机车电传动 2016 年第 2 期（2016–03–10）
ELECTRIC DRIVE FOR LOCOMOTIVES № 2，2016（Mar. 10, 2016）
文章编号：1000–128X(2016)02–0061–04

南昌地铁 1 号线车辆牵引计算与仿真分析

熊　军
（南昌轨道交通集团有限公司，江西 南昌　330008）

摘　要：介绍了南昌地铁 1 号线车辆的基本情况，对车辆的动力性能以及牵引制动特性进行了计算和仿真，并对列车的救援能力和能耗情况进行了计算分析。计算和仿真结果表明该电传动系统特性和性能满足设计要求。南昌地铁 1 号线地铁列车及其牵引电传动系统已通过线路型式试验和运行考核，目前已载客运营，运行情况良好。

关键词：南昌地铁 1 号线；地铁车辆；牵引系统；降级模式；救援能力；仿真
中图分类号：U231；U260.13^{+}1　　**文献标识码：**A
doi：10.13890/j.issn.1000-128x.2016.02.016

Traction Calculation and Simulation Analysis for Nanchang Metro Line 1 Vehicles

XIONG Jun
(Nanchang Rail Transit Group Limit Corporation., Nanchang, Jiangxi 330008, China)

Abstract: Base situation of Nanchang metro line 1 vehicles was introduced. The vehicle dynamic performance and the traction & braking characteristics were calculated and simulated, as well as the rescue capability and power consumption. The calculation and simulation results showed that the performance of electric drive system met the design requirements. The Nanchang metro line 1 vehicles and their electric drive systems have passed the field type test and running inspection, and now are operating with passengers, which show a good performance.

Keywords: Nanchang metro line 1; metro vehicles; traction system; degraded mode; rescue capability; simulation

0　引言

南昌地铁 1 号线是南昌市的第 1 条地铁线路，地铁车辆采用标准 B2 型车，采用铝合金车体，最高设计速度为 80 km/h。本文主要对南昌地铁 1 号线车辆的各种运行工况进行仿真分析，并对车辆的救援能力和能耗进行分析。

1　车辆的主要参数

南昌地铁 1 号线从双港大道站到奥体中心站，连接了南昌市的主要核心城区，有红谷滩新区、中心城区以及高新区，规划可与 2、3、5 号线换乘。车辆主要参数如下：

供电电压	DC 1 500 V（DC 1000~1 800 V）
轮径	840/805/770 mm（新 / 半磨耗 / 全磨耗）
列车编组	+ Tc*Mp*M=M*Mp*Tc +（4 动 2 拖）

收稿日期：2016–02–29

在 AW3 载荷和车轮半磨耗状态及干燥、清洁、平直的轨道和额定电压下，列车牵引性能由下列参数确定

列车构造速度	90 km/h
列车最高运行速度	80 km/h
全线平均旅行速度	≥ 35 km/h
平均启动加速度（0~40 km/h）	≥ 1.0 m/s^2
平均加速度（0~80 km/h）	≥ 0.6 m/s^2
列车牵引计算粘着系数	0.165

除停放制动外，不论使用何种制动方式和何种载荷工况，列车均符合下列各项指标要求：

常用制动平均减速度（80 km/h~0）	≥ 1.0 m/s^2
快速制动平均减速度（80 km/h~0）	≥ 1.2 m/s^2
紧急制动平均减速度（80 km/h~0）	≥ 1.2 m/s^2
电 – 空制动转换速度点	5~8 km/h
制动计算粘着系数	0.16
常用制动负载工况	AW0~AW3
全电制动最高速度（DC 1 500 V，AW2）≥80 km/h	

2 列车故障和救援运行能力

列车在丧失 1/4 动力的情况下，在 AW2 载荷工况，列车可以正常往返 1 个全程；在正常网压下，在 AW3 载荷工况，列车可以适当降低列车运行速度往返 1 个全程。

列车在 AW3 载荷工况，丧失 1/2 动力的情况下，能在正线 35‰坡道上启动，运行到下一站，清客后空车能运行至车辆段。

一列 AW3 载荷的列车，全部丧失动力时，能由一列动力完好的空载（AW0）列车，在正线 35‰的坡道上启动并推行到下一车站。空载（AW0）列车推行故障空车的速度可达到 30 km/h。

3 牵引/电制动设计及仿真分析

3.1 牵引/电制动设计

根据列车动力性能要求及牵引、制动能力的要求，综合考虑牵引电动机的输出转矩、转速以及机械传动装置的结构和可靠性，选定齿轮驱动装置齿轮传动比为 6.687 5。列车在半磨耗轮径 805 mm、超员载荷 AW3 及接触网压 DC 1 500 V 条件下，取齿轮装置传动效率 0.98，有关牵引特性参数台下

