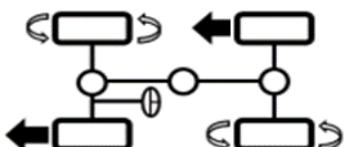
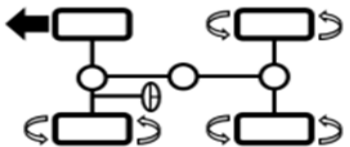
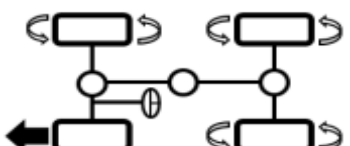
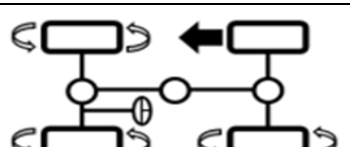
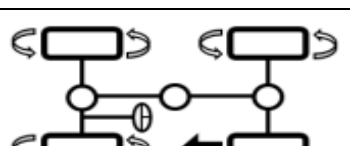


图4 脱困试验台示意图

表1 脱困场景示意

单轴脱困	前轴着地	
------	------	--

	后轴着地	
交叉轴脱困	右前轮和左后轮着地	
	左前轮和右后轮着地	
单轮脱困	右前轮着地	
	左前轮着地	
	右后轮着地	
	左后轮着地	

6.5.2 试验台处于水平状态，将车辆缓慢开至滑轮组或高附路面上，并保证车辆稳定在高附盖板和滑轮组的中点位置，且车轮静止，全油门起步加速，从轮胎旋转开始计时直至车辆向前移动超过 1m 停止计时。

6.5.3 将前轴车轮置于高附路面，后轴车轮置于滑轮组，重复 6.5.2 的操作 3 次，记录前轴打滑脱困时间并计算 3 次平均脱困时间，小数点保留 1 位，单位为 s。

6.5.4 将前轴车轮置于滑轮组，后轴车轮置于高附路面，重复 6.5.2 的操作 3 次，记录后轴打滑脱困时间并计算 3 次平均脱困时间，小数点保留 1 位，单位为 s。

6.5.5 将左前轮和右后轮(或右前轮和左后轮)置于滑轮组，右前轮和左后轮(或左前轮和右后轮)置于高附路面，重复 6.5.2 的操作 3 次，记录交叉轴打滑脱困时间并计算 3 次平均脱困时间，小数点保留 1 位，单位为 s。

6.5.6 将单轮置于高附路面，其余车轮置于滑轮组，重复 6.5.2 的操作 3 次，记录单轮着地脱困时间并计算 3 次平均脱困时间，小数点保留 1 位，单位为 s。

6.5.7 低 SOC 状态，重复 6.5.2~6.5.6 步骤，记录 3 次车辆水平路面脱困时间并计算平均脱困时间，小数点保留 1 位，单位为 s。

6.5.8 将试验台调整至厂家推荐角度，保证车辆能稳定停止在滑轮组或高附路面上，重复 6.5.2~6.5.7 步骤，记录坡道角度、车辆脱困时间并计算 3 次平均脱困时间，小数点保留 1 位，单位为 s。

注：试验台处于水平状态试验为必选项，试验台处于厂家推荐角度试验为可选项。

7 试验数据记录及处理

根据 6.1~6.5 的试验方法，记录接地比压试验、坡道起步能力试验、最大爬坡度试验、垂直越障高度试验、脱困性能试验相关数据，试验完成后对数据进行保存。

附录 A
(资料性)
试验记录表

试验记录内容如下:

试验日期_____ 车辆VIN_____ 天气_____ 气压_____ kPa
风向_____ 风速_____ m/s 气温_____ °C 湿度_____ %RH
轮胎规格_____ 轮胎气压: 前_____ kPa 后_____ kPa
试验开始里程表读数_____ 试验员_____ 驾驶员_____

A. 1 接地比压试验记录表

接地比压试验记录表见表A.1

表 A.1 接地比压试验记录表

测试项目	载荷 (kg)	接地面积 (cm ²)	接地比压 (kpa)
左前轮			
右前轮			
左后轮			
右后轮			

A. 2 坡道起步能力试验记录表

坡道起步能力试验记录表见表A.2

表 A.2 坡道起步能力试验记录表

试验 序号	车头 朝向	厂定 坡度%	坡道 坡度%	载荷 (kg)	试验质量 (kg)	试验开始 SOC	试验结束 SOC	试验结果 坡度%

A.3 最大爬坡度试验记录表

最大爬坡度试验记录表见表A.3

表A.3 最大爬坡度试验记录表

试验序号	厂定坡度%	坡道坡度%	载荷(kg)	试验质量(kg)	试验开始SOC	试验结束SOC	试验结果坡度(%)

A.4 垂直越障高度试验记录表

垂直越障高度试验记录表见表A.4

表A.4 垂直越障高度试验记录表

试验序号	载荷(kg)	车辆朝向	垂直越障高度(m)	试验开始SOC	试验结束SOC	成功越障高度(m)

A.5 脱困性能试验记录表

脱困性能试验记录表见表A.5

表A.5 脱困性能试验记录表

测试项目		载荷(kg)	试验台坡度(%)	脱困时间(s)			平均脱困时间(s)
单轴脱困	前轴打滑						
	后轴打滑						
交叉轴脱困	左前轮和右后轮						
	右前轮和左后轮						
单轮脱困	左前轮						
	右前轮						
	左后轮						

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

	右后轮						
--	-----	--	--	--	--	--	--

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

8675

8675

8675