

文章编号: 1674—8247(2020)01—0069—05  
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.01.015

# 时速 160 km 接触网作业车代替热备机车的方案研究

王利军 张彦栋

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

**摘 要:**为提升高速铁路的应急救援能力,进一步优化热备动车组、热备机车的配置和布局,本文研究利用时速 160 km 接触网作业车代替热备机车救援动车组的方案可行性。在搜集 BR711C 型时速 160 km 接触网作业车技术参数及牵引特性数据的基础上,本文计算了该型作业车单机、双机救援 CR400BF 型动车组在不同坡道下的起动加速度、平衡速度、液力制动调速能力、空气制动停车能力等。计算结果表明:时速 160 km 接触网作业车代替热备机车在一定坡道条件的限制下可行。

**关键词:**接触网作业车; 动车组救援; 起动加速度; 平衡速度; 液力制动; 空气制动

**中图分类号:**U298.6      **文献标志码:**A

## Study on Scheme of Catenary Operation Car with 160 km/h Instead of Hot Standby Locomotive

WANG Lijun ZHANG Yandong

(China Railway Eryuan Engineering Group Co. Ltd., Chengdu 610031, China)

**Abstract:** In order to improve the emergency rescue capability of high-speed railway and further optimize the allocation and layout of hot standby EMU and hot standby locomotive, this paper studies the scheme that is to use catenary operation car with 160 km/h instead of hot standby locomotive for rescue of EMU. The result shows that the scheme is feasible. On the basis of technical parameters and traction characteristics data of BR711C catenary operation car with 160 km/h, this paper calculates the starting acceleration, balance speed, hydraulic braking speed regulation capacity, air braking parking capability under the different ramps of the single operation locomotive and double operation locomotives for rescue of CR400BF EMU. The calculation result show that it is feasible to replace hot standby locomotive with catenary operation car with 160 km/h under the constraint of certain ramp conditions.

**Key words:** catenary operation car; EMU rescue; starting acceleration; balance speed; hydraulic brake; air brake

### 1 研究背景

根据铁总运[2015]325 号文《中国铁路总公司关于印发〈高速铁路应急热备内燃机车管理办法〉的通知》,高速铁路应设置应急热备内燃机车,承担高速铁路应急救援工作,保证动车组列车被迫停车后能得到及时处置<sup>[1]</sup>。2019 年,铁总党[2019]1 号文《中共中

国铁路总公司党组关于做好 2019 年铁路运输安全工作的意见》要求提升高速铁路应急救援能力。进一步优化救援列车、热备动车组、内燃机车的配置和布局,探索研究利用时速 160 km 接触网作业车救援动车组的模式<sup>[2-3]</sup>。

时速 160 km 接触网多功能检修作业车满足高速及快速铁路的高空接触网维护和高架线路下部的检查

收稿日期:2019-04-10

作者简介:王利军(1981-),男,高级工程师。

引文格式:王利军,张彦栋. 时速 160 km 接触网作业车代替热备机车的方案研究[J]. 高速铁路技术,2020,11(1): 69-73.

WANG Lijun, ZHANG Yandong. Study on Scheme of Catenary Operation Car with 160 km/h Instead of Hot Standby Locomotive[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(1): 69-73.

维修作业需要。该接触网多功能检修作业车能在高速铁路及城市快速铁路上运行,即使在不利环境条件或恶劣天气下,也可快速、安全到达现场,对高空接触网及桥梁进行检测和维修;还可牵引附挂车辆,或双机、多机重联牵引动车组,为多种功能综合性维修车<sup>[4]</sup>。

2015年,由我国自主制造生产的国产化时速160 km接触网多功能作业车开始在北京、上海、济南、西安、郑州、沈阳、成都、南昌铁路局等投入使用<sup>[5]</sup>。截止目前,时速160 km 接触网多功能作业车已在多个铁路局合计配属66台。

我国高速铁路接触网设备日常维护采用每天固定时间(开天窗,一般为4 h左右)集中检查维修的方式。在非天窗时段,有效利用时速160 km 接触网作业车承担动车组救援任务,可减少资源闲置,减少对应急热备机车的需求,从而实现资源共享,加强高速铁路应急救援能力。因此有必要对时速160 km 接触网作业车救援动车组的可行性进行分析。

## 2 BR711C 接触网多功能综合作业车车型分析

### 2.1 作业车运用条件及技术参数

BR711C 接触网多功能综合作业车是接触网检修、维护、抢修的专业设备,具有160 km/h的最高运行速度,可快速到达作业现场。该车配有升降旋转作业平台、高空作业斗、导线拨线装置、接触网检测装置等设备。其运用条件及整体技术参数如表1、表2所示。

