



中华人民共和国国家标准

GB 17675—XXXX

代替 GB 17675—2021

汽车转向系 基本要求

Steering system of motor vehicles—Basic requirements

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(报批稿)

(本草案完成时间：2025.10.1)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

| | |
|---------------------------------------|----|
| 前言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 3.1 基本术语 | 2 |
| 3.2 功能安全术语 | 4 |
| 3.3 其他术语 | 5 |
| 4 技术要求 | 5 |
| 4.1 对汽车的要求 | 6 |
| 4.2 对挂车的要求 | 6 |
| 4.3 失效规定 | 7 |
| 4.4 报警信号 | 10 |
| 5 试验方法 | 11 |
| 5.1 试验条件 | 11 |
| 5.2 汽车试验 | 12 |
| 5.3 挂车试验 | 12 |
| 5.4 全动力转向系统的附加试验 | 13 |
| 6 同一型式判定 | 14 |
| 6.1 与转向性能相关的同一型式判定条件（M 和 N 类车辆） | 14 |
| 6.2 与转向性能相关的同一型式判定条件（O 类车辆） | 15 |
| 6.3 与功能安全相关的同一型式判定条件 | 15 |
| 6.4 与电磁兼容相关的同一型式判定条件 | 15 |
| 7 标准的实施 | 16 |
| 附录 A（规范性） 对装有辅助转向装置（ASE）的车辆补充规定 | 17 |
| 附录 B（规范性） 功能安全要求 | 19 |
| 附录 C（规范性） 转向电子控制系统功能安全试验报告要求 | 30 |
| 附录 D（规范性） 转向电子控制系统功能安全描述要求 | 34 |
| 附录 E（规范性） 对装有液压转向传动装置的挂车的特别要求 | 36 |
| 附录 F（规范性） 汽车列车转向系统供电的特别要求 | 37 |
| 参 考 文 献 | 39 |

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。

本文件代替GB 17675—2021《汽车转向系 基本要求》，与GB 17675—2021相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了术语“转向传输装置”“主转向装置”“安全概念”“单元”“电子控制系统”“安全度量”的定义（见3.1.1.3、3.1.3.1.1、3.2.1、3.2.2、3.2.3、3.2.5，2021年版的3.1.1.2、3.1.3.1.1、3.2.1、3.2.2、3.2.3、3.2.7）；
- 删除了术语“自动转向系统”“高级驾驶人辅助转向系统”“铰接转向”“自转向”“全动力转向装置”“前轮转向”“后轮转向”“多轮转向”“混合转向传动”“挂车转向电控线路”“安全策略”“安全目标”“安全措施”“可控性”（见2021年版的3.1.1.5、3.1.1.6、3.1.3.2.2、3.1.3.2.3、3.1.3.2.5、3.1.4.1、3.1.4.2、3.1.4.3、3.1.5.4、3.1.6、3.2.5、3.2.6、3.2.8、3.2.9）；
- 增加了术语“蓄电装置”“蓄电性能”“蓄电状态”“老化效应”“能量管理系统”“供电装置”（见3.3.1、3.3.2、3.3.3、3.3.4、3.3.5、3.3.6）；
- 更改了转向电子控制系统的功能安全要求（见4.1.9，2021年版的4.1.9）；
- 更改了转向车轮、转向操纵及转向传动机构的所有机械部件的相关要求（见4.3.1.1，2021年版的4.3.1.1）；
- 更改了全动力转向主转向系统故障时的相关要求（见4.3.3.1，2021年版的4.3.3.1）；
- 更改了全动力转向控制传输内部发生故障时的相关要求（见4.3.3.2，2021年版的4.3.3.2）；
- 更改了全动力转向控制传输的动力源或供电装置发生故障时的相关要求（见4.3.3.3，2021年版的4.3.3.3）；
- 更改了全动力转向能量传输内部出现故障时的相关要求（见4.3.3.4，2021年版的4.3.3.4）；
- 更改了储能器的储能水平不足时的相关要求（见4.3.3.5，2021年版的4.3.3.5）；
- 增加了能量传输（或其一部分）与控制传输共用同一动力源或供电装置时，控制传输的动力源或供电装置发生故障情况下的相关要求（见4.3.3.6）；
- 更改了全动力转向车辆报警信号的相关要求（见4.4.2，2021年版的4.4.2）；
- 更改了汽车转向系统出现故障时的转向操纵力测量的试验要求（见5.2.5，2021年版的5.2.5.1）；
- 增加了全动力转向系统附加试验的试验方法（见5.4）；
- 增加了同一型式判定的要求（见第6章）；
- 更改了功能安全文档及验证试验的相关要求（见附录B，2021年版的附录B）；
- 增加了转向电子控制系统功能安全试验报告要求（见附录C）；
- 增加了转向电子控制系统功能安全描述要求（见附录D）。

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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出并归口。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1999 年首次发布为 GB 17675—1999，2021 年第一次修订；
- 本次为第二次修订

汽车转向系 基本要求

1 范围

本文件规定了汽车转向系统的技术要求及同一型式判定要求，描述了相应的试验方法。

本文件适用于GB/T 15089规定的M、N、O类车辆。

本文件不适用于：

- 气压传动转向系统；
- 带自动转向系统的车辆。

注：自动转向系统(autonomous steering system)指除自动驾驶系统之外，通过对车外信号的接收和传递的响应，使车辆沿着确定的或修正的路径行驶的车辆集成复合电子控制系统，驾驶人不必对车辆有主导控制权。

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、挂车及汽车列车的术语和定义 第1部分：类型
- GB/T 3730.2 道路车辆 质量 词汇和代码
- GB/T 3730.3 汽车和挂车的术语及其定义 车辆尺寸
- GB/T 5053.3 道路车辆 牵引车与挂车之间电连接器 定义、试验方法和要求
- GB/T 5563 橡胶和塑料软管及软管组合件 静液压试验方法
- GB/T 7939.3 液压传动连接 试验方法 第3部分：软管总成
- GB/T 9574 橡胶和塑料软管及软管组合件 验证压力、爆破压力与最大工作压力的比率
- GB/T 12540 汽车及汽车列车最小转弯直径、转弯通道圆和外摆值测量方法
- GB 12676 商用车和挂车制动系统技术要求及试验方法
- GB/T 15089 机动车辆及挂车分类
- GB/T 20716.1—2025 道路车辆 牵引车和挂车之间的电连接器 第1部分：24V标称电压车辆的制动系统和行走系的连接
- GB/T 20718—2006 道路车辆 牵引车和挂车之间的电连接器 12V13芯型
- GB 21670 乘用车制动系统技术要求及试验方法
- GB/T 34590（所有部分） 道路车辆 功能安全
- GB 34660 道路车辆 电磁兼容性要求和试验方法
- ISO 2575: 2021 道路车辆 操纵件、指示器及信号装置的标志（Road vehicles — Symbols for controls, indicators and tell-tales）

3 术语和定义

GB/T 3730.1、GB/T 3730.2、GB/T 3730.3、GB/T 12540、GB/T 15089、GB/T 34590.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 基本术语

3.1.1 转向系统及装置

3.1.1.1

转向系统 steering system

用于改变或保持车辆行驶方向的系统。

注：包括转向操纵装置、转向传输装置、转向车轮和供能装置（如果有）。

[来源：GB/T 35360—2017，2.1，有修改]

3.1.1.2

转向操纵装置 steering control equipment

在有或没有驾驶人直接干预的情况下，转向系统中控制转向工作的操作机构。

注：对于转向力全部或部分由驾驶人的肌肉力量提供的转向系统，转向操纵装置包括把转向操纵力通过机械、液压或电动方式转换成转向力的所有部件。

3.1.1.3

转向传输装置 steering transmission equipment

在转向操纵装置和转向车轮之间构成功能性连接、实现控制传输和/或能量传输功能的零部件组合。

注：按照控制和/或能量传输方式，转向传输装置通常分为机械式、液压式和电动式及其各种组合形式。

3.1.1.3.1

控制传输 control transmission

传送控制信号指令以控制转向装置动作的功能。

3.1.1.3.2

能量传输 energy transmission

传递能量至转向车轮以控制/调节转向的功能。

3.1.1.4

转向车轮 steered wheels

运动方向相对于汽车纵轴线能够直接或间接改变，从而控制汽车行驶方向的车轮。

注：包括转向节和主销等部件。

3.1.1.5

供能装置 energy supply equipment

转向系统中用于提供能量、控制能量分配及储存能量的装置。

注：包括贮存罐、管路、线束及介质等，但不包含发动机（发动机向助力转向系统提供能量除外）以及发动机对动力源的驱动。

3.1.1.5.1

动力源 energy source

按所需形式提供能量的部件。

3.1.1.5.2

储能器 energy reservoir

供能装置中储存能量的部件。

示例：可加压的液压蓄能器或车辆蓄电池。

3.1.1.5.3

贮存罐 storage reservoir

内部压力为常压的存储工作介质的部件。

示例：转向油罐。

3.1.2 转向参数

3.1.2.1

转向操纵力 steering control force

为车辆转向而作用在转向操纵装置上的力。

3.1.2.2

转向时间 steering time

从转向操纵装置开始动作到转向车轮达到特定转向角所需的时间。

3.1.2.3

转向角 steering angle

转向过程中车轮纵向中心对称平面与地面交线和车辆纵轴线在地面的投影所形成的交角。

3.1.2.4

转向力 steering force

经由转向传输装置传输的用以驱动转向车轮转动的所有的力。

3.1.2.5

转向圆 turning circle

当车辆在一个圆内行驶时，车辆上所有点（不包括外间接视野装置和前转向信号灯）在地平面上的投影的最大的圆。

3.1.2.6

转向操纵输入有效半径 nominal radius of steering control

在操纵转向盘时从转向盘旋转中心到转向盘轮缘的最小尺寸，或当采用其他操纵形式，从旋转中心到转向操纵力输入点（当存在多个这样的点，取作用力最大的点）的距离。

3.1.3 转向系统形式

3.1.3.1 汽车

3.1.3.1.1

主转向装置 main steering equipment

转向系统中主要确定车辆行驶方向的装置。

注1：主转向装置一般包括人力转向、助力转向、全动力转向三种形式。

注2：人力转向（manual steering）指转向力仅来源于驾驶人提供的转向操纵力。

3.1.3.1.1.1

助力转向 power assisted steering

转向力来源于驾驶人的操纵力和一个或多个供能装置，包括当转向系统完好时，转向力仅由一个或多个供能装置提供，当转向系统（带助力装置）出现故障后，转向力仍能通过驾驶人人力提供以完成转向动作的情况。

3.1.3.1.1.2

全动力转向 full-power steering

转向力完全来源于一个或多个供能装置。

3.1.3.1.2

随动转向装置 self-tracking steering equipment

仅当车轮受到来自地面的作用力和/或力矩时才改变某个或多个非转向车轮转向角的装置。

3.1.3.1.3

辅助转向装置 auxiliary steering equipment; ASE

M和N类车辆上,除了主转向装置提供的转向角外,为调整车辆转向品质而附加的另一装置,能使转向车轮和/或其他车轴上的车轮(前和/或后)调节相同或相反的转向角。

3.1.3.2 挂车

3.1.3.2.1

挂车随动转向装置 trailers self-tracking steering equipment

仅当挂车车轮受到来自地面的作用力和/或力矩时才改变某个或多个车轮转向角的装置。

3.1.3.2.2

附加转向装置 additional steering equipment

根据不同的操纵目的,选择性地对挂车一个或多个车轴的转向角进行调节的独立于牵引车主转向装置的装置。

注1: 挂车转向系统形式一般包括挂车随动转向装置、铰接转向、自转向、附加转向装置、挂车全动力转向装置等。

注2: 铰接转向(articulated steering)指当车辆行驶时,转向运动通过牵引车和挂车间铰接机构,使牵引车和挂车纵轴线之间形成相对角度,来改变牵引车行驶方向而产生转向力的装置。

注3: 自转向(self-steering)指当车辆行驶时,转向运动通过挂车车架或替代载荷的纵轴线与牵引杆和转盘架纵轴线所形成的角度,来改变牵引车行驶方向而产生转向力的装置。

