



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

铁路选线设计

列车运动方程式

主讲：廖英英

上节内容回顾

1.作用在列车上的力有哪些？

牵引力、运行阻力、制动力

2.列车运行阻力分为哪几类？

基本阻力、附加阻力、起动阻力

3.什么叫加算坡度？

是指线路纵断面上坡段的坡度与该坡道上的曲线、隧道等附加阻力换算坡度之和。

第二节 列车运动方程式

主要内容

- 一、 列车运动状态分析
- 二、 列车运行方程式



概述

列车运动方程式表示作用于列车上的合力与列车加速之间的数学关系式。

其可用于求解牵引质量、列车运行速度、运行时分、列车制动等实际问题。

一、列车运动状态分析

列车合力

$$C=F-W-B$$

式中 F 为牵引力； W 为阻力； B 为制动力； C 为合力

机车工况：

- | | | |
|-----------|------------|--------|
| (1) 牵引运行： | $C=F-W$ | 牵引力、阻力 |
| (2) 惰力运行： | $C=-W$ | 阻力 |
| (3) 制动运行： | $C=-(W+B)$ | 阻力、制动力 |

运行状态 $\left\{ \begin{array}{l} C > 0 \quad \text{加速运行} \\ C = 0 \quad \text{等速运行} \\ C < 0 \quad \text{减速运行} \end{array} \right.$

二、列车运动方程式

(一) 列车运动方程式的一般形式

列车运动=平移运动+回转运动

$$E_d = \frac{M^2 V^2}{2} + \frac{J \omega^2}{2} = \frac{M^2 V^2}{2} + \frac{J^2 \omega^2}{2 R^2}$$

$$= \frac{M^2 (V + \gamma)}{2} = \frac{M^2 V}{2} (1 + \gamma)$$

若视列车为刚性系统，则其动能增量为：

$$dE_d = M (1 + \gamma) V dV$$

根据动能定律可得：

$$M (1 + \gamma) V dV = C \cdot V \cdot dt$$

二、列车运动方程式

$$\frac{dV}{dt} = \frac{g \cdot C_g}{1 + \gamma} \cdot c$$

式中， $g=9.81\text{m/s}^2=127000\text{km/h}^2$, c 为单位合力 (N/kN), 故

$$\frac{dV}{dt} = \frac{127000}{1 + \gamma} \cdot c$$

令 $\frac{127}{1 + \gamma} = \xi$ 称为加速度系数，代入上式，得出

列车运动方程式的一般形式为

$$\frac{dV}{dt} = \xi \cdot c$$

二、列车运动方程式

取 $\gamma=0.06$ ，则 ζ 近似等于120，则列车运动方程式可写为

$$\frac{dV}{dt} = 120(V^3 - C)$$

对上式积分即可得计算列车运行时分和运行距离的公式：

$$t = \int_{V_0}^{V_1} \frac{dV}{120(V^3 - C)} \quad (1)$$

$$S = \int_{V_0}^{V_1} \frac{V dV}{120(V^3 - C)} \quad (2)$$

小 结

1. 列车运动方程式表示的是哪两者之间的关系？

合力和列车加减速

2. 机车运行工况

牵引运行；惰力运行；制动运行