表1 作业车运用条件表

序号	参数	取值
1	最大海拔高度/m	2 500
2	环境温度范围/℃	-25 ~ +40
3	相对湿度/%	≤95
4	作业条件	能在雨雪天、隧道、夜间、风沙、盐雾、灰尘严重的条件下工作
5	最大坡度	33‰;单机组(1台柴油机)工作的情况下,通过33‰坡道的行驶速度为40 km/h。此时,牵引力大于400 N/t
6	轨距/mm	1 435
7	最大外轨超高/mm	180
8	限界	符合GB146.1-1983《标准轨距铁路机车车辆限界》机车车辆限界的有关要求和TG/O1A-2017《铁路技术管理规程》(高速铁路部分)中客运专线机车车辆限界的有关要求

### 2.2 作业车牵引特性

作业车牵引特性曲线如图1所示,液力制动特性曲线如图2所示。

表2 作业车技术参数表

序号	参数	取值
1	最高运行速度/(km/h)	160
2	作业运行速度/(km/h)	0~10
3	车轮直径/mm	920
4	轴重/t	21
5	整备重量/t	84
6	通过最小曲线半径/m	145
7	传动方式	牵引行驶工况下液力传动 作业行驶工况下液压传动
8	制动方式	空气制动、液力制动和驻车制动
9	紧急制动距离/m	≤1 400(平直道,单机额定载荷,初速度160 km/h)
10	牵引行驶工况主动力机组数量/组	2
11	牵引行驶主动力机组总功率/kW	2×662
12	牵引行驶工况传动方式	液力传动
13	最高联挂运行速度/(km/h)	160
14	作业车全整备重量/t	84 <sup>(1+3%)</sup> 84 <sup>(1-1%)</sup>
15	动力制动方式	液力制动
16	动力制动功率/kW	400

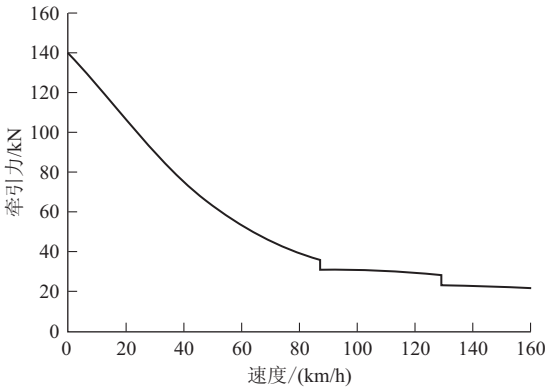


图1 BR711C型作业车牵引特性曲线图

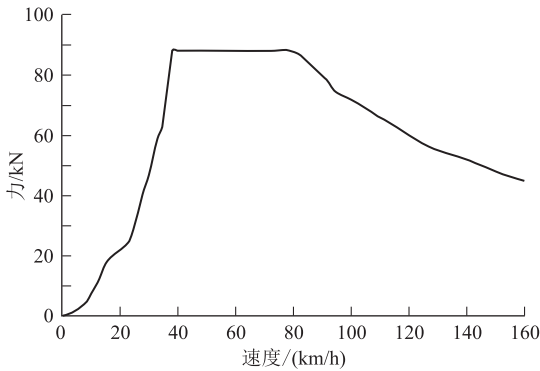


图2 BR711C型作业车液力制动特性曲线图

## 3 理论分析

根据TB/T 1407.1-2018《列车牵引计算-第1部

分:机车牵引式列车》进行列车牵引计算。

(1)单位基本运行阻力

当速度为0时(起动点):

$$\omega_0 = \omega_{st} \tag{1}$$

当速度不为0时(过程):

$$\omega_0 = c_0 + c_1 v + c_2 v^2 \tag{2}$$

式中: $\omega_0$ ——单位基本运行阻力;

$c_0, c_1, c_2$ ——列车基本阻力系数, $c_0$ 取0.028,

$c_1$ 取0.000 2, $c_2$ 取0.000 298;

$v$ ——运行速度(km/h);

$\omega_{st}$ ——列车起动阻力,取5 N/kN。

(2)单位坡道附加阻力

$$\omega_i = i \tag{3}$$

式中: $\omega_i$ ——单位坡道附加阻力(N/kN);

$i$ ——坡道千分数。

(3)单位曲线附加阻力

$$\omega_r = \frac{600}{R} \tag{4}$$

式中: $\omega_r$ ——单位曲线附加阻力(N/kN);

