

驼峰溜放车辆 阻力的研究

[苏] E. A. 索特尼科夫 等著

张觉印 译

TUOFENG LIUFANG CHELIANG ZULI DE YANJIU

人 民 铁 道 出 版 社

驼峰溜放车辆阻力的研究

Л.А.索特尼科夫 等著

张 觉 印 译

人 民 铁 道 出 版 社

1979年·北京

驼峰溜放车辆阻力的研究
СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЮ
ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ
ПРИ СКАТЫВАНИИ С ГОРОК

〔苏〕 Е.А.索特尼科夫 等著

原载 《ЦНИИ МПС》545期

МОСКВА 《ТРАНСПОРТ》1975

人民铁道出版社出版

责任编辑 张显善

封面设计 关乃平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：4.75 字数：104 千
1979年8月第1版 1979年8月第1次印刷
印数：0001—3,300 册 定价：0.51 元

内 容 简 介

本书概括阐述了苏联测试驼峰车辆溜放阻力的发展过程，简要地介绍了其它国家的测试情况，并对车辆的基本阻力、道岔附加阻力、曲线附加阻力和空气附加阻力进行了详细的论述，还介绍了一般的测试方法和设备。本书可供铁路科研人员、站场设计人员和大专院校师生参考。

序 言

铁路货物周转量不断地增长引起了编组站改编作业量的增加。驼峰是编组站的主要部分，它作业的质量不仅在很大程度上影响车站作业能否顺利进行，而且关系到整个方向的车流通过能否得到保证。因此必须对影响编组过程的各种客观因素进行全面的考虑。

苏联铁道科学研究院对确定驼峰溜放车辆阻力进行了广泛的实验和研究。这些研究结果对货车溜放的基本阻力、道岔附加阻力、曲线附加阻力和空气附加阻力作了阐明，根据获得的标准单位阻力资料来进行驼峰计算。

本书供铁路局、分局、车站和设计部门的工程技术人员以及科学工作者和铁道运输学院的大学生参考。

苏联铁道科学研究院 付院长

H.A. 沃罗别耶夫

运输研究所 所 长

B.B. 科 尔 希

译 者 的 话

驼峰溜放车辆的阻力是驼峰设计的基本参数，也是驼峰作业自动控制的重要依据。

近半个世纪以来，世界上不少国家花费了相当的人力、物力和财力，进行过多次测阻方面的试验和研究。自本世纪二十年代开始，德国首先进行了测试车辆溜放阻力的试验和研究工作。随后苏联在三十年代初也开始进行测阻试验。我国是从五十年代末开始，才进行这方面的试验和研究。从六十年代开始，随着自动化驼峰迅速发展的需要，不少国家在这方面投入了更大的注意力，尤其是苏联和日本，在这期间进行了规模比较大，内容比较深入广泛，而且比较系统的试验和研究。在苏联根据这些试验结果，重新修改了《车站枢纽设计技术规程》中所推荐的标准阻力值。

本书译自苏联铁道科学院论文集 545 期《驼峰溜放车辆阻力》，它概括了苏联测阻的全部历史和基本结论，也简要地介绍了世界许多国家测阻的情况和结果。它根据苏联多次进行的测阻试验和研究，对车辆的基本阻力、道岔附加阻力、曲线附加阻力和空气附加阻力分章进行了详细的论述，对构成阻力的基本因素和影响车辆阻力的其它因素都作了比较深入的分析，它还对测试的方法和设备作了介绍。本书的一些结论，有的是很有参考价值的，也有的存在一定的局限性。对于原著中的一些笔误或常识错误，译者在翻译过程中作了改正或注解。

译者还选择了几篇有关测阻方面的文章或文摘翻译在后

面作为附录，供读者参考。

本书译后，曾请王光华、冯焕、李光霁等同志审阅，在此特表示感谢。

限于译者的水平，在翻译过程中可能有不当之处，望读者批评指正。

一九七八年十二月

概 述

在驼峰计算时，车辆溜放阻力是确定驼峰高度、断面、制动工具的能力及其配置和其它装备的主要因素。

在驼峰设计和进行与调车作业有关的计算时，机车车辆的运行阻力一般分为如下几类：基本阻力 $w_{基}$ 、空气阻力 $w_{风}$ 、道岔和曲线的附加阻力 $w_{道曲}$ 。此外，还常常采用总阻力 $w_{总}$ ，它等于基本阻力和空气阻力之和。

单位基本阻力是车辆在直线平道上的运动阻力。它对车辆从峰顶到编组线的停车点自由溜放的整个过程都有影响。克服基本阻力所消耗的功占总阻力消耗功的60%。驼峰主要装备的计算精度在很大程度上取决于所采用的基本阻力值 $w_{基}$ 。

