

# Driver's Seating Position Design of Passenger Car for Chinese Population Based on SAM Model

Kai Lin<sup>1</sup>, Jindong Ren<sup>2</sup>

<sup>1</sup>BYD Automobile Industry Co., Ltd., Shenzhen Guangdong

<sup>2</sup>College of Automotive Engineering, Jilin University, Changchun Jilin

Email: JLLK666@163.com

Received: Aug. 7<sup>th</sup>, 2020; accepted: Aug. 21<sup>st</sup>, 2020; published: Aug. 28<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

With the improvement of passenger car design level in domestic automobile enterprises, the design method has changed from reverse development to forward design stage. At the same time, with the rapid development of Chinese economy, the Chinese market has become the main battlefield of passenger cars, and the forward development of passenger vehicles for Chinese human body is very important, and the track length design and travel distribution of passenger car seats determine the human comfort and internal space layout of the target population. At present, the design practice of domestic and foreign car enterprise is still based on the human body of the United States SAE design standard, because of the difference of human body size between China and the United States and the SAE design standard. Therefore, based on the Chinese human body size, this paper puts forward the forward design method of the seat track length suitable for the driver of Chinese passenger car, and uses the man-machine flexible bench to carry on the inspection at the same time, providing a theoretical reference for the forward design of the seat track.

## Keywords

SAM Model, Chinese Crowd, Seat Position, Human Body Sizes, Seat Track, SgRP

---

# 基于SAM的中国人群乘用车驾驶座椅位置设计研究

林 凯<sup>1</sup>, 任金东<sup>2</sup>

<sup>1</sup>比亚迪汽车工业有限公司, 广东 深圳

<sup>2</sup>吉林大学, 汽车工程学院, 吉林 长春

Email: JLLK666@163.com

收稿日期: 2020年8月7日; 录用日期: 2020年8月21日; 发布日期: 2020年8月28日

## 摘要

随着国内各车企乘用车设计水平的提升, 设计手段已经由逆向开发转到正向设计阶段, 同时中国经济的高速发展, 中国市场已经成为乘用车主战场, 针对中国人体乘用车正向开发至关重要, 乘用车座椅行程长度设计及行程分配决定了目标人群人体舒适性及内部空间布置, 目前国内外车企设计规范依旧是基于美国人体SAE设计标准, 因此, 本文将基于中国人体尺寸提出适合中国乘用车驾驶员座椅行程长度正向设计方法, 同时使用人机柔性台架进行了验证, 为座椅行程正向设计提供了理论上的参考。

## 关键词

SAM模型, 中国人群, 座椅位置, 人体尺寸, 座椅行程, SgRP

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

目前国内主流车企, 乘用车驾驶员人体姿态定义及H点座椅行程的分配依然参照美国SAE设计标准, 由于中国与美国人尺寸存在差异性, 因此, 针对中国市场开发车型, 亟待寻找一种基于最新中国人体尺寸, 客观的、有理论依据的方法指导座椅行程正向设计。

本文基于比亚迪某电动车平台架构及最新中国人体尺寸数据及SAE设计标准, 提出了投放中国市场车型, 用户群体男女比例1:1, 满足95%驾驶员座椅位置X向行程长度设计方法及基于50%驾驶员座椅位置前后行程分配, 使用人机柔性台架验证结果合理性。

## 2. 背景

### 2.1. 中国30年人体尺寸差异

我国人机工程方面的研究本身就比国外发达国家起步晚, 在汽车行业的研究成果也就更加寥寥无几, 在1984~1986年期间, 我国才采用“手工测量”的方式开展全国第一次人体尺寸普查, 并制定《GB 10000-1988 中国成年人人体尺寸》, 一直沿用至今, 2013年启动新一轮全国范围的大规模的“中国成年人工效学基础参数调查”, 与1988年数据比较[1], 其中男性身高, 图1所示, 比较18~60年龄段不同百分位(5%、50%、95%)身高的变化。平均身高增长10 mm, 95百分位身高增长25 mm, 5百分位身高略有下降; 女性身高变化率很小, 图2所示, 平均身高增加仅3 mm, 5、95百分位略有下降。

### 2.2. 中外人体平均身高差异

图3所示, 各国人体男女平均身高差异显著, 本文主要关注中美人体男女平均身高, 男性平均身高美国比中国高71 mm、女性平均身高美国比中国高57 mm, 因此, 针对中国市场直接采用SAE标准设计座椅行程会产生很大偏差。