注4: 挂车全动力转向装置(trailers full-power steering equipment)指转向力完全由一个或多个供能组件提供的装置。

3.1.4 转向传动形式

3.1.4.1

机械转向传动 purely mechanical steering transmission

转向力完全由机械机构传递。

3.1.4.2

液压转向传动 purely hydraulic steering transmission

转向力至少在某一传递环节中完全由液压传递。

3.1.4.3

电动转向传动 purely electric steering transmission

转向力至少在某一传递环节中完全由电动传递。

注1: 转向传动形式一般包括机械转向传动、液压转向传动、电动转向传动、混合转向传动等。

注2: 混合转向传动(hybrid steering transmission)指部分转向力由3.1.4.1、3.1.4.2和3.1.4.3中某一种方式传递,而另一部分则由另一种方式传递。如果用于传动的机械部分仅为了提供驾驶人路感,而其传递的转向力对整个系统可以忽略,则视其为液压或电动转向传动。

3.2 功能安全术语

3.2.1

安全概念 safety concept

在系统设计时,为保障系统在故障和非故障条件下仍能安全运行,使其不会对车辆乘员和其他道路使用者造成不合理的安全风险所采取的安全措施。

注: 提供部分功能或切换至备份系统可能是安全概念的一部分。

3.2.2

单元 unit

系统组件的最小划分，能组合构成可识别、分析或更换的单独实体。

3.2.3

电子控制系统 electronic control system

通过电子数据处理方式协同实现车辆控制功能的一系列单元的组合。

注：该系统通常通过软件控制，由传感器、控制器和执行器等独立的功能组件构成，并通过传输链相连接。该系统通常包括机械、电子-气压及电子-液压等单元。

3.2.4

传输链 transmission links

为了传输信号、运行数据或能量供给而用于连接内部单元的方式。

注：通常是电子的，或是机械、气动、液压的。

3.2.5

安全度量 safety metric

为符合安全目标而给定的具体技术参数的量化值。

3.3 其他术语

3.3.1

蓄电装置 electrical storage device

能够储存电能并向全动力转向系统的传输装置提供电能的装置或装置的组合。

注：为转向回路提供能量而串联和/或并联的多个蓄电装置视为一个蓄电装置。蓄电装置是一种储能器。

3.3.2

蓄电性能 performance of an electrical storage device

蓄电装置在完全充电时提供功率（W）和电量（Wh）的能力。

3.3.3

蓄电状态 state of an electrical storage device

当前蓄电装置提供功率（W）和电量（Wh）的能力。

3.3.4

老化效应 effect of ageing

因时间、使用和环境等因素导致的蓄电性能的不可逆衰减。

3.3.5

能量管理系统 energy management system

监测影响蓄电性能和蓄电状态的关键变量（例如电压、温度、内阻、老化效应、荷电状态、功耗、充电循环等），并推断蓄电装置的实际能力是否满足本文件性能要求的系统。

注：能量管理系统不必是全动力转向系统的一部分。

3.3.6

供电装置 electrical supply

为转向系统的蓄电装置提供电能的装置。

示例：电池、可充电储能系统（REESS）、发电机、燃料电池等或这些零部件的组合。

4 技术要求

4.1 对汽车的要求

4.1.1 转向系统的设计应确保车辆在其最大设计车速范围内转向操纵的轻便性和安全性。转向系统完好时，按照 5.2.1 进行试验时，转向系统不应有异常振动。按照 5.2.2 进行试验时，汽车应具有自动回正能力。在表 1 规定的转向时间和转向半径的条件下，汽车的转向操纵力应满足表 1 的要求。如果车上安装了辅助转向装置，还应满足附录 A 的要求。本文件所列的圆周运动均指沿转向圆运动。

表 1 转向系统完好时转向操纵力要求

| 车辆类别 | 转向时间 s | 转向半径 m | 转向操纵力 N |
|---|-----------|-----------|------------|
| M ₁ | ≤4 | 12 | ≤150 |
| M ₂ | ≤4 | 12 | ≤150 |
| M ₃ | ≤4 | 12 | ≤200 |
| N ₁ | ≤4 | 12 | ≤200 |
| N ₂ | ≤4 | 12 | ≤250 |
| N ₃ | ≤4 | 12 | ≤200 |
| 注：对于M ₃ 和N ₃ 类车辆，如果转向半径无法小于12 m，则使用转向车轮的最大转角，并锁定位置后进行转向操纵力测试。 | | | |

4.1.2 在汽车的最大设计速度范围内，当驾驶人无异常转向修正行为和转向系统无异常振动时，不应因转向系统影响汽车直线行驶性能。

4.1.3 汽车转向操纵的方向应与其行驶方向相一致，且转向角应与转向操纵装置的偏转连续对应。

对于辅助转向装置，本条要求不适用。

对于全动力转向系统，当车辆处于静止时，或在车速不超过 15 km/h 的条件下行驶，或系统没有启动时，本条不做要求。

4.1.4 转向系统的设计、制造和装配应能承受车辆或车辆组合正常使用状态下的载荷，应保证在无需拆卸的情况下能够借助常规的测量装置、检查方法或试验方法检查其工作状态。除非专门设计，否则转向传输装置的任何部分不应限制最大转向角。

4.1.5 转向传动系统中的可调节部件应能锁止。

4.1.6 汽车的转向车轮不应仅是后车轮。

4.1.7 转向系统可以和其他系统共用同一能源供应。但如果任何与转向系统共用相同能源的系统发生故障，转向系统仍应满足 4.3 中故障时的相关转向功能。

4.1.8 与汽车转向相关的车辆电气控制系统的抗扰性能应满足 GB 34660 的要求。

4.1.9 转向电子控制系统的功能安全要求应满足附录 B 的要求。转向电子控制系统功能安全试验报告应满足附录 C 的要求。转向电子控制系统功能安全描述要求应满足附录 D 的要求。

4.2 对挂车的要求

4.2.1 当汽车列车向前直行，挂车应与牵引车行驶方向一致。若挂车无法自动保持直线行驶，应配备相应的调节装置。半挂车的后车轮可为转向车轮。

4.2.2 牵引车在水平路面上直线行驶，在最大设计速度范围内，当驾驶人无转向修正行为和转向系统无异常振动时，挂车不应因其转向系统影响车辆直线行驶性能。

4.2.3 汽车列车以 (25±1) km/h 和 5 km/h 的车速匀速沿 25 m 半径的转向圆进行稳态转向，分别测量挂车最后面的外边缘所划过的轨迹圆半径，(25±1) km/h 和 5 km/h 车速时的轨迹圆半径之差应不大于

0.7 m。

4.2.4 汽车列车以 25 km/h 的速度驶离 25 m 半径的转向圆时，牵引车沿驶离起点为切点的切线 40 m 的范围内（挂车后端计），挂车的任何部位在地面的投影都不应超出半径 25 m 转向圆的切线 0.5 m，即挂车驶离转向圆时的外摆值 (η) 不大于 0.5 m，如图 1 所示。继续直线行驶，挂车应满足 4.2.2 的要求。

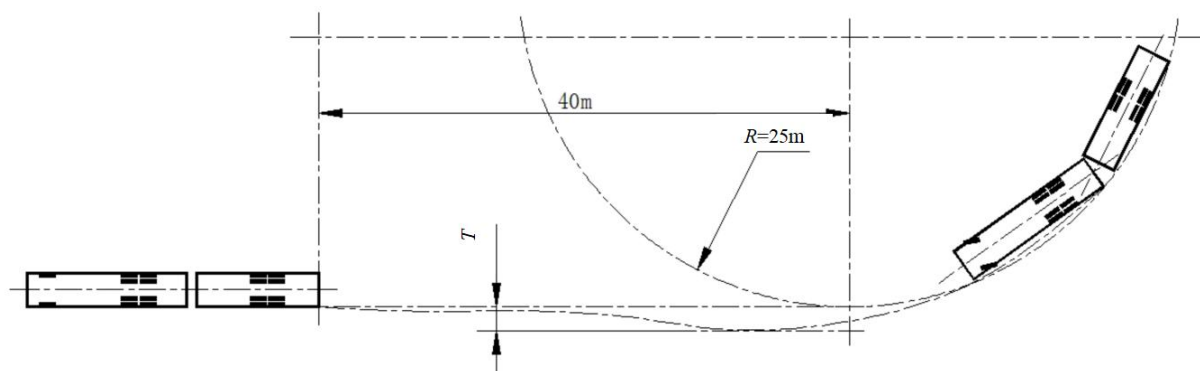


图 1 挂车驶离时外摆值要求

4.2.5 对于具有多个转向车轴的牵引杆挂车和半挂车以及至少有一个转向车轴的中置轴挂车，应满足 4.2.2、4.2.3、4.2.4 的要求。当装有挂车随动转向装置时，满载条件下，非转向或铰接转向的车轴与挂车随动转向车轴之间的轴荷比至少应大于 1，若非转向与随动转向车轴的轴荷比大于或等于 1.6，则不必进行 5.3 的试验。

4.2.6 挂车转向系统，若采用液压转向传动，则应满足附录 E 的要求。

4.2.7 向挂车转向系统提供电能的汽车和利用汽车的电能实施转向的挂车，应满足附录 F 的相关要求。

4.2.8 挂车转向传动系统中的可调节部件应能锁止。对于半挂列车，当需要断开转向传动时，系统应设有锁止机构，保证零部件的正确定位连接；如果采用自动锁止，则应设置额外的手动锁止机构。

4.2.9 与挂车转向相关的车辆电气控制系统的抗扰性能应满足 GB 34660 的要求。

4.3 失效规定

4.3.1 一般规定

4.3.1.1 转向车轮、转向操纵及转向传动机构的所有机械部件，应不易损坏，易于维护，且安全特性不低于安装于车辆上的其他关键部件（如制动系统）。如果这些部件出现故障会使车辆失控，则这些部件应为金属或具有同等特性材质制成（如相似的强度和疲劳寿命），且在转向系统正常工作时不应出现显著变形。

4.3.1.2 除特殊要求外，如果转向系统存在故障，则假设任何时候都只发生一个故障，且同一个转向机构上的两个车轴应视为一个车轴。

4.3.1.3 车辆即使出现转向系统故障，也应满足 4.1.2、4.1.3 的相应要求。

4.3.1.4 除机械传动机构外的任何传输失效，应按 4.4 的规定提示驾驶人。当出现故障时，允许平均转向传动比出现变化，但在表 2 规定的转向时间和转向半径的条件下，转向操纵力不应超出表 2 所规定的值。

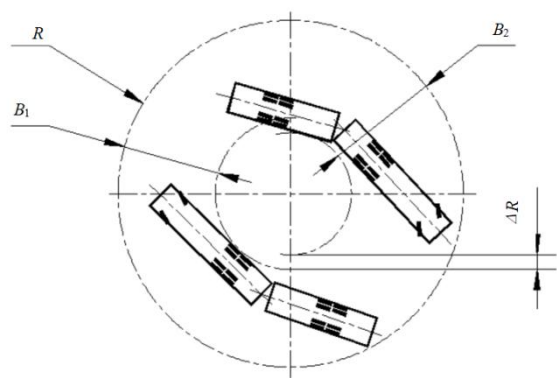
注：平均转向传动比指转向盘从一侧极限位置到另一侧极限位置时所转过的角度，与转向车轮转过的平均转角（左右转向车轮转角之和的一半）之间的比值。

表 2 转向系统出现故障后转向操纵力要求

| 车辆类别 | 转向时间 s | 转向半径 m | 转向操纵力 N |
|-----------------------------|-----------|-----------|------------|
| M ₁ | ≤4 | 20 | ≤300 |
| M ₂ | ≤4 | 20 | ≤300 |
| M ₃ ^a | ≤6 | 20 | ≤450 |
| N ₁ | ≤4 | 20 | ≤300 |
| N ₂ | ≤4 | 20 | ≤400 |
| N ₃ ^a | ≤6 | 20 | ≤450 |

