

# 汽车制动文集

[英]T.P.纽康姆 等著  
吴植民 李明丽 等译

人民交通出版社

Qiche Zhidong Wenji

# 汽车制动文集

[英]T.P.纽康姆 等著  
吴植民 李明丽 等译

人民交通出版社

## 汽车制动文集

[英]T.P.组康姆 等著

吴植民 李明丽 等译

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$  印张：14.75 字数：300千

1984年7月 第1版

1984年7月 第1版 第1次印刷

印数：0001—3,750册 定价：2.25元

## 内 容 提 要

本书选译自英国公路运输工程师学会汽车分会汇编的1976年讨论会论文集的一些文章。全书共二十篇，是研讨汽车制动性能方面的专著，可供科研设计人员和高等院校专业师生阅读参考。

本书由沈志煌统校。

# 目 录

一、基本原理.....	1
二、汽车单车的制动系统.....	22
三、铰接车辆的制动系统.....	57
四、商用车辆制动器述评.....	77
五、商用车辆盘式制动器.....	103
六、现有制动器设计述评.....	127
七、气压制动系部件的一些重大发展.....	148
八、对固定制动力分配和可调制动力分配的小客车 制动性能的评价.....	168
九、车轮制动动力学.....	196
十、汽车列车制动时的横向稳定性.....	217
十一、制动转向时车轮滑移的控制动态对车辆稳定 性的影响.....	236
十二、可靠性理论及其在车辆制动器与制动系统中 的应用.....	263
十三、载重汽车防抱系统的实际试验结果.....	283
十四、载重汽车制动防抱系统性能的计算机分析.....	307
十五、载重汽车轮胎纵向力与侧向力的测量.....	334
十六、利用汽车底盘测功器进行制动试验的最新进展.....	353
十七、轮胎和道路间的湿摩擦.....	374
十八、轮胎与道路间的接触面对制动性能的影响.....	397
十九、铰接车辆制动的法规控制.....	426
二十、英国制动法规的回顾.....	455

# 一、基本原理

【英】罗夫包罗夫工业大学 T.P.纽康姆 著

冯振东 译 沈志煌 校

## 内 容 提 要

本文概括介绍影响公路车辆制动状态的主要因素。首先考查有关汽车减速的一般原理，其中包括轮胎与路面的附着，稳态和瞬态载荷转移，以及由多种型式的汽车及其载荷状态得到的复杂结果，也简要提到改善稳定性的方法。然后概述制动力控制和获得制动力的方法。最后讨论制动机构及其主要元件并简要比较各种制动器的整体性能。

## 前 言

1. 汽车制动系统应当满足的一般要求是不言而喻的。制动器应能使汽车在各种路面上和各种行驶条件下在尽可能短的距离内安全停车。制动时汽车不应跑偏，应当处于驾驶员完全控制之下，制动装置绝不能同其它汽车部件发生相互干扰。

2. 汽车制动系应当完全可靠而不受温度、水和路面碎石的影响，且当零件磨损时其性能不应变坏。制动器和制动系统的保养和调整作业应尽可能少。

3. 驾驶员的制动操纵技巧也是极为重要的。为了驾驶员

舒适，在一次制动过程中，踏板力一定时减速度应不变；而在不同次制动中，驾驶员施加的踏板力相同时减速度应相同。减速度一般还应随踏板力的增大而增大，高的减速度不应要求过大的踏板力。制动系的总反应时间也应不变并尽可能短。

4. 考虑上述要求，将从一开始就必须应付各种各样技术问题的设计者的立场出发，叙述汽车制动的一些基本原理。

### 道路-轮胎附着力

5. 假如道路轮胎接触面上的制动力大于摩擦力（即轮胎与道路之间的附着力），车轮将抱死，任凭踏板力进一步增加也不会再增加减速度。车轮抱死后，不会产生足够的侧向力，因而会使车辆失去方向控制。

