

# 电分相设置对高速动车组运行速度及时分影响研究

唐 亮

中铁二院工程集团有限责任公司, 交通与城市规划设计研究院, 成都 610031

**摘 要:** 高速铁路对列车运行安全及运输效率的要求越来越高, 电分相对列车运行速度和时间的影响逐步受到重视。本文重点研究采用不带电过分相方式对列车运行速度及时分的影响, 通过描述动车组不带电自动电分相的微观过程, 建立了电分相对速度及时分影响的算法, 模拟计算了不同运行条件、不同设置位置和纵断面情况下电分相对列车速度及时分的影响, 提出高速铁路电分相设置及检算原则, 为高速铁路电分相设置提供一定参考。

**关键词:** 动车组; 电分相设置; 运行速度; 运行时分

中图分类号: U292.4<sup>+</sup>3

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2011)04-0063-06

## Influence on the Electric Multiple Unit Running Speed & Time with Electric Phrase Separation Settlement

TANG Liang

Communication & Urban Planning Research Institute, China Railway

Er yuan Engineering Group Co. Ltd, Chengdu 610031, China

**Abstract:** The safety and efficiency of EMU (Electric Multiple Unit) operation is more and more important, and the influence on the EMU running speed & time with auto-passing electric phrase separation is paid more attention. This paper focused on the influence on EMU running speed & time with auto-passing electric phrase separation without electricity. By describing the micro-process of an EMU auto-passing the electric phrase separation, an algorithm for the influence on EMU running speed & time with setting electricity phase splitting was constructed and the influence under different conditions, such as different operating conditions, different

收稿日期: 2010-09-24.

作者简介: 唐 亮(1980-), 女, 汉族, 四川攀枝花人, 中国中铁二院工程集团有限责任公司交通与城市规划设计研究院工程师, 主要从事运输组织专业研究。

position of the phases, different condition of the railway lines ,etc. were simulated. Some suggestions for the computation and location of the electric phase splitting were put forward.

**Key words:** Electric multiple unit, the electric phase splitting settlement, running speeds, running time

## 0 引言

高速铁路对列车运行安全及运输效率的要求越来越高,铁路设计已步入精细化设计时代,要求各项设计以运营安全为根本要求,以运输效率为优化目标。随着线路速度标准的提高,电分相对列车运行速度和时间的影响也逐步受到重视。

电分相是用以保证电气化铁道供电系统不同相供电臂间的机械连接和电气隔离的重要元件,目前我国大部分普速铁路和高速铁路采用技术较为成熟的关节式电分相。动车组过分相有自动不带电过分相和自动带电过分相两种方式:①列控不带电过分相指列控车载设备根据地面设备提供的分相区信息,在适当位置给动车组发送指令,实现列控过分相,在我国是主要的过分相方式;②自动带电过分相主要依靠地面过分相开关实现列车带电通过分相,列车断电时间小于 0.5 s,对列车运行速度及时分影响小,但该设备装置费用高,维护繁琐,在我国未能普及使用。因此本文重点研究采用列控分闸的不带电过分相方式对列车运行速度及时分的影响,进而探讨适应我国高速铁路电分相设置对列车运行时分及速度影响的检算原则<sup>[1]</sup>。

## 1 列车列控不带电过分相机理分析

### 1.1 过分相过程描述

在采用 CTCS-2 或 CTCS-3 的线路上高速动车组通过列控分闸来实现列车不带电通过分相区,即由地面应答器、列控装置、ATP 紧密配合,通过动车组上主断路器的分合来实现分闸。这种方式,列车根据列控数据指令来分合主断路器,依靠 CTCS-2 及 CTCS-3 采用目标距离连续速度控制模式,这样的控制模式也

为列车精确提供列控数据,发出自动操作指令,保证列车安全可靠的不带电过分相<sup>[2]</sup>。

列车过分相机理:列车过分相前,车载设备将依次接收三组区间无源应答器组发送分相区信息;当车载设备第三次接收到分相点数据信息后,列控系统实时计算车头距列控分闸数据点的距离与运行时间,以确保在进入列控分闸区前断电<sup>[3]</sup>。在该过程中,控制电机电流适时平稳下降至零后,列控装置给出断闸指令,列车在设备反应时间内走行一段距离后,完全失去牵引动力。动车组惰行通过无电区后,当最后方受电弓出清规定的分相点后,列控装置给出合闸指令,设备反应时间内走行一段距离后,动车组重新得到牵引动力,控制电机电流缓慢恢复到过分相前工况<sup>[4]</sup>。

