

文章编号: 1674—8247(2021)04—0065—04
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.04.013

复杂运营条件下高速铁路电分相设计及运营建议

崔衍渠^{1,2}

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031;
2. 中国中铁“一带一路”互联互通研究中心, 成都 610031)

摘 要:高速铁路电分相在设计阶段应进行牵引计算专题模拟验证,在满足正常运行通过、后方车站停车后启动、因故停车于最近的后方区间信号点位置恢复运行等工况的基础上,文章提出对因故停于电分相无电区内及动车组目视行车、列控临时限速运行等特殊复杂运营条件下,电分相设计及运营过程中需要注意的问题,对高速铁路电分相设计及运营部门制定行车组织细则具有较高的参考价值。

关键词:高速铁路;电分相;故障行车;目视行车;列控临时限速;行车组织细则

中图分类号:U223 文献标志码:A

Suggestion for Design and Operation of Phase Break of High-speed Railway under Complex Operating Conditions

CUI Yanqu^{1,2}

(1. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China;
2. CREC Research Center for "Belt and Road" Interconnectivity, Chengdu 610031, China)

Abstract: Special simulation verification of traction calculation shall be carried out during design for the phase break of the high-speed railway. On the basis of meeting the working conditions such as normal operation, starting after stopping at the station behind, and resuming after stopping at the nearest signal point in the section behind for some reason, this paper reveals the problems, to which attention should be paid in the design and operation of phase break under special and complex operating conditions, such as stopping in the neutral zone for some reason, the operation of electric multiple units under driver's visual guidance, and the operation under temporary speed restriction of train control, having a high reference value for the design and operation department of the phase break of the high-speed railway to formulate the detailed rules of train operation organization.

Key words: high-speed railway; phase break; train operation upon failure; train operation under visual guidance; temporary speed restriction of train control; detailed rules of train operation organization

根据国际铁路联盟(UIC)最新统计数据,截至2020年2月27日,世界高速铁路运营总里程达52 484 km,其中我国高速铁路营业里程为35 388 km,占世界已运营高速铁路里程的67.4%。根据2016年

调整发布的《中长期铁路网规划》,明确构建以“八纵八横”高速铁路主通道为骨架的高速铁路网,到2025年、2030年高速铁路规模将达到3.8万km、4.5万km,未来高速铁路将持续发展。

收稿日期:2020-10-14

作者简介:崔衍渠(1978-),男,高级工程师。

引文格式:崔衍渠.复杂运营条件下高速铁路电分相设计及运营建议[J].高速铁路技术,2021,12(4):65-68.

CUI Yanqu. Suggestion for Design and Operation of Phase Break of High-speed Railway under Complex Operating Conditions[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(4):65-68.

电气化铁路由于采用不同相序供电,在牵引变电所、分区所时需要设置电分相进行绝缘隔离,电分相为不带电的中性区。列车到达电分相时失去电力,靠惯性通过^[1]。耿敬春、唐亮、崔衍渠等人分别就基于CTCS-3级列控系统动车组列车自动过分相运行检算^[2]、电分相设置对高速动车组运行速度及时分影响研究^[3]、电分相对区间通过信号机布置的影响分析问题进行研究和探讨,对电分相设计过程中确定位置、区间信号点(或信号机)的布置具有重要的参考意义。但值得注意的是,以上探讨都基于正常运营条件。

所谓正常运营条件,是指列车正常运行(列车在电分相后方车站为通过或起停车)时通过电分相;另外考虑动车组列车因故停于区间通过信号点前,之后重新起车,获得一定的入口初速度后惰行通过电分相无电区,CTCS-3和CTCS-2条件下动车组过电分相为车载设备计算机控制下的自动过分相。除上述情况外,实际运营中还可能遇到更为复杂的运营条件,而国内外专家学者对特殊复杂运营条件下的电分相设计及运营情况研究不多。因此,本文重点探讨特殊复杂运营条件下的电分相设计及运营中需注意的几个问题。

1 复杂运营条件的定义

《铁路技术管理规程(高速铁路部分)》^[4-6](以下简称高铁技规)第十八章、第十九章分别规定了设备故障行车组织、非正常行车组织办法。其中,第十九章非正常行车的“列车停在接触网分相无电区”小节中,规定了列车停在接触网分相无电区的具体操作方法和要求。总结来说,即以换弓、退行闯分相等自救方法不具备自救条件时,采用向中性区远动送电的方法或组织救援列车方案。笔者认为非正常行车组织条件概率较低,本次不再赘述。