6. 在所有各类汽车的事故中，很多是由于制动力超过了附着力，汽车失去控制而引起的。

7. 当车轮连滚带滑时轮胎上产生的切向（减速）力先上升至峰值，然后在车轮抱死纯滑移时降到较低的数值。车轮所传递的切向力与车轮所承受的法向载荷之比称为附着系数  $\mu_A$ 。在正常行驶时可能利用  $\mu_A$  直到最大值的各种数值，如果车轮抱死  $\mu_A$  将下降到与滑移条件相对应的较低值。

8. 当轮胎同时受制动力和侧向力时，尖峰制动力有所降低并发生在较大的滑移率条件下。在车轮完全抱死的情况下，车辆实际上失去用以转向的侧向力。

9. 影响  $\mu_A$  的主要因素是轮胎的材料和花纹型式、路面性质和水层深度。次要影响来自诸如轮胎尺寸、充气压力和载荷等因素。

10. 影响轮胎和路面之间  $\mu_A$  值的一些重要因素示于图 1-1 和图 1-2。图 1-1〔1〕表示出包括光面轮胎在内的各式货

车轮胎在不同车速下车轮抱死时的  $\mu_A$  及其与轿车轮胎的比较。这些曲线表明，各种花纹的货车轮胎的  $\mu_A$  值存在较大的差别，而这种差别较之各种花纹的轿车轮胎之间的差别为大。图 1-2〔2〕表明对于一种完整花纹轮胎水层深度对附着力的影响，这些试验结果还显示出轮胎与路面的此种组合在水层深度约为 4mm 时  $\mu_A$  值为最小。

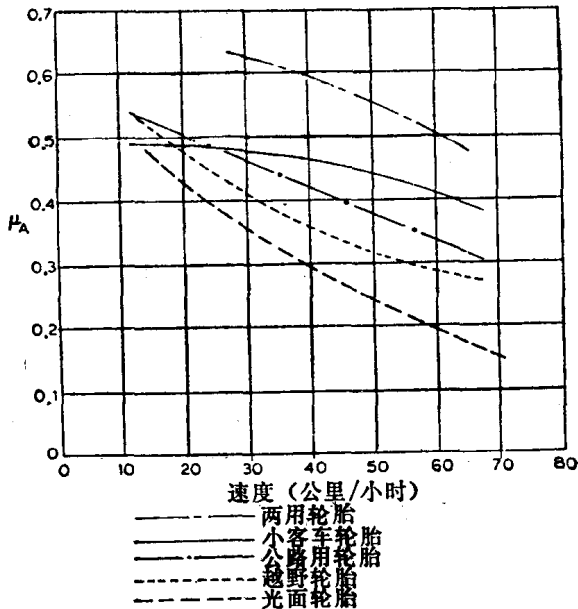


图1-1 在平坦的湿混凝土路面上车轮抱死时的  $\mu_A$

11. 胎面胶料对  $\mu_A$  值有影响，用高迟滞性的胶料制造胎面可较大程度地提高  $\mu_A$  值。假如路面使橡胶变形，即使存在水膜也是有益的。

12. 轮胎花纹在干路面上对  $\mu_A$  影响很小，但在湿路面上



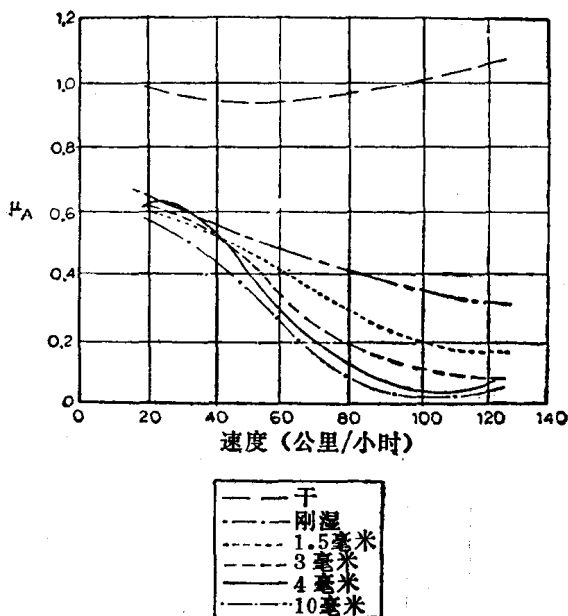


图1-2 在平坦混凝土路面上的水层深度对 $\mu_A$ 与车速关系的影响

影响却较大。在最坏的情况下，即在高速下由于水膜效应 (aquaplaning) 而  $\mu_A$  为零时，合适的花纹胎面能使  $\mu_A$  大约增加到 0.1；在车速较低时，也可使  $\mu_A$  接近于在干路面上所达到的数值。

