

# 列车牵引计算规程解释

《列车牵引计算规程解释》编写组

中国铁道出版社

1984·北京

# 前 言

铁道部标准TB1407-82《列车牵引计算规程》已于1983年1月1日实施。为了便于贯彻执行,由本编写组起草,经向全路有关单位征求意见并与部分专家座谈讨论,编写成本书。本书按规程本文的顺序,作了必要的说明。为了便于使用,书中编入了规程的附录部分。最后通过例题对列车的牵引计算进行了全面的介绍。

本书由雷达、刘继功、杨居潭负责主持编写,由张治华进行汇编,各章编写分工如下:

1、2章 张治华

3、4章 李宝树

5~7章 黄承宙

8、9章 刘继功、孙振声

10、11章 杨居潭、黄问盈

12章、算例 陆君明

本书可供铁路计划、设计和运营,以及机车车辆的设计、科研、教学等部门的有关专业技术人员、司机、教师、学生在工作和学习中的参考。但由于编者水平所限,缺点和错误在所难免,尚请读者指正。

最后,对参加计算例题工作的冯明、周东升及章燕俊等同志表示感谢。

《列车牵引计算规程解释》编写组

1983年4月30日

## 内 容 简 介

本书共分三个部分：第一部分是规范条文说明；第二部分是规范的附录；第三部分是列车牵引计算的实例。本书除对列车牵引计算规程全文附录以外，通过实例介绍计算的方法和步骤。

本书可供铁路计划、设计、运营和机车车辆设计、科研、教学等部门的技术人员、司机、乘务和学生在工作和学习中参考。

### 列车牵引计算规程解释

《列车牵引计算规程解释》编写组

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 王黎明 封面设计 王毓平

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 印张：14.25 字数：253 千

1984年9月第1版 1984年9月第1次印刷

印数：0001—10,000册 定价：2.00元

# 目 录

规程条文解释.....	(1)
1. 总 则.....	(1)
1.1. 适用范围.....	(1)
1.2. 符号.....	(1)
1.3. 主要量的单位及取值.....	(3)
1.4. 绘制线图的规则.....	(6)
1.5. 机车牵引力计算标准.....	(7)
2. 列车阻力.....	(8)
2.1. 机车运行基本阻力.....	(8)
2.2. 客运运行基本阻力.....	(10)
2.3. 货车运行基本阻力.....	(11)
2.4. 坡道附加阻力.....	(13)
2.5. 曲线附加阻力.....	(14)
2.6. 隧道空气附加阻力.....	(15)
2.7. 加算附加阻力.....	(17)
2.8. 起动阻力.....	(18)
3. 列车制动力.....	(19)
3.1. 列车制动力.....	(19)
3.2. 实算摩擦系数.....	(20)
3.3. 换算摩擦系数.....	(21)
3.4. 实算闸瓦压力.....	(23)
3.5. 计算传动效率.....	(25)
3.6. 制动缸空气压力.....	(26)
3.7. 换算闸瓦压力.....	(29)
3.8. 换算制动率.....	(31)
3.9. 列车单位制动力.....	(33)
3.10. 动力制动力.....	(34)
4. 制动计算.....	(35)
4.1. 制动时间.....	(35)
4.2. 制动空走时间.....	(35)
4.3. 制动距离.....	(38)
5. 电力机车牵引力.....	(40)
5.1. 轮周牵引力.....	(40)
5.2. 计算粘着系数及计算粘着牵引力.....	(42)

5.3.	计算速度及计算牵引力	(44)
5.4.	计算起动牵引力	(45)
5.5.	牵引力的特殊规定	(45)
5.6.	计算重量、构造速度及全长	(46)
5.7.	合力线图的牵引力取值	(46)
<b>6.</b>	<b>电力机车牵引电动机的发热计算</b>	<b>(48)</b>
6.1.	基本原则	(48)
6.2.	环境温度	(49)
6.3.	初始温升	(49)
6.4.	牵引电动机电流曲线的绘制	(49)
6.5.	温升计算	(50)
<b>7.</b>	<b>电力机车耗电量</b>	<b>(52)</b>
7.1.	区段耗电量	(52)
7.2.	牵引运行耗电量	(52)
7.3.	惰行、制动及停站自用电量	(53)
7.4.	出入段及途中调车作业耗电量	(53)
7.5.	单位耗电量	(54)
7.6.	供电电流曲线的绘制	(54)
<b>8.</b>	<b>内燃机车牵引力</b>	<b>(56)</b>
8.1.	轮周牵引力	(56)
8.2.	计算粘着系数及计算粘着牵引力	(57)
8.3.	计算速度及计算牵引力	(58)
8.4.	计算起动牵引力	(59)
8.5.	牵引力的修正	(60)
8.6.	牵引力的特殊规定	(62)
8.7.	计算重量、构造速度及全长	(62)
8.8.	合力线图的牵引力取值	(62)
<b>9.</b>	<b>内燃机车燃油消耗量</b>	<b>(64)</b>
9.1.	区段燃油消耗量	(64)
9.2.	牵引运行燃油消耗量	(64)
9.3.	柴油机空转燃油消耗量	(65)
9.4.	出入段及途中调车作业燃油消耗量	(65)
9.5.	单位燃油消耗量	(65)
<b>10.</b>	<b>蒸汽机车牵引力</b>	<b>(66)</b>
10.1.	轮周牵引力	(66)
10.2.	计算粘着系数及计算粘着牵引力	(66)
10.3.	计算供汽率	(67)
10.4.	计算遮断比	(70)
10.5.	计算速度及计算牵引力	(70)
10.6.	计算起动牵引力	(72)