图 1 为列车列控不带电过分相示意图。

图中各符号的含义如下:

$L_{分相}$ ——列控分闸区;  $S_0$ ——电机电流稳步降至零以及设备反应时间内列车走行距离;  $S_1$ ——列车出分相后至接收合主断路器指令时间内的列车走行距离;  $S_2$ ——列车接收合主断路器指令后设备反应时间内列车走行距离;  $S_3$ ——列车电机电流稳步升至入分相前工况时间内列车走行距离。

### 1.2 过分相影响范围构成要素分析

由列车不带电过分相过程分析来看,列车完全无牵引动力的范围是 C 至 F,但考虑每次断合主电流器后,在电机电流逐步下降或上升过程以及设备反应时间内,对运行速度及时分的实际影响范围应从 B 至 G 点。

其中  $L_{分相}$  实际指列控分闸区,往往长于电分相中性段,其进出口里程应结合接触网电分相类型及进出口锚柱位置而定;  $S_0$  的长度与列车入口速度有关,入口速度越高,  $S_0$  越长。  $S_1$  的长度与动车组类型有关,

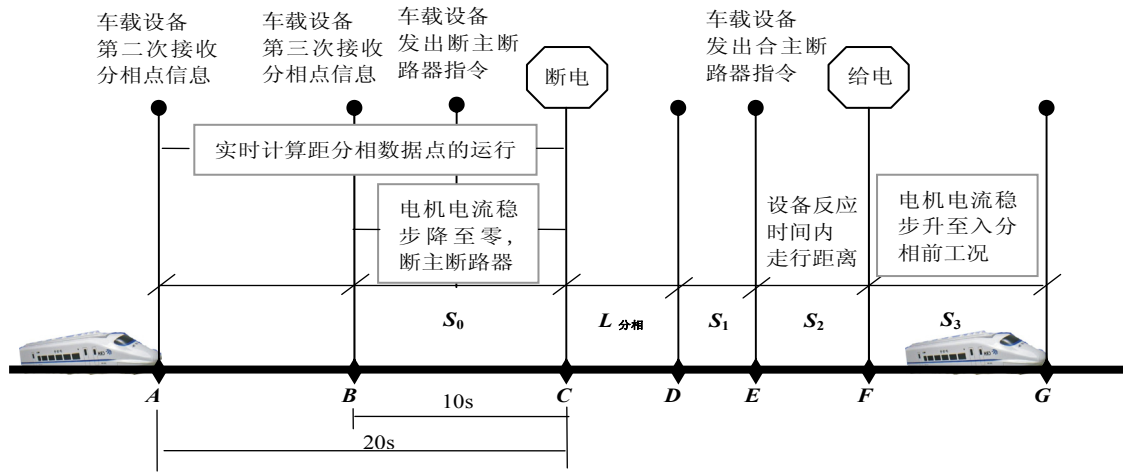


图1 列车列控自动过分相过程

Fig.1 Process of auto-passing the electric phase separation area of an EMU

例如, CRH<sub>2</sub> 是判断最后一个受电弓越过分相区出口后, 继续运行一定距离后给出合闸指令; CRH<sub>3</sub> 组则根据网压变化自动判断列车是否驶出无电区, 在一定延迟时间内运行一段距离后, 列车给出合闸指令; 此外  $S_1$  还与是否重联以及动车组的升弓方式有关。  $S_2$ 、  $S_3$  均与列车出口运行速度、设备反应时间以及运行工况有关。