13. 在干路面条件下，如果没有散砂，不同路面的  $\mu_A$  仅有小的差别，而在湿路面条件下  $\mu_A$  变化则较大，特别是在高速时，利用特殊结构花纹破坏水膜并将水从接触区挤出的方法，可大大增加在湿路面上的附着力。尽管我们对湿摩擦的认识有进展，但仍然不知道轮胎花纹与路面如何匹配最好。轮胎技术的进一步发展，无疑会改善轮胎的摩擦特性。

14. 总之，制动设计师必须对付变化范围大的道路附着系数。为了在给定路面得到最大汽车减速度，所有车轮必须同时抱死，而此时的汽车最大减速度不可能超过  $\mu_A g$ 。为保证这一条件，每个车轮上的制动力必须正比于其所承受的载荷。

## 载 荷 转 移

15. 影响制动性能的一个复杂情况是，每一车轴上的静载荷依汽车装载状况而变化。另一个复杂情况是随制动强度变化的载荷转移。载荷转移可分：稳态载荷转移和瞬态载荷转移。前者的制动力与时间无关，而后者的制动力与时间有关。

### 稳态-双轴车辆

16. 双轴车辆的稳态载荷转移，在直线制动的情况下，当前轮刚要抱死时的减速度为

$$\frac{a}{g} = \frac{\mu_A d W_F}{W(d F_F - \mu_A h)} \quad (1-1)$$

而后轮刚要抱死时的减速度则为

$$\frac{a}{g} = \frac{\mu_A d W_R}{W(d F_R + \mu_A h)} \quad (1-2)$$

式中  $h$  为重心高度， $d$  为轴距， $F_F$  为前轮制动力所占的比例， $F_R$  为后轮制动力所占的比例，而  $F_F + F_R = 1.0$ 。

17. 公式(1-1)和(1-2)以图线示于图1-3，其中直线  $ab$  和  $cd$  分别表示在附着系数  $\mu_A = 1.0$  和减速度为  $a/g$  时可能加于前、后轴上的最大制动力，该制动力用所占车辆重量的比例表示。这些图线是根据某轿车求得的，该车重 1360 kg (仅

有一驾驶员), 前轴静载荷为54%,  $h/d$ 为0.2。直线 $ef$ 和 $gh$ 取决于车辆制动力之比, 假定该比例为70:30, 同时假定摩擦材料的 $\mu$ 以及可使制动力矩改变的其它因素都不变。两组直线的交点 $i$ 和 $i$ 对式(1-1)和(1-2)给出两个解, 较小的值决定最大制动力。在此例中, 于点 $i$ 后轮先抱死, 并且最大减速度为 $0.92g$ 。示于图1-3的另外两条直线给出当 $\mu_A = 0.8$ 时的前后轴制动性能。同样, 用对 $\mu_A = 1.0$ 值的简单比例关系即可决定 $\mu_A$ 为其它值时的制动性能。

