

乘用车制动踏板设计布置

□ 一汽丰田技术开发有限公司/韩厚禄

根据汽车行业国内外的法规标准，结合实际项目经验，介绍了乘用车制动踏板设计布置时的流程及要点，包括人机工程要求、踏板间隙布置等，为今后制动踏板的设计开发提供了一定的参考作用。

随着汽车工业的发展和制造技术的进步，人们对汽车乘坐安全性及舒适性的要求越来越高。在乘用车总布置设计阶段，为了尽量降低驾驶员的疲劳程度，通过人机工程学分析，设定合理的车辆参数，对踏板装置进行合理布置，从而设定出合理的驾驶姿势是非常重要的。

车辆行驶时，造成驾驶员操控疲劳的主要因素是频繁踩踏踏板装置，包括油门踏板、制动踏板及离合踏板等。因此，在设计布置踏板装置时，一定要充分结合人机工程学的要点，设定出合理的踏板布局，确保驾驶员操作方便有效，并能防止驾驶员的误操作。

其中，制动踏板装置是整车制动系统的重要保安件之一，制动踏板的设计开发直接影响行车安全性。制动踏板的合理设计布置对减轻驾驶员的疲劳程度，提高乘坐舒适性具有重要意义。

本文根据国内外汽车行业的法规标准，结合实际项目经验，对乘用车制动踏板设计布置时的流程及要点进行简要介绍。

总布置基础知识

人体模型是目前人机工程设计时最常用的一种仿真模型，根据人体测量数据进行处理和选择而得到的标准人体尺寸。百分位是人机工程学中表示人体的某项数据在使用

对象中有百分之几的人适用，这种表达方式已在国际上通用。一般按照SAE规定的人体模型作为尺寸基准（见图1），如美国男性AM、日本男性JM、日本女性JF等，AM50表示美国男性50%大小的人体模型。通常情况下，在总布置的设计企划阶段，根据车辆的使用目标群体，由产品企划部门来决定选取某个百分位的人体模型（如AM50、AM95等）进行总布置设计。总布

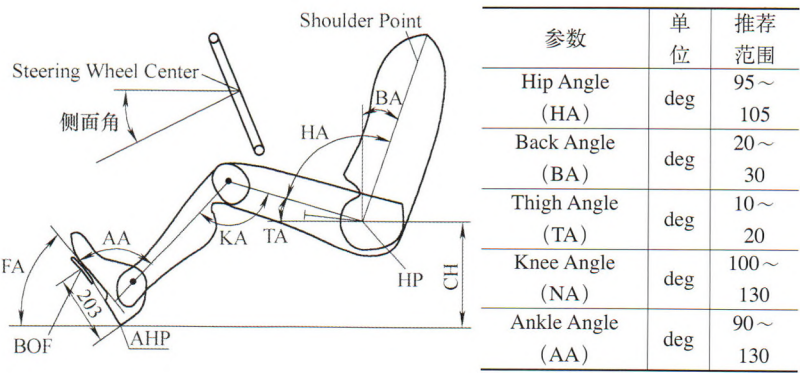


图1 人体模型布置参数示意

置校核阶段，除了设计百分位的人体模型之外，还采用AM95及JM05人体模型进行极限位置的校核。SAE标准中定义的人体各关节角度及设计参考范围。

制动踏板设计

从制动踏板的结构构成、法规要求、结构设计等方面，对乘用车制动踏板设计布置时的流程及要点进行阐述说明。

1. 制动踏板结构及分类

制动踏板主要由踏板摆臂、踏板支架、踏面、回位弹簧、制动灯开关、螺栓螺母紧固件等零部件构成。图2为某款车型的制动踏板结构示意图。

根据不同分类方式，踏板类型也各有不同。按照踏板比的参数分类，有固定踏板比和可变踏板比形式。按照踏板摆臂的断面形式分类，有厚板式和中空式等。按照踏板摆臂的材质类型进行分类，有铝合金式、树脂式及普通冲压钢板式等。