10.7.	牵引力的特殊规定 .....	(73)
10.8.	计算重量、粘着重量、构造速度及全长 .....	(73)
10.9.	合力线图的牵引力取值 .....	(74)
11.	蒸汽机车耗水量及耗煤量 .....	(75)
11.1.	区段锅炉蒸发量 .....	(75)
11.2.	牵引运行锅炉蒸发量 .....	(75)
11.3.	惰行、制动及停站锅炉蒸发量 .....	(76)
11.4.	区段煤水车供水量 .....	(76)
11.5.	区段耗煤量 .....	(77)
11.6.	单位耗煤量 .....	(78)
12.	牵引重量、运行速度及运行时间 .....	(79)
12.1.	牵引重量的计算 .....	(79)
12.2.	牵引重量的校验 .....	(81)
12.3.	牵引定数的确定 .....	(83)
12.4.	线路纵断面的化简及折算 .....	(84)
12.5.	运行速度及运行时间 .....	(85)
12.6.	绘制速度曲线的规定 .....	(97)
12.7.	区间运行时间的确定 .....	(99)
规程附录 .....		(100)
附录A	韶山 <sub>1</sub> 型电力机车特性曲线图 .....	(100)
附录B	东风 <sub>1</sub> 、东风 <sub>2</sub> 及东风 <sub>3</sub> 型内燃机车特性曲线图 .....	(110)
附录C	蒸汽机车牵引特性曲线图 .....	(114)
附录D	GK型制动机副风缸充风时间曲线图 .....	(119)
附录E	速度曲线及时间曲线的绘图标记 .....	(121)
附录F	有关量的名称、符号及计量单位表 .....	(122)
附录G	韶山 <sub>1</sub> 型电力机车牵引计算主要数据表 .....	(127)
附录H	东风 <sub>1</sub> 、东风 <sub>2</sub> 及东风 <sub>3</sub> 型内燃机车牵引计算主要数据表 .....	(130)
附录I	蒸汽机车牵引计算主要数据表 .....	(134)
附录J	车辆运行单位基本阻力数值表 .....	(140)
附录K	中磷闸瓦摩擦系数数值表 .....	(140)
附录L	其他型电力机车特性曲线图 .....	(141)
附录M	其他型内燃机车特性曲线图 .....	(147)
例 题 .....		(153)
I	电力机车牵引计算例题 .....	(153)
II	内燃机车牵引计算例题 .....	(178)
III	蒸汽机车牵引计算例题 .....	(200)
IV	制动距离计算例题 .....	(217)

# 规程条文解释

## 1 总 则

### 1.1 适用范围

列车牵引计算规程规定牵引计算方法及所用主要技术数据的标准，是确定牵引重量和运行时间的依据，并且是计算机车用电、油、煤、水等消耗量的基础。

本规程适用于标准轨距1435毫米铁路列车的牵引计算。

列车牵引计算规程是进行牵引计算的根据，它规定牵引计算的方法和在计算中使用的各种技术数据标准，用以确定铁路上机车牵引的列车重量、运行速度、运行时间以及计算列车的制动率、制动时间和制动距离等。并计算机车完成规定的牵引重量、运行速度和运行时间所消耗的电、燃油、煤、水等的数量。

牵引重量、运行速度和运行时间，在营业铁路上是编制列车运行图的主要依据；在设计铁路上是决定线路通过能力、计算各项指标和费用的基本资料。能源消耗是运输成本的主要组成部分，也是选择机务段、牵引变电所、以及给煤、给水设备的位置和计算其能力或容量的根据。