高铁技规第十八章《设备故障行车》规定了15种设备故障情况下的行车组织方法。与接触网电分相设计及运营相关的设备故障情况有列控车载设备不能正常使用、LKJ及机车信号故障、区间通过信号机故障或闭塞分区轨道电路非列车占用红光带、自动过分相地面设备故障等。

高铁技规第98条、第108条分别规定了CTCS-3级列控车载设备和CTCS-2级列控车载设备的7种工作模式,分别为:完全监控模式、引导模式、目视行车模式、调车模式、休眠模式、隔离模式和待机模式。结合高铁技规,设备故障行车中与电分相设计及运营相关的工作模式分为目视行车模式、隔离模式两种。目视行车模式是司机控车的固定限速模式,限速

40 km/h;隔离模式是列控车载设备故障后停用的模式,司机控车以不超过40 km/h的速度运行。以上3种模式最高限速都是40 km/h,故将此类复杂运营条件定义为设备故障限速40 km/h。

高铁技规第309~313条规定了列控限速管理的具体办法。列控限速作为运营过程中常用的功能,对电分相设计提出了更高的要求;电分相位置一旦确定,当列控限速过低时,可能导致动车组列车无法依靠惯性惰行通过电分相无电区,造成行车事故,故对列控限速同样提出了限制性的要求。综上分析,本次将此类复杂运营情况定义为列控限速。

2 设备故障限速40 km/h对电分相设计的要求

当采用目视行车模式、隔离模式等情况下,动车组最高限速40 km/h。这两种情况下均为司机操作手动过分相。司机在目视行车模式下操作过分相以“断”、“合”标作为起止点。由于高速铁路电分相形式有长、短分相(6跨、12跨、13跨、14跨等)等不同形式,在具体项目设计或线路运营过程中,需根据具体电分相设备的形式来分析动车组的惰行无电区长度,从而分析设备故障限速40 km/h条件下的电分相适应性。

研究方法上,推荐采用牵引计算软件模拟的方法,即:在设定的坡度上,以入口速度 $v_1 = 40$ km/h为前提条件,用牵引计算软件进行动车组的惰行过程模拟,将出清电分相后的出口速度 v_2 和特定安全值 v_0 进行对比,即可得到相应坡度的适应性。特定安全值 v_0 理论上大于0即可,根据铁路运营部门的调研结果,建议一般不低于20 km/h,本次研究暂按20 km/h取值。即:出口速度 v_2 若大于20 km/h,表示此电分相的坡度适应设备故障限速40 km/h;否则不能适应设备故障限速40 km/h情况,在行车组织细则制定时应特别说明。

我国中西部某高速铁路速度目标值350 km/h、拟开行CRH380AL系列动车组,设计采用短分相,如图1所示,经分析,断、合标间距离为670 m。

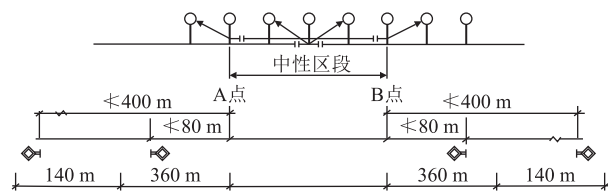


图1 某线路电分相形式示意图

以本项目的惰行无电区长度为670 m为前提,通过反复试算,电分相所在的坡度从1‰逐渐增加至6‰

时,出口速度为 21.8 km/h(运行工况如图 2 所示),大于 20 km/h;但坡度增至 7‰ 时,出口速度为 15.5 km/h(运行工况如图 3 所示),小于 20 km/h。

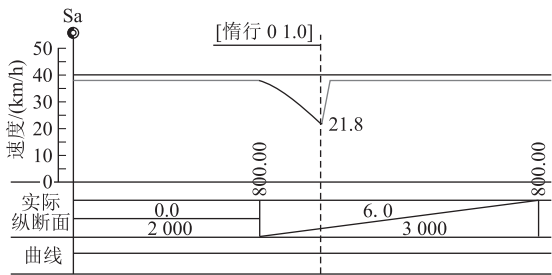


图2 目视行车过分相示意图(6‰坡度)