$R$ ——曲线半径(m)。

(4)单位隧道附加阻力

机车车辆的单位隧道附加阻力 $\omega_s$ 由试验确定。

(5)起动加速度

$$a_{st} = \frac{F_{st} - 0.009\ 81 \times M \times (\omega_{st} + \omega_i + \omega_r + i_s)}{M} \tag{5}$$

式中: $a_{st}$ ——列车起动加速度( $\text{m/s}^2$ );

$F_{st}$ ——列车起动牵引力(kN);

$\omega_{st}$ ——列车起动阻力(N/kN);

$\omega_i$ ——列车起动坡道阻力(N/kN);

$\omega_r$ ——列车起动曲线阻力(N/kN);

$I$ ——列车起动坡道千分数;

$R$ ——列车起动曲线半径(m);

$M$ ——列车质量(t)。

(6)平衡速度

列车处于牵引工况下,所受合力为0时对应的速度为列车的平衡速度。

(7)牵引力使用系数

单机牵引使用系数取1,双机重联牵引系数取0.98。

(8)牵引力修正

内燃机车受周边空气温度及海拔高度的影响,机车牵引力存在修正。

(9)其他

根据TB 10621-2014《高速铁路设计规范》,正线线路平面曲线应与设计行车速度匹配,所有设计行车

速度等级最小曲线半径为2 800 m(无砟轨道,设计行车速度250 km/h),其曲线附加阻力远远小于坡道附加阻力,因此可不考虑曲线附加阻力的作用。

同时,亦不考虑隧道附加阻力、牵引力修正和被救动车组参与制动情况。

4 救援能力分析

4.1 救援动车组及线路条件

本文采用CR400BF作为救援动车组进行救援能力计算,CR400BF型动车组技术参数如表3所示。

表3 CR400BF型动车组技术参数表

型号	最高运行速度/(km/h)	定员质量/t	基本阻力公式		
			$a$	$b$	$c$
CR400BF	350	490	0.41	0.001 3	0.000 111

根据国内高速铁路设计的线路条件,坡度一般分为0‰,6‰,12‰,20‰,24‰,30‰。本次分析分别对上述坡度下的救援能力进行计算。

4.2 起动加速度

列车起动加速度由列车牵引力、列车起动阻力、坡道附加阻力、曲线附加阻力等共同决定。根据式(5),本文分别对BR711C型作业车单机、双机的起动加速度进行计算。

(1)BR711C型接触网作业车单机救援

BR711C型接触网作业车单机可在不大于12‰的上坡道上,实现CR400BF动车组的救援起动,其起动加速度如表4所示。

表4 BR711C型作业车单机救援动车组起动加速度表

序号	坡度/‰	起动加速度/( $\text{m/s}^2$ )
1	0	0.193
2	6	0.134
3	12	0.076
4	20	-0.003
5	24	-0.042
6	30	-0.101

(2)BR711C型作业车双机救援

BR711C型接触网作业车双机可在不大于30‰的上坡道上,实现CR400BF动车组的救援起动,其起动加速度如表5所示。

表5 BR711C型作业车双机救援动车组起动加速度表

序号	坡度/‰	起动加速度/( $\text{m/s}^2$ )
1	0	0.369
2	6	0.310
3	12	0.25
4	20	0.173
5	24	0.134
6	30	0.075

### 4.3 平衡速度

列车平衡速度是列车牵引力与所受阻力平衡时达到的速度。本文分别对 BR711C 型作业车单机、双机救援 CR400BF 型动车组的平衡速度进行计算。

#### (1) BR711C 型接触网作业车单机救援

BR711C 型接触网作业车单机救援 CR400BF 型动车组在平直道上的平衡速度为 153 km/h,在 6‰上坡道上的平衡速度为 78 km/h,在 12‰上坡道上的平衡速度为 42 km/h。BR711C 型接触网作业车单机救援 CR400BF 动车组平衡速度如图 3 所示。

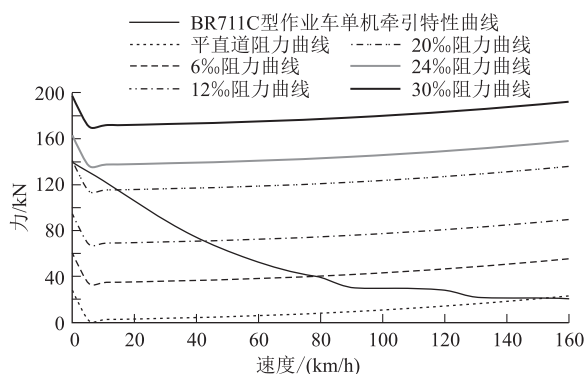


图3 BR711C 型接触网作业车单机救援 CR400BF 动车组平衡速度图

#### (2) BR711C 型接触网作业车双机救援

BR711C 型接触网作业车双机救援 CR400BF 型动车组在平直道上的平衡速度可以达到作业车最高运行速度 160 km/h,在 6‰上坡道上的平衡速度为 120 km/h,在 12‰上坡道上的平衡速度为 75 km/h,在 20‰上坡道上的平衡速度为 44 km/h,在 24‰的上坡道上的平衡速度为 36 km/h,在 30‰上坡道上的平衡速度为 24 km/h。BR711C 型接触网作业车双机救援 CR400BF 动车组平衡速度如图 4 所示。