^a 除汽车随动转向装置外的双转向轴或多转向轴非铰接式车辆的转向操纵力应不大于 500 N。

4.3.1.5 对于汽车列车，在转向系统出现故障时仍应符合 4.2.1 的要求。并且，按照 5.3.4 进行试验，如果转向系统有故障的汽车列车行驶所扫过的转弯通道宽度大于 8.3 m，则与转向系统完好时所测得的对应值相比的增幅不应超过 15%，且其扫过的圆环的外半径不应增大，如图 2 所示。



标引符号说明：

- R ——转弯通道圆外半径，即试验转向圆半径，单位为米（m）；
- B_1 ——转向系统完好状态下转弯通道宽度，单位为米（m）；
- B_2 ——转向系统故障状态下转弯通道宽度，单位为米（m）；
- ΔR ——转向系统故障和完好时转弯通道圆内圆半径差，单位为米（m）。

R 应为0.67倍的车长，且不小于12.5 m。
当 B_2 大于8.3 m时， $(B_2 - B_1) / B_1$ 应不大于15%，且 R 值不应变大。
注：中心线左侧为转向系统完好状态,右侧为转向系统故障状态。

图 2 挂车转向系统完好或出现故障时转向通道宽度要求

4.3.2 助力转向系统

动力源或能量传输出现除4.3.1.1中所列部件外的故障时，转向角不应发生突变。只要车速能超过 10 km/h，则出现故障后的转向操纵力应满足表2的要求。

4.3.3 全动力转向系统

4.3.3.1 车辆在出现 4.4.2.1 a) 所警示的主转向系统故障时, 在故障未排除前车辆应在有限时间内限速至不大于 10 km/h 的车速行驶。

4.3.3.2 当控制传输内部发生故障, 除 4.3.1.1 列出的部件外, 对于完整的转向系统, 车辆应仍能按 4.1、4.2 中转向系统完好时的性能要求进行转向。

4.3.3.3 当控制传输的动力源或供电装置发生故障时(该故障导致车辆驱动力丢失的情况除外), 车辆应在车速 10 km/h、回转半径 20 m 条件下, 至少能完成 24 次绕“8”字回转操作, 且期间转向操纵力应符合表 1 的要求。若能量传输(或其一部分)与控制传输共用同一动力源或供电装置, 车辆可满足 4.3.3.6 的要求作为替代方案。

4.3.3.4 当能量传输内部出现故障应满足以下要求。

- a) 除 4.3.1.1 中所列部件外, 转向角不应发生突变。
- b) 只要车辆能以大于 10 km/h 的车速行驶, 应按 10 km/h 至少进行 25 次绕“8”字回转, 每次回转半径 20 m; 若依据制造商的安全概念无法完成规定的 25 次绕“8”字回转操作(如在完成 25 次绕“8”字之前车速已被限制到 10 km/h 以下), 制造商应按照附录 B 的要求提供相关说明, 期间转向操纵力应符合表 2 的要求。
- c) 若车辆通过自动控制的方式降低车速, 在检测到故障至少 60 s 之后, 才准许车辆进行自动减速, 最大减速度请求不应超过 2 m/s^2 ; 若车辆的纵向运动由另一系统控制(例如自动紧急制动系统/自适应巡航控制系统), 允许使用高于 2 m/s^2 的减速度和/或在更早的时间点减速。

4.3.3.5 车辆应在储能器的储能水平不足时发出警告信号, 该储能水平应是制造商按附录 B 提交的相关说明中描述的最恶劣情况, 并考虑温度和老化对电池性能的影响。对于 5.4.3、5.4.4、5.4.6 中所述试验开始时的储能水平, 应是驾驶人收到该储能不足警示时的储能状态。

4.3.3.6 当能量传输(或其一部分)与控制传输共用同一动力源或供电装置时, 若采用 4.3.3.3 中描述的替代方案, 则应满足以下要求。

- a) 当控制传输的动力源或供电装置发生故障后, 车辆应能进入如下状态, 期间转向操纵力应符合表 1 的要求:
 - 1) 如果该故障不影响制动系统满足 GB 21670 或 GB 12676 规定的行车制动性能, 则车辆应减速至不大于 10 km/h 或车辆减速至停车;
 - 2) 如果该故障导致制动系统无法满足 GB 21670 或 GB 12676 规定的行车制动性能, 则车辆应减速至停车。
- b) 当控制传输的动力源或供电装置发生故障时(该故障导致车辆驱动力丢失的情况除外), 应在能量水平降至车辆无法完成 4.3.3.6 c) 规定的变道操作前达到 4.3.3.6 a) 的状态, 系统应利用剩余能量, 最大限度延长达到 4.3.3.6 a) 规定状态前的时间, 制造商应按照附录 B 提交相关说明。
- c) 当控制传输的动力源或供电装置发生故障后, 车辆应在 90 s 内以 $(20 \pm 2) \text{ km/h}$ 的车速完成规定次数的连续变道: 对于 M_1 及 N_1 类车辆应完成 18 次变道; 对于 M_2 、 M_3 、 N_2 及 N_3 类车辆应完成 9 次变道。变道操作应左、右交替进行且每次变道的横向位移至少为 3 m。如果依据制造商的安全概念无法完成上述规定次数的变道, 则剩余次数的变道操作可根据安全概念在更低的车速下进行。
- d) 车辆达到 4.3.3.6 a) 状态的最大减速度请求应符合下列要求:
 - 1) 最大减速度请求不超过 2 m/s^2 ;
 - 2) 当使用更高的减速度才能满足 4.3.3.6 b) 及 4.3.3.6 c) 的要求时, 允许减速度请求增加到 4 m/s^2 , 并按照附录 B 提交相关说明;

- 3) 如果车辆的纵向运动由另一系统控制（例如自动紧急制动系统/自适应巡航控制系统），允许车辆使用更高的减速度；
- 4) 允许驾驶人提前刹停车辆。
- e) 除非 4.3.3.6 b) 和/或 4.3.3.6 d) 中规定的其他纵向运动控制功能被激活（例如自动紧急制动系统/自适应巡航控制系统），车辆应在探测到故障 60 s 之后才准许开始自动减速。
- f) 当控制传输的动力源或供电装置发生故障后，车辆应发出报警信号，并动态提醒驾驶人开始自动减速的时刻（例如状态条），提示驾驶人安全停车；自动减速开始时，车辆应激活危险警告信号；驾驶人手动操作转向灯的情况下，危险警告信号应被覆盖。
- g) 当车辆根据制造商提供的安全概念达到静止状态时，应通过自动控制或提醒驾驶人操作的方式，并提供足够的能量保持车辆静止（例如施加电子驻车制动）。
- h) 蓄电装置应配备能量管理系统并满足下列要求。
 - 1) 能量管理系统应能确定蓄电装置向转向传输装置提供所需电能的能力，并按照本文件要求发出报警信号；车辆处于“ON”（如 RUN）位置时，若能量管理系统对蓄电装置的评估尚未完成，应点亮红色报警信号，直至确认蓄电装置处于安全状态；该报警信号可使用 4.4.2.1 a) 规定的红色报警信号。
 - 2) 能量管理系统应能准确识别 4.4.2.2 规定的报警信号触发条件并考虑各变量对蓄电装置的蓄电性能及蓄电状态的影响，制造商应按照附录 B 提交相关说明。
 - 3) 若能量管理系统或其输入发生故障导致无法评估蓄电状态，应在检测到故障时点亮红色报警信号，并同时发出声学信号，声学信号的发出可以是短暂的，但只要故障持续存在，光学报警信号应保持点亮状态，可使用 4.4.2.1 a) 规定的红色报警信号；如果按照制造商的安全概念，上述故障会影响转向功能，应按照附录 B 提交相关说明；在发生上述故障的情况下，若能量管理系统仍然能够评估蓄电状态，则可仅点亮 4.4.2.1 b) 规定的黄色报警信号。
- i) 对于能量管理系统，应提供下列资料及文件。
 - 1) 能量管理系统相关技术文件：
 - 能量管理系统概述，对架构、组件以及功能进行说明；
 - 蓄电装置监测原理描述；
 - 能量管理系统对蓄电装置的蓄电状态及蓄电性能监测的算法和逻辑的说明信息；
 - 能量管理系统对蓄电装置蓄电状态及性能监测需要的输入变量列表；
 - 输入变量对能量管理系统报警能力的影响。
 - 2) 相关的验证测试及文件：
 - 4.4.2.1 a) 及 4.4.2.1 b) 规定的报警信号阈值或判定准则；
 - 能量管理系统精确度验证测试报告；
 - 运行条件描述，如温度、电池老化等；
 - 影响能量管理系统精确度的边界条件（如温度、电池老化等）；
 - 与转向能力相关的能量管理系统失效或其输入失效的响应策略；
 - 对 4.4.2.2 适用的测试方法。

4.4 报警信号

4.4.1 一般规定

4.4.1.1 转向系统应通过汽车明确地给驾驶人警示任何有损转向功能的非机械性故障。除 4.1.2 的要求外，转向系统的异常振动可作为系统故障的附加提示信号。突然增大的汽车转向操纵力，也是一种报警信号；至于挂车，允许使用机械报警装置。

4.4.1.2 视觉报警信号应工作可靠，即使在白天也应可见且容易为驾驶人所识别；报警装置部件的故障不应影响转向系统性能。

4.4.1.3 听觉报警信号应是驾驶人容易识别的、连续或间歇的声音信号或语音信息。如报警采用语音信息，应包含中文语音。

4.4.1.4 如果转向系统和其他系统共用同一动力源，因储能器储能水平下降或贮存罐内介质减少而导致转向操纵力增大时，系统应向驾驶人提供听觉或视觉报警；如果转向系统和制动系统共用同一动力源，该报警信号可以和制动故障信号共用同一信号装置。

4.4.2 全动力转向车辆的报警信号

4.4.2.1 带有全动力转向的车辆出现转向故障时应能按照下列要求发出报警信号：

- a) 红色类报警信号：指汽车主转向系统出现 4.3.1.4 所述的故障，且如果发生额外的故障可能导致完全丧失转向能力的情况，红色报警信号也可用于其他类型的故障；
- b) 黄色类报警信号：用以表示达不到红色报警边界条件的转向系统电气自检缺陷；
- c) 如报警信号用符号表示，则应符合 ISO 2575:2021 中规定的符号 J 04（ISO/IEC 注册号 ISO 7000-2441）；
- d) 车辆的转向报警信号应具有自检功能，当车辆（和转向系统）的电气设备通电时，上述报警信号应点亮。在车辆静止的情况下，如转向系统确认无任何失效或故障发生，报警信号应熄灭。对应某些应点亮上述报警信号、但在静态检测时未被发现的特定故障或失效，一旦被检测到，这些故障或失效信息应被存储，且只要故障或失效仍然存在，当车辆处于“ON”（如 RUN）位置时，上述报警信号应持续显示。

4.4.2.2 车辆若装备 4.3.3.6 h) 规定的能量管理系统时，应按照以下要求发出报警信号：

- a) 在老化效应的影响下，蓄电性能无法满足 4.3.3.6 c) 的要求时，应立即发出 4.4.2.1 规定的黄色报警信号，同时向驾驶人提供蓄电装置需要维护检查的信息（例如额外的报警符号，文字提示）；
- b) 当蓄电状态不满足 4.3.3.6 c) 的要求时，应在 60 s 内发出 4.4.2.1 规定的黄色报警信号。此外，当蓄电状态不足以完成 4.3.3.6 c) 规定的一半次数的变道操作时，应发出红色报警信号。

4.4.3 挂车附加转向装置的报警信号

在挂车附加转向装置处于工作状态和/或该系统所产生的转向角没有回到正常位置的情况下，转向系统应向驾驶人发出警示信号。

5 试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 试验应在水平且附着系数不低于 0.8 的路面上进行。

5.1.2 试验过程中，车辆最大允许总质量和转向车轴最大允许轴荷应为设计的最大值。如果车轴配置有 ASE 装置，则在车辆加载到最大允许总质量且装备 ASE 车轴加载至最大允许轴荷的条件下再进行一次试验。

