

《带传动齿条助力式电动转向器技术要求及试验方法》

编制说明

1 任务背景

2021年1至6月，国内生产的豪华车销量完成165.8万辆，同比增长41.5%，高于乘用车累计销量增速14.5个百分点。新能源汽车1至6月产销分别完成121.5万辆和120.6万辆，同比均增长2倍多，以中等、豪华轿车和SUV为主，并且很多都带有智能网联和辅助驾驶功能。这些豪华型乘用车的前轴负荷普遍较大。

转向器作为汽车的关键系统零部件之一，直接关系到人民的生命财产安全。近年，随着转向技术的革新以及国外新技术的引进，一种新型的转向器：带传动齿条助力式电动转向器出现在市场上。该转向器在基础功能上与现有的液压助力转向器、管柱助力式电动转向器、齿轮助力式电动转向器基本一致。但因其结构的特点，能适用于前轴负荷大、所需齿条推力较大的车型，同时，该结构更适合转向器作为执行机构配合整车实现辅助驾驶和自动驾驶功能。

目前，国外市场，尤其是北美、欧洲地区，带传动齿条助力式电动转向器已有非常广泛的应用。

与该类型转向器有关的标准，我国已经发布实施的有QC/T 1018-2017，QC/T 29096-2014，QC/T29097-2014等。这些标准主要围绕转向系统及转向器的通用技术条件而制订。

带传动齿条助力式电动转向器的电子助力形式、传动方式及安装使用环境均有其独特性，明显区别于其它电动转向装置，豪华乘用车对转向系统的要求也更高。新的结构产品需要有相应的标准体系来衡量、检测及评价。我们希望能针对这一新结构类型产品，建立相应的评价标准，用以填补该类型产品在指标上的空白、完善零件产品评价体系。

2 任务来源

本标准编制任务来源于浙江省汽车工程学会于2021年8月30日下达的浙汽学标字[2021]20号《浙江省汽车工程学会标准起草任务书》，归口单位为浙江省汽车工程学会标准技术工作委员会，标准名称为《带传动齿条助力式电动转向器技术要求及试验方法》，起草任务书号：ZJSAE2021007。

3 主要起草单位和工作组成员

主要起草单位：杭州世宝汽车方向机有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、北京理工大学电动车辆国家工程实验室、浙江科技学院、舍弗勒智能驾驶科技（长沙）有限公司、浙江亚太智能网联汽车创新中心有限公司、浙江方圆检测集团股份有限公司、湖北恒隆汽车系统集团有限公司、南京东华智能转向系统有限公司、江门市兴江转向器有限公司、浙江万达汽车方向机股份有限公司、杭州新世宝电动转向系统有限公司。

工作组成员：吴伟、万民伟、虞忠潮、刘斌、施国标、车佳黎、艾红霞、张新闻、徐文进、陈珍颖、李伟权、李琦、陈春华、闵志宪、金良、朱胜峰、张晓刚、戴荷怡、石永明、傅徐磊、朱兴旺、姜兆娟、叶昭芳、蒋丛生、高艳军、蔡黎明。

4 主要工作过程

本标准的编制及修订工作遵循以实物产品对标检测分析为主，以对比现有相关国标、行标及业内知名企业技术规范并行的路线方针。首先在编制初期，工作组针对该类型产品进行了实物的台架模拟检测、分析，并且对标同类的国外产品检测结果；根据实际检测结果，分析如QC/T 1081-2017、QC/T 29096-2017、QC/T 29097-2017等标准中涉及的相关的技术要求与试验方法，再参考主机厂的技术规范，由各起

草单位工作组成员及行业资深专家进行综合分析讨论，起草编制出带传动齿条助力式电动转向器这一类产品的通用技术要求及试验方法。

主要技术研究活动如下：

4.1 第一次编制讨论及项目立项

2021年5月至7月，杭州世宝汽车方向机有限公司的本标准主要起草人员，根据本公司多年的产品研制经验，主导起草了《带传动齿条助力式电动转向器技术要求及试验方法》（草案），提交浙江省汽车工程学会。