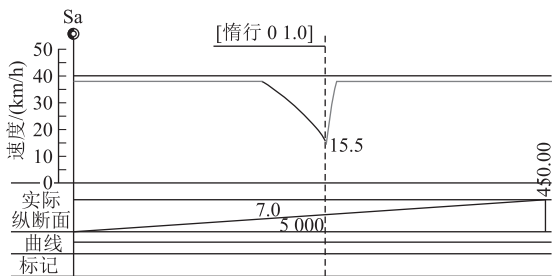


图3 目视行车过分相示意图(7‰坡度)

因此,目视行车模式下,能通过电分相(出口速度 > 20 km/h)的最大上坡度为 6‰。分相上坡方向超过 6‰ 的电分相,不可组织动车组在该区间以目视行车模式运行,否则无法惰行过分相。

本次研究还计算了极限条件特定安全值 v_0 为 0,坡度为 8‰ 的出口速度为 8.8 km/h;坡度为 9‰ 时将导致坡停,动车组列车将无法正常工作通过电分相无电区。值得注意的是,以上数据均以断合标间距 670 m 惰行长度为计算前提,具体项目应具体分析。

3 列控限速对电分相设计要求及运营建议

(1) 列控限速要求

高铁技规第十四章对限速管理进行了规定,其中第 309 ~ 313 条具体规定了列控限速的定义、设置、命令执行及设置不成功的处理方法。分析高铁技规具体要求可以看出:列控限速仍然为列控车载设备控车条件下,动车组通过分相原则上还是以列控车载设备自动过分相;列控限速按档分为不同的限速等级,最低为 45 km/h;设置列控限速时,应按照不高于限速值的原则选择相应限速等级进行设置,但低于 45 km/h 的限速按 45 km/h 设置。

(2) 研究思路

电分相位置一旦设计确定后,采用牵引电算软件,以列控临时限速最低档 45 km/h 作为电分相的入口速度,以出口速度不低于 20 km/h(暂定)为标准,判断是否可行。若出口速度大于 20 km/h,则继续利用牵引计算的方法,能反推模拟到最低入口速度;若以 45 km/h 入口速度计算的出口速度小于 20 km/h,则不断增大入口速度,从而可得出出口速度等于 20 km/h 时的入口速度。采用上述方法计算的入口速度,可作为指导现场运营的最低速度,供运营调度人员参考。

(3) 案例

根据经验,我们对下坡方向的电分相在列控限速条件下的运行情况进行系统的分析和模拟,对电分相惰行区平均坡度进行分析,以初速度 45 km/h 通过分相无电区后,其出口速度均大于 20 km/h。也就是说,下坡方向一般不构成对列控限速的限制因素。值得注意的是,有些铁路电分相虽然无电区在下坡上,但惰行区域其他地段可能在上坡道上时,需通过实际分析、计算后确定。

以下分析均基于电分相为上坡道方向时的列控限速要求。前述高速铁路案例具体电分相设置方案模拟计算结果如表 1 所示。

表1 电分相对列控限速适应情况计算表(惰行长按 1 200 m)

分相处坡度 / ‰	分相入口速度 v_1 / (km/h)	分相出口点速度 v_2 / (km/h)	$v_2 = 20$ km/h 时的 v_1 最小值 / (km/h)
+1	45	37.8	-
+2	45	33.9	-
+3	45	29.5	-
+4	45	24.3	-
+5	45	17.6	48
+6	45	5.5	50
+7	45	<0	53
+8	45	<0	55
+9	45	<0	57
+10	45	<0	60
+11	45	<0	62
+12	45	<0	65
+13	45	<0	67
+14	45	<0	69
+15	45	<0	71
+16	45	<0	74
+17	45	<0	76
+18	45	<0	78
+19	45	<0	80
+20	45	<0	83
+25	45	<0	90
+30	45	<0	98

由表 1 可以看出,在 +1 至 +4‰ 上坡道上,以列控最低限速 45 km/h 作为入口速度,其惰行通过电分相后的出口速度均大于 20 km/h,表明当电分相设置在 1‰ ~ 4‰ 的上坡道时,不控制列控限速。自 +5‰

