

文章编号: 1006—2106(2007)12—0001—04

客运专线到发线有效长研究^{*}

邹少文¹ 陈 真^{2**}

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031; 2 上海亨钧科技有限责任公司, 上海 201900)

摘要: 研究目的: 提出客运专线到发线有效长理论分析及计算、缩短到发线有效长的措施及带来的影响等, 对减小到发线有效长度, 进而节省站场建设工程投资具有深刻的现实意义。

研究方法: 本文首先确立了到发线有效长计算原则及应综合考虑的因素, 其次对到发线有效长构成理论和列车安全防护距离构成进行详细分析, 并选取合适的计算参数计算出到发线有效长, 最后对缩短到发线有效长的措施及带来的影响进行分析。

研究结论: 客运专线到发线有效长与车辆性能、列控模式、车载设备性能和站坪坡度有较大关系。经过理论计算, 到发线有效长可在目前国内颁布规定的长度上进一步缩短。

关键词: 客运专线; 到发线有效长; 缩短

中图分类号: U291.1⁺3 文献标识码: A

Research on the Effective Length of Receiving—departure Track of Passenger Dedicated Line

ZOU Shao—wen¹, CHEN Zhen²

(1. China Railway Eryuan Engineering Group Co. Ltd., Chengdu, Sichuan 610031, China; 2. Shanghai Hengjun Science & Technology Co. Ltd., Shanghai 201900, China)

Abstract: Research purposes: This paper establishes the analysis and calculation theory of the effective length of receiving—departure track on Passenger Dedicated Line and presents the measures of shortening its effective length and its impacts thereof etc. This has profound realistic significance in the saving investment on station and yard construction project.

Research methods: First, this paper establishes the calculation principle of the effective length of receiving—departure track and integrated considerations. Second, this paper analyzes in detail the established theory of its effective length and distance for train safe protection. At last analysis has been performed on adopting the proper parameter to calculate its effective length, the measures for shortening its effective length and its effect thereof.

Research conclusions: The effective length of receiving—departure track is related to rolling stock's performance, train control mode, train—bom equipments performance and the grade of station site. It is calculated theoretically that its effective length may be much shorter than the length issued in the domestic regulation.

Key words: Passenger Dedicated Line; the effective length of receiving—departure track; shortening

客运专线到发线有效长除满足列车车长外, 还应充分考虑列车安全防护距离。减小到发线有效长虽可节省站场建设工程投资, 但司机为了不冒进信号, 只能

降低进站速度, 因而增加停车附加时分, 影响到达间隔, 这种低效的作业模式不能适应客运专线和城际轨道交通高速及高密度行车要求。在装备列控设备之

* 收稿日期: 2007—10—26

** 作者简介: 邹少文, 1979年出生, 男, 工程师; 陈真, 1978年出生, 男, 助理工程师。

后,具备了高效安全的控车条件,可以提高车站接车作业效率,使列车可以用道岔侧向允许最大的速度通过岔区进入股道,此时站场设计应以高效为前提条件,充分考虑到发线有效长对列控设备要求的适应性。因此,对客运专线到发线有效长的研究显得极为紧迫和重要。

1 国内外概况

根据有关分析研究和对日本、德国、法国的咨询,目前国内颁布的《新建时速 200~250 公里客运专线铁路设计暂行规定》、《京沪高速铁路设计暂行规定》均规定:“客车到发线有效长度应为 700 m。困难情况下,单方向使用的到发线有效长度可采用 575 m。”系根据前期研究成果,在满足动车 16 辆编组时有效停车长度取 450 m,另每侧加安全过走距离 125 m,总计 700 m。

2 客运专线到发线有效长理论分析及计算

2.1 到发线有效长计算原则及应综合考虑的因素

客运专线的运输组织模式采用本线列车和跨线列车共线运行模式,到发线有效长的计算应综合考虑的因素:

2.1.1 列车长度:到发线有效长度应大于该线路最长到发列车实际长度。

2.1.2 道岔入口允许速度:高于允许速度会危及行车安全,低于允许速度会影响效率。

2.1.3 列车的控车模式:根据目前客运专线 CTCS-2 级列控系统按不设开口速度的方式计算到发线有效长。

2.1.4 列车的制动距离:动车组的型号、制动性能、技术参数等决定列车的制动距离。

2.1.5 列车安全防护距离:按照到发线有效长计算需要,仅考虑列车侧线进站停车的列车安全防护距离。

2.2 列车控车模式

根据目前客运专线 CTCS-2 级列控系统按不设开口速度的方式在侧线股道停车。列车进侧线接车进路参数是由进站口有源应答器提供,此时无法提前生成一次模式侧线停车曲线,即列车从区间至进站停车采用一次制动方式实际是无法实现的,因此应采用分段(二次)制动模式计算。如图 1 所示。

按照客运专线 CTCS-2 级列控系统,列车进侧线停车均采用分段制动模式,对 200 km/h 及以上客运专线列车进站停车,列车控车模式为 200 km/h 及以上→80 km/h→80 km/h→0 km/h 的二次制动模式(侧向为

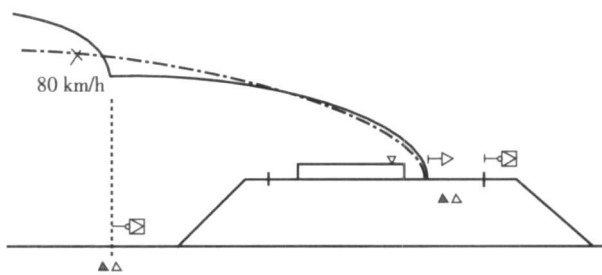


图 1 进侧线控车模式

18 号道岔)。本文主要研究列车分段制动模式中 80 km/h→0 km/h 制动距离。

2.3 到发线有效长构成理论分析

2.3.1 到发线有效长理论构成

到发线有效长度为同一到发线两侧警冲标之间的距离。客运专线到发线在充分考虑运输安全的条件下,到发线最短长度为:列车长度 L_T + 列车安全防护距离 L_S + 列车安全防护距离余量和测距误差 L_2 + 司机停车控制余量 L_4 + 警冲标至绝缘节距离 L_6 。若考虑到发线双向使用,到发线有效长度 = $L_T + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6$ 其中 $L_6 = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$ 。

上述相关影响因素如图 2 所示。

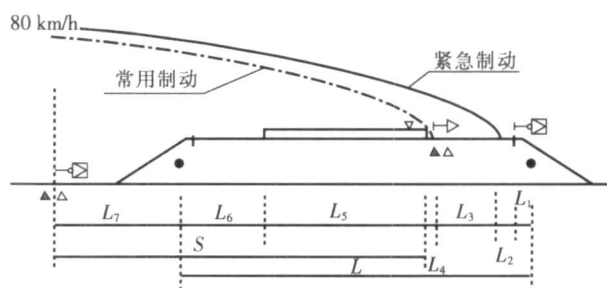


图 2 到发线影响因素距离分配图

2.3.2 列车安全防护距离

列车进站停车的安全防护距离为列车超速触发紧急制动条件下列车制动距离与列车进站采用常用制动距离的差值。一般情况下列车进站后采用常用制动停车,但是在列车车站停车运行过程中,列车运行速度一旦达到触发 ATP 紧急制动速度,进站列车自动实施紧急制动,因此一般情况下列车进站停车采用常用制动,特殊情况下实施紧急制动。