5.1.3 试验前,在车辆静止的状态下,轮胎应充气至 5.1.2 要求轴荷下相对应的规定压力。

5.1.4 对任何全部或部分使用电能的系统,所有性能试验均应在共享同一供能装置的所有基本系统或系统组件的实际或模拟电力负荷条件下进行。基本系统应至少包括照明、挡风玻璃雨刮、发动机管理和制动系统。

5.2 汽车试验

5.2.1 汽车驶离转向圆时异常振动的测试

汽车在下述车速下,沿切线方向离开半径 50 m 圆周时转向系统没有异常振动:

—— M_1 类车辆: 50 km/h;

—— M_2 、 M_3 、 N_1 、 N_2 和 N_3 类车辆: 40 km/h,当设计最高车速低于 40 km/h 时以设计最高车速为准。

5.2.2 汽车转向回正能力的测试

当车辆转向车轮转到约最大转向角的一半,且车速不低于 10 km/h 时,放开转向操纵装置输入,车辆维持在原来的转向半径轨迹上或转向半径变大。

5.2.3 汽车转向操纵力测量时对毛刺信号的处理

在对转向操纵力测量的过程中,持续时间短于 0.2 s 的转向操纵力不计算在内。

5.2.4 汽车转向系统完好时转向操纵力的测量

汽车以 10 km/h 的车速从直线行驶进入转向行驶状态。对转向盘在转向操纵输入有效半径上的转向操纵力进行测试。汽车在转向半径达到表1所示的转向圆时,在表1规定的转向时间内,测量施加的转向操纵力是否满足表1的要求。记录转向操纵力输入。转向操纵力的测量左右各做1次。

5.2.5 汽车转向系统出现故障时转向操纵力的测量

汽车以 10 km/h 的车速从直线行驶进入转向行驶状态。对转向盘在转向操纵输入有效半径上的转向操纵力进行测试。汽车在转向半径达到表2所示的转向圆时,在表2规定的转向时间内,测量施加的转向操纵力是否满足表2的要求,记录转向操纵力输入。转向操纵力的测量左右各做1次。对于带助力的转向系统,至少包括助力失效时转向操纵力的测量;对于无助力的转向系统,制造商提供转向系统失效模式。对于全动力转向系统,按照5.4全动力转向系统的附加试验进行试验。

5.3 挂车试验

5.3.1 进行汽车列车直线行驶和异常振动试验时,牵引车在水平路面上以 80 km/h (当最高车速低于 80 km/h 时按其产品设计的最高车速)直线行驶时,判断挂车是否有大的方向偏差(转向系统造成的)或转向系统内异常振动。

5.3.2 汽车列车以 (25 ± 1) km/h 和 5 km/h 的车速匀速沿 25 m 半径的转向圆进行稳态转向,分别测量挂车最后面的外边缘所划过的轨迹圆半径,判断 (25 ± 1) km/h 和 5 km/h 车速时的轨迹圆半径之差是否满足 4.2.3 的要求。

5.3.3 汽车列车以 25 km/h 的速度驶离 25 m 半径的转向圆进行驶离时外摆值试验,判断挂车驶离时外摆值是否符合 4.2.4 的要求。

5.3.4 汽车列车以不大于 5 km/h 的速度绕一个恒定半径的圆(牵引车辆前外角轨迹半径为汽车列车长度的 0.67 倍,但不小于 12.5 m)行驶,进行转向系统完好和故障时的转向通道宽度试验,测量转向通道宽度是否符合 4.3.1.5 的要求。

5.3.5 5.3.2、5.3.3和5.3.4中规定的试验，被测车辆左右转向各做1次。

5.4 全动力转向系统的附加试验

5.4.1 检查制造商是否提交下列文档：

- a) 制造商对全动力转向系统的降级策略及整车电源的架构设计；
- b) 制造商证明满足全动力转向系统的附加试验的资料或声明；
- c) 与本文件规定相关的其他资料。

5.4.2 启动车辆，按照制造商提供的方法模拟车辆发生4.4.2.1 a)所警示的主转向系统故障，检查车辆是否发出4.4.2.1 a)要求的报警信号，确认在故障未排除前车辆是否能在有限时间内将车速限制到10 km/h。

5.4.3 按照制造商提供的方法模拟控制传输内部发生故障，并按5.2、5.3的要求进行转向试验，确认除4.3.1.1列出的部件外，对于完整的转向系统，车辆是否仍能满足4.1、4.2对车辆的要求。

5.4.4 按照制造商提供的方法模拟控制传输的动力源或供电装置发生故障，调整全动力转向系统的储能水平至4.3.3.5要求的水平，启动车辆将车速稳定在10 km/h进行24次半径为20 m的绕“8”字回转试验，确认试验期间转向操纵力是否满足4.1的要求。

确认能量传输（或其一部分）是否与控制传输共用同一动力源或供电装置，若共用，则按照5.4.5作为替代方案。

5.4.5 如果能量传输（或其一部分）与控制传输共用同一动力源或供电装置，按照制造商提供的方法模拟控制传输的动力源或供电装置发生故障，进行下列试验。

- a) 调整全动力转向系统的储能水平至4.3.3.5要求的水平并按下列步骤进行试验：
 - 1) 将车辆加速至制造商提供的车速，进行GB 21670或GB 12676规定的0型脱开试验，检查发生故障后车辆制动系统是否满足GB 21670或GB 12676规定的行车制动性能；
 - 2) 确认车辆试验期间是否能够按照制造商提供的方法达到4.3.3.6 a)规定的状态，且试验期间转向操纵力是否满足4.1的要求；
 - 3) 采集车辆的减速度数据，确认车辆试验期间能够达到的最大自动制动减速度是否不超过 2 m/s^2 。若最大自动制动减速度大于 2 m/s^2 ，则按照制造商依据附录B提交的相关说明进行试验，确认减速度是否不大于 4 m/s^2 。
- b) 调整全动力转向系统的储能水平至4.3.3.5要求的水平，并按下列步骤进行试验。
 - 1) 车辆以 $(20 \pm 2)\text{ km/h}$ 的车速行驶，对于 M_1 及 N_1 类车辆，检查是否能在90 s内完成18次左、右交替的连续变道，对于 M_2 、 M_3 、 N_2 及 N_3 类车辆，检查是否能完成9次左、右交替的连续变道。如果由于制造商的安全概念导致无法以规定的车速完成规定次数的连续变道，则根据制造商依据附录B提交的相关说明，在更低的车速下完成剩余的变道试验。
 - 2) 采集车辆的车速、行驶轨迹等数据，确认每次变道的横向位移是否达到3 m。采集车辆的减速度数据，确认车辆试验期间能够达到的最大自动制动减速度，若最大自动制动减速度大于 2 m/s^2 ，确认减速度是否不大于 4 m/s^2 且符合制造商依据附录B提交的相关说明。
- c) 按照制造商提供的方法模拟控制传输的动力源或供电装置发生故障，检查车辆是否发出报警信号，确认其信息是否包括提示驾驶人刹停车辆以及车辆开始自动减速时刻的动态提醒（例如状态条）。
- d) 确认进行5.4.5 b)和5.4.5 c)试验中其他纵向运动控制功能不激活（例如自动紧急制动系统/自适应巡航控制系统），采集进行5.4.5 b)和5.4.5 c)试验期间车辆探测到故障后开始自动减速的时间，确认该时间是否大于或等于60 s。自动减速开始时，确认车辆是否发出危险警告信号，检查驾驶人手动操作转向灯时危险警告信号是否被覆盖。

- e) 检查车辆达到静止状态后车辆是否能够自动驻车或提醒驾驶人进行手动驻车，且驻车操作后驻车制动器是否能够正确夹紧。
- f) 检查车辆蓄电装置是否配备能量管理系统且满足如下要求。
 - 1) 检查能量管理系统是否能够对蓄电装置进行持续评估，确认蓄电装置向转向传输装置提供所需电能的能力随着时间的推移是否满足本文件的性能要求，并按照本文件的要求发出报警信号。检查车辆处于“ON”（如 RUN）位置时，若能量管理系统对蓄电装置的评估尚未完成，是否点亮红色报警信号直至确认蓄电装置处于安全状态。
 - 2) 按照制造商提供的方法模拟 4.4.2.2 规定的报警信号触发条件，确认能量管理系统是否能准确识别。检查制造商提供的文件是否包含各变量对蓄电装置的蓄电性能及蓄电状态的影响以及在不同条件下（例如温度变化）进行试验验证的方式，确认能量管理系统的准确度是否在所有运行条件下（例如不同环境条件）均满足要求。
 - 3) 按照制造商提供的方法模拟能量管理系统或其输入发生故障导致无法评估蓄电状态，确认车辆在检测到故障时是否点亮红色报警信号，同时发出声学信号。如果按照制造商的安全概念上述故障会影响转向功能，确认是否按照附录 B 提交相关说明。在发生上述故障的情况下，如能量管理系统仍然能够评估蓄电状态，确认车辆是否点亮 4.4.2.1 b) 规定的黄色报警信号。
- g) 按照制造商提供的方法模拟蓄电装置老化导致无法满足 4.3.3.6 c) 规定的性能，检查车辆是否立即发出 4.4.2.2 a) 规定的黄色报警信号，并同时向驾驶人发出蓄电装置需要维护检查的信息（例如额外的报警符号、文字提示）。
- h) 按照制造商提供的方法模拟蓄电装置的蓄电状态，检查当蓄电状态不满足 4.3.3.6 c) 的要求时，是否在 60 s 内发出 4.4.2.1 b) 规定的黄色报警信号。此外，检查当蓄电装置的蓄电状态不能完成 4.3.3.6 c) 规定的一半次数的变道操作时，是否发出红色报警信号。

5.4.6 按照制造商提供的方法模拟能量传输内部出现故障，确认除 4.3.1.1 中所列部件外，转向角是否发生突变，并按以下步骤进行试验：

- a) 调整全动力转向系统的储能水平至 4.3.3.5 要求的水平；
- b) 启动车辆将车速稳定在 10 km/h（或按制造商提供的方式）进行 25 次半径为 20 m 的绕“8”字回转试验，确认试验期间转向操纵力是否满足 4.3 的要求；
- c) 试验期间，如车辆通过自动控制的方式降低车速，采集车辆的减速度变化曲线及全动力转向系统检测到故障进行自动减速的时间点，确认自动减速的时间点是否在检测到故障发生 60 s 后，确认期间车辆的最大减速度是否不超过 2 m/s^2 。

5.4.7 检查达到 5.4.4、5.4.5、5.4.6 中所述试验开始前的储能水平时，车辆是否向驾驶人发出警告信号。

5.4.8 检查车辆的转向报警信号是否具有自检功能，确认当车辆（和转向系统）的电气设备通电时，报警信号是否点亮。在车辆静止的情况下，检查转向系统确认无任何失效或故障发生时，报警信号是否熄灭。检查制造商提供的文档，确认所有应点亮红色或黄色报警信号但在静态检测时未被发现的特定故障或失效一旦被检测到，这些故障或失效信息是否被存储，且只要故障或失效仍然存在，当车辆处于“ON”（如 RUN）位置时，上述报警信号是否持续显示。