2021年8月14日，由浙江省汽车工程学会组织专家组，召开立项会议，通过了项目立项，确定了标准的工作内容、工作思路以及后续的主要工作安排。专家组还对《带传动齿条助力式电动转向器技术要求及试验方法》（草案）提出了修改意见。

会议结论：

- 1、对标准的名称进行考究并定义。会后，工作组经过探讨将本标准由转向器修改为转向器技术要求及试验方法，标准全称为：《带传动齿条助力式电动转向器技术要求及试验方法》。
- 2、修正标准文档内容及格式。会后，工作组对标准的文档内容及格式进行了调整：使用最新的浙江省汽车工程学会团体标准模板；将上电状态、下电状态、驱动带轮、从动带轮等多个专业用词增加至术语定义；将多个技术要求及试验方法的语言描述进行了规范化统一；将技术要求与试验方法进行一一对应；将全转角、行程、逆推力等多项引用的技术要求与试验方法增加至本标准，以使本标准更完整；对所有技术要求与试验方法中的上电状态与下电状态进行了统一的描述，在标准文中未明确要求时，均定为下电状态。
- 3、根据现有草案及资料，结合各起草单位，尽可能多地收集相关组织、单位的意见，开展本标准的完善工作。会后，由杭州世宝汽车方向机有限公司牵头，组织联系了如南京东华汽车转向器有限公司、湖北恒隆汽车系统集团有限公司、浙江万达汽车方向机股份有限公司、中国汽车工程研究院股份有

限公司等多家专业的组织机构或单位进行详细内容的讨论分析工作。

4.2 第二次工作组会议

因疫情的影响，工作组讨论会主要以线上交流的方式进行。在2021年8月30日至2021年9月12日两周内，工作组成员对第一次编制讨论的内容进行了详细的校对评审，并对标准征求意见稿讨论稿进行了深入的研讨，尤其对标准的条款及内容等进行分析研判，形成了基本共识。

会议结论：

- 1、取消对GB/T 5179 《汽车转向系 基本要求》的引用。该标准目前已经失效，本标准取消引用，相关术语以GB/T 35360 《汽车转向系统术语和定义》为主。
- 2、取消圆弧齿同步带张紧力、带传动减速比等术语的定义。此类术语属于基础机械原理范畴，具有共识性，无需再定义成专业术语。
- 3、对电磁兼容性及其试验方法的引用进行调整。修改为GB 34660 《道路车辆 电磁兼容性要求和试验方法》。在2021年发布的GB 17675-2021 《汽车转向系 基本要求》中，已明确规定：“4.1.5 与汽车转向相关的车辆电气控制系统不得因电磁干扰而影响转向功能，并应满足GB 34600中的技术要求。”
- 4、在5.1 试验条件中增加对检测设备、仪器的精度要求作为默认的通用性要求，并针对有特殊精度要求的条目，将精度要求写入试验方法中。
- 5、将“圆弧齿同步带耐热性”调整为“耐温度交变”。圆弧齿同步带是转向器的子零件，耐温度交变可以考察转向器所有零件包括圆弧齿同步带。