列车进站实施常用制动,列车运动轨迹如图 2 所示,列车按照常用制动减速度的一次模式曲线制动停车。

列车进站实施紧急制动,列车运动轨迹如图 3 所示。

列车实施紧急制动到列车停车可分为 3 个阶段。阶段一:列车检测到运行速度(含测速误差)超过相应

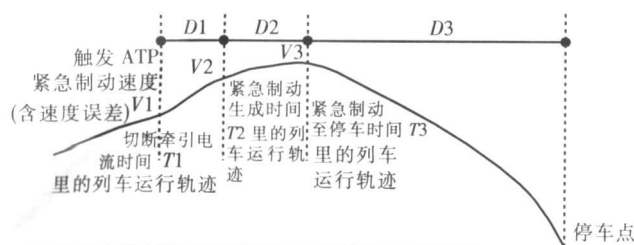


图 3 列车紧急制动运行轨迹示意图

的 ATP 紧急制动速度,并切断牵引力;在此阶段列车的牵引力仍然存在,因此列车的加速度为牵引力、线路坡度(假设为下坡)造成的加速度之和,列车速度将上升,在 T_1 时间里列车将运行 D_1 距离并达到一个 V_2 的最终速度。阶段二:列车开始生成紧急制动力到产生最大制动力;在此阶段列车的加速度为线路坡度造成的加速度,列车速度将进一步上升,列车将在紧急制动应用生效前 T_2 秒的时间里运行 D_2 的距离并达到 V_3 的最终速度。阶段三:紧急制动至停车;在此阶段,紧急制动生效,列车的减速度为紧急制动力、线路坡度造成的综合减速度,列车在 T_3 秒的时间里以 100% 的紧急制动率减速至完全停车,运行 D_3 的距离。

3 计算参数

3.1 200 km/h以上动车组

根据既有 200 km/h 提速区段上, CRH₁、CRH₂ 和 CRH₅ 型重联时列车长度分别为 427 m、402.8 m、423 m。在计算股道有效长时,取最大值 427 m(采用动联办提供的初步参数)。

3.2 道岔入口允许速度

车站采用 18号可动心轨道岔,其侧向允许通过速度为 80 km/h

3.3 有关 CTCS₂系统参数

根据 2005 年 9 月 21—23 日, 客运专线攻关小组
组织召开的客运专线牵引计算工作会议的《牵引计算
设计原则会议纪要》的有关参数进行设计。

表 1 各种速度列车超速安全防护距离

紧急制动 触发速度 / (km·h ⁻¹)	速度测 量误差 / (m·s ⁻¹)	紧急制动 减速率 / (m·s ⁻²)	常用制动 减速率 / (m·s ⁻²)	站坪坡产 生加速度 / (m·s ⁻²)	牵引电流 切断时间 /s	紧急制动 生成时间 /s	触发紧急制 动至停车点 距离 /m	常用制动 至停车 距离 /m	安全防护 距离 /m
80	0.44	1.082 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	325.30	286.89	38.41
75	0.42	1.082 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	290.53	247.63	42.90
70	0.39	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	250.78	211.02	39.76
65	0.36	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	222.19	177.56	44.63
60	0.33	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	194.58	146.78	47.80
55	0.31	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	168.82	129.76	39.06
50	0.28	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	144.17	103.66	40.51
45	0.25	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	121.40	80.49	40.91

- (1) ATP设备的测速和测距误差各为 2%;
- (2) ATP设备切断牵引力的延迟时间 0.8 s;
- (3) ATP设备启动紧急制动延迟时间 0.6 s;冲击补偿 1.4 s;
- (4) 目标距离控车制动模式曲线采用 2条: 一条为常用全制动模式曲线, 另一条为纯空气紧急制动模式曲线;
- (5) 在一般情况下, ATP设备正常启动常用全制动时, 不应触发紧急制动;
- (6) ATP车载设备制动容限的规定如下:
对于线路固定限速: 当 200 km/h及以下时: 超过 ATP车载设备限制速度 5 km/h时触发最大常用制动, 超过 ATP车载设备限制速度 10 km/h时触发紧急制动;
- (7) 常用全制动减速度、紧急制动减速度参照四方 川崎动车组 (CRH2) 取值;
- (8) 列车安全防护距离暂考虑 10%的余量;
- (9) 考虑到旅客舒适度, 减速度变化率 (Jack-rate)应小于 0.6 m/s²;
- (10) 站场场坪坡度暂按 -6‰计算 (即最不利情况下越行站允许的最大坡度)。

4 到发线有效长计算

4.1 列车安全防护距离的计算

车站股道停车时列车安全防护距离的设置是为了列车意外超越“开行许可”时起安全防护作用。

列车安全防护距离主要由列车意外超速引起的列车防护区段长度组成。测速误差由测速发电机误差、轮径偏差、列车滑动或空转等因素造成,参考列车测速误差为 2%。对于客运车站道岔侧向限制速度为 80 km/h 对于列车速度在 0~80 km/h 时,超过限制速度 10 km/h 时触发紧急制动,经计算在此速度范围内的任意时刻由于列车意外超速引起列车紧急制动停车的列车最大防护区段长度计算如表 1 所示。