规程中具体规定了计算列车的牵引重量及其运行速度、运行时间和制动计算的步骤、方法和要求，并列出了计算所需的各种公式和图表。为了统一取值标准，规程将各种变量数值按机型或类别列入附录，做为技术数据标准以便于使用。

我国铁道部所属铁路的轨距，除昆明铁路局管内一部分线路和台湾省为窄轨以外，全部是1435毫米的标准轨距。规程所列的牵引计算方法，不论标准轨距铁路或窄轨铁路虽然是通用的，但所有的经验公式和技术数据仅适用于标准轨距铁路，而不适用于窄轨铁路。这是因为轨距不同，所使用的机车、车辆和线路等技术条件和要求不同的缘故。

为了避免新建铁路和营业铁路在衔接地点造成浪费，故不论营业铁路或新建铁路和旧线改造，凡是1435毫米轨距的列车牵引计算，都必须遵照本规程执行。此外，规程内所列的机车、车辆阻力计算公式，是在列车运行条件下试验所得的经验公式，它与调车作业的条件不同（调车时车辆是间断性走行，且通过道岔次数频繁，运行速度较低等），因此，不适用于车站内调车作业的牵引计算和设计调车场之用。

### 1.2 符 号

计算中所用符号及计量单位，按附录F（补充件）查用。

在牵引计算中，为了便于表达物理量之间的数学关系，并便于书写、阅读和校对，采用一定的符号代表一定的物理量。规程附录F中所列的符号是根据《中华人民共和国国家标准物理量符号》(GB1434-78)规定的精神，按照下列基本原则编制的：

1. 选用的符号尽量符合国际标准和国家标准，并适当照顾过去的使用习惯。
2. 基本符号一般用拉丁字母表示有单位的量，用希腊字母表示无单位的量。均用斜体书写。
3. 为了便于区别同一物理量的不同概念、不同条件或不同使用范围，在基本符号右下方用角标做为区别标志。
4. 下角标尽量采用国际通用的。国际通用中没有的，选用汉语拼音字母。下角标使用比基本符号小的、符合国家标准的正、斜体字，其基准线稍低于基本符号。

按照以上基本原则编制的符号如规程附录F。其中：

采用国标允许的习惯符号有：

1. “机车计算重量”用 $P$ 而不用 $G$ ，以区别于牵引重量；
2. “功率”用 $N$ 而不用 $P$ ，以区别于机车计算重量。

沿用专业习惯符号的有：

1. 各种阻力的基本符号仍沿用 $W$ 、 $w$ 而不用 $F$ 、 $f$ ；
2. 各种制动力的基本符号仍沿用 $B$ 、 $b$ 而不用 $F$ 、 $f$ ；
3. 闸瓦与车轮间的摩擦系数仍沿用 $\varphi$ 而不用 $\mu$ 、 $f$ ；
4.  $i$ 代表坡道坡度， $K$ 代表闸瓦压力， $\beta$ 代表列车制动率。

下角标的含义共分5类：

1. 用物理量符号的小号字体做下角标（字母大写斜体）：

$P$  有功  
 $H$  小时  
 $N$  马力

2. 用阿拉伯数字做下角标（正体）：

0 基本的、初始的  
1 间隔内初始的  
2 间隔内终止的

3. 用国际通用下角标（字母小写正体）：

$e$  有效的  
 $n$  标准的  
 $max$  最大的  
 $min$  最小的、最低的

4. 用习惯符号做下角标：

$b$  制动（字母小写斜体）  
 $i$  坡道（字母小写斜体）  
 $K$  闸瓦（字母大写斜体）  
 $p$  压力（字母小写斜体）  
 $r$  曲线（字母小写斜体）  
 $\mu$  粘着（字母小写斜体）



5. 用汉语拼音第一个字母做下角标 (字母小写正体) :

- c 持, 齿 *chi*, 常 *chang*, 柴 *chai*  
 d 电 *dian*, 惰 *duo*, 低 *di*, 动 *dong*  
 g 供 *gong*, 构 *gou*  
 h 化 *hua*, 环, 换 *huan*  
 j 计, 机 *ji*, 加 *jia*, 简 *jian*  
 k 空 *kong*  
 l 励 *li*, 列 *lie*, 临 *lin*, 炉 *lu*  
 q 起 *qi*  
 s 手 *shou*, 水 *shui*, 隧 *sui*  
 t 他 *ta*  
 w 网 *wang*, 稳 *wen*  
 x 限 *xian*, 修 *xiu*  
 y 运 *yun*  
 z 蒸 *zheng*