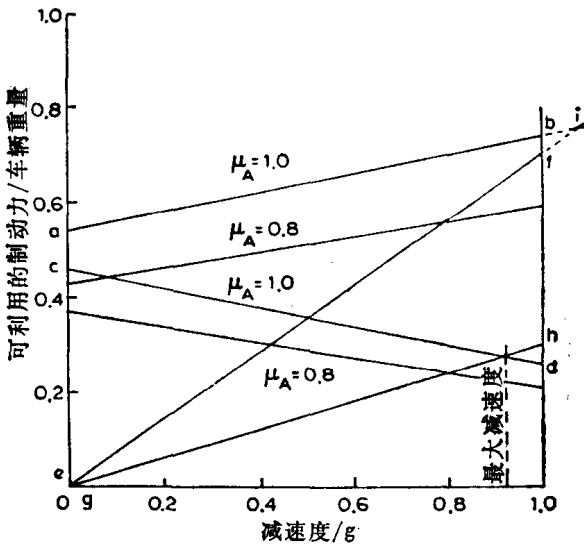


图1-3 对于不同附着系数 $\mu_A$ 的最大制动力

18. 有效轴荷(静轴荷加上所转移的载荷)之比为

$$\frac{W_{FT}}{W_{RT}} = \frac{W_F + W \mu_A h/d}{W_R - W \mu_A h/d} \quad (1-3)$$

在 $\mu_A$ 给定的情况下, 当所有车轮同时抱死时, 减速度最大,

而此比值应与制动力之比  $F_F/F_R$  相等。

19. 通常制动力之比是固定的，而在轿车上，常常这样确定此比值，使  $\mu_A$  在达较大的数值之前后轮不致先于前轮抱死。在图1-3中当  $\mu_A$  为0.8时，两轴上的车轮将同时抱死。

20. 对于分立式或双管路制动系统，在保证得到最大可能的减速度方面，以及当只有一半制动器工作时保持汽车稳定性方面，都存在着更为复杂的情况。

21. 以各种方式分立的制动系统的特性示于图1-4。此图

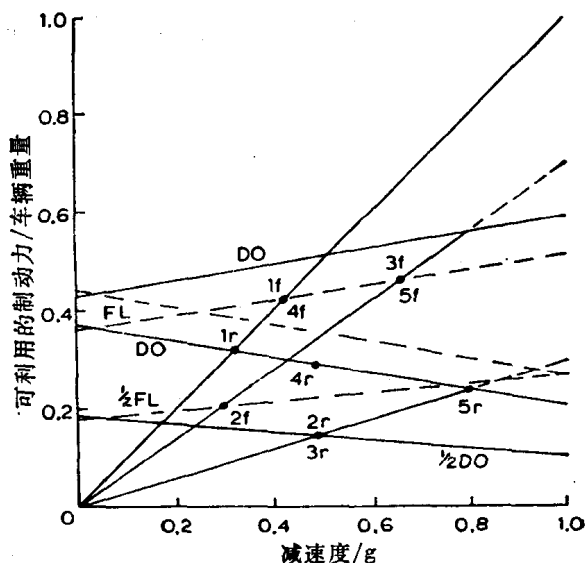


图1-4 不同型式双回路系统的制动性能

1-前后分路;2-对角线分路;3-三角分路;4-前双后单;5-全双路系统

FL-车辆满载; DO-仅带驾驶员

对应于前述轿车在仅坐一驾驶员的条件下，在附着系数为0.8的路面上所有车轮同时抱死的状况。如果仅有后制动器

在工作，则简单的分路系统将使后轮在减速度大约为 $0.3g$ 时抱死。因此，简单的前后分路或对角线分路可能带来问题；如果要求减速度大于 $0.3g$ 时，则制动力必须至少加在三个车轮上〔3〕。

22. 前后轮任何一个先抱死都会导致减速度小于在同一路面上前后轮同时抱死所达到的最大值，同时还影响汽车的方向控制。

### 附着力的利用

23. 采用比值 $\eta = a/\mu_A g$ 来衡量制动力比值与附着力之间的相互影响，此处 $\eta$ 为附着力利用系数， $a$ 为单轴抱死时的实际减速度， $\mu_A g$ 为最大可能的减速度。

24. 假如前轮刚要抱死，则

$$\eta = \frac{W_F}{W(F_F - \mu_A h/d)} \quad (1-4)$$

如果后轮先抱死，则

$$\eta = \frac{W_R}{W(F_R + \mu_A h/d)} \quad (1-5)$$

公式(1-4)或(1-5)用来计算 $\eta$ ，其值可达到1。

25. 通过附着力利用的研究〔4〕，可以分析制动系统对 $\mu_A$ 的有效利用程度。图1-5表示一轿车的 $\eta$ 与 $\mu_A$ 的关系的典型图线，图中在 $\mu_A = 0.8$ 时附着力利用系数最大。 $\mu_A$ 小于0.8时前轮先抱死，而车辆继续沿直线运动。 $\mu_A$ 大于0.8时后轮先抱死，车辆倾向于绕其重心转动。减速度高时，选择 $\eta = 1.0$ 可避免后轮抱死，然而在 $\mu_A$ 低值区，最大减速度损失太大，且大大低于 $\mu_A$ 高值区的数值。