## 2 过分相设置对速度时分的影响

### 2.1 影响范围分析

列车不带电过分相过程中, 列车无牵引力, 需惰行通过无电区, 在平坡和上坡道上列车合力为负, 减速运行; 在下坡道上, 当列车下滑力小于列车阻力时减速运行, 当下滑力大于列车阻力时, 列车依然具有加速度, 列车加速运行, 但当列车运行速度超过限速时, 需实施空气制动调速。因此普遍认为电分相设置对列车运行速度及时分的影响主要体现在图 1 所示的  $L_a$  范围内。而实际则不然, 由于不带电通过列车惰性运行引起速度降, 列车在出分相后, 在  $L_b$  的运行距离内, 运行速度均低于带电通过的情况,  $L_b$  范围内的影响远大于  $L_a$  的影响。例如 CRH<sub>3</sub> 在平坡道上, 以 160km/h 速度进入无电区, 在无电区内延时仅 1s,

而无电区外的延时近 13s。因此关于电分相设置对列车运行速度及时分的影响, 必须考虑无电区外  $L_b$  范围内的影响。图 2 为列车带电和带电过分相的  $v-s$  曲线。

图中各符号含义如下:  $L_a$  ——电分相内影响距离, 包括电分相中性段、设备反应时间内列车走行距离、电流升降过程列车走行距离等;  $L_b$  ——电分相外影响距离, 即图 2 所示列车出分相后至 B 点距离, 在 B 点列车不带电和带电过分相两种情况下, 具有同样速度、工况;  $v_0$  ——列车入分相速度;  $v_1$  ——列车带电过分相情况下出分相速度;  $v_2$  ——列车不带电过分相情况下出分相速度。

### 2.2 列车开行模式对时分影响分析

列车开行模式主要有起一通和通一通两种。其中通一通模式指列车在分相所在区间前方车站通过, 并运行通过后方车站至更远。在该模式下, 通过列车入分相速度较高, 电分相设置位置对其运行速度和时分影响较小, 可酌情考虑。但对于起一通模式, 即列车在分相所在区间前方车站停站后起车, 并运行通过后方车站至更远。该模式下, 电分相位置一旦离车站过近, 势必出现列车入分相速度低, 出分相速度差大, 无电区内和无电区外的延时均较长的现象。因此电分相

位置对列车运行速度的影响应重点检算的运行模式为起一通模式，并根据前方车站性质及客车起停车

频率，兼顾参考通一通模式下的检算结果。

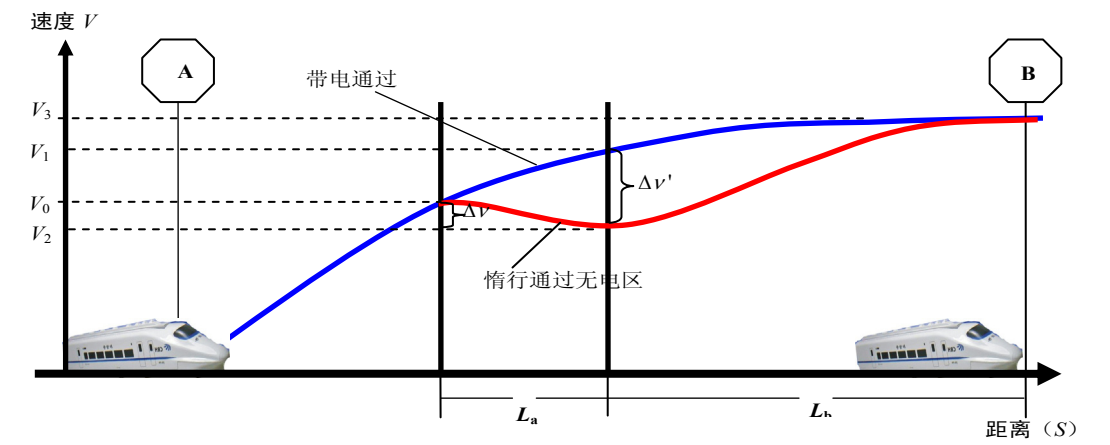


图2 有、无电过分相时的速度 (v) -距离 (s) 示意

Fig. 2 The velocity-space curves of the EMU passing the electric phase in the cases with electricity or without electricity

### 2.3 过分相对速度时分影响算法研究

在检算列控不带电过分相对速度时分的影响时，基于保守原则，无论何种车型均应考虑动车组重联状态，按最不利的升弓情况，并考虑设备反应时间内列车走行距离、电流升降过程对列车运行的影响区等因素来检算不带电过分相对列车运行速度及时分的影响。算法及指标计算公式如下：