制动踏板相关的法规及行业标准对踏板力、踏板行程和布置间隙等方面做了规定，具体可参考《GB7258 机动车运行安全技术条件》、《GB21670 乘用车制动系统技术要求及试验方法》、《GB/T 17346 轿车——脚踏板的侧向间距》、《QC/T 788 汽车踏板装置性能要求及台架试验方法》和《C-NCAP管理规则 2015版》

3. 制动踏板设计流程

H点坐标及真空助力器、加速踏板布置确定后，可着手进行制动踏板的布置设计。具体设计流程如

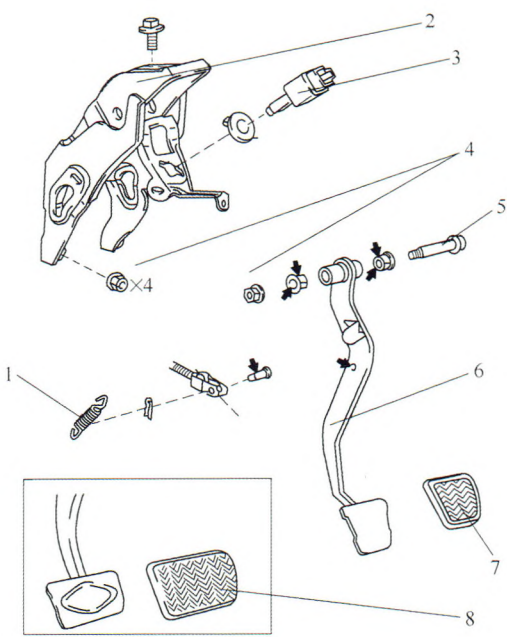


图2 制动踏板结构示意图

1.回位弹簧 2.踏板支架 3.制动灯开关 4.螺母 5.螺栓 6.踏板摆臂 7、8.踏面

下所示：设计输入（H点坐标、加速踏板、真空助力器、踏板比）→踏面选型（踏面式样、造型）→踏板布置（踏板间距、踏板高度、AB段差、足部操作空间）→结构设计（摆臂结构、支架结构设计）→试制出图（踏板单品图、总成图发布）→试验评价（单品及实车评价及设计改良）。

（1）设计输入。制动踏板设计时，与相关部门确认必要的前提输入条件。包括H点坐标位置、加速踏板布置结果、真空助力器搭载位置、踏板比、周边零部件数据等。

H点及加速踏板布置如图3所示。

根据SAE J1516 的规定，各项术语的定义及推荐计算公式如下，具体的作图方法本文不再详述。

$$X50 = 793.7 + 0.903387 \times$$

$$(H30) - 0.00225518 \times (H30)^2$$
$$PH31 = -0.0011 \times (H30)^2 + 0.0022 \times 170 \times (H30) + 143.7$$
$$PH30 = -6 \times (H30)^2 \times 0.0001 + 0.2 \times H30 + 181.6$$
$$A47 = 78.96 - 0.015 \times (H30) - 0.0173 \times (H30)^2$$

