

# 《地铁设计规范》中限制列车加减速速度规定的合理性分析与探讨

杨振虹<sup>1</sup> 梁广深<sup>2</sup>

(1. 中交铁道设计研究总院有限公司, 100088, 北京;

2. 北京城建设计发展集团股份有限公司, 100037, 北京//第一作者, 高级工程师)

**摘要** 为了提高地铁列车旅行速度, 国内外都要求地铁列车的加速度不低于  $1.0 \text{ m/s}^2$ , 减速度不低于  $1.1 \sim 1.2 \text{ m/s}^2$ 。目前, 我国新建地铁线路大都选用加减速速度较大的 4M2T 编组列车, 其目的也是为了提高列车旅行速度。但 GB 50157—2013《地铁设计规范》规定列车牵引计算的起动加速度和制动减速度分别不宜大于最大加速度的 90% 和常用减速度的 90%, 且列车起动加速度和制动减速度均不宜大于  $0.9 \text{ m/s}^2$  [1]。以重庆轨道交通 5 号线一期线路为基础, 分别采用 B 型车 3M3T 编组列车和 4M2T 编组列车, 按照 100% 牵引力和 90% 牵引力进行仿真验算, 绘制了 4 套牵引计算图, 分析得出了相同的结论: 列车的实际加速度和减速度一般很难达到规范限制的数值; 列车以 90% 牵引力运行时, 旅行速度下降, 牵引电能消耗量略有减少。

**关键词** 地铁列车; 加速度; 减速度; 旅行速度; 牵引计算图  
**中图分类号** U231.1

**DOI**: 10.16037/j.1007-869x.2022.01.007

## Analytical Discussion on the Rationality of Regulation Limiting Train Acceleration and Deceleration in Code for Design of Metro

YANG Zhenhong, LIANG Guangshen

**Abstract** In order to increase metro train travel speed, both domestic and foreign metros require that the vehicle acceleration should not be less than  $1.0 \text{ m/s}^2$  and the deceleration should not be less than  $1.1 \sim 1.2 \text{ m/s}^2$ . At present, the newly built metro mostly uses 4M2T formation train with higher acceleration and deceleration, the purpose of which is also to increase train travel speed. However, according to the GB 50157—2013 Code for Design of Metro, the starting acceleration and braking deceleration calculated by train traction should not be greater than 90% of the maximum acceleration and of the common deceleration, thus no greater than  $0.9 \text{ m/s}^2$  [1]. Based on first phase section of Chongqing Rail Transit Line 5, 3M3T and 4M2T formation trains of B-type vehicle are adopted respectively, and simulation calculation is conducted according

to 100% traction force and 90% traction force. Four sets of traction calculation diagrams are drawn. The analysis arrives to the same conclusion: the actual train acceleration and deceleration are generally barely reaching the normative limit; when the train travels under 90% traction force, travel speed decreases, and the traction power consumption decreases slightly.

**Key words** metro train; acceleration; deceleration; travel speed; traction calculation

**First-author's address** CCCC Railway Consultants Group Co., Ltd., 100088, Beijing

旅行速度是评价地铁系统的重要指标之一。旅行速度高反映了地铁系统的运量大、快速和高效率, 能够减少乘客出行时间, 满足日益增长的服务需求 [2]。地铁站间距离短, 又要求运行速度快, 为达此目的, 就要求列车的起动加速度和制动减速度要大 [3]。高的平均加速度表明列车具有良好的加速能力和较高的旅行速度 (即较短的旅行时间) [4]。现在许多城市的轨道交通项目都选用加速度和减速度较大的 4M2T 编组列车, 目的是为了提高列车的旅行速度。莫斯科地铁是世界上运输效率最高的地铁, 其高峰小时开行列车 40~45 对, 最小行车间隔为 80 s, 凭借的就是列车加速度为  $1.0 \sim 1.1 \text{ m/s}^2$ 、减速度为  $1.2 \sim 1.3 \text{ m/s}^2$  [5], 列车高速进站和高速出站, 停站时间不超过 20 s。

GB 50157—2013《地铁设计规范》第 3.3.6 条规定: 列车牵引计算正常情况下, 计算起动加速度、制动减速度分别不宜大于最大加速度的 90% 和常用减速度的 90%, 且计算列车起动加速度和制动减速度均不宜大于  $0.9 \text{ m/s}^2$ 。考虑列车牵引计算图是编制列车运行图的原始资料, 是列车在轨道上运行轨迹的实际模拟图, 列车的许多运行参数 (如列车的起动加速时间、起动加速度、起动加速距离, 以及到