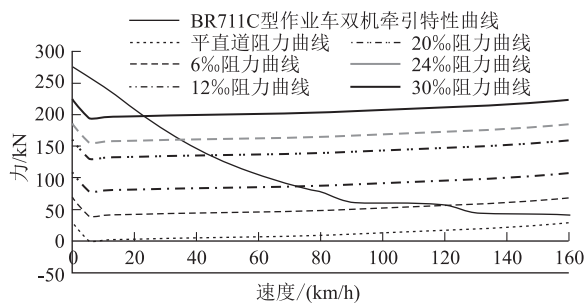


图4 BR711C 型接触网作业车双机救援 CR400BF 动车组平衡速度图

### 4.4 液力制动调速

BR711C 型动车组的动力制动为液力制动,主要

用于长大坡道下坡时的制动实施,控制下坡速度。本文分别对 BR711C 型接触网作业车单机、双机的液力制动与列车在不同下坡道下的下滑力进行比较。

#### (1) BR711C 型接触网作业车单机救援

BR711C 型接触网作业车单机救援 CR400BF 型动车组在 6‰下坡道时,当运行速度处于 25 ~ 160 km/h 范围内时,仅使用接触网作业车的液力制动即可满足列车救援运行调速要求;当运行速度小于 25 km/h,需使用接触网作业车的空气制动,才能满足列车救援运行调速要求。

BR711C 型接触网作业车单机救援 CR400BF 型动车组在 12‰下坡道时,当运行速度处于 35 ~ 145 km/h 范围内时,仅使用接触网作业车的液力制动即可满足列车救援运行调速要求;当运行速度小于 35 km/h 或超过 145 km/h 时,需使用接触网作业车的空气制动,才能满足列车救援运行调速要求。

BR711C 型接触网作业车单机救援 CR400BF 型动车组在 20‰及以上下坡道时,无法使用接触网作业车的液力制动进行列车救援运行调速。BR711C 型接触网作业车单机救援 CR400BF 动车组液力制动如图 5 所示。

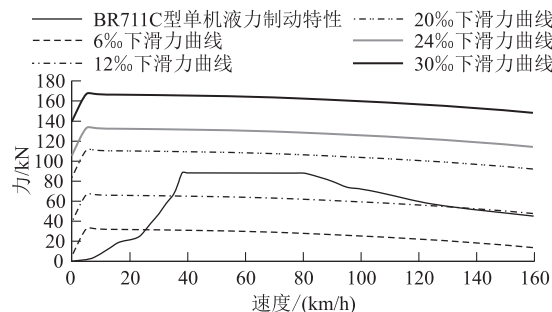


图5 BR711C 型接触网作业车单机救援 CR400BF 动车组液力制动图

#### (2) BR711C 型接触网作业车双机救援

BR711C 型接触网作业车双机救援 CR400BF 型动车组在 6‰下坡道时,当运行速度处于 15 ~ 160 km/h 范围内时,仅使用接触网作业车的液力制动即可满足列车救援运行调速要求;当运行速度小于 15 km/h,需使用接触网作业车的空气制动,才能满足列车救援运行调速要求。

BR711C 型接触网作业车双机救援 CR400BF 型动车组在 12‰下坡道时,当运行速度处于 26 ~ 160 km/h 范围内时,仅使用接触网作业车的液力制动即可满足列车救援运行调速要求;当运行速度小于 26 km/h,需使用接触网作业车的空气制动,才能满足列车救援运

行调速要求。

BR711C 型接触网作业车双机救援 CR400BF 型动车组在 20‰下坡道时,当运行速度处于 33 ~ 130 km/h 范围内时,仅使用接触网作业车的液力制动即可满足列车救援运行调速的要求;当运行速度小于 33 km/h 或超过 130 km/h 时,需使用接触网作业车的空气制动,才能满足列车救援运行调速要求。