4.3 第三次工作组会议

在2021年9月13日至2021年9月26日两周内，工作组以线上的方式进行了第三次标准讨论。本次讨论深入到本标准每一条款的内容、指

标及语言描述，并对标准基本达成了共识。

会议结论：

- 1、取消“REPS”的缩写写法。行业内口语所述的“REPS”与专业名称：带传动齿条助力式电动转向器(Belt Driven Rack Assist Type Electric Power Steering Gear)不能完全一致。
- 2、将标准中涉及的“横拉杆”统一删除。在GB/T 35360-2017《汽车转向系统术语和定义》中，关于“横拉杆”的定义为：连接左、右梯形臂，并传递力和运动的杆件。该定义较为广阔，包括了多种结构转向系统中应用到的横杆件，为避免歧义，本标准不使用“横拉杆”的说法。
- 3、将“大带轮”、“小带轮”更新为“从动带轮”、“驱动带轮”，与其实应用更贴切且更专业；根据GB/T 10414-2017中的描述，带轮的齿形统一修改为“曲线齿”。
- 4、“齿条丝杠总成”作为转向器的子部件，其有独立的轴向游隙参数，且在转向器装配时，齿条丝杠总成的轴向游隙仍然独立，故其应当被列入子零部件的相关标准中。考虑到转向器级别的试验后，该轴向游隙作为影响转向器的关键参数，需要在转向器进行其他的试验后进行考察，所以保留“齿条丝杠总成轴向游隙”及检测方法条款，以供转向器其它试验后进行评价，但对其初始状态游隙值，本标准取消要求。
- 5、动态助力特性工况4，由10N·m修改为15N·m。团体标准作为一个通用的标准，应当适应于实际应用中会出现且都要满足的情况，故将此项的最大输入轴转矩要求适当降低。
- 6、试验温度中，增加默认的常温温度内容为(23±3)℃，以使本标准的试验方法逻辑更完善。
- 7、取消“等效于2倍手扶方向盘惯量”的说法。手扶方向盘惯量因人而差异较大，不建议直接描述为等效。

4.4 第四次工作组会议（征求意见阶段）

2021年10月初至2021年10月底的一个月中，工作组对《带传动齿条助力式电动转向器技术要求及试验方法》征求意见稿进行了收集公

共意见的工作，主要联系有：福特、长安马自达、北汽、零跑、江门兴江、苏州金龙、重汽等9家汽车厂和转向同行，收回回复6份。感谢多名积极的学者专家为我们的标准修订工作提出了宝贵的意见。经工作组讨论，被采纳的修改意见或建议主要内容如下：

- 1、“性能”统一为“性能要求”。修改后，小标题与标题“技术要求”相对应，工作组采纳意见并修改文档。
- 2、技术要求中增加“按***条款试验方法”字样。技术要求是在一定的试验方法下满足的，写明试验方法条款后能将方法与要求对应，工作组采纳意见并修改文档。
- 3、“噪声”与“噪音”用词问题。经查证，在GB/T 12348《工业企业厂界噪声标准》中所描述的均是“噪声”，因此，工作组采纳意见并将本标准统一修改为“噪声”。
- 4、“角度传感器精度0.1mm”修改为“角度传感器精度0.1度”。此项错误明显，工作组采纳意见并修改文档。
- 5、关于5.2.7跟随性明确车速要求。因跟随性与车速等因素有关，工作组采纳意见并更新速度至标准文档中。
- 6、“10cm”修改为“100mm”。标准法规通用单位为mm，工作组采纳意见并修改文档。
- 7、“冲击按照QC/T 1081第5.5.1条款的方法执行”修改为“加载按照QC/T 1081第5.5.2条款的方法执行”。因该项为静扭强度试验，不应为冲击，工作组采纳意见并修改文档。
- 8、关于增加基于国标GB17675的功能安全相关要求。工作组讨论后认为GB17675是国家强制标准，即产品必须满足，不需再写入本标准中，因此，工作组不采纳此条意见。
- 9、“路牙”多为方言用语，因此工作组采纳意见，并修改为“路缘石”。
- 10、关于电压单位，经工作组核对，VDC表示直流电压，国际单位制SI及国标GB3100中明确了电压单位为伏(特)，符号为V。
- 11、关于转向器工作温度，AEC Q100中将零件工作温度定义成五个等级，转向器综合工况应术语2等级，因此，工作组采纳