达下一站的制动初速、制动时间、制动减速度、制动距离、区间运行时间和牵引耗电量等)可从牵引计算图中查得<sup>[6]</sup>。而根据加减速度不大于 0.9 m/s<sup>2</sup>,并按牵引计算图编制的列车运行图,则会降低列车旅行速度和服务水平,这与地铁管理单位和广大乘客的期望相悖,值得研究和商榷。

为了探讨这一问题,笔者选择重庆轨道交通 5 号线一段线路,采用 B 型车 3M3T 编组列车和 4M2T 编组列车,分别以 100%牵引力和 90%牵引力做列车牵引计算图,并对结果进行了深入分析。

## 1 列车仿真牵引计算

### 1.1 线路概况

重庆轨道交通 5 号线一期大石坝站至跳磴站,线路运营长度为 23.044 km,设车站 16 座。最大站间距离为 2 534 m,为重庆西站—创业大道站;最小站间距离为 853 m,为北滨路站—大石坝站;平均站间距离为 1 536 m。该段线路地形条件比较复杂,正线最大坡度为 34‰。本文研究的列车运行方向为跳磴站至大石坝站。

表 2 B 型车 4M2T 编组 (AW2 工况) 不同牵引力及制动力时的列车牵引计算结果

区间	100%牵引力/制动力时的计算结果					90%牵引力/制动力时的计算结果				
	起动加速 时间/s	加速度 /(m/s <sup>2</sup> )	减速度 /(m/s <sup>2</sup> )	区间运行 时间/s	牵引耗电 量/kWh	起动加速 时间/s	加速度 /(m/s <sup>2</sup> )	减速度 /(m/s <sup>2</sup> )	区间运行 时间/s	牵引耗电 量/kWh
跳磴站—石龙站	24.4	0.91	1.06	150.41	25.15	27.0	0.77	0.96	152.45	25.12
石龙站—金建路站	30.8	0.72	1.03	105.97	32.41	31.5	0.67	0.92	115.34	29.46
金建路站—人和场站	29.3	0.76	1.03	123.35	40.54	33.2	0.67	0.93	122.11	40.18
人和场站—半山站	27.5	0.78	1.07	91.75	28.34	32.0	0.68	0.99	95.14	29.90
半山站—华成路站	33.6	0.66	1.08	68.36	35.31	37.5	0.57	0.96	75.07	36.32
华成路站—华岩寺站	14.6	0.98	1.06	124.21	11.71	14.9	0.88	0.93	125.83	9.61
华岩寺站—重庆西站	27.9	0.78	1.02	68.86	28.91	33.0	0.66	1.05	70.52	30.34
重庆西站—创业大道站	27.0	0.82	1.00	154.53	58.30	28.7	0.75	0.93	163.00	54.04
创业大道站—巴山站	27.0	0.81	1.00	101.89	27.04	30.0	0.73	0.91	104.02	27.10
巴山站—石新路站	26.0	0.83	1.00	77.19	26.19	29.6	0.74	0.89	79.07	26.98
石新路站—石桥铺站	27.0	0.75	1.02	80.70	39.38	30.0	0.66	0.97	83.36	39.27
石桥铺站—歇台子站	13.6	1.00	0.97	112.15	10.58	13.0	0.90	0.85	119.89	8.08
歇台子站—红岩村站	13.8	0.99	1.02	111.40	10.35	13.3	0.93	0.86	113.69	8.62
红岩村站—北滨路站	24.0	0.89	0.94	82.90	23.76	26.6	0.81	0.84	83.84	24.07
北滨路站—大石坝站	24.0	0.88	1.01	59.57	24.02	25.6	0.81	0.93	63.81	22.89
总计/平均		0.84	1.02	1 513.25	422.00		0.75	0.93	1 567.12	411.99

## 2 计算结果分析

### 2.1 列车加速度和减速度分析

#### 2.1.1 B 型车 4M2T 编制列车运行结果分析

由表 2 可见:4M2T 编制列车以 100%牵引力起动或以 100%制动力制动时,出站加速度  $a_1 \in [0.66,$

### 1.2 车辆参数

B 型车为我国地铁采用最为普遍的车辆类型,因此本文研究分别采用 B 型车 3M3T 编组列车和 4M2T 编组列车进行相关计算,以使牵引计算结果具有较大参考价值。具体车辆参数如表 1 所示。