#### (1) 检算运行模式：

模式 1：起一通模式，即列车在分相所在区间前方车站停站后起车，并运行通过后方车站至更远；

模式 2：通一通模式，即列车在分相所在区间前方车站通过，并运行通过后方车站至更远。

采用何种运行模式进行检算主要依据列车开行方案及前方车站办理列车起停作业频率而定，一般以起一通模式为主，必要时兼顾参考通一通模式的检算结果。

#### (2) 检算范围： $L_{总}=L_a+L_b$

式中， $L_a$ ——无电区内对列车运行速度时分存在影响的距离，图 1 中为  $L_a=S_0+L_{分相}+S_1+S_2+S_3$ ；

$L_b$ ——无电区外，即假设列车出分相后运行至 B 点的距离，该距离主要与列车出分相时速差、后续线路纵断面、列车停站方案有关。

#### (3) 速度影响指标：

$$\Delta v = v_2 - v_0; \quad \Delta v' = v_2 - v_1$$

式中， $\Delta v$ ——不带电过分相情况下，出分相与入分相速度差，主要反映过分相乘坐舒适度；

$\Delta v'$ ——带电和不带电过电分相对比下的出分相速度差，是反映电分相设置对速度影响的重要指标。

#### (4) 时间影响指标：

$$\Delta t_{总} = \Delta t_a + \Delta t_b; \quad \Delta t_a = t_a' - t_a; \quad \Delta t_b = t_b' - t_b$$

式中， $\Delta t_{总}$ ——带电和不带电过电分相对比下的时间差，包括无电区内 ( $L_a$ ) 和无电区外 ( $L_b$ ) 两部分运行距离内对时分的影响。

## 3 过分相对速度时分影响模拟计算

根据以上算法，采用计算机牵引电算模拟，对列控不带电过分相方式下不同分相设置情况对列车速度及时分的影响进行仿真计算。

### 3.1 不同入口速度对列车运行速度及时分的影响

检算基础条件：假设全部为平坡道，CRH<sub>1</sub>、CRH<sub>3</sub>

以不同速度进入无电区, 检算结果如表 1 所示<sup>[5]</sup>。

表 1 以不同速度入分相对列车运行速度及时分的影响

Tab.1 Influence on the running speeds & time of the EMU passing the phase at different speeds

车型	入分相速度 ( $v_0$ ) / (km/h)	无电区内 ( $L_a$ )		无电区外 ( $L_b$ )	有无对比速度影响 $\Delta v' / (\text{km/h})$	总延时 $\Delta t_{\text{总}} / \text{s}$
		延时 $\Delta t_a / \text{s}$	速度差 $\Delta v / (\text{km/h})$			
CRH <sub>1</sub> (250km/h)	120	2	-2.57	13	-22.3	15
	160	1	-2.91	8	-14.0	9
	200	1	-3.22	5	-9.4	6
CRH <sub>3</sub> (350km/h)	120	5	-2.69	20	-28.3	25
	160	1	-2.97	13	-18.9	14
	200	1	-3.48	9	-12.2	10
	240	1	-4.03	7	-9.00	8

由表 1 可知, 电分相设置对速度及时分的影响, 无电区外较长距离内的影响相比无电区内的影响成倍放大; 对同一车型而言, 入分相速度越低, 带电和不带电过分相两种情况出分相速差越大, 导致出分相后的影响距离  $L_b$  越长, 无电区外的延时也就越长。

### 3.2 分相设置于不同坡道上对列车运行速度及时分的影响

检算基础条件: 假设入分相速度 160km/h, 电分相设置于不同坡度上坡道上, 出分相后后续线路为连续平坡道, 检算结果如表 2 所示。

表 2 电分相设置于不同坡道上对列车运行速度及时分的影响

Tab.2 Influence on the running speed & time of the EMU with setting phase splitting on different gradient lines