本解释中所用的符号有一部分是规程附录F内没有的, 这些符号也是按照前述基本原则编制的。

规程中各种量的计量单位是按照国务院1959年6月25日发布的《关于统一计量制度的命令》采用米制为基本计量制度。但是米制有一定的缺陷。1960年第11届国际计量大会通过了采用国际单位制的决定。国际单位制是在米制的基础上发展起来的。由于它的构成原则比较科学, 在使用中可以避免由于多种单位制并用所引起的混乱现象和不必要的换算, 有利于促进经济建设、国防建设、科学研究、文教卫生、国内外贸易和国际技术交流的发展。国务院于1977年5月27日颁发的《中华人民共和国计量管理条例(试行)》中第3条规定: “我国的基本计量制度是米制(即“公制”), 逐步采用国际单位制”。这条规定明确了我国推行国际单位制采取逐步过渡的方法。为此, 规程附录F中除列出米制单位外, 还根据“中国国际单位制推行委员会”发布的《计量名称与符号方案(试行)》及铁道部1981年12月和1982年5月的两次通知, 列出了相应的国际单位, 并于“附注”栏内注明两者间的换算关系, 以利于向国际单位制过渡。

### 1.3 主要量的单位及取值

主要量的单位及取值的規定如表1。

表1 主要量的单位及取值規定表

主要量的名称	单位	取值规定	修约
区间距离	公里	取至二位小数	按GB1.1-81附录C 《数字修约规则》
坡段长度	米	以整数计	
坡道坡度	%	取至二位小数	

续上表

主要量的名称	单位	取值规定	修约
牵引力	公斤力	化整为50的整倍数	24舍, 25人为50, 74舍为50, 75人为100
单位牵引力、单位阻力 单位制动力	公斤力/吨	取至二位小数	按GB1.1-81附录C 《数字修约规则》
速度	公里/小时	取至一位小数	
牵引重量	吨	旅客列车化整为10的整倍数	不足10者舍
		货物列车化整为50的整倍数	不足50者舍
计算的区间运行时间	分	取至一位小数	按GB1.1-81附录C 《数字修约规则》
列车运行图的区间运行时间	分	化整为分成 $\frac{1}{2}$ 分	考虑具体情况化整
电流	安	以整数计	
电力机车区段耗电量	千瓦·小时	以整数计	
单位时间耗电量	千瓦·小时/分	取至二位小数	
单位耗电量	千瓦·小时 /万吨·公里	取至一位小数	
温度	°C	阶段计算取至一位小数	按GB1.1-81附录C 《数字修约规则》
		最后结果以整数计	
内燃机车区段燃油消耗量	公斤	以整数计	
单位时间燃油消耗量	公斤/分	取至二位小数	
单位燃油消耗量	公斤/万吨·公里	取至一位小数	
蒸汽机车区段耗煤量	公斤	化整为10的整倍数	
单位耗煤量	公斤/万吨·公里	取至一位小数	
蒸汽机车区段耗水量	公斤	化整为50的整倍数	24舍, 25人为50, 74舍为50, 75人为100

计算列车牵引重量, 区间运行时间, 机车用电、燃油、煤、水等消耗量以及计算制动距离时, 均需经过多次计算过程。在每一个计算过程中, 如果对各种量的数字尾数或小数的取位不同或舍、进方法不同, 则计算的最终结果也将各异。为了使相同条件下的计算结果一致, 规定主要量的取值及修约方法如规程表1。

**区间距离。**运营统计所采用的区间距离一般取至公里的小数后一位数字。牵引计算中绘制列车走行距离与运行速度和运行时间的关系曲线时, 是用一定毫米数代表1公里距离的。为了绘图时使车站或到发场(线)的中心位置不致发生较大误差, 以便计算的结果较为精确起见, 规定区间距离取至公里的小数后二位数字, 即取10米的整倍数。

**坡段长度。**坡段长度直接影响线路的水平高度。为了不使坡道化简时发生困难, 需要以米的整数计算。

**牵引力。**我国铁路干线多采用功率较大的机车牵引, 最大计算牵引力达1.23~3.70万公斤力, 电力机车的起动牵引力可达5万公斤力左右。采取以50公斤力的整倍数计算机车牵引力, 其最大误差为25公斤力, 高速运行时最大误差约1.2%, 低速运行时不超过2%, 平均到列车单位总重(吨)上的力不大, 当牵引重量为3000吨时误差在0.008公斤力以下。不

