

高速受电弓下框架等效阻尼影响因素的实验研究*

张志奇^{1,2} 魏征¹ 许向红²

(北京化工大学机电工程学院, 100029; 中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 100190)

摘要 三质量块模型是弓网动力学分析对受电弓简化的常用模型, 已有研究指出简化模型中下框架等效阻尼增加对改善受流质量有一定作用, 但有关下框架等效阻尼的影响因素及不同因素贡献量目前没有明确结论。设置对照实验探究 DSA380 受电弓下框架等效阻尼的影响因素, 并确定了不同影响因素的占比。研究发现摩擦影响对受电弓下框架等效阻尼的占比最大, 阻尼器影响占比次之, 气囊对下框架等效模型影响的占比最小。该结论对受电弓阻尼器的选用具有借鉴作用。

关键词: 下框架等效阻尼, 影响因素占比, 三质量块模型

一、引言

降低弓头质量以及增加弓头刚度都能改善受流特性^[1], Pombo 等^[2]针对受电弓下框架等效阻尼进行优化, 研究表明下框架等效阻尼由 $16 \sim 64 \text{ N}\cdot\text{s/m}$ 时, 接触力平均值 F_m 几乎不变, 接触力标准差 σ 降低约 12.7%。这一结论对于受电弓优化设计提供了新的思路。如何进行结构设计从而改变下框架等效阻尼达到改善受流特性的目的是接下来的一个研究方向, 这首先需要确定受电弓下框架等效阻尼的影响因素。

二、实验原理和理论模型

2.1 实验方法

采用下置弹簧法^[3]和悬挂弹簧法两种实验方案在有/无阻尼器的情形下分别进行准静态加载实验和自由振动实验以探究下框架等效阻尼的影响因素并确定三个影响因素的贡献量。实验流程图见图 1。

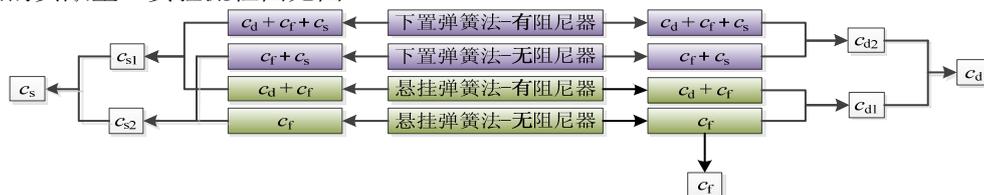


图 1 下框架等效阻尼不同影响因素贡献量确定流程图
图中, 下标 d、f 和 s 分别代表阻尼器、下臂下铰摩擦和气囊

* 基金项目: 国家自然科学基金(11572031)、国家自然科学基金面上项目(11672297)、中国科学院战略性先导科技专项(B类)项目(XDB22020000)

2.2 理论模型

将受电弓框架质量等效到上下臂铰处，有阻尼器情形采用下置弹簧法的整个系统可简化为图 2 所示单自由度弹簧振子模型。

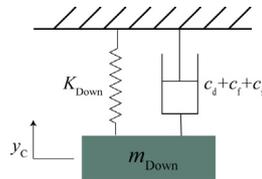


图 2 下置弹簧法—有阻尼器简化模型
 K_{Down} , m_{Down} 分别为系统刚度、框架等效到上下臂铰质量

该简化模型的运动方程为：

$$m_{Down} \ddot{y}_C + (c_d + c_f + c_s) \dot{y}_C + K_{Down} y_C = 0 \quad (1)$$

其中， K_{Down} 可由准静态加载实验求得；而等效阻尼($c_d + c_f + c_s$)则通过自由振动法求得。

三、结论

通过实验确定了影响下框架等效阻尼的三个因素分别为：阻尼器、下臂下铰摩擦和空气弹簧。并通过对照实验确定三者占比分别为 44.21%，45.18%和 10.62%。

参 考 文 献

- 1 Zhou N, Zhang W. Investigation on dynamic performance and parameter optimization design of pantograph and catenary system[J]. Finite elements in analysis and design, 2011, 47(3): 288 - 295.
- 2 Pombo J, Ambrósio J. Influence of pantograph suspension characteristics on the contact quality with the catenary for high speed trains[J]. Computers & Structures, 2012, 110 - 111: 32 - 42.
- 3 李东阳. 受电弓振动特性试验研究[D]. 西南交通大学, 2012