表 1 本文研究采用的 B 型车 3M3T 编组与 4M2T 编组车辆参数

Tab. 1 Parameters of 3M3T marshalling and 4M2T marshalling of B-type vehicle used in this study

项目	B 型车 3M3T	B 型车 4M2T
编组形式	=Tc-M1=T-M1=M2-Tc=	=Tc * Mp * M=M * Mp * Tc=
车辆自重/t	T=32;M=35	T=32;M=35
车辆总重(AW2)/t	Tc=45.8; T=46.7;M=49.72	Tc=45.56; Mp=M=50.24
列车总重(AW2)/t	287.4	292.08
列车回转质量/t	15.3	17.2
列车总质量(AW2)/t	302.7	309.28
额定电压/V	DC 750	DC 1 500

注: T——拖车;M——动车;Tc——带司机室拖车;Mp——带受电弓的动车。编组形式中: = 表示半自动车钩;—表示全自动车钩;\* 表示半永久车钩。AW2——车辆为定员荷载。

### 1.3 牵引计算结果

计算结果如表 2 和表 3 所示。

1.0],其平均值为 0.84 m/s<sup>2</sup>;进站制动减速度  $a_2 \in [0.94,1.08]$ ,其平均值为 1.02 m/s<sup>2</sup>。4M2T 编制列车以 90%牵引力起动或以 90%制动力制动时,出站加速度  $a_1 \in [0.57,0.93]$ ,其平均值为 0.75 m/s<sup>2</sup>;进站制动减速度  $a_2 \in [0.85,1.05]$ ,其平均值为 0.93 m/s<sup>2</sup>。

表 3 B 型车 3M3T 编组 (AW2 工况) 不同牵引力及制动力时的列车牵引计算结果

Tab. 3 Traction calculation results of 3M3T marshalling (AW2) of B-type vehicle operation

区间	100%牵引力/制动力的计算结果					90%牵引力/制动力的计算结果				
	起动加速 时间/s	加速度 /(m/s <sup>2</sup> )	减速度 /(m/s <sup>2</sup> )	区间运行 时间/s	牵引耗 电量/kWh	起动加速 时间/s	加速度 /(m/s <sup>2</sup> )	减速度 /(m/s <sup>2</sup> )	区间运行 时间/s	牵引耗电 量/kWh
跳蹬站—石龙站	33.9	0.62	0.89	157.16	24.33	38.0	0.57	0.80	158.90	24.55
石龙站—金建路站	52.4	0.40	0.87	104.62	37.30	52.0	0.40	0.80	109.25	35.65
金建路站—一人和场站	48.2	0.45	0.87	132.00	34.41	48.0	0.45	0.82	133.47	34.66
人和场站—半山站	34.5	0.60	0.93	99.27	28.97	45.5	0.46	0.83	101.09	29.68
半山站—华成路站	33.3	0.56	0.94	78.36	29.08	42.0	0.43	0.80	81.59	28.25
华成路站—华岩寺站	17.0	0.78	0.90	137.28	10.20	16.3	0.71	0.79	143.52	7.83
华岩寺站—重庆西站	32.0	0.63	0.89	74.89	27.39	41.6	0.48	0.81	77.75	27.14
重庆西站—创业大道站	40.4	0.55	0.92	159.77	61.77	43.8	0.50	0.84	163.19	59.77
创业大道站—巴山站	40.1	0.54	0.97	105.86	28.24	45.6	0.48	0.79	108.19	28.83
巴山站—石新路站	38.2	0.55	0.81	82.18	26.97	40.5	0.51	0.74	85.48	25.96
石新路站—石桥铺站	39.0	0.48	0.85	99.82	34.15	45.0	0.42	0.80	96.83	32.34
石桥铺站—歇台子站	17.5	0.78	0.82	110.50	10.02	17.5	0.77	0.72	119.40	8.46
歇台子站—红岩村站	13.2	0.83	0.87	117.47	6.71	13.5	0.80	0.74	119.03	6.49
红岩村站—北滨路站	35.3	0.62	0.73	86.45	24.70	39.0	0.56	0.64	89.57	24.50
北滨路站—大石坝站	32.7	0.65	0.65	66.20	23.09	35.0	0.60	0.81	69.07	22.12
总计/平均		0.60	0.86	1 611.83	407.35		0.54	0.78	1 656.33	396.23