意见并将标准文档修改为：转向器在 $-40^{\circ}\text{C}\sim+105^{\circ}\text{C}$ 环境温度范围内应能正常工作。

- 12、关于增加相对湿度、功能等的要求，工作组采纳意见并增加相应要求保持与QC/T 1081一致。
- 13、关于间隙适当放大的提议，工作组讨论后认为目前国内齿轮、齿条零件供应商精度能够达到总成间隙的使用要求，另外，皮带驱动电子助力转向机正常转向时齿轮齿条啮合处承受的载荷不大，但当过颠簸路面，有路面逆向冲击时，因拉杆与齿条有摆角存在，齿条上任有径向分力且会因间隙大而产生噪声、异响，因此此条意见不采用。
- 14、关于增加“振动试验”。带传动齿条助力式电动转向器一般包含传感器、电机、控制器等含有电子元器件的部件，因此车辆的颠簸振动极有可能造成电子元器件的失效，而零部件级无法模拟转向器总成级使用工况，因此，工作组讨论后采纳意见并增加“振动耐久”项。
其余意见及工作组反馈参考《浙江省汽车工程学会团体标准征求意见处理汇总表》。
- 15、凡是标准中有引用其他标准具体条款的，应注明标准年号。

4.5 第五次工作组会议（报批审核阶段）

2022年11月与12月，工作组对《带传动齿条助力式电动转向器技术要求及试验方法》进行了报批审核的准备工作，主要对标准内容进行再次核对、分析与讨论。主要修改内容如下：

- 1、部分描述语言、词汇进行修正，如图示文字大小统一等。
- 2、针对圆弧齿同步带张紧力的挠曲检测法，因检测方法内公式涉及修正系数，而修正系数随零件规格不同差异较大，本标准作为指导性文件，在未能明确修正系数的情况下，工作组最终决定取消挠曲法。
- 3、关于正向驱动磨损与逆向驱动磨损，在试验后增加评价振动噪声、工作噪声与换向噪声。

5 标准编制原则和主要内容

5.1 标准编制原则

本标准编制按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规定进行起草。

本标准采标版本为2017年4月12日发布的QC/T 1081-2017《汽车电动助力转向装置》、2014年5月6日发布的QC/T 29096-2014《汽车转向器总成台架试验方法》及2014年5月6日发布的QC/T 29097-2014《汽车转向器总成技术要求》等。本标准依据产品的实际检测结果，参考主机厂的技术规范进行编制。

本标准不对新技术设定约束，仅对新技术的应用进行了描述。

5.2 标准主要内容

本标准是汽车带传动齿条助力式电动转向器的技术要求及试验方法，仅适用于带传动齿条助力式电动转向器。标准主要内容分为术语和定义、技术要求、试验方法三大部分，其中试验方法与技术要求一一对应。技术要求主要包括一般要求、性能要求、强度要求、耐久性要求及耐候性要求。

本标准基于但不限于QC/T 1081-2017《汽车电动助力转向装置》、QC/T 29096-2014《汽车转向器总成台架试验方法》及QC/T 29097-2014《汽车转向器总成技术要求》。在现有标准基础上，完善产品技术要求及试验方法相关的条目。

5.2.1 术语和定义

- 1、对专业术语进行定义：带传动齿条助力式电动转向器、转向器短总成、上电状态、下电状态、驱动带轮、从动带轮、圆弧齿同步带、转向齿条丝杠总成、振动噪音、换向噪音、工作噪音、冲击强度、冲击扭转强度

5.2.2 技术要求——一般要求

- 1、规定转向器正常工作温度范围为： $-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ 。
- 2、规定标称电压为：12V、24V 或 48V。其相应的允许的电压变化范围： $10.8\text{V}\sim 16\text{V}$ (标称电压 12V)、 $21.6\text{V}\sim 32\text{V}$ (标称电压 24V)、 $36\text{V}\sim 52\text{V}$ (标称电压 48V)。
- 3、相对湿度按照 QC/T 1081-2017 第 4.1.3 条款规定的要求。