致影响计算的精确程度。但在演算过程中仍应计算到公斤力的整数。

**单位牵引力、单位阻力、单位制动力、坡道坡度。**合力线图是图解列车运行速度、时间和距离的依据。合力线图的准确程度取决于作用于列车上各种单位力计算的精确程度。因此，计算单位牵引力、单位阻力、单位制动力和坡道坡度（坡道坡度的千分数等于作用于列车上的单位力）时，均应较精确地取至小数后二位。如仅取至小数后一位，一般计算的合力线图可产生0.2~0.3毫米的误差，影响到运行速度1~2公里/小时。（若用分析法计算制动距离或时间时，其误差将更大些。）

**速度。**列车运行速度一般以公里/小时的整数计算。但在解算制动问题或用分析法解算列车运行时间和距离时，用整数就不能满足计算结果的准确性。为此，规定统一取至小数后一位数字。

**牵引重量。**旅客列车的编组重量一般较小，而且车组固定，计算时以10吨的整倍数为标准，不足10吨者舍去。货物列车的牵引重量较大，为了便于掌握，取50吨的整倍数。即计算结果其尾数在50吨以上不足100吨的舍为50吨；不足50吨的舍去。牵引重量的尾数只准舍不准入，是为了保证列车在限制坡道上以不低于机车计算速度运行而规定的。事实上，列车实际编成重量很少与规定的重量完全相同。为了解决这一问题，《铁路机车运用规程》规定：牵引定数波动尾数，旅客列车一般为30吨以内，货物列车为50吨以内。但其向上波动（即超出牵引定数）尾数，应结合计算牵引重量时舍去的尾数大小确定。

**计算的区间运行时间、列车运行图的区间运行时间。**用分析法或图解法计算出来的区间运行时间，很少是整分数。当前我国列车运行图规定的区间运行时间除高速旅客列车外，是以整分数为标准的。但是，为了考核计算的准确程度，计算的区间运行时间仍应取至分的一位小数，再结合区间线路纵断面的情况和列车在本区间或下一区间的运行需要等，将小数舍或进为整分数，做为列车运行图的区间运行时间。旅客特别快车和旅客快车，是连续通过几个区间的高速列车，如果将运行图的区间运行时间也一律化整为分的整数，将会造成列车在有的区间早点，有的区间晚点，或者给司机操纵带来很大困难。为此，在列车运行图中对此种列车有必要采用更精确的半分制。当然，电力、内燃牵引区段，或者蒸汽牵引的较平坦线路上，站与站之间的距离较短，列车运行速度又较高的货物列车，也可以采用半分制。但所有采用半分制的列车，在停车站的到、开时刻均应进为分的整数。

**耗电量、燃油消耗量、耗煤量、耗水量。**电力机车的耗电量、内燃机车的燃油消耗量和蒸汽机车的耗煤量，分为以牵引区段计的总消耗量和按列车每总重万吨·公里计的单位消耗量两种。总消耗量的数字较大，分别取千瓦·小时、公斤、10公斤的整倍数。单位消耗量较小，要求取至千瓦·小时或公斤的一位小数。在计算总消耗量的过程中，电和燃油又可按每分钟计的单位时间消耗量计算。这种计算方法所取的时间间隔较短，精确程度要求更高，须取至二位小数。蒸汽机车区段耗水量一般有数万公斤之多，以50公斤的整倍数计算即可满足要求。

此外，制动专题计算时，时间应以秒为单位，距离应以米为单位，均取至小数后一位数字。机车动轮与钢轨间的粘着系数和闸瓦与车轮间的摩擦系数，一般应取至小数后三位数字。

《数字修约规则》是对计算的数值尾数舍或进的规则。其具体规定有5项，概括起来是：

1. 拟舍去的第一个数字小于5（不包括5）时舍去，即保留的末位数字不变。例如：

对14.246取至一位小数时, 应为14.2。

2. 拟舍弃的第一个数字大于5 (不包括5) 时进一, 即保留的末位数字加一。例如, 对14.246取至二位小数时, 应为14.25。

3. 拟舍弃的第一个数字为5, 其右边的数字并非全部为零时, 则进一, 即保留的末位数字加一。例如, 对1.051取至一位小数时, 应为1.1。

4. 拟舍弃的第一个数字为5, 其右边的数字皆为零时, 则根据保留的末位数字决定舍或进。保留的末位数字是奇数时进一, 是偶数 (包括0) 则舍去。例如, 对0.350和0.450均取至一位小数时, 都应为0.4。

5. 不得连续修约。例如, 对14.3451取至一位小数时, 只能为14.3, 不得进为14.4。

### 1.4 绘制线图的规则

以图解法绘制线图时, 应遵守下列基本规则:

- 图上必须具有纵横坐标轴线及必要的格线, 坐标轴线应较格线略粗;
- 坐标轴线旁应注明代表变量的符号及单位;
- 比例尺按本规程表23选用; 绘图标记按附录E (补充件) 选用;
- 图内应注明绘制日期、绘制人及所依据的主要条件 (例如: 机车类型、牵引重量、电力机车运行级位、内燃机车手柄位数、蒸汽机车供汽率等)。

