

地铁各专业对信号系统最高速度的影响

杜时勇 周林明

(中铁二院工程集团有限责任公司 成都 610031)

摘要 讨论地铁设计过程中信号专业与行车、土建、车辆等专业配合所遇到的各种速度。从信号系统特点出发,结合工程实例,分析相关专业对信号系统列车最高运行速度的影响,从而使相关专业理解信号专业的速度概念,避免出现非期望的压低列车运行速度的情况。
关键词 地铁;信号系统;列车最高速度;地铁速度定义
中图分类号 U231.7 **文献标志码** A
文章编号 1672-6073(2012)06-0076-03

在地铁系统设计的技术标准中,列车运行最高速度是地铁系统中各专业开展设计工作的重要依据。列车运行最高速度将对地铁运营指标(如旅行速度、通过能力、折返能力等)产生重大影响。因此,在各条线的设计标准中确定列车运行最高速度时,如何确定各专业的列车运行速度,如何协调各专业的各种列车运行速度,是地铁设计中需要探讨的重要内容。特别是对于运营相关指标最终实现者的信号专业,如何与各相关专业协调各种列车运行速度,避免出现非期望的压低列车运行速度的情况,实现列车安全、高效、舒适运行,是其设计配合的重要内容。

1 各专业列车运行速度定义

- 1) 技术标准。列车运行最高速度,是指列车正常运行时的最高速度。
- 2) 行车专业。列车运行最高计算速度,是用于计算通过能力及旅行速度的列车运行速度。
- 3) 土建专业(包含线路、轨道及限界专业)。线路最高运行速度(门限速度),是指列车运行绝对不可超越的限制速度。
- 4) 车辆专业。列车运行最高速度,是指列车正常

运行时的最高速度;结构速度,是指车辆结构决定的列车运行绝对不可超越的限制速度。

5) 信号专业。紧急制动触发速度,是指在列车自动防护系统(ATP)防护下,信号系统为确保列车的运行安全自动给出紧急制动指令时的速度。最高列车自动运行(ATO)推荐速度,是指列车在ATO模式下运行时的最高速度,一般在紧急制动触发速度以下约为5 km/h;有些信号设备供应商在最高ATO速度与紧急制动触发速度之间,设计了全常用制动触发速度(FSB),最高ATO推荐速度在紧急制动触发速度以下为6~7 km/h。列车可能达到的最高速度,是指在考虑了信号专业假设的所有不利因素后,列车触发了紧急制动触发曲线后可能达到的最高速度,一般在紧急制动触发速度上增加约5 km/h。

6) 站台及站台屏蔽门专业。站台最高限制速度,是指列车运行通过站台绝对不可超越的限制速度。

2 信号专业列车运行速度分析

目前,国内地铁普遍采用ATC(列车自动控制)信号系统,具有ATP/ATO功能,列车以ATO驾驶模式作为常用驾驶模式,因此信号系统需综合考虑各种列车运行速度,使ATP/ATO速度满足相关速度要求。一旦设计完成,地铁系统的列车将以信号专业规定的列车运行模式运行,这将最终决定地铁系统的运营指标,因此有必要对信号专业确定的各种速度值及与各相关专业定义的列车运行速度进行相互协调和深入探讨,以取得最佳的运营效果。

列车以ATO驾驶模式运行时,ATP/ATO系统连续不断地检测列车的实际运行速度,并与系统设计确定的最高ATO推荐速度比较;根据比较结果,采用加速、制动、惰行的方式,使列车的实际运行速度达到系统设计确定的最高ATO推荐速度。因而,列车的实际运行速度会在最高ATO推荐速度的上下进行波动,其波动范围由系统的控制精度决定,并要尽量减少列车运行

收稿日期: 2011-12-07 修回日期: 2012-01-18
作者简介: 杜时勇,男,大学本科,工学学士,工程师,从事城市轨道交通信号系统的设计研究,63221514@163.com