5.2.3 技术要求——性能

- 1、转向器应满足功能要求，保持与 QC/T 1081 一致。
- 2、转向器需要有合适的初始齿轮与转向齿条啮合间隙。
- 3、转向器的全转角、转向齿条行程、线角传动比、圆弧齿同步带张紧力、转向齿条丝杠总成轴向游隙、输出特性应满足相应要求。
- 4、转向器的空载转动力矩、转向齿条移动力及不同工况载荷下的动态助力手力值应在合适的范围。
- 5、转向器正常工作时噪声应不大于 65dB(A)，振动加速度应满足相应要求。

5.2.4 技术要求——强度

- 1、转向器承受低载荷冲击时，转向器零件应无裂纹、断裂、破损，其性能应满足设计要求。
- 2、转向器在正常使用产生的扭矩作用下，应无可见裂纹和断裂。
- 3、转向器受一定程度的惯性冲击时，转向器零件应无破损、断裂，圆弧齿同步带允许跳齿。

5.2.5 技术要求——耐久性

- 1、转向器经正向驱动磨损试验后，总成各零部件无断裂等破损，紧固力矩衰减(打紧方向) $\leq 30\%$ ，齿轮与转向齿条啮合间隙 $\leq 0.3\text{mm}$ ，圆弧齿同步带张紧力衰减量 $\leq 30\%$ ，滚珠丝杠传动副轴向游隙 $\leq 0.1\text{mm}$ ，四点接触式球轴承轴向游隙 $\leq 0.1\text{mm}$ ，空

载转动力矩及转向齿条移动力变化量 $\leq 30\%$ ，振动噪声、工作噪声及换向噪声变化量 $\leq 20\%$ 。

- 2、转向器经逆向驱动疲劳试验后，总成各零部件无断裂等破损，紧固力矩衰减(打紧方向) $\leq 30\%$ ，齿轮与转向齿条啮合间隙 $\leq 0.3\text{mm}$ ，圆弧齿同步带张紧力衰减量 $\leq 30\%$ ，滚珠丝杠传动副轴向游隙 $\leq 0.1\text{mm}$ ，四点接触式球轴承轴向游隙 $\leq 0.1\text{mm}$ ，空载转动力矩及转向齿条移动力变化量 $\leq 30\%$ ，振动噪声、工作噪声及换向噪声变化量 $\leq 20\%$ 。
- 3、转向器经 X、Y、Z 三方向扫频振动耐久后，应满足无新增故障代码、无损坏、无裂纹，且满足动态助力特性、输入输出特性、空载转动力矩、转向齿条逆推力等要求。

5.2.6 技术要求——耐候性

- 1、转向器在环境温度交变后，应具备一定的抵抗水侵入能力，零部件应无破损、无损坏，圆弧齿同步带张紧力应能满足设计要求。
- 2、转向器在规定的潮湿、腐蚀性等环境中应无溶液浸入，密封元件应无变形或损坏，零件表面应无锈蚀。
- 3、转向器电磁兼容性应满足 GB 34660 第 4 条款的要求。

5.2.7 试验方法——试验条件

- 1、试验中的温度偏差为 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，另有明确要求除外。默认的试验温度为常温温度： $(23 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ 。
- 2、试验电压为 $(12 \pm 0.5)\text{V}$ (标称电压 12V)、 $(24 \pm 1)\text{V}$ (标称电压 24V)、 $(48 \pm 2)\text{V}$ (标称电压 48V)，另有明确要求除外。
- 3、试验中使用的试验设备、仪器精度在无明确要求时应按照 QC/T 29096 第 4.2 条款内容。

5.2.8 试验方法——性能试验方法

- 1、齿轮与转向齿条啮合间隙要求能测量出全行程范围内的间隙值，以进行设计要求范围内间隙评价。

- 2、输入轴全转角、转向齿条行程、线角传动比、输入输出特性、空载转动力矩、转向齿条逆推力试验方法与 QC/T 相关标准一致。
- 3、圆弧齿同步带张紧力试验方法描述了频率法、拉伸法两种方法。
- 4、转向齿条丝杠总成轴向游隙规定了在 $\pm 200\text{N}$ 的轴向载荷作用下，分别检测滚珠丝杠副轴向游隙级四点接触式球轴承轴向游隙的方法。
- 5、动态助力特性提取了四种工况用以评价转向随动性。四种工况分别模拟了原地转向、低速转向、中速转向与高速转向时的方向盘转角范围、输入轴转速及载荷百分比。
- 6、振动噪音、工作噪音、换向噪音分别模拟车辆过鹅卵石等颠簸路面、左转向与右转向、快速左右转向这三种工况下，转向器的噪音评价。