由分析可得出:4M2T 编制列车以 100%牵引力实际运行时的出站加速度,在 15 个区间中,只有 4 个区间因受出站大下坡影响而超过 0.9 m/s<sup>2</sup> 的要求;降低牵引力至 90%后,在 15 个区间中,仍有 1 个区间因受出站大下坡影响超过 0.9 m/s<sup>2</sup> 的要求。反观制动减速度,无论是以 100%制动力还是以 90%制动力进行制动,进站制动减速度几乎均超过 0.9 m/s<sup>2</sup> 的要求。

2.1.2 B 型车 3M3T 编制列车运行结果分析

由表 3 可见:3M3T 编制列车以 100%牵引力启动或以 100%制动力制动时,出站加速度  $a_1 \in [0.40, 0.83]$ ,其平均值为 0.60 m/s<sup>2</sup>;进站制动减速度  $a_2 \in [0.65, 0.97]$ ,其平均值为 0.86 m/s<sup>2</sup>。3M3T 编制列车以 90%牵引力启动或以 90%制动力制动时,出站加速

度  $a_1 \in [0.40, 0.8]$ ,其平均值为 0.54 m/s<sup>2</sup>;进站制动减速度  $a_2 \in [0.64, 0.84]$ ,其平均值为 0.78 m/s<sup>2</sup>。

由分析可得出:3M3T 编制列车无论是以 100%牵引力还是以 90%牵引力进行启动,实际运行时的出站加速度,在 15 个区间中均没有超过 0.9 m/s<sup>2</sup> 的要求。反观制动减速度,列车进站时以 100%制动力进行制动,在 15 个区间中,只有 4 个区间的进站制动减速度超过 0.9 m/s<sup>2</sup> 的要求;列车进站时以 90%制动力进行制动,15 个区间的进站制动减速度均未超过 0.9 m/s<sup>2</sup> 的要求。

2.2 列车旅行速度

由列车牵引计算图和表 3 可知,列车以 90%牵引力启动运行时(图 1 中细线条),因为启动电流减小,加速度减小,导致区间的运行时间延长。第一

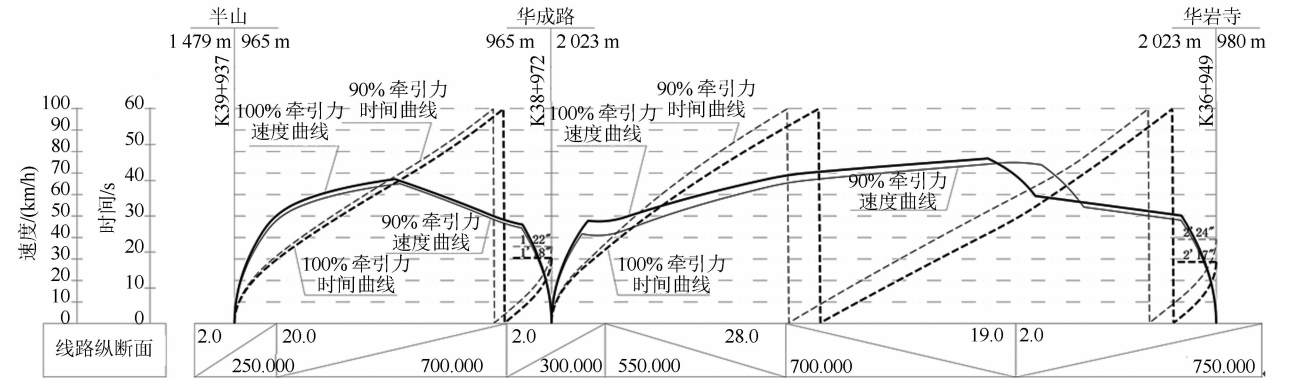


图 1 B 型车 3M3T 编组列车 (AW2 工况) 以 100%牵引力和 90%牵引力运行时的牵引计算图示例

Fig. 1 Graphic illustration of 100% traction force and 90% traction force calculation for 3M3T marshalling (AW2) of B-type vehicle

个区间延长 4 s,第二个区间延长 7 s。就全线而言,4M2T 编制列车运行时间延长 54 s,3M3T 编制列车运行时间延长 44.5 s。

本文研究的线路长度为 23.044 km,设车站 16 座,列车起动目标速度为 80 km/h,中间站停车 30 s,以表 2 和表 3 中数据分析列车的旅行速度  $v_{\text{旅}}$  如下:4M2T 编制列车以 100% 牵引力加速运行时,  $v_{\text{旅}} = 42.91$  km/h;4M2T 编制列车以 90% 牵引力加速运行时,  $v_{\text{旅}} = 41.75$  km/h;3M3T 编制列车以 100% 牵引力加速运行时,  $v_{\text{旅}} = 40.83$  km/h;3M3T 编制列车以 90% 牵引力加速运行时,  $v_{\text{旅}} = 39.95$  km/h。