坡道开始,惰行通过电分相后的出口速度开始低于20 km/h,且超过+7‰(含)后,动车组将停车于电分相惰行范围内。

对不满足出口速度求算其最低入口速度按表1取值。以+10‰为例,列控限速理论计算不得低于60 km/h,以+30‰为例,列控限速理论计算不得低于98 km/h。由于研究方法及计算均基于理论分析和软件模拟,其实际效果可能与加载了列控设备的动车组实际运行工况有差异。故基于安全及保守原则,建议在实际运营及设置列控临时限速时,在理论模拟、计算结果的基础上上浮5~10 km/h。

4 结论

本文通过对复杂运营条件下的电分相设计及运营进行分析,得出以下主要结论:

(1)设备故障限速40 km/h情况下,目视行车模式下司机手动操作过分相受到特定坡度值的限制。以断合标间距670m的惰行距离为例计算,出口速度满足20 km/h的最大坡度为+6‰;满足大于0时的极限坡度为+8‰;超过(含)+9‰以上坡度将导致坡停。结合具体项目电分相形式计算的结果,可作为今后运营管理部门制定行车组织细则的参考依据。路局实际运营前,建议开展专题试验,做好目视行车模式的组织工作。

(2)有电分相的区段或区间,应尽量不设置列控临时限速。电分相设置在一定的坡道上,理论上在平直道及上坡道上总存在无法让列车利用惯性、惰行通过电分相无电区的入口速度,该速度随着坡度值的增加而减小。因此,当列控临时限速值低于理论计算的入口速度时,将造成动车组在电分相无电区内停车。因此,建议在设置有电分相的区间或区段,尽量不设置列控临时限速地段。

(3)在项目施工图设计阶段,建议对已设计的电分相位置进行列控最低限速要求计算,并将计算结果上报建设单位、运营单位,供将来实际运营设置列控限速时参考、借鉴。

(4)通过本次研究可以看出,电分相惰行1.2 km前提条件下,为满足列控限速或目视行车等极限运营情况,电分相的位置,有条件时尽量设在不超过4‰的坡道上,一般情况下建议不超过6‰。对具体项目,设计过程中应结合实际设置的平、纵断面和具体检算适

应情况^[7-8]。

(5)由于CRH380AL(14M2T)动拖比较高,是当前我国牵引特性最好的动车组,实际运营中的复兴号CR400AF或CR400BF及其他动车组的牵引性能均不如CRH380AL,具体项目研究设计过程中,应根据选定的特定动车组类型进行各种运营边界条件的计算和确定。

参考文献:

- [1] 崔衍渠. 电分相对区间通过信号机布置的影响分析[J]. 交通运输工程与信息学报, 2013, 11(3): 31-34.
CUI Yanqu. Impact of the Electric Phase Separation on Passing Signal Arrangement [J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2013, 11(3): 31-34.
- [2] 耿敬春. 基于CTCS-3级列控系统动车组列车自动过分相运行检算[J]. 铁道工程学报, 2010, 27(10): 93-98.
GENG Jingchun. Checking Calculation of Auto-Passing Phase Splitting by CTCS-3-Based EMU[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2010, 27(10): 93-98.
- [3] 唐亮. 电分相设置对高速动车组运行速度及时分影响研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2011, 9(4): 63-68.
TANG Liang. Influence on the Electric Multiple Unit Running Speed & Time with Electric Phase Separation Settlement [J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2011, 9(4): 63-68.
- [4] 中国铁路总公司. 铁路技术管理规程:高速铁路部分[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2017.
China Railway. Regulations on Railway Technical Management (part of High Speed Railway) [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2017.
- [5] TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S].
TB 10621-2014 Code for Design of High Speed Railway [S].
- [6] TB/T 1407.1-2018 列车牵引计算 第1部分: 机车牵引式列车[S].
TB/T 1407.1-2018 Railway Train Traction Calculation Part 1: Trains with Locomotives [S].
- [7] 朱颖, 魏永幸. 复杂艰险山区铁路减灾选线[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(6): 1-4.
ZHU Ying, WEI Yongxing. Disaster Reduction Techniques for Route Selection of Railway in Complex and Dangerous Mountain [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(6): 1-4.
- [8] 袁敦磊. 铁路局集团公司《行规》《行细》示范性编制研究[J]. 铁道运输与经济, 2018, 40(12): 117-121.
YUAN Dunlei. Research on the Demonstrative Compilation of "Rules for Organization of Train Operation" and "Detailed Rules for Organization of Train Operation" of Railway Administration [J]. Railway Transport and Economy, 2018, 40(12): 117-121.