在牵引计算中, 除专题计算外, 广泛采用图解法。在理论上图解法与近似积分法完全相同。但线图的正确与否直接影响图解的结果。故以图解法解算时或以线图表示变量的相互关系时, 首先应选用标准毫米格的坐标纸, 绘制时以较粗线做为横坐标和纵坐标, 并在横坐标的右侧和纵坐标的上方分别注明其所代表的变量符号及单位, 再根据量值需要或比例尺绘出较细的纵、横格线, 然后绘制变量线。

绘制列车运行速度 (包括牵引运行、惰力运行及制动运行) 曲线和时间曲线的标记, 见规程附录E。车站及隧道标记如图1。

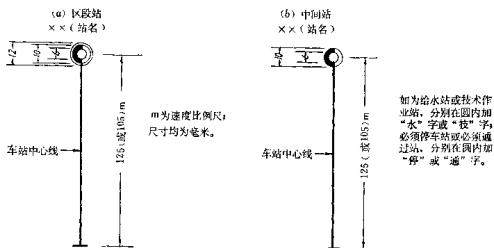


图1 车站及隧道标记 (一)

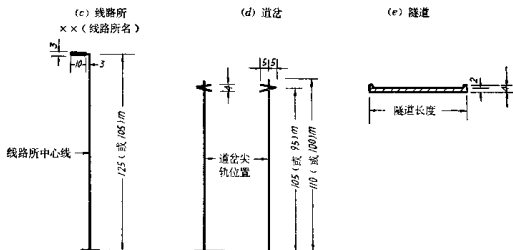


图1 车站及隧道标记(二)

为了便于审查、校对和使用，以及明确起见，在线图内或图的下方须注明变量线的计算条件、绘制日期和绘制人姓名。绘制合力线图时，除规程条文中所列的计算条件外，还应有机车计算重量、列车换算制动率等。

## 1.5 机车牵引力计算标准

牵引计算中的机车牵引力 $F$ ，均按动轮轮周牵引力计算。

任何一种机车都可视为能的转变工具。向蒸汽机车和内燃机车不断地输送燃料，机车把燃料的化学能转变成机械功，通过轮轨粘着关系形成牵引力的外功；向电力机车连续地输送电能，机车把电能转变成机械功，同样通过轮轨粘着关系形成牵引力的外功。

根据力的传递过程，机车牵引力可分为：轮周牵引力 $F$ 和挽钩牵引力 $F'$ 两种。轮周牵引力是机车机械功传给动轮踏面后所引起的钢轨水平反力；挽钩牵引力是轮周牵引力扣除机车本身移动所消耗的力后，传递到机车连接车辆车钩上的力。

在牵引计算中，有的国家采用轮周牵引力做为计算标准，有的国家采用挽钩牵引力做为计算标准。本规程考虑我国过去的习惯，仍规定以机车轮周牵引力 $F$ 做为牵引力的计算标准。

规程所列的各类型机车轮周牵引力，都是按动轮轮箍半磨耗制定的。即动轮直径按轮箍原形尺寸到禁用限度尺寸的 $1/2$ 计算的，此动轮直径称为“计算动轮直径 $D_j$ ”。各类型机车的 $D_j$ 值见规程附录G、H、I。

## 2 列车阻力

### 2.1 机车运行基本阻力

机车牵引运行的单位基本阻力 $w'_0$ 及惰行的单位基本阻力 $w'_{0d}$ ，按下列公式计算：

#### a. 电力机车

$$w'_0 = 1.64 + 0.0140v + 0.000260v^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$w'_{0d} = 2.25 + 0.0190v + 0.000320v^2 \dots\dots\dots (2)$$

#### b. 内燃机车

##### 东风及东风<sub>2</sub>型

$$w'_0 = 2.49 + 0.0053v + 0.000203v^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$w'_{0d} = 2.93 + 0.0073v + 0.000271v^2 \dots\dots\dots (4)$$