H点（H-point）：指人体模型中人体躯干与大腿的铰接点，即胯点（Hip-Point）。

AHP（Accelerator Heel Point）：加速踏板踵点。

BOF（Ball of Foot）：脚掌基准点，AHP沿着鞋底线方向200mm的位置。

PRP（Pedal Reference Point）：加速踏板宽度方向的中心线上与BOF接触的位置。

H30：H点距离适当的加速踏板踵点（AHP）的垂直距离，单位为mm。

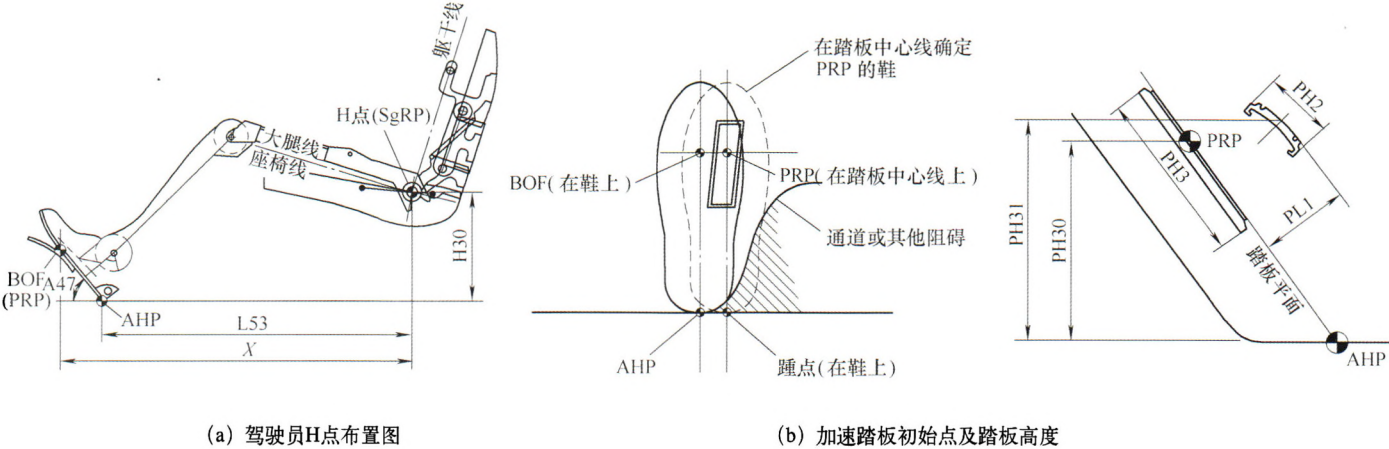


图3 H点及加速踏板布置输入示意

A47: 加速踏板平面与水平方向的角度, 单位deg。

L53: H点到腰部基准点的L向距离。

PL1: 加速踏板平面与制动踏板初始位置水平切平面的垂直距离, AB段差, 单位mm。

PH30: 加速踏板参考点PRP到加速踏板踵点AHP的垂直距离, 单位mm。

PH31: 制动踏板初始点(OFF点)到加速踏板踵点AHP的垂直距离, 单位mm。

制动助力器及主缸的搭载位置、踏板比等见图4所示。

(2) 踏面选型。与产品企划及造型部门商讨, 确定制动踏板的踏面式样和形状(如运动造型风格

踏面、普通橡胶踏面等)。

(3) 制动踏板布置。制动踏板排列及间隙: 根据GB/T 17346及ECE R35的要求, 踏板排列从左至右依次为离合器踏板、制动踏板、加速踏板, 如图5所示。

踏板侧向间距布置见表2所示。

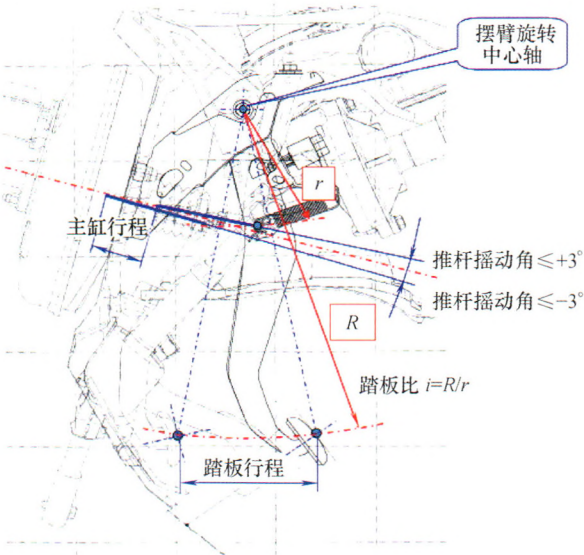


图4 制动助力器及主缸、踏板比等输入示意

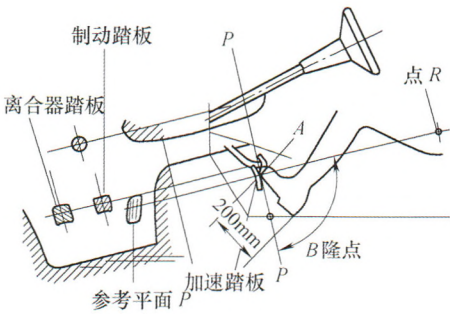
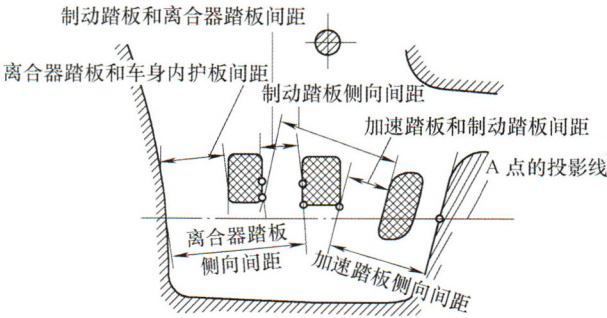