### 2.3 列车牵引耗电量分析

由表 2 和表 3 中数据可知:4M2T 编制列车以 100% 牵引力运行时的单程牵引耗电量为 422 kWh,以 90% 牵引力运行时的单程牵引耗电量为 411.99 kWh。即以 90% 牵引力运行时可减少牵引电能耗 10.01 kWh,平均节能为 0.43 kWh/km。3M3T 编制列车以 100% 牵引力运行时的单程牵引耗电量为 407.35 kWh,以 90% 牵引力运行时的牵引耗电量为 396.23 kWh。即以 90% 牵引力运行时可减少牵引能耗 11.12 kWh,平均节能为 0.48 kWh/km。

## 3 几点体会

### 3.1 限制列车加减速速度违背城市轨道交通运营宗旨

国外城市轨道交通都把提高列车加减速速度作为提高旅行速度和服务水平的手段,我国亦如此。相关轨道交通车型的技术条件中均对列车加减速度的下限值做出了明确规定。

GB/T 7928—2003《地铁车辆通用技术条件》第 6.12 条规定:在平直干燥轨道上,列车从 0~40 km/h,其加速度不低于  $0.83 \text{ m/s}^2$ ,从 0~80 km/h 其加速度不低于  $0.5 \text{ m/s}^2$ 。第 6.13 条规定:在平直干燥轨道上,列车从最高运行速度到停车,常用制动平均减速度不低于  $1.0 \text{ m/s}^2$ ,紧急制动平均减速度不低于  $1.2 \text{ m/s}^2$  [7]。

CJ/T 287—2008《跨座式单轨交通车辆通用技术条件》规定:列车平均加速度不宜低于  $0.83 \text{ m/s}^2$ ,平均减速度不宜低于  $1.10 \sim 1.25 \text{ m/s}^2$  [8]。

CJ/T 375—2011《中低速磁悬浮交通车辆通用技术条件》规定:列车从 0~35 km/h 其加速度不低于  $0.9 \text{ m/s}^2$ ,从 0~80 km/h 其加速度不低于  $0.5 \text{ m/s}^2$ ,平均减速度不低于  $1.1 \sim 1.3 \text{ m/s}^2$  [9]。

CJ/T 417—2012《低地板有轨电车车辆通用技术条件》规定:列车从 0~40 km/h 其加速度不应低于  $0.95 \text{ m/s}^2$ ,从 0~80 km/h 其加速度不低于  $0.5 \text{ m/s}^2$ ,常用制动减速度不应小于  $1.1 \sim 1.2 \text{ m/s}^2$ ,施加磁轨制动时不应小于  $2.0 \text{ m/s}^2$  [10]。

GB 50157—2013 的 3.3.6 条规定:牵引计算的列车起动加速度和制动减速度均不宜大于  $0.9 \text{ m/s}^2$ 。这不仅违背了轨道交通车型技术条件的规定,而且与广大乘客的需求背道而驰。

### 3.2 关于电动机保护问题

GB 50157—2013 的 3.3.6 条款解释称:“考虑车辆状态有所不同,在实际运营过程中也不适宜总是使用最大加速度,在设计中适当保留一定的富裕量。一般以不大于最大加减速度的 90% 为宜”。该条款的用意是保护车辆和牵引电动机。这种担心是多余的,因为牵引电动机最大电流为 2 倍保证额定额定电流,制动时电机的电压和电流均不能超过额定值的 2 倍。地铁车辆厂商提供的资料说明,190 kW 牵引电动机,起动时瞬时功率为 272 kW,制动时瞬时功率为 510 kW。基于性能如此强大的牵引电机,运营中使用最大加减速度不应再有顾虑。

在运营管理中预留富裕量的做法,是以车辆最高运行速度的 90% 作为列车正常运行速度,预留的 10% 富裕量作为调整列车运行秩序的手段,而不是限制列车的加速度或减速度。

### 3.3 关于舒适度问题

GB 50157—2013 的 3.3.6 条款解释称:“考虑到乘客舒适度的要求,不论车辆性能如何,计算时加减速度的量值都不应大于  $0.9 \text{ m/s}^2$ 。此数值为一般乘客所承受的进出站列车加速减速时舒适度的临界点。