5.2.9 试验方法——强度试验方法

- 1、冲击强度试验方法分别考察转向器短总成抗冲击能力及转向器抗冲击能力、考察拉杆的抗冲击能力。
- 2、静扭强度模拟在车辆使用过程中，可能出现的最大的作用力矩状态，评价转向器强度。
- 3、冲击扭转强度试验方法模拟在转向器输出端载荷较小时，因快速转向致使转向器转向齿条丝杠以较快速度向一侧移动至行程限位，在惯性作用下产生较大的冲击载荷及扭转载荷，评价试验后转向器及其零件破损情况。

5.2.10 试验方法——耐久试验方法

- 1、正向驱动磨损及逆向驱动疲劳试验方法引用 QC/T 相关标准执行，要求试验后增加齿轮与转向齿条啮合间隙、圆弧齿同步带张紧力、转向齿条丝杠总成轴向游隙、空载转动力矩、转向齿条逆推力、振动噪音、工作噪音、换向噪音项目的检查。

- 2、振动耐久试验方法以对数曲线的扫频频率进行振动测试，要求试验后检测功能、动态助力特性、输入输出特性、空载转动力矩、转向齿条逆推力。

5.2.11 试验方法——耐候性试验方法

- 1、抗浸水侵入模拟车辆涉水或浸水时，转向器的抗水侵入能力；抗高压喷水侵入模拟车辆进行高压喷洗等时，转向器的抗水侵入能力。此二项结合了密封元器件的老化性能，试验前要求先进行相应的高低温交变循环。
- 2、抗泥水性模拟车辆长期在潮湿、高温、脏污等恶劣环境中工作时转向器的密封能力。
- 3、耐温度交变模拟高低温交变对转向器材料为橡胶、塑料的零件以及电子元器件的影响，要求按照规定的温度交变后，评价转向器零件破损情况及圆弧齿同步带的张紧力。
- 4、耐腐蚀性及电磁兼容性按照现有的 QC/T 及 GB 规定的方法进行。

6 主要验证试验情况和分析

本标准的技术内容在 QC/T 1018-2017、QC/T 29096-2014、QC/T29097-2014 等相关标准的基础上，结合带传动齿条助力电动转向器的结构特点，增加相应的技术要求及检测方法。

相关试验验证工作，主要由杭州世宝汽车方向机有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司等单位实施并提供试验数据。试验结果如下表：

序号	试验类型	试验件数量	试验项目	负责单位	试验结果
1	性能	3	4.2.1~4.2.15	杭州世宝汽车方向机有限公司等	OK
2	强度	3	4.3.1~4.3.3		OK
3	耐久性	3	4.4.1~4.4.3		OK
4	耐候性	3	4.5.1~4.5.6		OK

通过对所供产品的试验数据的分析，该产品能够满足本标准第4条款技术要求。

7 预期达到的社会效益、对产业发展的作用

本标准填补了关于带传动齿条助力式电动转向器特殊参数、指标的空白，完善了产品标准体系，为该产品国产化并走向市场奠定技术基础。同时对标国外产品，推进自主品牌产品创新与提升，为替代国外产品提供技术标准

8 采用国际标准和国外先进标准情况

未直接采用国际标准或国外先进标准。

9 在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准属于地方团体标准。

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准没有冲突或矛盾。

10 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中无重大分歧。

11 标准实施日期

待定。

12 标准性质的建议说明

无。

13 贯彻标准的要求和措施建议

无。

14 废止现行相关标准的建议

无。

15 其它应予说明的事项

无。