26. 载荷转移的极端情况发生在两轮车上，当只有后轮制动和 $\mu_A = 1.0$ 时，最大减速度仅为 $0.36g$ 左右。

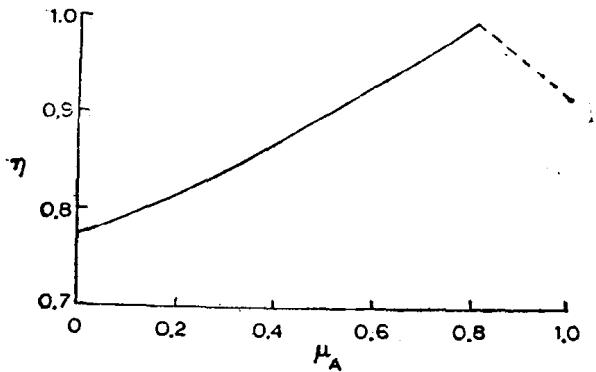


图1-5 对于一轿车  $\eta$  与  $\mu_A$  的典型变化

### 稳态-三轴车辆

27. 三轴或多轴车辆可以用类似于对二轴车辆使用的分析方法来处理。铰接车辆由于轴荷存在较大的变化而显得特别重要。

28. 对于铰接车辆，当所有车辆同时抱死时方程式解的形式最为简单。基本公式〔5〕表明，车辆的减速度等于  $\mu_A g$ 。挂车可看作一辆汽车那样，其载荷转移随铰接销位置与重心的垂直高度之差而改变。牵引车的载荷转移由两部分组成：一部分由作为单车看的牵引车的质量引起；另一部分则由挂车引起，此时挂车的作用就好像是在铰接销处的一附加质量。对于一典型铰接车辆，牵引车和挂车的总载荷同牵引车前轴载荷之比，可从满载时的 2.5:1 到空载时的 5:1。因而制动力比值固定的制动系统，不可能保证在  $\mu_A$  和车辆载荷的变化范围内全部车轴一起抱死，这乃是该类车辆的根本问题。

### 瞬态载荷转移

29. 制动时有俯倾力矩作用在车辆上并引起车身的“点头”和垂直运动。所造成的后果也许是危险的，因为车轴的法向载荷可能变化，而在危险情况下引起车轴抱死并影响汽车的稳定性。