6 同一型式判定

6.1 与转向性能相关的同一型式判定条件（M 和 N 类车辆）

在进行4.1、4.3、4.4.1、4.4.2、5.2、5.4规定的汽车转向性能相关试验时，与已获型式批准的车型相比若符合下述规定，则视为同一型式。

——与转向性能相关的车辆参数，包括：

- 轮距变化小于5%；
- 轴距相同或减小（任意相邻两轴）；
- 转向桥（轮）满载轴（轮）荷相同或减少，或增加不超过5%。

——转向系统，包括：

- 转向系统结构布置相同；
- 转向装置（包括主转向装置、辅助转向装置、随动转向装置及助力装置）形式相同；

注1：主转向装置形式一般包括人力转向、助力转向或全动力转向。转向助力形式一般包括真空助力、液压助力或电动助力等。

注2：辅助转向装置形式一般包括机械、液压、电动或以上形式的组合。

- 转向器形式、型号及生产企业相同；
- 转向操纵输入有效半径相同或增加；
- 辅助转向装置型号及生产企业相同，且辅助转向装置所在车轮能实现的最大转向角度相同。

——转向电子控制系统型号、生产企业及软件版本相同，但在不影响转向性能的前提下允许软件版本不同。

6.2 与转向性能相关的同一型式判定条件（0类车辆）

在进行4.2、4.4.3、5.3规定的挂车转向性能相关试验时，与已获型式批准的车型相比若符合下述规定，则视为同一型式。

——与转向性能相关的车辆参数，包括：

- 轮距变化小于5%；
- 轴距相同或减小；
- 车宽相同或减小；
- 后悬相同或减小。

——转向系统，包括：

- 转向系统结构布置相同；
- 转向系统形式相同；
- 转向传动形式相同；
- 转向器型号及生产企业相同。

——转向电子控制系统型号、生产企业及软件版本相同。

6.3 与功能安全相关的同一型式判定条件

在进行4.1.9、附录B、附录C、附录D规定的功能安全相关文档检验和试验时，与已获型式批准的车型相比若符合下述规定，则视为同一型式：

——转向电子控制系统型号、生产企业及软件版本相同，但在不影响功能安全的前提下允许软件版本不同；

——转向电子控制系统功能安全描述相同，描述内容要求应满足附录D。

6.4 与电磁兼容相关的同一型式判定条件

在进行4.1.8、4.2.9规定的转向系统电磁兼容（EMC）抗扰度试验时，与已获型式批准的车型相比若符合转向电子控制系统型号、生产企业及软件版本相同，但在不影响电磁兼容的前提下允许软件版本不同，则视为同一型式。

注：第6章所述的转向电子控制系统一般包括主转向系统、辅助转向系统和挂车转向电子控制系统，对于全动力转向系统还包括上下转向的控制系统。

7 标准的实施

对于新申请型式批准的装有全动力转向系统的车型，自本文件实施之日起开始执行；对于其他新申请型式批准的车型自本文件实施之日起第7个月开始执行。

对于已获得型式批准的装有转向电子控制系统的车型，自本文件实施之日起第25个月开始执行。

附录 A

(规范性)

对装有辅助转向装置（ASE）的车辆的补充规定

A.1 一般规定

配备辅助转向装置的车辆除应符合本文件正文要求外还应符合本附录规定。

A.2 特殊规定

A.2.1 传动装置

A.2.1.1 机械转向传动装置

机械转向传动装置应符合4.3.1.1的要求。

A.2.1.2 液压转向传动装置

液压传动装置应防止其压力超过最高许用压力。

A.2.1.3 电动转向传动装置

电动转向传动装置不准许过载。

A.2.1.4 组合传动装置

一个由机械、液压和电动等组成的组合传动装置应分别符合A.2.1.1、A.2.1.2和A.2.1.3的规定。

A.2.2 出现故障后的试验要求

A.2.2.1 一般要求

ASE的任何部件（4.3.1.1中规定的不易出现故障的部件除外）出现失效或故障，不应导致车辆行驶状态的突然和明显的变化，且5.2的要求仍应得到满足。此外，应通过以下试验来验证驾驶人无须通过非正常的转向干预即可操纵车辆行驶方向。

A.2.2.2 转向圆试验

车辆应以表A.1所示的速度 v 驶入半径为 R 的试验环道，并在达到规定的试验车速后触发故障模式。被测车辆的试验应左右转向各做1次。

表 A.1 转向圆试验半径和车速要求

| 车辆类别 | 车速 $v^{a,b}$ km/h | 半径 R^c m |
|----------------|----------------------|---------------|
| M ₁ | 80 | 100 |
| M ₂ | 50 | 50 |
| M ₃ | 45 | 50 |

表A.1 转向圆试验半径和车速要求（续）

| 车辆类别 | 车速 $v^{a,b}$ km/h | 半径 R m |
|---|----------------------|-------------|
| N_1 | 80 | 100 |
| N_2 | 50 | 50 |
| N_3 | 45 | 50 |
| <p>^a 如果在特定车速下ASE辅助转向功能处于被机械锁定状态，试验速度可调整至ASE辅助转向功能处于工作状态的最高速度减去5 km/h。</p> <p>^b 如车辆参数特性会导致侧翻风险，可采用产品设计提供的由整车模拟数据证明的最高安全试验速度进行试验。</p> <p>^c 如试验场地无法满足转向圆半径要求，可在保持侧向加速度不变的前提下，变更转向圆半径（最大偏差±25%）及试验车速等试验条件。</p> | | |

A.2.2.3 瞬态试验

制造商应向检验检测机构提供车辆出现故障时所做瞬态试验的测试方法以及测试结果，检验检测机构依据制造商提供的测试方法予以确认。

A.2.3 报警信号

- 除4.3.1.1描述的ASE中不易发生故障的零件外，ASE的下述故障应向驾驶人发出明晰的报警信号：
- ASE 供能装置故障；
 - 与 ASE 相关的电气控制外围线路（若有）断路。

附录 B

(规范性)

功能安全要求

B.1 总体要求

车辆安全相关电子电气系统发生功能异常时，将会导致潜在的危害事件。GB/T 34590（所有部分）阐明了车辆安全相关电子电气系统在安全生命周期内应满足的功能安全要求，以避免或降低因系统发生故障所导致的风险。

本附录规定了转向电子控制系统在功能安全方面的文档及验证确认的要求，系统的功能安全要求应符合GB/T 34590（所有部分）的适用要求。

本附录不针对转向电子控制系统的标称性能，而是规定设计过程中应遵循的方法和系统验证确认时应具备的信息。检验检测机构应按照本附录的要求，针对制造商提交及备查的转向电子控制系统功能安全相关文档，进行文档确认和验证确认试验。以证明系统在非故障和故障状态下实现了功能概念和功能安全概念，并满足本文件规定的、所有适用的性能要求。

B.2 文档要求

B.2.1 总体要求

制造商应具有相应的文档以说明转向电子控制系统的功能概念、为实现安全目标而制定的功能安全概念、安全措施、开发过程和方法，以证明系统满足以下要求：

- 通过设计保证系统在非故障和故障状态下实现了功能概念和功能安全概念；
- 满足本文件规定的非故障和故障状态下的性能要求；
- 开发过程和方法是适用的。

文档共包括以下两个部分。

a) 提交的文档

制造商应将以下文档提交至检验检测机构，制造商应对所提交的文档与产品实际开发的一致性、可追溯性做出自我声明。具体包括：

- 1) 转向电子控制系统描述（见 B.2.2）；
- 2) 危害分析和风险评估总结（见 B.2.3.1）；
- 3) 安全措施说明（见 B.2.4）；
- 4) 软件架构概要（见 B.2.5）；
- 5) 整车层面的安全分析总结（见 B.2.6.2）；
- 6) 系统层面的安全分析总结（见 B.2.6.4）；
- 7) 系统层面的验证计划和结果总结（见 B.2.7.2.1）；
- 8) 整车层面的验证确认计划和结果总结（见 B.2.7.3.1）。

b) 备查的文档

制造商应具有下列相关文档，以供开展检验检测时备查：

- 1) 详细危害分析和风险评估（见 B.2.3.2）；
- 2) 详细整车层面的安全分析（见 B.2.6.3）；
- 3) 详细系统层面的安全分析（见 B.2.6.5）；
- 4) 详细系统层面的验证计划和结果（见 B.2.7.2.2）；

- 5) 详细整车层面的验证确认计划和结果（见 B.2.7.3.2）；
- 6) 其他支撑性材料或数据（若有）。

制造商应对所保管的文档一致性、可追溯性及所采取的安全策略不会对车辆安全运行产生影响做出自我声明。

B.2.2 转向电子控制系统描述

B.2.2.1 一般要求

制造商应提交转向电子控制系统描述，至少包括B.2.2.2~B.2.2.7规定的内容。

B.2.2.2 基本信息

描述转向电子控制系统的基本信息，至少应包括转向电子控制系统型号、生产企业、软件版本号等。

B.2.2.3 功能描述

描述转向电子控制系统的功能概念，包括目的和功能描述清单。

B.2.2.4 系统的范围、边界、接口

描述转向电子控制系统的范围、边界、接口、内部包含的子系统 and 要素，并识别与其存在交互关系的外部系统或要素，以系统架构框图展示。对于全动力转向系统，还应提供系统内部子系统和要素、外部系统或要素（供电和通信等）的冗余和独立性描述。

B.2.2.5 系统运行条件和约束限制

描述转向电子控制系统的运行条件和约束限制，针对相应的系统功能，说明有效工作范围的界限。对于全动力转向系统，还应描述4.3.3.5规定的系统监测储能水平的方法。

B.2.2.6 系统在整车上的布置及外观

以示意图展示系统在整车上的布置及系统外观。

B.2.2.7 系统布局及原理图

B.2.2.7.1 系统组件清单

提交应包含系统的所有单元的组件清单，同时列明为实现相关控制功能所需的车辆其他系统。基于这些单元提供系统布局及原理图，能够清晰地展示组件分布和相互连接。

B.2.2.7.2 单元功能

概述系统各单元的功能，并展示该单元与其他单元或车辆其他系统间的信号连接。可使用带标记的框图或其他示意图，也可借助图表说明。

B.2.2.7.3 相互连接

用电路图、管路图和布置简图分别说明电子传输链、液压传输链和机械连接装置在系统内部的相互连接。

B.2.2.7.4 信号流、运行数据和优先顺序

单元间的传输链与信号、运行数据应有明确的对应关系。

若优先顺序影响本文件所述性能或安全，应确定多元数据通道内的信号、运行数据的优先顺序。

B.2.2.7.5 单元的识别

应能清晰明确地识别每个单元并提供相应的说明。

内部集成了多个功能的单元或单个处理器，在框图里多次出现时，为清晰和便于解释，应仅用一个识别标志。应利用识别标志确认所提供的装置与相应的文档一致。

识别标志应明确硬件的版本、软件（若有）的版本，若版本变化引起本文件所述功能的改变，应对识别标志作相应的改变。

B.2.3 危害分析和风险评估

B.2.3.1 危害分析和风险评估总结

制造商应提交危害分析和风险评估总结，描述转向电子控制系统的功能异常表现、整车层面危害、汽车安全完整性等级（ASIL）、安全目标。检验检测机构根据危害分析和风险评估总结，确认危害分析和风险评估的结果至少涵盖表B.1中的整车危害及对应的安全目标。对于全动力转向系统，应仅满足表B.2。若有辅助转向装置，还应满足表B.3。

表 B.1 转向电子控制系统相关危害的安全要求

| 序号 | 整车危害 | 安全目标 | ASIL等级 ^a | 安全度量 ^b |
|---|--------------|-------------------------------------|---------------------|--|
| 1 | 非预期的侧向运动 | 车辆非预期的侧向运动应满足非预期侧向运动的安全度量 | D | ——非预期侧向运动导致的侧向加速度变化值不应超过安全阈值； ——非预期侧向运动导致的侧向位移不应超过安全阈值； ——非预期侧向运动导致的横摆角速度变化值不应超过安全阈值 |
| 2 | 非预期地失去侧向运动控制 | 应确保驾驶人对车辆侧向运动的控制能力，满足非预期失去转向控制的安全度量 | D | 转向操纵力/转向盘力矩不应超过失去侧向运动控制的安全阈值 |
| 3 | 失去助力情况下的转向沉重 | 应确保驾驶人对车辆侧向运动的控制能力，满足转向沉重的安全度量 | QM或A | 转向操纵力/转向盘力矩不应超过转向沉重的安全阈值 |
| ^a 制造商应根据危害分析和风险评估的结果定义 ASIL 等级，若制造商定义更高的 ASIL 等级，视为符合要求；若有外部措施，可对表中规定的 ASIL 等级进行降低，但应在文档中提供相应说明。 ^b 制造商应针对相关整车危害定义安全度量，具体参数选择表中的一个或者多个，具体安全阈值数值可基于不同车型和系统方案，结合实车测试结果进行定义。 | | | | |