列车最大启动轮缘牵引力 F_{st3}=383 kN

恒牵引力速度范围 0~40 km/h

恒功速度范围 40~50 km/h

自然特性速度范围 50~80 km/h

经计算，在网压为 DC 1 500 V，AW3 负载条件下，列车以 383 kN 的恒牵引力启动加速，其启动加速度为 1.074 m/s^2。

此种工况下，列车在 0~40 km/h 和 0~80 km/h 速度范围内其平均加速度如表 1 所示，其结果满足牵引动力性能要求。

表 1 平均加速度

列车编组	速度范围	设计要求 /(m·s^2)	平均加速度 /(m·s^{-2})
4M2T	0~40	≥ 1.0	1.02
4M2T	0~80	≥ 0.6	0.71

列车在半磨耗轮径 805 mm、正常载荷 AW2 或者超员载荷 AW3 及输入网压 DC 1 500 V 条件下，取齿轮装置传动效率 0.98，有关电制动特性参数如下：

列车最大电制动轮缘制动力 F_{b2}=315.8 kN

自然特性速度范围 90~80 km/h

恒电制动力速度范围 80~5 km/h

电制动力减小的起始速度点 5 km/h（可调）

经计算，在网压为 1 500 V，AW2 载荷条件下的平均减速度和粘着系数如表 2 所示。

表 2 列车平均减速度

列车编组	速度范围	设计要求 /(m·s^{-2})	平均加速度 /(m·s^{-2})	粘着系数 /%
4M2T	0~40（空－电混合）	≥ 1.0	1.02	≤ 16
4M2T	0~80（仅电制动）	≥ 1.0	1.02	≤ 16

此种工况下，列车仅依靠电制动可实现 80~5 km/h 的平均减速度达 1.02 m/s^2。

在各网压、载荷工况和列车速度从 5 km/h 至 0 阶段以及高速阶段时，电气制动不足部分制动由空气制动补充，以实现常用制动平均减速度（80~0 km/h）为 1.0 m/s^2。

3.2 仿真

仿真的车辆参数如表 3。

表 3 仿真的车辆参数

载荷状态	拖车（每辆）		动车（每辆）		列车（4M2T）	
	人数	最大质量 /t	人数	最大质量 /t	人数	最大质量 /t
AW0	0	31.50	0	34.50	0	201.00
AW1	36	33.66	46	37.26	256	216.36
AW2	230	45.30	250	49.50	1 460	288.60
AW3	327	51.12	352	55.62	2 062	324.72

注：每位乘客质量按 60 kg 计。

南昌地铁 1 号线线路全长 28.842 km，全部为地下线路，共设 24 座车站，设瑶湖定修段及蛟桥停车场。最小站间距为 585.2 m，为八一馆站 ~ 子固路站；最大站间距为 3 076.9 m，为长江路站 ~ 蛟桥站区间。

3.2.1 满功率线路运行仿真

根据南昌地铁技术文件要求，南昌地铁 1 号线线路平均旅行速度需要满足 35 km/h，在载荷 AW3，牵引时网压取 1 500 V，制动时网压取 1 650 V 的条件下，对车辆的运行情况进行仿真，如图 1~ 图 4。

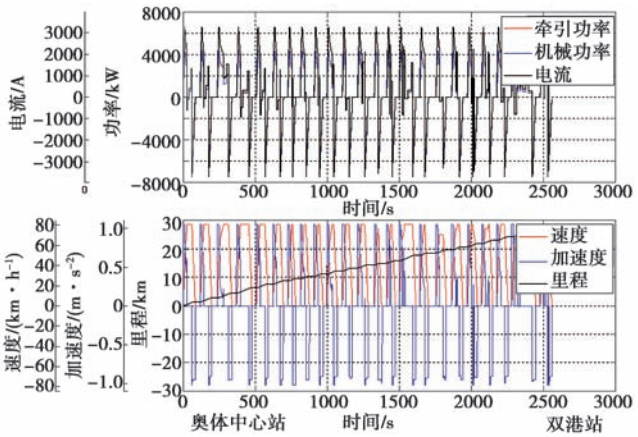

图 1 上行对时间曲线（奥体中心站至双港站）

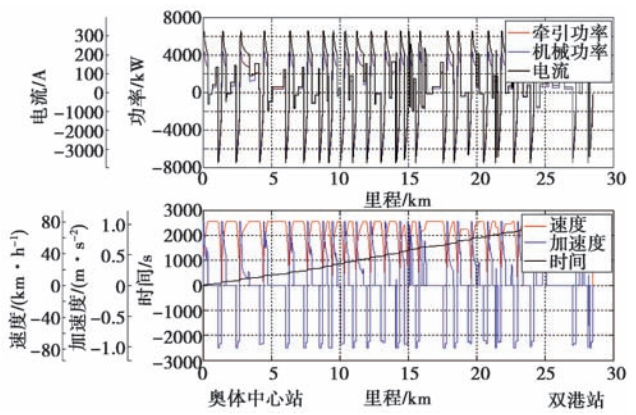

图 2 上行对距离的曲线（奥体中心站至双港站）

从仿真结果看，双港站至奥体中心站再返回双港站，列车完成一个往返运行的总旅行时间 5 319.12 s，平均旅行