30. 铰接车辆的复杂情况现已研究过〔6〕，图1-6和1-7

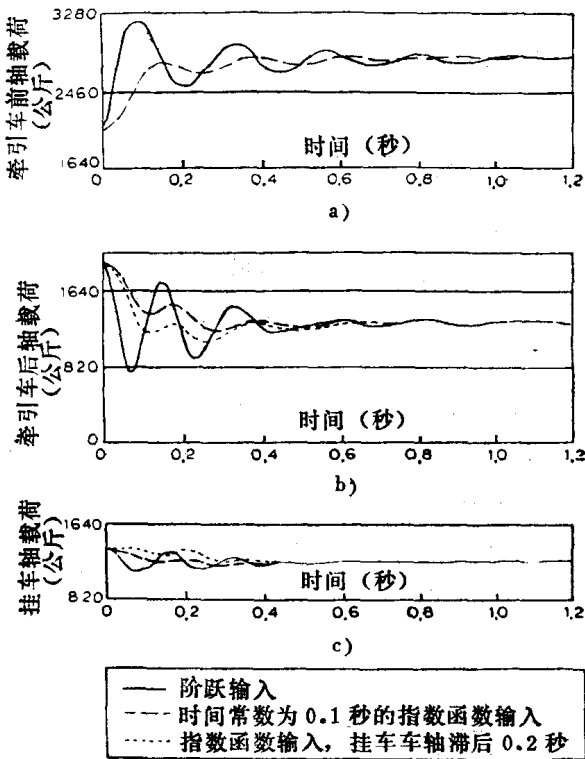


图1-6 铰接车辆（空载）在阶跃和指数函数制动输入时的各轴载荷  
a)前轴载荷；b)后轴载荷；c)挂车车轴载荷

分别表示车辆在空载和满载时相应于不同的制动输入的牵引车前、后轴和挂车轴上典型的瞬态载荷转移。

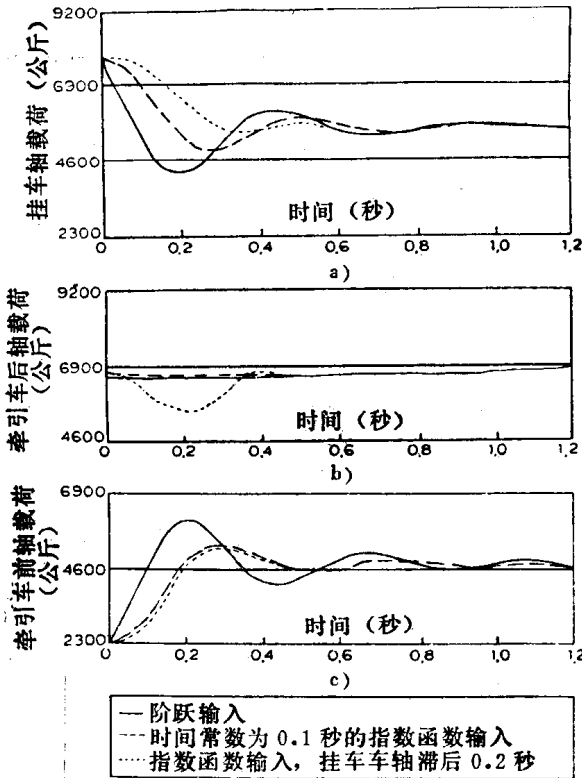


图1-7 铰接车辆(满载<sup>①</sup>) 在阶跃和指数函数制动输入时的各轴载荷

a) 挂车车轴载荷, b) 牵引车后轴载荷, c) 牵引车前轴载荷

31. 这些研究结果表明, 阶跃制动输入 (step brake input) 比指数函数输入 (exponential input) 可导致较大的载

① 原文误为空载——译者注。



荷变化。假如挂车后轴上的载荷大幅度降低，则可能是危险的。指数函数输入能减轻激励作用，这是由于响应较缓慢的系统产生较小的波动。

32. 在满载车辆中，挂车制动器工作的时间滞后对挂车轴荷的波动有很大的激励作用。制动滞后的结果也使后轴载荷在挂车制动器未起作用时发生瞬时降落。

33. 存在瞬时载荷变化，对车辆来说是一个潜在的危险根源，因为在临界附着条件下，可能增加抱死的可能性。

### 改善稳定性

34. 按照道路轮胎附着力和每个车轮上的载荷来调整制动力比值的一些方法，将有利于得到最短的制动距离且不致失去操纵。

35. 可变制动力比值可借感测管路压力或减速度并以如下方法适当限制后轮制动力的办法得到，这种方法是当减速度增加时对前轮施加较大的制动力，从而减少后轮抱死的危险。于是可使制动力比值接近于如图 1-8 所示的相应于固定静载荷的理想值。

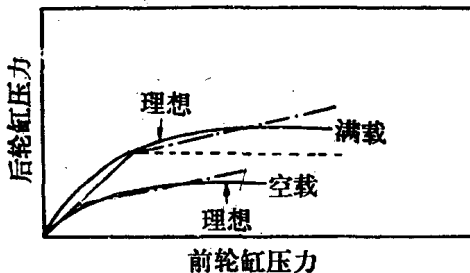


图1-8 后轮缸压力随前轮缸压力变化曲线

-----装有限压阀时的压力；  
- · - · - 装有减压阀时的压力

36. 感载比例阀对于载荷在前后轴的分配变化可能很大