BR711C 型接触网作业车双机救援 CR400BF 型动车组在 24‰下坡道时,当运行速度处于 37 ~ 100 km/h 范围内时,仅使用接触网作业车的液力制动即可满足列车救援运行调速要求;当运行速度小于 37 km/h 或超过 100 km/h 时,需使用接触网作业车的空气制动,才能满足列车救援运行调速要求。

BR711C 型接触网作业车双机救援 CR400BF 型动车组在 30‰下坡道时,无法使用接触网作业车的液力制动进行列车救援运行调速。BR711C 型接触网作业车双机救援 CR400BF 动车组液力制动如图 6 所示

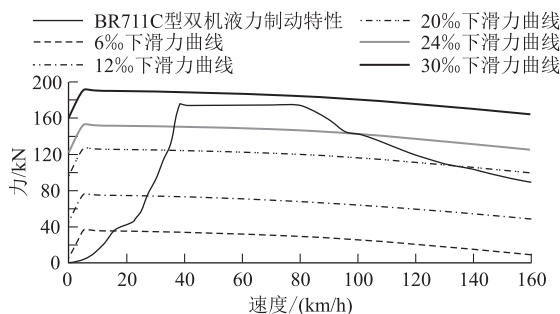


图 6 BR711C 型接触网作业车双机救援 CR400BF 动车组液力制动图

#### 4.5 空气制动

BR711C 型接触网多功能综合作业车单机最大空气制动力为 69 kN。本文分别对 BR711C 型接触网作业车的空气制动力与单机救援动车组、双机救援动车组在不同坡道下的下滑力进行比较,计算救援动车组在不同坡道下利用 BR711C 空气制动力进行制动停车的能力。

##### (1) BR711C 型接触网作业车单机救援

BR711C 型接触网作业车单机救援动车组空气制动力与下滑力关系如图 7 所示。从图 7 可以看出, BR711C 型接触网作业车单机救援 CR400BF 型动车组在 12‰及以下的下坡道上,下滑力均在接触网作业车单机空气制动力包络线范围内,可实现空气制动停车;在 20‰及以上的下坡道上,下滑力均在接触网作业车单机空气制动力包络线范围外,无法实现空气制动停车。

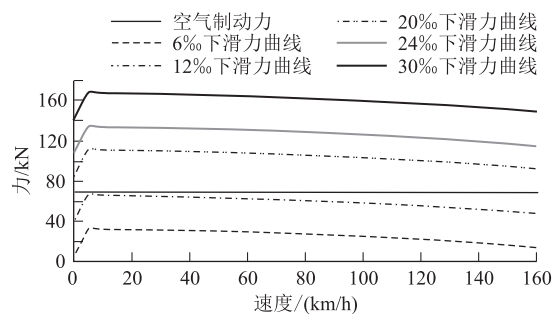


图 7 BR711C 型接触网作业车单机救援动车组空气制动力与下滑力关系图

##### (2) BR711C 型接触网作业车双机救援

BR711C 型接触网作业车双机救援动车组空气制动力与下滑力关系如图 8 所示。从图 8 可以看出, BR711C 型接触网作业车双机救援 CR400BF 型动车组在 20‰及以下的下坡道上,下滑力均在接触网作业车双机空气制动力包络线范围内,可实现空气制动停车;在 24‰及以上的下坡道上,下滑力均在接触网作业车双机空气制动力包络线范围外,无法实现空气制动停车。

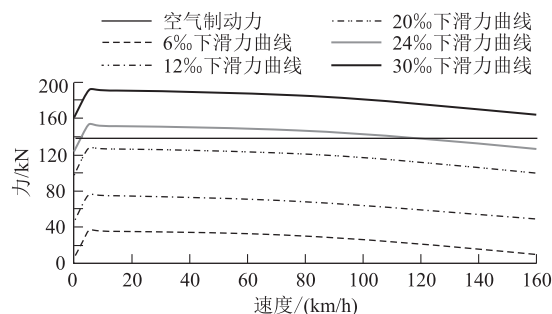


图 8 BR711C 型接触网作业车双机救援动车组空气制动力与下滑力

## 5 结论及建议

本文对 BR711C 型接触网作业车单机、双机救援 CR400BF 型动车组进行了救援能力分析,分别对救援起动加速度、平衡速度、液力制动调速能力、空气制动停车能力进行了计算(计算过程不考虑牵引力修正、曲线附加阻力、隧道附加阻力和被救动车组参与制动情况)。救援能力计算结果,如表 6 所示。

由表 6 可知, BR711C 型接触网作业车救援 CR400BF 型动车组的单机限制坡度为 12‰,双机限制坡度为 20‰。

综上所述,时速 160 km 接触网作业车代替热备机  
(下转第 78 页)