##### 东风<sub>3</sub>（货、客）型

$$w'_0 = 1.04 + 0.0162v + 0.000138v^2 \dots\dots\dots (5)$$

$$w'_{0d} = 2.28 + 0.0293v + 0.000178v^2 \dots\dots\dots (6)$$

#### c. 蒸汽机车

##### 前进型

$$w'_0 = 0.70 + 0.0139v + 0.000276v^2 \dots\dots\dots (7)$$

$$w'_{0d} = 0.70 + 0.0243v + 0.000673v^2 \dots\dots\dots (8)$$

##### FD型

$$w'_0 = 0.85 + 0.0048v + 0.000281v^2 \dots\dots\dots (9)$$

$$w'_{0d} = 0.85 + 0.0211v + 0.001096v^2 \dots\dots\dots (10)$$

##### 建设及解放型

$$w'_0 = 0.74 + 0.0010v + 0.000380v^2 \dots\dots\dots (11)$$

$$w'_{0d} = 0.74 + 0.0168v + 0.000700v^2 \dots\dots\dots (12)$$

##### 人民及胜利型

$$w'_0 = 0.96 + 0.0037v + 0.000290v^2 \dots\dots\dots (13)$$

$$w'_{0d} = 0.96 + 0.0220v + 0.000449v^2 \dots\dots\dots (14)$$

式中  $v$  —— 运行速度，公里/小时。

机车（或车辆）在运行中产生的、与其运行方向相反而且司机不能操纵的外力，叫做运行阻力，简称阻力。

阻力分为基本阻力和附加阻力。基本阻力是机车和车辆在运行中任何情况下都存在的阻力。附加阻力只发生在个别情况下。例如：在坡道上运行时有坡道附加阻力，在曲线上运行时有曲线附加阻力，在隧道内运行时有隧道空气附加阻力等。起动阻力是指机车和车辆由静

态到动态的综合性阻力。

制动力的作用方向虽然也与机车、车辆的运行方向相反，但它是根据需由司机有意施加的，因而不能列为附加阻力。

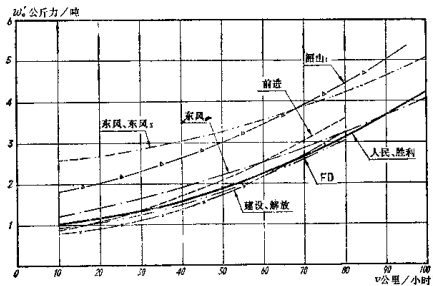


图2 主型机车牵引运行单位基本阻力与运行速度的关系曲线图

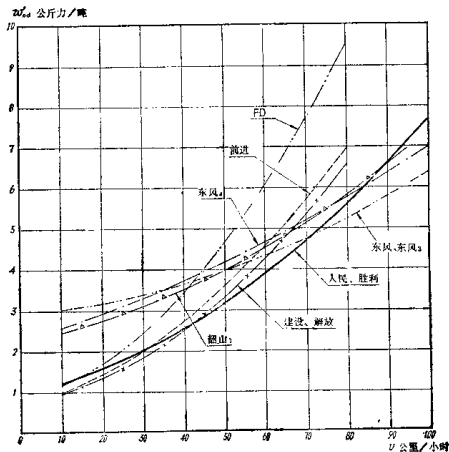


图3 主型机车惰力运行单位基本阻力与运行速度的关系曲线图

引起基本阻力的因素很多。其中最主要的是机车、车辆零部件间，机车、车辆表面与空气和车轮与钢轨间的相互摩擦和冲击。归纳起来可分为以下五类：

1. 轴颈与轴承之间的摩擦；
2. 车轮在钢轨上的滚动摩擦；
3. 车轮在钢轨上的滑动摩擦；
4. 由于冲击和振动而损失的动能；
5. 空气阻力。

规程所列的基本阻力计算公式，是根据多次试验所得资料经过分析研究之后确定的。附录L、M中尚未经过试验的机车基本阻力，暂时借用经过试验的同类型机车（轴数和传动方式相同）的计算公式。

基本阻力的试验都是在运行速度不小于10公里/小时、外温不低于-10°C、风速一般不大于5米/秒的条件下进行的。

各主型机车的牵引运行、惰力运行单位基本阻力与运行速度的关系曲线，分别见图2和图3。

## 2.2 客车运行基本阻力

客车的运行单位基本阻力 $w_k^0$ ，按下式计算：

$$w_k^0 = 1.66 + 0.0075v + 0.000155v^2 \dots \dots \dots (15)$$

我国目前主型客车是22型，装有202型转向架、滚动轴承。现仍保有的21型客车也经改装为滚动轴承，滑动轴承的客车已基本淘汰。规程所列的客车运行单位基本阻力计算公式，是滚动轴承22型客车的试验资料，并经过对21型客车运营验证后确定的。

客车的运行单位基本阻力进行过专列试验和运营试验。专列试验于1977年4月在沪宁线常州—镇江间进行，平均轴重11.21吨。运营试验自1978年6月开始，先后在北京—济南和同一—临河间的运营旅客列车反复进行多次，并分析、整理了郑州铁路局1970~1974年在商邱—郑州和安阳—信阳间的运营列车试验资料。综合运营试验的平均轴重为13.02吨。