基本阻力是由于轮轴在轴箱中的摩擦、轮子通过钢轨接头产生的撞击等原因造成的。单位基本阻力的值取决于许多因素：车辆走行部分的状况，车辆的重量，外界温度，车辆在溜放以前在到达场的停留时间，线路的坡度，线路上部建筑的构造和状态等等。车辆走行部分的状况又取决于转向架和轴承的装配质量，同一根轴上两个轮子的直径的差异和轮子踏面的磨耗程度等等。轴承的种类（滑动或滚动）对基本阻力 $w_{基}$ 的值也有很大的影响。因为滚动摩擦系数比滑动摩擦系数小很多，因而滚动轴承车辆的基本阻力比滑动轴承车辆的基本阻力小很多。

在外界温度比较低和车辆在到达场停留时间比较长（20~30分钟以上）的情况下，由于轴箱中润滑油变稠而使得运行阻力增加。随着车辆的运动，轴承里润滑油的温度由

于摩擦而跟着升高，从而使得其粘度减小，基本阻力 $w_{基}$ 也随之减少。

车辆在溜放过程中的单位基本阻力要远比车辆在列车运行过程中的阻力大得多。这是因为车辆在站线上停留时间长，而从到达场到驼峰的走行距离又非常短，加上车列的推送速度和车辆的溜放速度也非常低，因而不能使车辆轴承中的润滑油明显加热。另外，区间里正线的上部建筑的构造和状态要比驼峰和编组线好得多。

空气阻力取决于风速、风向、车辆的受风面积、车型、车速、气温和气压等等。在驼峰计算时，空气阻力这一部分按总阻力的30%计算已经足够大的了。车辆通过曲线区段产生的附加阻力取决于轮子和钢轨在这一段相互作用的特点。当车辆在曲线上运动时，由于车辆因惯性作用而力图作直线运动，使得轮缘和外轨摩擦，此外车辆构造本身也产生附加摩擦。因为曲线的外轨要比内轨长一些，所以两个轮子在转速相同的情况下，外轮必须比内轮通过的距离长一些，但由于同一根轴上的两个轮子是牢牢固定在一起的，因而使它产生了滑行。由于产生了滑行，使得车轮和钢轨之间的摩擦增加了。在数量关系方面，曲线阻力取决于曲线半径、车辆的走行性能、线路上部建筑的状况、外轨超高、轨距加宽、运行速度等等。

车辆通过道岔产生的附加阻力包括车辆通过道岔导曲线产生的附加阻力和通过尖轨、辙叉由于撞击产生的阻力。道岔阻力取决于道岔的种类、辙叉号码、道岔区线路上部建筑的状况以及其他因素。

由于影响单位阻力的因素很多，而且这些因素又非常复杂，因而随着车辆的不断改进和现代化，应当根据车辆从驼峰溜放的各种不同条件，定期进行单位基本阻力和附加阻力

的测试和研究。

在考察和综合了国内外有关研究方法的基础上，对驼峰溜放阻力进行了测试。根据测试结果，经过数据处理，建立了阻力随各种因素变化而变化的关系式，确定了用于驼峰计算的标准单位阻力值。

目 录

概述	1
第一章 驼峰溜放车辆阻力研究的简况	1
第二章 确定驼峰溜放车辆阻力的方法	14
第一节 确定单位阻力和组织实际测试的方法	14
第二节 测量仪器	22
第三节 车辆溜放阻力测量误差的估计	31
第三章 单位基本阻力	36
第一节 测试结果的数据处理	36
第二节 单位基本阻力取决于车辆重量的变化关系	42
第三节 车辆从驼峰溜放过程中单位基本 阻力的变化特性	52
第四节 外界温度对车辆单位基本阻力变化的影响	61
第五节 车辆在解体以前的停留时间对单位 基本阻力的影响	65
第六节 推荐用于驼峰计算的标准基本阻力值	68
第四章 道岔和曲线的单位附加阻力	81
第一节 道岔的单位附加阻力	81
第二节 曲线的单位附加阻力	86
第五章 车辆溜放的空气阻力	90
第一节 在风洞中确定车辆的空气阻力	90
第二节 研究在实际运营条件下的驼峰溜放车辆 的空气阻力	99
第三节 分析空气阻力的研究结果和推荐驼峰	

溜放车辆的空气阻力的标准值	103
---------------------	-----

附 录

附录一	112
附录二	113
附录三	114
附录四	121
附录五	129

第一章 驼峰溜放车辆阻力 研究的简况

三十年代以前，苏联对于确定从驼峰溜放车辆的阻力没有进行广泛的研究。1930年初次进行确定驼峰溜放车辆阻力的试验。但是这些数据还不够可靠，因为不仅它的数量太少，而且测量仪器的精度也不够。在1933至1934年这一段时间，对从驼峰溜放的车辆进行了实际观测，这是第一次按照拟定的详细研究方法进行的阻力测试，并且将实验数据进行了整理。车辆通过驼峰和编组线各个测速段的时间是车辆的轮对通过电磁踏板自动测量的，这样可以大大提高测试精度。