表 B.2 全动力转向系统相关危害的特殊安全要求

| 序号 | 整车危害 | 安全目标 ^a | ASIL等级 ^b | 安全度量 ^c |
|----|-----------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| 1 | 非预期的侧向运动 ^d | 车辆非预期的侧向运动应满足 | D | ——非预期侧向运动导致的侧向加速度变化值不应 |

| | | | | |
|--|---------------------------|--------------------------------------|------------------|--|
| | | 非预期侧向运动的安全度量 | | 超过安全阈值； ——非预期侧向运动导致的侧向位移不应超过安全阈值； ——非预期侧向运动导致的横摆角速度变化值不应超过安全阈值； ——非预期侧向运动导致的转向车轮转角变化值不应超过安全阈值 |
| 2 | 非预期地失去侧向运动控制 ^e | 应确保驾驶人对车辆侧向运动的控制能力，满足非预期失去转向控制的安全度量 | D | ——转向操纵力/转向盘力矩不应超过失去侧向运动控制的安全阈值； ——转向车轮转角变化值不应超过失去侧向运动控制的安全阈值； ——失去侧向运动控制的时间不应超过安全阈值 |
| 3 | 失去转向手感反馈 | 应确保驾驶人对车辆侧向运动的控制能力，满足失去转向手感反馈的安全度量 | B~D ^f | 转向操纵力/转向盘力矩不应低于失去转向手感反馈的安全阈值 |
| 4 | 上下转向执行器不同步 ^g | 应确保上下转向执行器不同步在安全范围，满足上下转向执行器不同步的安全度量 | D | ——转向角度偏差大小不应超过上下执行器不同步的安全阈值； ——上转与下转延迟时间不应超过上下执行器不同步的安全阈值 |
| <p>^a 安全目标还应定义整车层面的安全状态，并满足以下要求。</p> <p>——对于全动力转向系统，在整车层面，当车辆减速至不大于 10 km/h 或车辆减速至停车，并发出相应报警信号时，可认为进入安全状态。整车层面的安全状态只能通过考虑全动力转向系统之外的系统或驾驶人来实现和确保。当车辆过渡至安全状态时，应满足制造商定义的降级概念以及 4.3.3 的相关要求。</p> <p>——在全动力转向系统层面，“提供反馈力矩以反馈转向手感”功能可以在系统内实现安全状态，故障将被隔离或关闭，并激活或维持剩余的冗余能力，或者实施其他的缓解措施（如增加摩擦或阻尼）。对于“执行驾驶人转向盘转角的输入”功能的安全状态是维持该功能，直到在车辆进入安全状态。故障将被隔离或关闭，并激活或维持剩余的转向冗余能力。</p> <p>^b 制造商应根据危害分析和风险评估的结果定义 ASIL 等级，若制造商定义更高的 ASIL 等级，视为符合要求；若有外部措施，可对表中规定的 ASIL 等级进行降低，但应在文档中提供相应说明。</p> <p>^c 制造商应针对相关整车危害定义安全度量，例如：侧向加速度变化值、转向操纵力/转向盘力矩等在某个安全范围内，具体参数选择表中的一个或者多个，安全阈值数值可基于不同车型和系统方案，结合实车测试结果进行定义。</p> <p>^d 非预期的侧向运动可能由车辆在行驶过程中发生自动转向等导致。</p> | | | | |

- ^e 非预期地失去侧向运动控制可能由车辆在行驶过程中下转丧失转向能力、上转转向盘非预期卡滞等导致。
- ^f 失去转向手感反馈力的危害可能会因系统设计和传递特性（例如摩擦力、转向比的差异）而异。
- ^g 上下转向执行器不同步可能由驾驶人转向请求与车辆转向执行不同步、转向盘转角与轮胎转角异步、上下转向执行器不同步等导致。

表 B.3 辅助转向系统（ASE）相关危害的安全要求

| 序号 | 整车危害 | 安全目标 | ASIL 等级 | 安全度量 ^a |
|--|---------------------------|-------------------------------------|-------------------|---|
| 1 | 非预期的侧向运动 ^b | 车辆非预期的侧向运动应满足非预期侧向运动的安全度量 | QM~D ^d | ——非预期侧向运动导致的侧向加速度变化值不应超过安全阈值； ——非预期侧向运动导致的侧向位移不应超过安全阈值； ——非预期侧向运动导致的横摆角速度变化值不应超过安全阈值； ——转向车轮转角变化值不应超过非预期的侧向运动的安全阈值 |
| 2 | 非预期地失去侧向运动控制 ^c | 应确保驾驶人对车辆侧向运动的控制能力，满足非预期失去转向控制的安全度量 | QM~D ^d | ——侧向加速度变化值不应超过失去侧向运动控制的安全阈值； ——侧向位移不应超过失去侧向运动控制的安全阈值； ——横摆角速度变化值不应超过失去侧向运动控制的安全阈值； ——转向车轮转角变化值不应超过失去侧向运动控制的安全阈值 |
| ^a 制造商应针对相关整车危害定义安全度量，具体参数选择表中的一个或者多个，安全阈值数值可基于不同车型和系统方案，结合实车测试结果进行定义。 ^b 非预期的侧向运动可能由车辆在行驶过程中发生自动转向、车轮转角过大、ASE 方向相反、ASE 执行延迟等导致。 ^c 非预期地失去侧向运动控制可能由车辆在行驶过程中 ASE 方向相反、ASE 执行延迟等导致。 ^d 本表中的 ASIL 等级与 ASE 所能实现的最大转向能力相关。 | | | | |

B.2.3.2 详细危害分析和风险评估

制造商应具有详细危害分析和风险评估以备查，并提供相关的企业名称、文件名、版本、状态、日期、储存位置等基本信息。

B.2.4 安全措施说明

制造商应提交安全措施说明，描述转向电子控制系统发生的功能异常表现、导致的整车危害、对应采取的安全措施。确保为实现安全目标而选择的安全措施不会在故障条件、非故障条件下影响车辆的安全运行。

转向电子控制系统安全相关功能发生失效时，应通过警告信号或提示信息等方式警告驾驶人。

在转向电子控制系统发生故障时，为满足安全目标而在设计时可采取的安全措施（含外部措施）如下所列。

- 利用部分系统维持工作。若在发生特定失效时选择维持部分性能的运行模式，应说明该条件并界定其效果。
- 切换到独立的备用系统。若选择备用系统方式来实现安全目标，应对切换机制的原理、冗余的逻辑和层级、备份系统检查特征进行说明并界定备用系统的效果。
- 通过关闭上层功能而进入安全状态。若选择关闭上层功能，不应使用与该功能有关的所有相应的输出控制信号，以此来限制干扰的传播。
- 通过警告驾驶人，将风险暴露时间降低到一个可接受的时间区间内。

对于全动力转向系统，还应说明其降级策略，包括：不同的降级状态下，车辆横向控制能力、转向操纵力、速度限制、驾驶人干预、时间限制及状态回切条件、故障类型、其他支持系统（如制动系统、驱动系统、辅助转向系统等）等。

注：针对定义为QM的安全目标，若无报警策略及其他安全措施，给予额外的说明。

B.2.5 软件架构概要

应说明转向电子控制系统中软件的架构概要，设计和开发过程中的逻辑，所使用的设计方法和工具。

B.2.6 整车及系统层面的安全分析

B.2.6.1 总体要求

制造商应提交整车层面和系统层面的安全分析总结，说明对影响表B.1或表B.2、表B.3中安全目标的危害和故障进行了有效识别和处理。安全分析应包括但不限于下列层面：

- a) 整车层面的安全分析，可采用危害分析和风险评估、失效模式与影响分析（FMEA）、故障树分析（FTA）或适合整车安全分析的其他类似方法；
- b) 系统层面的安全分析，可采用失效模式与影响分析（FMEA）、故障树分析（FTA）或适合系统安全分析的其他类似方法。

在B.2.6.2、B.2.6.4规定的整车及系统层面的安全分析总结中，应列出系统所监测的参数，针对安全分析中定义的每一种故障情况，列出给予驾驶人、维修人员、检验检测机构人员的警告信号。

在B.2.6.2、B.2.6.4规定的整车及系统层面的安全分析总结中，应描述对应的措施，确保系统在性能受环境条件（如气候、温度、灰尘进入、进水、冰封等）影响时，不会妨碍车辆的安全运行。

注：针对定义为QM的安全目标，若未开展整车层面和系统层面的安全分析，给予额外的说明。

B.2.6.2 整车层面的安全分析总结

制造商应提交整车层面的安全分析总结，至少包括：

- a) 转向电子控制系统与车辆其他系统的交互（含故障条件下）可能导致的潜在安全风险及对应的安全措施；
- b) 转向电子控制系统功能异常表现引起的整车安全风险及对应的安全措施。

B.2.6.3 详细整车层面的安全分析

制造商应具有详细整车层面的安全分析以备查，并提供相关的企业名称、文件名、版本、状态、日期、储存位置等基本信息。

B.2.6.4 系统层面的安全分析总结

制造商应提交系统层面的安全分析总结，至少包括：

- a) 系统架构层级要素；
- b) 要素的功能描述；
- c) 要素的潜在安全相关失效模式；
- d) 失效影响（系统层面、整车层面）；
- e) 安全机制的说明。

B. 2. 6. 5 详细系统层面的安全分析

制造商应具有详细系统层面的安全分析以备查，并提供相关的企业名称、文件名、版本、状态、日期、储存位置等基本信息。

B. 2. 7 整车及系统层面的验证确认计划和结果

B. 2. 7. 1 总体要求

制造商应提交整车层面和系统层面的验证确认计划和结果，说明对影响表B. 1或表B. 2、表B. 3中安全目标的所有危害和故障进行了验证和确认。验证确认应基于硬件在环（HIL）测试、实车测试或其他适当的方法。

B. 2. 7. 2 系统层面的验证计划和结果

B. 2. 7. 2. 1 系统层面的验证计划和结果总结

制造商应提交系统层面的验证计划和结果总结，说明对所有影响系统功能安全概念的系统内部故障、外部接口故障及安全措施的有效性进行了验证，至少包括：

- a) 验证对象，如车辆型号、系统名称、软件和硬件版本等；
- b) 验证目的，如验证功能安全概念是否得到充分实现；
- c) 验证方法及步骤概述（如果通过测试开展验证，还应说明测试设备、测试环境）；
- d) 接受准则；
- e) 验证结果概述。

B. 2. 7. 2. 2 详细系统层面的验证计划和结果

制造商应具有详细系统层面的验证计划和结果以备查，并提供相关的企业名称、文件名、版本、状态、日期、储存位置等基本信息。

B. 2. 7. 3 整车层面的验证确认计划和结果

B. 2. 7. 3. 1 整车层面的验证确认计划和结果总结

制造商应提交整车层面的验证确认计划和结果总结，说明对影响表B. 1或表B. 2、表B. 3中安全目标及功能安全概念的系统内部故障、外部接口故障及安全措施的有效性进行了验证，对安全目标的充分性及达成效果进行了确认，至少包括：

- a) 验证和确认对象，如车辆型号、系统名称、软件和硬件版本等；
- b) 验证和确认目的，如确认安全目标正确、完整且得到充分实现；
- c) 验证和确认方法及步骤概述（如果通过测试开展确认，还应说明测试设备、测试环境）；
- d) 接受准则，包括安全度量、其他接受准则（若有）；
- e) 验证和确认结果概述。

B.2.7.3.2 详细整车层面的验证确认计划和结果

制造商应具有详细整车层面的验证确认计划和结果以备查，并提供相关的企业名称、文件名、版本、状态、日期、储存位置等基本信息。

B.3 验证和确认

B.3.1 总体要求

应按B.2中相关文档的描述，进行下列试验，对转向电子控制系统的功能概念和功能安全概念进行验证和确认。

B.3.2 功能概念的验证和确认

按B.2.2中的功能概念，执行转向电子控制系统非故障状态下的功能试验，确定系统正常运行。

B.3.3 功能安全概念的验证和确认

应通过向电子电气组件或机械组件施加相应的输入，来模拟电子电气组件内部故障对整车运动行为的影响，以检查单个组件失效时的反应。

应针对B.2.6中的故障条件下的可控性、人机交互（HMI）进行验证和确认。

基于B.2.6中安全分析识别出的典型故障、整车及系统层面的验证确认计划和结果，开展验证确认试验。故障应在转向系统运行过程中进行注入，模拟实际出现故障的情况。制造商应配合检验检测机构开展故障模拟测试，以验证可能导致整车危害的相关故障已被安全措施有效覆盖，并确认系统及整车实现了功能安全目标。应按表B.4的要求开展验证和确认试验。