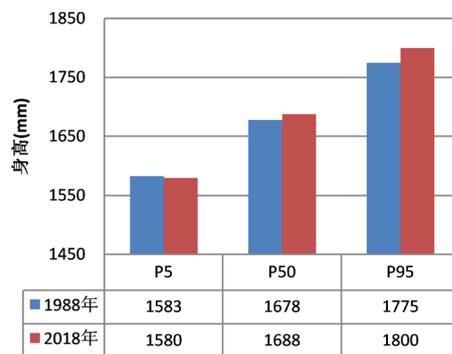


Figure 1. Different percentile heights of male drivers in different years

图 1. 不同年份男性驾驶员不同百分位身高

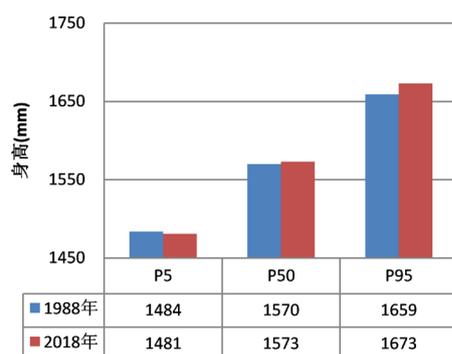


Figure 2. Different percentile heights of female drivers in different years

图 2. 不同年份女性驾驶员不同百分位身高

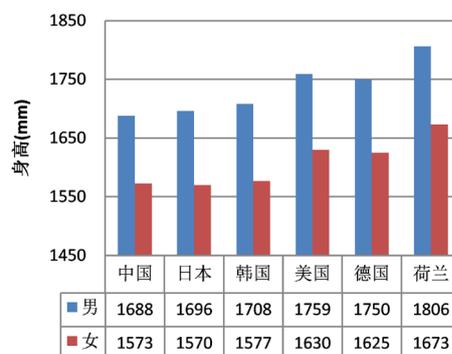


Figure 3. The difference in average height between China and foreign countries

图 3. 中外人体平均身高差异

### 3. 驾驶员座椅位置 SAM 模型

1984年 Philippart [2]等人。使用七个回归方程来预测 50/50 男性/女性美国驾驶员群体的座位位置分布的七个百分位数(2.5%, 5%, 10%, 50%, 90%, 95%和 97.5%)中的每一个, 见图 4。将每个回归方程拟合到从其数据库中的 14 个车辆中的每个车辆的座椅位置分布计算的经验百分位值获得的数据。使用座椅高度的二阶函数(H30)预测每个百分位数的 H 点和加速踏板之间的前后距离。这种方法直接拟合了每个

百分位数据, 从而避免了对座位位置分布形式的任何假设。然而, 其使用仅限于美国驾驶员群体的 7 个百分位数, 其具有 50/50 的男性/女性比率, 模型过渡简化, 描述选定座椅位置仅是单一变量座椅高度的函数。需要从座椅位置和其他未知变量之间关系入手。

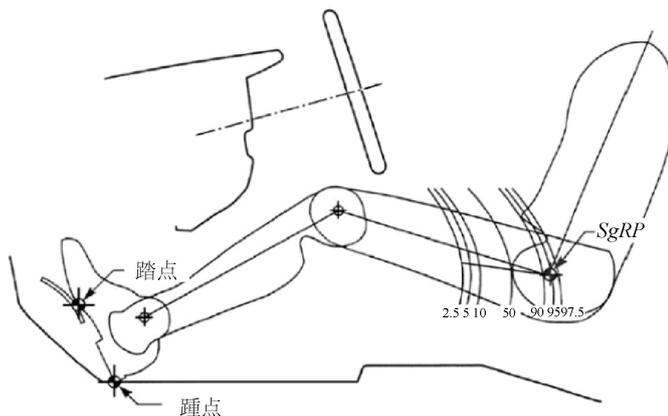


Figure 4. Driver's seat position distribution prediction model  
图 4. 驾驶员座椅位置分布预测模型