续表 1 各种速度列车超速安全防护距离

紧急制动 触发速度 / (km·h ⁻¹)	速度测 量误差 / (m·s ⁻¹)	紧急制动 减速率 / (m·s ⁻²)	常用制动 减速率 / (m·s ⁻²)	站坪坡产 生加速度 / (m·s ⁻²)	牵引电流 切断时间 /s	紧急制动 生成时间 /s	触发紧急制 动至停车点 距离 /m	常用制动 至停车 距离 /m	安全防护 距离 /m
40	0.22	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	100.52	67.74	32.78
35	0.19	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	81.53	49.29	32.24
30	0.17	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	64.55	39.64	24.91
25	0.14	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	49.33	25.87	23.46
20	0.11	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	36.08	18.95	17.13
15	0.08	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	24.62	9.88	14.74
10	0.06	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	15.12	5.85	9.27
5	0.03	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	7.43	1.46	5.97
0	0	1.122 2	0.688 8	0.056 1	0.8	2	325.30	286.89	38.41

从表 1 计算可知,列车意外超速引起列车紧急制
动停车的列车安全防护区段长度为 47.8 m。

4.2 到发线有效长 L

对于到发线有效长,除考虑列车安全防护距离外,
还要考虑列车长度 L_y 、列车安全防护距离余量和测距
误差 L_z 、警冲标至机械绝缘节距离 L_r 。

上述相关影响因素长度如下:
警冲标至机械绝缘节距离 $L_r=5\text{ m}$
列车安全防护距离余量和测距误差 $L_z=47.8\times$
 $10\%+30=34.78\text{ m}$
列车安全防护区段长度 $L_x=47.8\text{ m}$
司机停车控制余量 $L_q=15\text{ m}$
列车长度 $L_y=427\text{ m}$
 $L_0=L_r+L_z+L_x+L_q=5+34.78+47.8+15=$
 102.58 m

4.3 建议客运专线到发线有效长 L

4.3.1 双向接车车站到发线有效长

$L=L_0\times 2+L_y=632.16\text{ m}$

4.3.2 单方向接车车站到发线有效长

$L=L_0+L_y=529.58\text{ m}$

参照高速办信函[2004]15号《关于印发“京沪高
速铁路股道有效长及安全线设置工作会议纪要”的通
知》,列车按 80 km/h 进站并按所 0.6 m/s³ 减速度停
车时,需要的制动距离为 478 m。根据上述到发线有
效长计算,进站口到停车点的长度满足进站停车的制
动距离要求。

5 缩短到发线有效长的措施及带来的影响

5.1 提高车载设备控制精度

提高车载设备控制精度,减少列车安全防护距离
余量和测距误差,可进一步缩短到发线有效长。

5.2 提高车辆制动性能

提高车辆制动性能,增大紧急制动条件下车辆减
速度,减小列车安全防护距离 (L_x)。车辆紧急制动减
速度增加 5%,安全防护距离将减少 15.8%。

5.3 减小站坪坡度

按照站坪坡度 -6‰ 计算,列车安全防护距离
47.8 m。若减少站坪坡度至 0‰ 计算,列车安全防护
距离减少到 37.85 m 减少 9.95 m。

5.4 到发线单方向使用

客运专线车站到发线单方向使用时,可以减少到
发线有效长 102.58 m (L_0)。到发线有效长可由
632.16 m 减少到 529.58 m,但会带来发线使用灵活
性较差的问题。

6 结论

客运专线车站到发线有效长与车辆性能、列控模
式、车载设备性能和站坪坡度有较大关系。经过理论计
算,双向接车车站到发线有效长 632.16 m 取 650 m,
单方向接车车站到发线有效长 529.58 m 取 540 m。

参考文献:

[1] 铁道部科技函[2004]14号,中国列车运行控制系统
CTCS₂级技术条件[5].
[2] 高速办信函[2004]15号,关于印发“京沪高速铁路股
道有效长及安全线设置工作会议纪要”的通知[5].
[3] 铁道科学研究院高速铁路技术研究总体组.高速铁路技
术[R].北京:中国铁道出版社,2005.
[4] 邹少文,李远刚.对 200 km/h 铁路建设中列车运行控制
系统的思考[J].世界轨道交通,2005(3):30-31.

(编辑 马 丽 赵立兰)