笔者认为,所谓舒适度并没有统一的标准。在同一加速度条件下,不同体质和不同年龄人的感觉是不同的。前文所说的中低速磁浮车、低地板有轨电车和跨坐式单轨列车的加速度几乎都要求大于  $0.9 \text{ m/s}^2$ ,减速度都要求大于  $1.1 \text{ m/s}^2$ 。莫斯科地铁车辆的加速度为  $1.0 \sim 1.1 \text{ m/s}^2$ ,减速度  $1.2 \sim 1.3 \text{ m/s}^2$ ,相信他们不会忽视舒适度问题。

### 3.4 加减速速度不大于 $0.9 \text{ m/s}^2$ 的控制范畴不明

地铁列车的加速度有两个标准:列车从 0 加速到 40 km/h,其平均加速度为  $0.83 \text{ m/s}^2$ ;从 0 加速到 80 km/h,其平均加速度不小于  $0.5 \text{ m/s}^2$ 。也就是说,列车从 0 加速到 80 km/h,其加速度都达不到

$0.9 \text{ m/s}^2$ 。表2中4M2T编制列车平均加速度为 $0.84 \text{ m/s}^2$ ,表3中3M3T编制列车平均加速度为 $0.60 \text{ m/s}^2$ ,均证明了这个结论。因此,限制列车加速度的必要性不大。其限制范畴应是从0加速到 $40 \text{ km/h}$ 阶段,这是牵引电机的横转矩控制区,只持续十几秒钟,加速度无法测算。

## 4 结语

本文研究标明,GB 50157—2013规定牵引计算的启动加速度和制动减速度分别不宜大于最大加速度的90%和常用减速度的90%,导致地铁列车旅行速度下降,服务水平降低,造成了负面后果。虽然采用该措施可减少牵引耗电量 $0.48 \text{ kWh/km}$ ,但这不应成为地铁运营追求的目标。建议对GB 50157—2013第3.3.6条进行斟酌修改。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 地铁设计规范:GB 50157—2013[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2014.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of the People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Code for design of metro: GB 50157—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [2] 程涛. 如何提高西安地铁二号线旅行速度的分析与研究[J]. 科技创新导报,2014(6):13.  
CHENG Tao. Analysis and research on how to improve the travel speed of Xi'an Metro Line 2[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2014(6):13.
- [3] 杨颖,陈中杰. 国内地铁车辆动力配置研究[J]. 城市轨道交通研究,2009(11):26.  
YANG Yin, CHEN Zhongjie. Power arrangement on metro vehicles in China[J]. Urban Mass Transit, 2009(11):26.
- [4] 徐锦帆. 地铁车辆启动加速度的探讨[J]. 地铁与轻轨,1992(3):11.  
XU Jinfan. Discussion on starting acceleration of metro vehicles[J]. Metro and Light Rail, 1992(3):11.
- [5] 梁广深,黄隆飞. 地铁B型车牵引能耗与再生制动节能效果

分析[J]. 城市轨道交通研究,2016(2):27.

LIANG Guangshen, HUANG Longfei. Analysis of energy consumption and renewable energy saving effect of B-type train[J]. Urban Mass Transit, 2016(2):27.

- [6] 梁广深. 地铁节能线路纵断面设计研究[J]. 都市快轨交通, 2009(4):37.

LIANG Guangshen. Design of energy-saving longitudinal profiles for metro lines[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2009(4):37.

- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 地铁车辆通用技术条件:GB/T 7928—2003[S]. 北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2004.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. General technical specification for metro vehicles: GB/T 7928—2003[S]. Beijing: General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2014.

- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 跨座式单轨交通车辆通用技术条件:CJ/T 287—2008[S]. 北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2008.

Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of the People's Republic of China. General technical specification for straddled monorail vehicle: CJ/T 287—2008[S]. Beijing: Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of the People's Republic of China, 2008.

- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中低速磁悬浮交通车辆通用技术条件:CJ/T 375—2011[S]. 北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2012.

Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of the People's Republic of China. General technical specification for medium and low speed maglev vehicles: CJ/T 375—2011[S]. Beijing: Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of the People's Republic of China, 2012.

- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 低地板有轨电车车辆通用技术条件:CJ/T 417—2012[S]. 北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2013.

Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of the People's Republic of China. General technical specification for low floor tramcar: CJ/T 417—2012[S]. Beijing: Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of the People's Republic of China, 2013.

(收稿日期:2020-01-16)

欢迎访问《城市轨道交通研究》网站

<http://umt1998.tongji.edu.cn>