表 B.4 转向电子控制系统验证和确认测试要求

| 系统类型 | 故障类型 ^{a,b} | 整车危害 | 试验工况 ^{c,d} | 接受准则 |
|-------------------|---|--------------|---|---|
| 电动助力转向系统、电液助力转向系统 | ——供电类故障，包括：系统工作电压过低、过高、断路、短路； | 非预期的侧向运动 | 在附着系数不低于0.8的水平路面上，车辆以60km/h的车速沿试验通道中线直线行驶，注入故障 | a) 满足B.2.7.3中验证和确认计划中的接受准则； b) 车辆发生非预期的转向不应偏离试验通道 |
| | ——转向传感器类故障，包括：扭矩传感器，角度传感器，位置传感器短路（对地或对电源）、断路、信号卡滞、偏差故障； | 非预期地失去侧向运动控制 | 在附着系数不低于0.8的水平路面上，车辆以25km/h的车速驶入半径为35m弯道试验通道并沿中线行驶，注入故障 | a) 满足B.2.7.3中验证和确认计划中的接受准则； b) 车辆发生非预期地失去侧向运动控制后不应偏离试验通道 |
| | ——电机故障：助力电机的驱动链路及电机短路、开路故障； | | | |
| | ——通信接口类故障：系统内部通信接口故障、系统与其他系统通信接口故障，导 | 失去助力情况下的转向沉重 | 在附着系数不低于0.8的水平路面上，车辆以25km/h的车速驶入半径为35m的弯道试验 | a) 满足B.2.7.3中验证和确认计划中的接受准 |

| 系统类型 | 故障类型 ^{a, b} | 整车危害 | 试验工况 ^{c, d} | 接受准则 |
|---------|--|------------------------|--|--|
| | 致助力电机输出非预期的跳变、振荡、粘滞、卡滞转向扭矩 | | 通道并沿中线行驶，注入故障 | b) 车辆发生失去助力情况下的转向沉重后不应偏离试验通道 |
| 辅助转向装置 | ——供电类故障，包括：系统工作电压过低、过高、断路、短路； ——转向传感器类故障，包括：扭矩传感器，角度传感器，位置传感器短路（对地或对电源）、断路、信号卡滞、偏差故障； ——通信接口类故障：系统内部通信接口故障、系统与其他系统通信接口故障，导致 ASE 输出非预期的跳变、振荡、卡滞转向扭矩 | 非预期的侧向运动 | ——在附着系数不低于 0.8 的水平路面上，车辆以 80km/h 直线行驶，注入故障； ——在附着系数不低于 0.8 的水平路面上，车辆以 5m/s ² 的侧向加速度驶入半径为 80m 的弯道试验通道并进行稳态绕圆行驶，注入故障； ——在附着系数不低于 0.8 的水平路面上，车辆以 5m/s ² 的侧向加速度进行蛇形行驶，注入故障 | a) 满足 B. 2. 7. 3 中验证和确认计划中的接受准则； b) 对于直行和稳态绕圆工况，车辆发生非预期的转向不应偏离车道。对于蛇行工况，不应偏离两条试验通道的外沿，且试验过程中未碰撞两条试验通道中间及外沿的交通锥 |
| | | 非预期地失去侧向运动控制 | ——在附着系数不低于 0.8 的水平路面上，车辆以 5m/s ² 的侧向加速度驶入半径为 80m 的弯道试验通道并进行稳态绕圆行驶，注入故障； ——在附着系数不低于 0.8 的水平路面上，车辆以 5m/s ² 的侧向加速度进行蛇形行驶，注入故障 | a) 满足 B. 2. 7. 3 中验证和确认计划中的接受准则； b) 对于直行和稳态绕圆工况，车辆发生非预期的失去侧向运动控制后不应偏离车道。对于蛇行工况，不应偏离两条试验通道的外沿，且试验过程中未碰撞两条试验通道中间及外沿的交通锥 |
| 全动力转向系统 | ——供电类故障，包括：系统工作电压过低、过高、断路、短路； ——转向传感器类故障，包括：扭矩传感器，角度传感 | 非预期的侧向运动；上下执行器不同步（若适用） | ——在附着系数不低于 0.8 的水平路面上，车辆以 80km/h 直线行驶，注入故障； ——在附着系数不低于 0.8 的 | a) 满足 B. 2. 7. 3 中验证和确认计划中的接受准则； b) 对于直行和稳态绕圆工况，车辆发生非预期的 |

| 系统类型 | 故障类型 ^{a, b} | 整车危害 | 试验工况 ^{c, d} | 接受准则 |
|--|---|----------------------------|---|--|
| | 器，位置传感器短路（对地或对电源）、断路、信号卡滞、偏差故障； ——电机故障：转向盘手感反馈电机、车轮转向驱动电机的驱动链路及电机短路、开路故障； ——通信接口类故障：系统内部通信接口故障、系统与其他系统通信接口故障，导致转向盘执行器和/或车轮执行器输出非预期的跳变、振荡、粘滞、卡滞转向扭矩。 | | 水平路面上，车辆以 5m/s ² 的侧向加速度驶入半径为 80m 的弯道试验通道并进行稳态绕圆行驶，注入故障； ——在附着系数不低于 0.8 的水平路面上，车辆以 5m/s ² 的侧向加速度进行蛇形行驶，注入故障 | 转向后不应偏离车道。对于蛇行工况，不应偏离两条试验通道的外沿，且试验过程中未碰撞两条试验通道中间及外沿的交通锥 |
| | | 非预期地失去侧向运动控制；上下执行器不同步（若适用） | ——在附着系数不低于 0.8 的水平路面上，车辆以 5m/s ² 的侧向加速度驶入半径为 80m 的弯道试验通道并进行稳态绕圆行驶，注入故障； ——在附着系数不低于 0.8 的水平路面上，车辆以 5m/s ² 的侧向加速度进行蛇形行驶，注入故障 | a) 满足 B. 2. 7. 3 中验证和确认计划中的接受准则； b) 对于直行和稳态绕圆工况，车辆发生非预期的失去侧向运动控制后不应偏离车道。对于蛇行工况，不应偏离两条试验通道的外沿，且试验过程中未碰撞两条试验通道中间及外沿的交通锥 |
| | | 失去转向手感反馈力；上下执行器不同步（若适用） | ——在附着系数不低于 0.8 的水平路面上，车辆以 5m/s ² 的侧向加速度驶入半径为 80m 的弯道试验通道并进行稳态绕圆行驶，注入故障； ——在附着系数不低于 0.8 的水平路面上，车辆以 5m/s ² 的侧向加速度进行蛇形行驶，注入故障 | a) 满足 B. 2. 7. 3 中验证和确认计划中的接受准则； b) 对于直行和稳态绕圆工况，车辆发生失去转向手感反馈力后不应偏离车道。对于蛇行工况，不应偏离两条试验通道的外沿，且试验过程中未碰撞两条试验通道中间及外沿的交通锥 |
| ^a 检验检测机构应通过审核 B. 2. 6 要求的安全分析相关文档，确认上述故障类型是否存在，且影响表 B. 1 或表 B. 2、表 B. 3 中安全目标的实现。 ^b 对于确认后的故障类型，均应开展验证确认试验（危害分析和风险评估结果为 QM 的相关故障类型除外），验证 | | | | |

| 系统类型 | 故障类型 ^{a, b} | 整车危害 | 试验工况 ^{c, d} | 接受准则 |
|--|----------------------|------|----------------------|------|
| <p>确认试验应至少包括本表中规定的试验工况，具体注入故障方式由制造商和检验检测机构协商确定。对于传感器集成等特殊原因无法在实车层面模拟的故障类型，以及无法通过软件对量产车型实现的故障类型，检验检测机构应通过审核“详细系统层面的验证确认计划和验证确认结果”“详细整车层面的确认计划和确认结果”等相关技术文件的方式进行确认，并在试验报告中记录。</p> <p>^c 因最高设计车速限制而不能达到规定车速的车辆，以试验时所能达到的最高车速进行试验。试验车速、车辆质量状态、路面附着系数、转弯半径、侧向加速度可根据 B. 2. 7. 3 验证和确认计划中的相关试验工况进行调整。M₁ 类机动车辆的试验通道宽为 3.5 m，M₂、M₃ 及 N 类机动车辆的试验通道宽为 3.7 m。</p> <p>^d 试验车辆的质量状态为整备质量状态，并包括驾驶人、试验人员和所有必需的试验设备。</p> | | | | |

B. 3. 4 验证和确认的结论

验证和确认的结果应与B. 2. 7一致，并说明功能安全概念及其实施效果的充分性和有效性。试验报告应描述整车及系统层面开展的验证和确认情况，包括验证和确认的对象、目的、内容及结果。

附录 C

（规范性）

转向电子控制系统功能安全试验报告要求

C.1 总体要求

检验检测机构应按4.1.9和附录B的要求，针对制造商提交及备查的转向电子控制系统功能安全相关文档，进行文档确认及验证确认试验，并根据本附录的要求在试验报告中记录文档确认的内容和结果、验证确认试验步骤和结果。

C.2 文档内容

C.2.1 要求

检验检测机构应对B.2.1规定提交的文档和备查的文档进行确认，并在试验报告中按照C.2.2～C.2.7的要求对所确认的内容进行记录。

C.2.2 转向电子控制系统描述

C.2.2.1 记录转向电子控制系统型号、生产企业、系统名称、软件版本号等基本信息。

C.2.2.2 记录并描述转向电子控制系统的功能。

C.2.2.3 记录并描述转向电子控制系统的范围、边界、接口、内部包含的子系统或要素（附系统架构框图）。

C.2.2.4 记录并描述转向电子控制系统的运行条件、约束限制、有效工作范围。

C.2.2.5 记录系统在整车上的布置及外观（附示意图）。

C.2.2.6 记录并描述系统布局，至少包括下列内容。

- a) 系统组件清单：列出系统的所有组件和单元，以及为实现相关控制功能所需的车辆其他系统。列出上述所有单元的功能、识别标志，包括硬件和软件的版本。
- b) 相互连接：基于上述所有单元，附系统架构框图、电路图、管路图、布置简图等，对系统内、外的机械连接、电气连接、信号连接及交互进行标识。
- c) 信号流、运行数据和优先顺序：描述单元间的传输链与信号、运行数据的对应关系，描述多元数据通道内的信号、运行数据的优先顺序。

C.2.3 危害分析和风险评估

C.2.3.1 根据制造商提交和备查的相关文档，至少包括危害分析和风险评估总结（见B.2.3.1）、详细危害分析和风险评估（见B.2.3.2），总结并列出转向电子控制系统的功能异常表现、导致整车层面的危害、安全目标、ASIL等级。

C.2.3.2 描述确认上述危害分析和风险评估的结果是否涵盖了表 B.1 或表 B.2、表 B.3 中的整车危害，及对应的安全目标。

C.2.3.3 记录备查文档的清单和相关信息，至少包括相关的企业名称、文件名、版本、状态、日期、储存位置等基本信息，并总结描述确认的内容。

C.2.4 安全措施说明

C.2.4.1 根据制造商提交和备查的相关文档，至少包括安全措施说明（见 B.2.4），总结并列出转向电子控制系统发生的功能异常表现、导致整车层面的危害、对应采取的安全措施（对于全动力转向系统，还应说明其降级策略）。