根据这次进行的试验和研究得出如下结论：基本阻力值 $w_{基}$ 是一个可变函数，它是外界温度、车辆走行部分的状况、溜放速度、车辆重量、解体以前的停留时间等等的函数，而其中《走行部分的状况》是决定性的因素。在驼峰计算时，采用的基本阻力 $w_{基}$ 值应当考虑它随车辆从驼峰溜放而变化的情况。

在1936到1937年期间，苏联铁道科学研究院运输研究所进行了一次测阻试验，对车辆在直线、曲线和道岔区段溜放的阻力进行了比较广泛的测试。确定车辆从驼峰自由溜放阻力的基本方法是：根据测试车辆在测阻段起点和终点的速度差来确定车辆的阻力。车辆通过测速段的时间是利用精度为0.005~0.01秒的电子毫秒表自动测出的。这次试验总共获得3000多个基本阻力数据，根据这些数据第一次在我国拟定和推荐用于驼峰计算的车辆溜放标准单位阻力值。

交通部第一次批准推荐的标准包括三个车辆重量等级（空车、装载50%和满载）和七个外界温度范围（从 $+10^{\circ}\text{C}$ 到 -20°C ）。此外，二轴车和四轴车的阻力是分别确定的（见表 I—1）。

根据研究表明：基本阻力 $w_{\text{基}}$ 的绝对值在0.5~11.0公斤/吨的范围内波动，它与车辆的重量成反比。当车辆的重量从25吨增加到75吨时，基本阻力减少20%（见图 I—1）。溜放车辆的基本阻力随着温度的降低而增加，当外界温度从 $+10^{\circ}\text{C}$ 降低到 -25°C 时， $w_{\text{基}}$ 增加1.5公斤/吨。车辆重量和外界温度对基本阻力 $w_{\text{基}}$ 变化的影响要比过去采用的外国资料小得多。

表 I—1

外界温度 t	不同载重的车辆的 $w_{\text{基}}$ 公斤/吨			外界温度 t	不同载重的车辆的 $w_{\text{基}}$ 公斤/吨		
	空车	载重50%	满载		空车	载重50%	满载
$+10^{\circ}$ 及其以上	$\frac{4.5}{5.0}$	$\frac{4.0}{4.5}$	$\frac{3.5}{4.0}$	-10°	$\frac{7.4}{8.0}$	$\frac{6.5}{7.0}$	$\frac{5.8}{6.4}$
5°	$\frac{6.0}{6.5}$	$\frac{5.0}{5.5}$	$\frac{4.2}{4.8}$	-15°	$\frac{7.8}{8.2}$	$\frac{7.0}{7.5}$	$\frac{6.2}{6.6}$
0°	$\frac{6.8}{7.1}$	$\frac{5.5}{6.0}$	$\frac{4.8}{5.6}$	-20° 及其以下	$\frac{8.0}{8.4}$	$\frac{7.3}{7.7}$	$\frac{6.5}{7.0}$
-5°	$\frac{7.2}{7.8}$	$\frac{6.0}{6.5}$	$\frac{5.5}{6.0}$				

注：分子是二轴车，分母是四轴车。



图 I—1 单位基本阻力取决于车辆重量的关系曲线

在四十年代末又进行了冬季车辆溜放阻力测试。根据对获得的实验数据进行研究的结果，说明车辆溜放阻力的变化取决于车辆重量、速度、外界温度、风速、钢轨上是否有积雪、车辆溜放以前的停留时间以及通过道岔和曲线的情况。

研究表明：轨顶的积雪会增加运动的阻力，一般约增加2.0~2.3公斤/吨。研究的结果还说明：当车辆从驼峰溜放的时候，运动阻力随着溜放而逐渐减少，特别是在溜放部分，减少尤为明显（见图 I—2）。