1996 年 Flannagan [3] 等人通过增加一个座椅位置服从正态分布的假设, 并生成等式预测正态分布两个参数, 均值和标准差, 创造了一个更加灵活的座椅位置模型, 命名为 SAM 模型, 研究确定特定车辆参数如何影响座椅位置, 发现许多车中座椅高度 H30 与座椅位置相互关系大部分呈现线性而不是二次函数, 车型参数 L6 (踏点到方向盘 X 向距离)、A27 (座垫倾角)、变速器型式独立的影响座椅位置, 在实验室和动态试验条件下, 车辆平均座椅位置的影响因素已经得到了广泛的证明, 增加一个反映人群构成模型成分是座椅位置模型一个重要进展, 同时, 人群身高构成部分的有效性依赖一个驾驶的有效性, 即身高以同样的方式影响座椅位置, 而不管驾驶员的国籍如何, 值得注意的是, 身高比任何其他变量都要有更大的影响力, 然而, 对其他群体进行测试是验证 SAM 模型一个重要步骤。

$$\hat{u} = 16.83 + 0.433u_s - 0.24h - 2.19p + 0.41w - 18.2t \tag{1}$$

式中:  $\hat{u}$  为预测座椅位置均值(踏点后 X 距离);  $u_s$  驾驶员平均身高;  $h$  为座椅高度;  $p$  为座垫倾角;  $w$  为方向盘到踏点距离;  $t$  为变速器行程(自动取值 0; 手动取值 1)

$$\sigma = \sqrt{(0.433)^2 \sigma_s^2 + (29.75)^2} \tag{2}$$

## 4. 基于中国人体 SAM 模型改进

### 4.1. 模型基本参数(表 1)

Table 1. Basic parameters  
表 1. 基本参数

尺寸代码	尺寸描述	数值	备注
H30-1	座椅高度	245	平台定义
L6	踏点到方向盘距离	565	平台定义
A27	座垫倾角	12.8	SAE j4004 推导

Continued

t	变速器型式	AT	平台定义
$\mu_m$	男性身高均值	1688	18年最新数据
$\sigma_m$	男性身高标准差	68	18年最新数据
$\mu_f$	女性身高均值	1573	18年最新数据
$\sigma_f$	女性身高标准差	60	18年最新数据

## 4.2. 中国人体驾驶员座椅行程长度计算

利用 H30、L6、A27、t、男性驾驶员身高分布均值估算出男性驾驶员座椅位置分布均值, 公式 A1

$$\begin{aligned}\hat{\mu}_m &= 16.83 + 0.433\mu_m - 0.24(H30) - 2.19(A27) + 0.41(L6) - 18.2t \\ &= 16.83 + 0.433 \times 1688 - 0.24 \times 245 - 2.19 \times 12.8 + 0.41 \times 565 - 18.2t \\ &= 892.552 \text{ mm}\end{aligned}\quad (3)$$

利用男性身高分布的标准差计算出男性驾驶员座椅位置分布的标准差:

$$\sigma = \sqrt{(0.433)^2 \sigma_s^2 + (29.75)^2} = \sqrt{0.187 \times 68^2 + 885} = 41.83 \quad (4)$$

利用男性身高分布均值和标准差计算出 95 百分位男性座椅位置

$$X_{95} = \hat{\mu}_m + \sigma K = 892.552 + 41.83 \times 1.645 = 961 \quad (5)$$

女性驾驶员身高分布均值估算出女性驾驶员座椅位置分布均值,

$$\begin{aligned}\hat{\mu}_f &= 16.83 + 0.433\mu_f - 0.24(H30) - 2.19(A27) + 0.41(L6) - 18.2t \\ &= 16.83 + 0.433 \times 1573 - 0.24 \times 245 - 2.19 \times 12.8 + 0.41 \times 565 - 18.2t \\ &= 842.757 \text{ mm}\end{aligned}\quad (6)$$

利用女性身高分布的标准差计算出女性驾驶员座椅位置分布的标准差:

$$\sigma = \sqrt{(0.433)^2 \sigma_s^2 + (29.75)^2} = \sqrt{0.187 \times 60^2 + 885} = 39.47 \quad (7)$$

利用女性身高分布均值和标准差计算出 5 百分位女性座椅位置

$$X_5 = \hat{\mu}_f + \sigma K = 842.757 + 39.47 \times (-1.645) = 778 \quad (8)$$