C.2.4.2 若有其他支撑性材料或数据，记录支撑性材料或数据的基本信息，并描述确认的内容。

C.2.5 软件架构概要

记录并描述转向电子控制系统中软件的架构概要，设计和开发过程中的逻辑，所使用的设计方法和工具。

C.2.6 安全分析

C.2.6.1 根据制造商提交和备查的相关文档，至少包括整车层面的安全分析总结（见 B.2.6.2）、详细整车层面的安全分析（见 B.2.6.3），描述转向电子控制系统与车辆其他系统的交互（含故障条件下）可能导致的潜在安全风险及对应的安全措施，描述分析功能异常表现引起的整车安全风险及对应的安全措施的有效性。

C.2.6.2 根据制造商提交和备查的相关文档，至少包括系统层面的安全分析总结（见 B.2.6.4）、详细系统层面的安全分析（见 B.2.6.5），描述系统层面的安全分析结果[至少包括：系统架构层级要素、要素的功能描述、要素的潜在安全相关失效模式、失效影响（系统层面、整车层面）、安全机制的说明]。

C.2.6.3 根据制造商提交的相关文档，至少包括整车层面的安全分析总结（见 B.2.6.2）、系统层面的安全分析总结（见 B.2.6.4），描述系统所监测的参数，针对安全分析中的每一种故障情况，列出给予驾驶人、维修人员、检验检测机构人员的警告信号。描述对应的措施，确保系统在性能受环境条件（如气候、温度、灰尘进入、进水、冰封等）影响时，不会妨碍车辆的安全运行。

C.2.6.4 记录备查文档的清单和相关信息，至少包括相关的企业名称、文件名、版本、状态、日期、储存位置等基本信息，并总结描述确认的内容。若有其他支撑性材料或数据，记录支撑性材料或数据的基本信息，并描述确认的内容。

C.2.7 整车及系统层面的验证确认计划和结果

C.2.7.1 根据制造商提交和备查的相关文档，至少包括系统层面的验证计划和结果总结（见 B.2.7.2.1）、详细系统层面的验证计划和结果（见 B.2.7.2.2），总结说明对影响表 B.1 或表 B.2、表 B.3 中安全目标的所有故障进行了验证[至少包括：验证对象，如车辆型号、系统名称，软、硬件版本等；验证目的，如验证功能安全概念是否得到充分实现；验证方法及步骤概述（如果通过测试开展验证，还应说明测试设备、测试环境）；接受准则；验证结果]。

C.2.7.2 根据制造商提交和备查的相关文档，至少包括整车层面的验证确认计划和结果总结（见 B.2.7.3.1）、详细整车层面的验证确认计划和结果（见 B.2.7.3.2），总结说明对所有安全目标进行了完整的确认[至少包括：验证和确认对象，如车辆型号、系统名称，软、硬件版本等；验证确认目的，如确认安全目标正确、完整且得到充分实现；验证和确认方法及步骤概述（如果通过测试开展确认，还应说明测试设备、测试环境）；接受准则；确认结果]。

C.2.7.3 记录备查文档的清单和相关信息，至少包括相关的企业名称、文件名、版本、状态、日期、储存位置等基本信息，并总结描述确认的内容。若有其他支撑性材料或数据，记录支撑性材料或数据的基本信息，并描述确认的内容。

C.3 验证和确认试验

C.3.1 功能概念的验证和确认

根据B.3.2要求进行功能概念的验证和确认测试，并在试验报告中至少记录测试目的、测试内容、测试方法及步骤、测试结果等内容，见表C.1。

表 C.1 功能概念的验证和确认测试记录表

| 测试目的 | 测试内容 | 测试方法及步骤 | 测试结果 |
|------|------|---------|------|
| | | | |

C.3.2 功能安全概念的验证和确认

根据B.3.3要求进行功能安全概念的验证和确认测试，并在试验报告中至少记录试验方式、测试目的、测试内容、测试方法及步骤、测试设备、测试环境、接受准则、测试结果、试验照片、样车参数表等内容，见表C.2。

表 C.2 功能安全概念的验证和确认测试记录表

| 内容 | 描述 |
|---------------------------------|----|
| 试验方式（实车测试/检查技术文件 ^a ） | |
| 测试目的 | |
| 测试内容 | |
| 测试方法及步骤 | |
| 测试设备（名称、型号及编号、校准有效日期等） | |
| 测试环境[硬件在环（HIL）测试、实车测试或其他] | |
| 接受准则（安全度量、其他接受准则） | |
| 测试结果 | |
| 试验照片 | |

| 内容 | 描述 |
|---|----|
| 样车参数表 | |
| <p>注：根据表B. 4的要求，对于传感器集成等特殊原因无法在实车层面模拟的故障类型，以及无法通过量产软件实现的故障类型，将详细系统层面的验证结果、详细整车层面的验证确认结果等相关技术文件中的相关内容总结，按照本表的内容在试验报告中记录。</p> | |
| <p>^a如选择检查技术文件的方式，应描述理由，并记录备查文档的信息。</p> | |

附录 D

(规范性)

转向电子控制系统功能安全描述要求

D.1 总体要求

制造商应提交转向电子控制系统功能安全描述，并应至少包括D.2规定的所有内容，其描述内容应与产品实际开发一致。

D.2 内容要求

D.2.1 转向电子控制系统描述

D.2.1.1 一般要求

转向电子控制系统描述应至少包括D.2.1.2~D.2.1.6的内容。

D.2.1.2 系统的功能描述

提供并列出转向电子控制系统的功能，并给出描述。

D.2.1.3 系统的范围、边界、接口

提供并描述转向电子控制系统的范围、边界、接口、内部包含的子系统或要素，并识别与其存在交互关系的外部系统或要素，以系统架构框图展示。对于全动力转向系统，还应提供系统内部子系统和要素、外部系统或要素（供电和通信等）的冗余和独立性描述。

D.2.1.4 系统运行条件和约束限制

提供并描述转向电子控制系统的运行条件、约束限制、有效工作范围。

D.2.1.5 系统在整车上的布置及外观

提供并以示意图展示系统在整车上的布置及系统外观。

D.2.1.6 系统布局及原理图

D.2.1.6.1 系统组件清单

提供并列出系统的所有单元，以及为实现相关控制功能所需的车辆其他系统，如扭矩传感器、控制单元、电机、电源模块等。提供并列出上述所有组件单元的功能、识别标志，包括硬件和软件的版本。

D.2.1.6.2 相互连接

基于上述所有组件，提供系统架构框图、电路图、管路图、布置简图等，对系统内、外的机械连接、电气连接、信号连接及交互进行标识。

D.2.1.6.3 信号流和优先顺序

提供并描述单元间的传输链与信号的对应关系，若优先顺序影响性能或安全，应确定多元数据通道内的信号的优先顺序。

D. 2. 2 危害分析和风险评估总结

说明转向电子控制系统的功能异常表现、导致的整车危害、对应的ASIL等级及安全目标。

D. 2. 3 安全措施说明

说明转向电子控制系统发生的功能异常表现导致的整车危害，对应采取的安全措施。

D. 2. 4 其他要求

对于以下情况可视为具有相同的功能安全描述，制造商应提供变更内容说明及相应声明，确认以下变更不影响转向电子控制系统功能安全：

- a) 转向电子控制系统功能减少，其余功能描述内容一致；
- b) 转向电子控制系统在整车上的布置及外观的变更；
- c) 系统组件清单的变更，允许采用不同识别标志的单元（控制单元除外）；
- d) 信号流和优先顺序的变更。

附 录 E

(规范性)

对装有液压转向传动装置的挂车的特别要求

E.1 液压管路和软管总成的性能

液压传动装置的液压管路能承受的最小爆破压力应至少为制造商指定的正常最高工作压力的4倍。软管总成应符合GB/T 5563、GB/T 7939.3、GB/T 9574的要求。

E.2 需要供能装置提供动力的系统

汽车向挂车提供液压能源时，挂车接收能源装置应有超过液压系统工作压力时起作用的限压阀。

E.3 挂车搭载的转向传动系统的保护

转向传动部分应有能在正常最高工作压力的1.1倍~2.2倍之间起作用的限压阀。限压阀的工作压力应与安装在挂车上的转向系统的工作特性相符合。

附 录 F
(规范性)
汽车列车转向系统供电的特别要求

F.1 一般规定

对于利用液压传动来操纵转向的挂车转向系统，还应满足附录E的要求。

F.2 对牵引车的要求

F.2.1 供电

F.2.1.1 牵引车在正常行驶时，应具备向挂车提供 F.2.3.2 中所述的供电电流的能力。

F.2.1.2 驾驶人操作手册应说明可用于向挂车转向系统提供的电能的信息，且当挂车上标注其所需电流超过牵引车可供电流时，不应连接电气接口。

F.2.1.3 符合 F.2.3 中规定的连接器所提供的电能应用于挂车转向系统的供电。但任何时候 F.3.1.3 中的规定均适用。

F.2.2 电气系统防护

在向挂车转向系统供电时，牵引车电气系统应能防止牵引车过载或短路。

F.2.3 接线及连接器

F.2.3.1 用于提供挂车电能的电缆应具有与满足 F.2.3.2 中所述的最大连续电流相适应的导体横截面积。

F.2.3.2 牵引车用于连接到挂车的连接器应满足以下要求：

- 引脚应具有与最大连续电流相适应的载流能力；
- 连接器的电安全和环境保护性能应满足 GB/T 5053.3 的要求；
- 连接器不应与在牵引车上使用的符合 GB/T 20716.1—2025、GB/T 20718—2006 要求的电连接器互换。

F.2.4 标识

F.2.4.1 牵引车上应标注 F.2.3.2 中所述挂车最大连续电流。

F.2.4.2 标识应在连接时易见并能永久保持。

F.3 对挂车的要求

F.3.1 供电

F.3.1.1 挂车的设计应明确挂车转向系统正常工作时所需最大电流。

F.3.1.2 额定工作电压应与牵引车相匹配。

F.3.1.3 从牵引车辆获得的电能应仅用于：

- 挂车转向系统；

——同时用于对挂车转向系统和辅助系统供电，但转向系统具有优先权。

F.3.2 电气系统防护

挂车转向系统和使用挂车供电系统的辅助系统均应具备防过载功能。

F.3.3 接线及连接器

F.3.3.1 用于提供挂车转向系统电能的电缆应具有与挂车上转向系统所需电流要求相适应的导体横截面积。

F.3.3.2 挂车用于连接到牵引车的连接器应满足以下要求：

- 引脚应具有与最大连续电流相适应的载流能力；
- 连接器的环境防护性能应满足 B.2 中文档所提出的要求；
- 连接器不应与在牵引车上使用的符合 GB/T 20716.1—2006、GB/T 20718—2006 要求的电连接器互换。

F.3.4 标识

装有用于向挂车转向系统提供电能的连接器的挂车，信息标注要求如下：

- 挂车应标注 F.3.1.1 中所述的挂车转向系统的最大使用电流要求；
- 挂车转向系统的功能，包括当连接器连接和断开时对挂车机动性的影响。

标识应为不可擦除的形式，并确保在 F.3.3.2 中所述的连接器连接后标识可见。

F.3.5 故障警告

转向系统的电气控制传输故障应直观地向驾驶人警示。

F.3.6 转向系统故障模拟验证

F.3.6.1 挂车转向系统应符合本文件中相关性能、功能要求。

F.3.6.2 故障模式在下列两种条件下验证。

a) 稳态条件

如果挂车连接到不具有向挂车转向系统供电的牵引车，或者挂车转向系统的电力供应中断，或者挂车转向电控线路传输发生故障，挂车转向控制系统应满足4.2中完好系统的所有相关要求。

b) 瞬态条件

在转向系统有挂车转向电控线路传输故障时，应对车辆瞬态性能进行评估，以确保在故障后的过渡期间保持车辆的稳定性，并用以下方式进行评估：

- 1) 适用于 5.3.1 规定的试验规范和要求¹⁾；
- 2) 适用于 5.3.3 规定的试验规范和要求¹⁾。

注：挂车转向电控线路指用于挂车转向控制功能的电气连接部分，包括用于挂车控制的数据通信电缆及用于电能供应的导线、连接器。

1) 需提供瞬态试验的试验结果。

参 考 文 献

- [1] GB/T 35360—2017 汽车转向系统术语和定义
 - [2] GB/T 45829—2025 乘用车转向系统功能安全要求及试验方法
-