规程所列的客车运行单位基本阻力计算公式是按运营试验资料整理确定的，其与运行速度的关系同1957年规程的比较曲线如图4。

从图4上看，不同运行速度下按规程(15)式计算的阻力均较老公式的阻力为小，但经1979年在郑州—信阳及郑州—蚌埠—上海间对运营中的快车、普通客车及22型、21型客车白天和夜间的多次验证证明，规程所列公式仍然留有一定余地，是可行的。

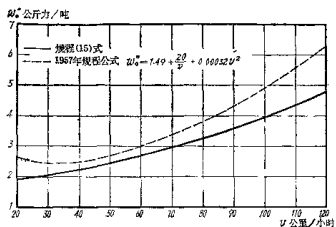


图4 客车运行单位基本阻力比较曲线图



### 2.3 货车运行基本阻力

货车的运行单位基本阻力 $w_0^g$ ，按下列公式计算：

a. 空 车

$$w_0^g = 1.53 + 0.0244v + 0.000421v^2 \dots \dots \dots (16)$$

b. 重 车

$$w_0^g = 1.07 + 0.0011v + 0.000236v^2 \dots \dots \dots (17)$$

货车与客车不同，因空车和重车的总重相差较大，单位基本阻力差别亦大，故规程列出了空车和重车两个阻力计算公式。空重混编的货物列车，应按各自所占重量的比例，用加权平均的方法求算列车平均单位基本阻力。装载轻浮货物的车辆，凡不足标记载重50%的可按空车、达到标记载重50%及其以上的可按重车计算其单位基本阻力。

我国货车类型比较复杂，据1978年清查资料统计，全路货车共有17种337型。不同类型的车辆，由于外形和尺寸不同，转向架的结构和轴型不同，以及自重和载重不同等原因，其单位基本阻力亦不同。规程所列的计算公式是根据8种主要货车专列试验的经验公式综合而成的。8种车型的单位基本阻力计算公式如解表1。

解表1 货车运行单位基本阻力经验公式表

车 型	经 验 公 式		附 注
	空 车	重 车	
P <sub>1</sub>	1.65 - 0.0032v + 0.001 12v <sup>2</sup>	1.33 - 0.0163v + 0.000 52v <sup>2</sup>	1955年徐州试验
P <sub>50</sub>	1.66 + 0.0261v + 0.000 38v <sup>2</sup>	1.02 + 0.0038v + 0.000 32v <sup>2</sup>	1956年徐州试验
P <sub>60</sub>	1.83 + 0.0035v + 0.000 462v <sup>2</sup>	1.27 + 0.0047v + 0.000 056v <sup>2</sup>	1976年辛泰线试验
C <sub>1</sub>	2.69 + 0.0315v + 0.000 35v <sup>2</sup>	1.41 - 0.0043v + 0.000 38v <sup>2</sup>	1956年徐州试验
C <sub>50</sub>	1.44 + 0.0321v + 0.000 372v <sup>2</sup>	1.34 - 0.0030v + 0.000 245v <sup>2</sup>	1976年辛泰线试验
C <sub>60</sub>	0.72 + 0.0509v + 0.000 133v <sup>2</sup>	0.77 - 0.0014v + 0.000 286v <sup>2</sup>	1978年皖赣线试验
N <sub>6</sub>	1.91 + 0.0291v + 0.000 411v <sup>2</sup>	0.41 + 0.0104v + 0.000 16v <sup>2</sup>	1957年徐州试验
G <sub>50</sub>	2.74 - 0.0356v + 0.001 11v <sup>2</sup>	0.83 + 0.0240v	1957年安达试验

此外，有些车型与试验车型的轴型相同，转向架型号类同，车体的长、宽、高及标记载重量相接近。将这些车型分别类比归并，则8种试验车型的单位基本阻力计算公式，可以代表另外18种相似车型的阻力。合计26种车型的保有辆数占全路货车总辆数的百分比如解表2。

现将重货车阻力公式的综合方法简介如下。

车辆阻力公式计算出来的 $w_0^g$ 值是单位基本阻力。即：

$$w_0^g = \frac{W_0^g}{G} \quad (\text{公斤力/吨})$$

式中  $W_0^g$ ——货车的运行全基本阻力，公斤力。

由此可知，单位基本阻力 $w_0^g$ 与车列总重 $G$ 有关，与车列的组成辆数没有直接关系。因而，参加阻力公式综合的各车型（包括相似车型）不能以实有辆数作权，而应以实际计算的总重量