中国人体座椅行程长度:

$$X_{\text{track}} = X_{95} - X_5 = 961 - 778 = 183 \text{ mm} \quad (9)$$

## 5. 台架验证

### 5.1. 样本的选择

样本数共计 28 人, 男女比例 3.6:1, 身高包括 5~95 百分位男女, 详见表 2。

### 5.2. 评价流程

如图 5 所示, 测试引导员首先将台架上座椅位置调到最后最下, 方向盘调整到最后最下, 目的是鼓励评价人员通过调整座椅和方向盘位置找到最合适的驾驶位置, 每次评价完测试人员都要将座椅、方向盘调整到初始位置。

引导评价人员首先通过油门及制动踏板初始及踩下位置来调节座椅 X 向位置, 然后通过调节方向盘

及靠背角视图调整到合适驾驶位置, 然后引导评价人员通过调整座椅高度观察前方参照物, 此时评价人员填写坐姿舒适度评价表, 实验人员打点记录此时的座椅位置。

评价完成后, 指引受测者走出台架, 并且设置台架到初始设置位置。

**Table 2.** Sample situation  
**表 2.** 样本情况

组	性别	身高	百分位	人数
1	女	1466~1508	5~15	1
2	女	1563~1597	40~60	2
3	女	1597~1651	60~85	2
4	女	1651~1694	85~95	1
5	男	1554~1604	5~15	1
6	男	1604~1668	15~40	2
7	男	1668~1710	40~60	11
8	男	1710~1774	60~85	3
9	男	1774~1824	85~95	4
10	男	>1824	>95	1



**Figure 5.** Platform posture evaluation and point collection  
**图 5.** 人机台架坐姿评价及采点

### 5.3. 数据分析

从图 6 采集到的 H 点样本可以得出以下结论:

1. 实际中国人体座椅行程 X 向长度 180 mm, 与理论计算 183 mm 基本吻合;
2. 理论计算预测的座椅行程(蓝色截止线)与台架实际座椅行程(绿色截止线)存在偏差, 偏差 45.7 mm;
3. 产生偏差的原因: 如图 7 所示, 在每辆车中, 真实的分布与预测的分布会有一定程度的不同, 因为这个模型的关键结果是预测分布的尾部, 预测的座椅位置的均值和标准差的偏差对于分布的每个尾部的容纳值都不是对称的影响, 图 7 说明了预测的平均座椅位置比实际的座椅位置分布有向后移动的情况。相同的影响发生在错误预测座椅位置的标准差上, 但是这种影响出现在不同车辆上, 而不是一个车上。