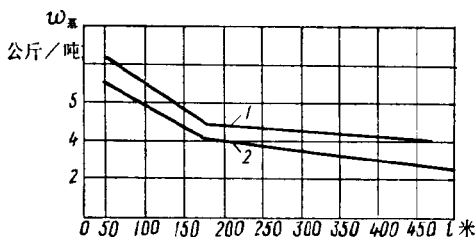


图 I—2 重车从驼峰溜放时，其单位基本阻力随溜放过程而变化的曲线

1, 2 —— 分别为 -25~-35°C 和 -21~-25°C 时的单位基本阻力变化曲线

由于不断改进四轴车的构造，采用新型轴承和轴油，加强驼峰和编组线的上部建筑，改进车列在到达场的技术作业过程和实现驼峰溜放作业自动化，因此需要进一步修订单位运行阻力的变化规律和它的分布参数。从1960年开始，苏联铁道科学研究院就已经着手对确定运营车辆中的四轴车和六轴车的基本阻力、道岔和曲线的附加阻力进行广泛的实验和研究。测验车辆通过两块踏板之间的走行时间是采用精确度为0.001秒的仪器来测量的。

在这段期间测试获得9000个以上基本阻力 $w_{基}$ 的数据，这些数据是各种不同重量的车辆在外界温度从 +25°C 到

-40°C 之间测得的基本阻力。分析测试的数据还表明：各种运营车辆的基本阻力 $w_{基}$ 非常分散（离散度很大）——从 0.5 到 7.0 公斤/吨以上。根据测试的结果，并且充分考虑车辆重量、外界温度和车辆走行性能的影响，重新规定了基本阻力 $w_{基}$ 的新标准。

测试道岔附加阻力 $w_{道岔}$ 和曲线附加阻力 $w_{曲线}$ 是使用首次试制成功的《车辆走行性能确定仪》(OCB)，它测量时间的精确度为 ± 0.0002 秒，可以在四条装有传感装置（踏板）的编组线上同时测量从驼峰溜放下来的 10 辆车（10 钩车）。

测试结果，得出新的道岔和曲线附加阻力值，它比原来的小 17%。由于车辆总数中经常补充滚动轴承车辆，因而又进行了滚动轴承车辆的基本阻力和附加阻力的测试工作。滚动轴承车辆的单位标准运行阻力比滑动轴承车辆小 20%。此外，还研究了确定驼峰溜放车辆阻力变化特性的问题，选择驼峰溜放过程中钩车最不利的组合作为设计和施工计算的原始资料的问题，以及计算小能力驼峰的计算钩车的方法等等。

由于铁路上出现了大型的六轴和八轴敞车，因而第聂伯彼得罗夫斯克铁道运输学院（ДИИТ）已经专门拨出一部分车辆进行驼峰溜放阻力的测试。测得的平均单位阻力值见表 I—2。

第聂伯彼得罗夫斯克铁道运输学院还研究了翻车机卸空后的空敞车的溜放阻力。研究结果说明：从翻车机出来的空车所测得的阻力要比在集结线上的空车大 30%。根据测试结果，建立了从第一制动位到第二制动位之间的道岔区段和第二制动位以后的区段所测得的总阻力之间的相关关系。相关系数从 0.44 到 0.85 之间变化。

表 I—2

阻 力 名 称	大 型 敞 车 的 单 位 阻 力 值	
	六 轴 敞 车	八 轴 敞 车
单位基本阻力 公斤/吨	$\frac{2.9}{2.2}$	$\frac{3.3}{2.0}$
曲线附加阻力 公斤/吨	$\frac{790/R}{825/R}$	$\frac{520/R}{520/R}$
道岔撞击的单位功 公斤米/吨	$\frac{27}{20}$	$\frac{32}{15}$

注：分子代表空车，分母代表重车。

对车组的溜放阻力也进行了研究，研究的结果说明：车组的平均基本阻力值 $w_{基}$ 相当于轴重相同的单个车的基本阻力的平均值。另外，随着车组中车辆数和轴重的增加，它的均方差相应减少。为了确定风阻力，还模拟了实际情况进行了风洞试验。

国外也很注意对驼峰溜放车辆的阻力研究。匈牙利有关部门的研究结果是：大多数滑动轴承车辆的阻力为 1~2 公斤/吨，滚动轴承车辆的阻力为 0.5~1.5 公斤/吨。绝大部分车辆（包括滚动轴承和滑动轴承车辆）的基本阻力 $w_{基}$ 的波动范围为 0.5~7.0 公斤/吨。测得的 1/9 号道岔的平均单位附加阻力为 0.76 公斤/吨。民主德国进行的研究试验结果是：当外界温度在 $0^{\circ}\sim+5^{\circ}\text{C}$ 时，约 5% 的车辆是最易行车，其基本阻力 $w_{基}$ 小于 1 公斤/吨，还有 4~5% 的车辆的基本阻力 $w_{基} > 4.5$ 公斤/吨，只有 1% 的车辆的基本阻力 $w_{基} > 6$ 公斤/吨——这属于极限难行车（图 I—3）。

$w_{基}$ 的值由分布函数确定，易行车的值占 20%，难行车的值也占 20%。单位曲线附加阻力（包括道岔导曲线的单位附加阻力）为：