车型	坡度 / (‰)	无电区内 ( $L_a$ )		无电区外 ( $L_b$ )	有无对比速度影响 $\Delta v' / (\text{km/h})$	时总延 $\Delta t_{\text{总}} / \text{s}$
		延时 $\Delta t_a / \text{s}$	速度 $\Delta v / (\text{km/h})$			
CRH <sub>1</sub> (250km/h)	10	1	-8.8	8	-13.5	9
	20	1	-15.0	10	-14.5	11
CRH <sub>3</sub> (350km/h)	10	1	-8.9	15	-16.5	16
	20	1	-15.4	18	-18.8	19

由表 2 可知, 电分相所在坡道坡度越大, 列车出分相后速度降越大, 从而出分相后影响距离越长, 延时越长。

### 3.3 不同速度标准线路电分相设置对列车运行时分的影响

检算基础条件: 假设入分相速度 160km/h, 电分相设置于 10‰上坡道上, 出分相后后续线路纵断面均为平坡道, 检算结果如表 3 所示。

由表 3 可知, 线路速度标准越高, 尽管无电区内的影响一样, 但无电区外的影响越大, 延时越长。

表 3 不同速度标准线路电分相设置对列车运行时分的影响

Tab.3 Influence on the running speed & time of the EMU with setting phase splitting on different speed standard railways

限速 200km/h 车型	CRH <sub>1</sub> (250km/h)	CRH <sub>3</sub> (350 km/h)
200	6	5
250	11	10
350	—	16

### 3.4 无电区外线路条件对列车运行速度及时分的影响

检算基础条件：假设入分相速度 160km/h，电分相设置于 10‰上坡道上，出分相后后续线路纵断面条件不同。检算结果如表 4 所列。

表 4 出分相后线路不同坡度条件对列车运行速度及时分的影响

Tab. 4 Influence on the running speed & time of the EMU with different line gradients after crossing the phase area

坡度/(‰)	CRH <sub>1</sub> (250km/h)	CRH <sub>3</sub> (350km/h)
0	9	14s
6	14	20
12	18	26 s

由表 4 可知，出分相后后续坡度越大，无电区外影响范围越大，时分延时越长。

## 4 结束语

电分相设置关系到列车运营安全及运输效率，因

此必须结合线路纵断面条件、技术标准、电分相参数以及工程条件等通过牵引计算模拟合理设置。根据以上模拟分析，得出电分相设置对列车运行速度及时分影响结论与建议如下：

(1) 不带电过分相对列车运行速度及时分的影响，无电区外远大于无电区内。因此检算电分相设置对列车运行速度及时分的影响，必须考虑无电区外  $L_b$  范围内的影响。

(2) 无论何种车型均应考虑动车组重联状态，按最不利的升弓情况，并考虑设备反应时间内列车走行距离、电流升降过程对列车运行的影响区来检算不带电过分相对列车运行速度及时分的影响。

(3) 采用何种运行模式进行检算主要依据列车开行方案及前方车站办理列车起停作业频率而定，一般以起一通模式主，必要时兼顾参考通一通模式检算结果。

(4) 电分相应尽量不设置于长大上坡道上和列车加速区，避免列车出分相速度损失过大，减少对旅客过分相时的乘坐舒适度的影响以及时分延时过长。

### 参考文献

- [1] 李官军. 高速动车组自动过分相控制策略研究与仿真[J]. 电工技术学报, 2007, (7): 181-185.
- [2] 李红梅. 高速铁路动车组过电分相的列控分闸区系统技术探讨[J]. 铁道标准与设计, 2010 (1): 182-183.
- [3] 铁道部科学技术司, 铁道部运输局. 关于印发《CTCS-3 级列控系统应答器应用原则(V1.0)》的通知[R]. 北京: 中华人民共和国铁道部, 2010, (21): 17-18.
- [4] 铁道部科学技术司, 铁道部运输局. 关于印发《CTCS-2 级列控系统应答器应用原则(V2.0)》的通知[R]. 北京: 中华人民共和国铁道部, 2010, (136): 14.
- [5] 中华人民共和国铁道部. 关于印发《时速 200 和 300 公里动车组主要技术条件》的通知[R]. 北京: 中华人民共和国铁道部, 2006, (462): 11-36.

(中文编辑: 刘娉婷)