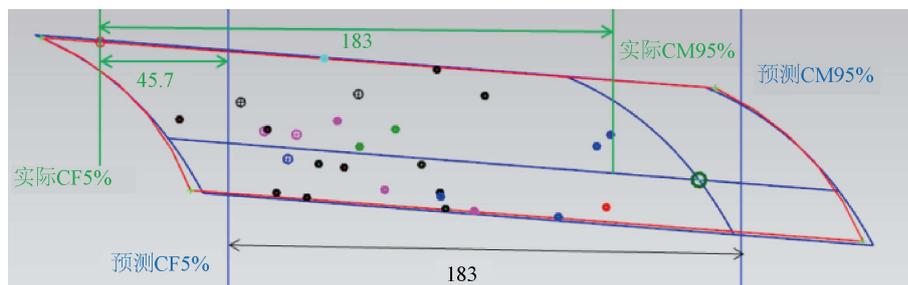


Figure 6. H-point Sample collection

图 6. H 点样本采集

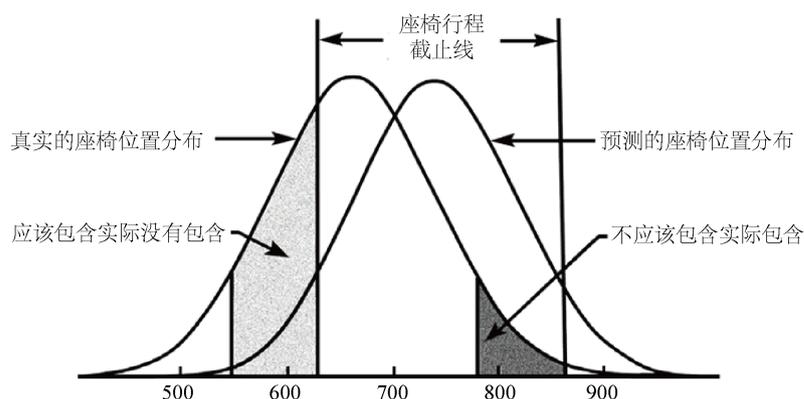


Figure 7. Horizontal distance from BOFRP point to H point

图 7. BOFRP 点到 H 点水平距离

“公差”是一个统计概念，在这个概念中确定了极限，使得 X%的驾驶员能够被 Y%的确定性所容纳，容纳被描述用 X，公差用 Y 表示，由于不对称的减容效应，上述模型的容差小于 50%，为了达到更高的容差水平，最直接的方法是增加标准差中随机误差的估计。

4. 为了更多的达到目标容纳水平，预测座椅位置分布的标准偏差等式(2)必须由等式(10)代替

$$\sigma = \sqrt{(0.433)^2 \sigma_s^2 + e^2} \quad (10)$$

5. 在等式(10)中，29.7 的均方差值被变量  $e$  代替，该变量表示预测的座椅位置标准差的误差分量，对于更大的公差，变量值通常大于 29.7。当驾驶员人口为 50%男性时，均方差值 43.8 给出 88%的容差。使用此值带入公式(4)重新计算男性驾驶员座椅位置分布的标准差：

$$\sigma = \sqrt{(0.433)^2 \sigma_s^2 + (43.8)^2} = \sqrt{0.187 \times 68^2 + 1918.44} = 52.76 \quad (11)$$

利用男性身高分布均值和标准差计算出 95 百分位男性座椅位置

$$X_{95} = \hat{u}_m + \sigma K = 892.552 + 52.76 \times 1.645 = 979 \quad (12)$$

同理，重新计算女性驾驶员座椅位置分布的标准差：

$$\sigma = \sqrt{(0.433)^2 \sigma_s^2 + (43.8)^2} = \sqrt{0.187 \times 60^2 + 1918.44} = 50.91 \quad (13)$$

利用女性身高分布均值和标准差计算出 5 百分位女性座椅位置

$$X_5 = \hat{u} + \sigma K = 842.757 + 50.91 \times (-1.645) = 759 \quad (14)$$

中国人体座椅行程长度:

$$X_{\text{track}} = X_{95} - X_5 = 979 - 759 = 220 \text{ mm} \quad (15)$$

6. 男女比例 1:1, 50 百分位座椅位置

$$\hat{u}_{f\&m} = (\hat{u}_m + \hat{u}_f) / 2 = (892.552 + 842.757) / 2 = 867.65 \text{ mm} \quad (15)$$

$$\hat{u}_{f\&m} - X_5 = 867.65 - 759 = 109 \quad (16)$$

$$\hat{u}_{f\&m} - X_{95} = 979 - 867.65 = 111 \quad (16)$$

#### 5.4. 小结

通过上述分析可以得到如下结论:

1. 针对中国市场, 目标用户男女比例 1:1, 满足 95% 驾驶员座椅位置, 座椅 X 向行程需要 220 mm;
2. X 向行程分配, 以 50 百分位男女 1:1 混合座椅位置为基准, 前 109 mm, 后 111 mm。

#### 6. 结论

本文基于 2018 年最新中国人体尺寸数据, 结合电动车平台基本参数, 使用座椅位置预测模型(SAM), 计算出针对中国市场, 目标用户男女比例 1:1, 满足 95% 驾驶员座椅位置, 座椅 X 向行程需要 220 mm; 同时给出了基于 50% 座椅位置前后行程分配, 前 109 mm, 后 111 mm。

#### 参考文献

- [1] GB 10000-1988 中国成年人人体尺寸[Z]. 国家技术监督局 1988-12-10 批准, 1989-07-01 实施.
- [2] Philippart, N.L., Roe, R.W., Arnold, A.J. and Kuechenmeister, T.J. (1984) Driver Selected Seat Position Model. SAE Technical Paper 840508. SAE International, Warrendale, PA. <https://doi.org/10.4271/840508>
- [3] Flannagan, C.C., Schneider, L.W. and Manary, M.A. (1996) Development of a Seating Accommodation Model. M.A. (1996) Development of a Seating Accommodation Model. SAE Technical Paper 960479. SAE International, Warrendale, PA. <https://doi.org/10.4271/960479>