图5 踏板排列及布置间隙

表2 踏板侧向间距布置要求

项目	ECE R35	
	最小值/mm	最大值/mm
加速踏板侧向间距	130	--
加速踏板与制动踏板侧向间距	50	100
制动踏板和离合器踏板间距	50	--
离合器踏板和车身内护板间距	50	--
离合器踏板侧向间距	160	--

(2) 踏板高度、AB段差、踏面角度。驾驶员脚后跟支撑在地板上，通过改变踝关节角度操控踏板，因此踏板高度、踏面角度、AB段差等需合理设计，尽量使踝关节运动角度在人体舒适范围内，以便驾驶员踩踏轻便、易于操作。目前GB及行业标准对踏板高度、AB段差、踏面角度等参数未做强制要求。

根据H点位置及加速踏板的布置结果，可以设定制动踏板初始点

(OFF点)及AB段差。通过作图可得出踏板高度、踏面角度、踏入角度等参数。如图6所示。

(3) 结构设计。根据制动踏板的初始点（OFF点）位置、推杆摇动角范围、踏板比、制动主缸行程等参数，布置摆臂的旋转轴位置。通过作图，可以得出相应的制动踏板全行程。

制动踏板与周边部件的必要间隙，见表3所示。

随后，结合间隙要求等边界

条件，可以设定踏板摆臂的空间形状、支架的结构形状等。并在踏板支架及摆臂上布置制动灯开关、回位弹簧等零部件。参考原型车的制动踏板的结构形状，完成新开发的制动踏板部件的3D数模。

(4) 试制出图及试验评价。通过上述设计布置流程，完善3D数据模型，制动踏板结构形状设计完成，发布制动踏板的摆臂、支架单品图纸及踏板总成图纸。试制完成后进行试验评价。具体评价项目参考《QC/T 788 汽车踏板装置性能要求及台架试验方法》。针对评价问题点进行设计改进，最终完成制动踏板的设计开发。

结语

本文根据汽车行业国内外的法规标准，结合实际项目经验，介绍了乘用车制动踏板设计布置方法和流程，使制动踏板的布置更加合理，为今后制动踏板的设计开发提供了一定的参考意义。经过实车验证，制动踏板的初始点（OFF点）位置、AB段差、踏面尺寸、踏板行程等参数，对脚踏板的布置合理性影响较大。

AUTO1950

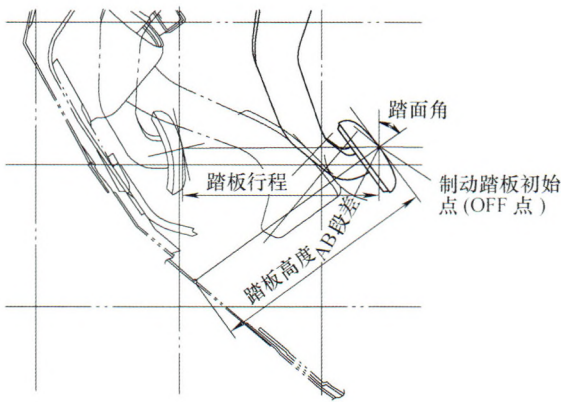


图6 制动踏板布置示意

表3 制动踏板与周边零部件的间隙要求

No	周边零部件	制动踏板	间隙要求/mm
1	仪表板下盖板	初始位置时（OFF点）	≥10
2	转向中间轴总成	踏板摆臂	≥15
3	前围板	踏板摆臂	≥5
4	地板垫	踏板摆臂	≥5
5	转向机盖板	踏板支架总成	≥5