状态的变化,以满足乘客舒适度的要求并减少车辆的磨损。根据以往的设计经验,列车在ATO 驾驶模式运行时,列车的实际运行速度可控制在最高ATO 推荐速度上下约5 km/h 的范围内波动。

当列车在运行过程中触发了紧急制动触发曲线时,列车将紧急制动,其制动过程如下:在信号系统给出紧急制动指令后,列车运行状态将经历切断牵引动力、发动紧急制动、紧急制动生效的过程,时间在2~3 s。考虑各种最不利情况(如最大测速误差、列车处于下坡区段等),列车可能达到的最高速度一般在紧急制动触发速度上增加3~6 km/h。列车运行及制动过程如图1 所示,列车制动过程主要分为3 个阶段。

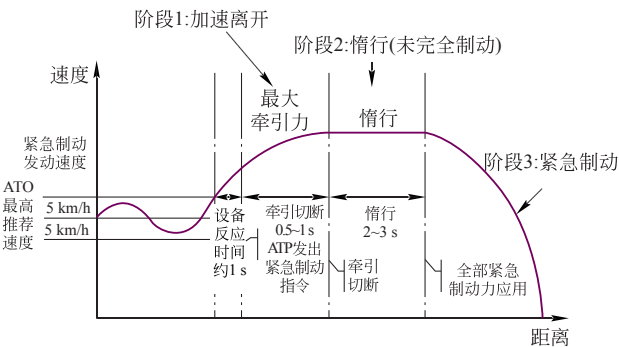


图1 列车运行及安全制动模型

第一阶段,发现超速并切断牵引的过程。列车以最大ATO 推荐速度行驶,信号车载设备对列车速度和位置进行测量,并每隔一定时间将测量速度与测量点的ATP 曲线速度进行比较。当测量速度达到或高于ATP 紧急制动触发速度时,信号系统会采取紧急制动,列车将被切断牵引。在切断牵引电流的过程中,列车还会继续加速,走行一定的距离。

第二阶段,切断牵引到紧急制动生效的过程。列车牵引系统从激活紧急制动到制动生效,需要一定的延迟时间(2~3 s),在此过程中,列车将惰行一定距离。

第三阶段,紧急制动生效到停车的过程。在此阶段,紧急制动生效,列车一次制动到停车。

根据以上分析,列车以ATO 驾驶模式正常运行时,可达到的最高速度为ATO 最高推荐速度的上限,即接近但未触发紧急制动时的速度。因此,在一条地铁线路的设计技术标准中,可将列车运行最高速度确定为信号系统的紧急制动触发速度,而触发紧急制动后列车可能达到的最高速度作为各专业确定的限制速度(即绝对不可超越的速度)。上

面谈到的“列车运行最高速度-列车正常运行时的最高速度”,是指信号系统自动采取紧急制动的触发速度。表1 是广州地铁3 号线的各种速度,可看出相互间的差值。

3 列车运行速度与相关专业的配合

3.1 土建专业(包含线路、轨道专业)

线路平直地段的最高限制速度应大于或等于列车可能达到的最高速度,即触发紧急制动后列车可能达到的最高速度。曲线地段最高限制速度应大于或等于列车可能达到的最高速度,即触发紧急制动后列车可能达到的最高速度。道岔直向通过速度应大于或等于列车可能达到的最高速度,即触发紧急制动后列车可能达到的最高速度。道岔侧向通过速度应大于或等于列车可能达到的最高速度,即触发紧急制动后列车可能达到的最高速度。

在地铁工程设计中,折返能力是通过能力的瓶颈,而道岔侧向通过速度对折返能力影响很大。为满足通过能力的要求,在站前、站后折返时,土建专业选择道岔应适当提高其侧向通过速度。

3.2 限界专业

最高限制速度应大于或等于列车可能达到的最高速度,即触发紧急制动后列车可能达到的最高速度。

3.3 车辆专业

列车运行最高速度是列车正常运行时的最高速度,即紧急制动触发速度。结构速度是车辆结构决定的列车运行绝对不可超越的限制速度,要大于信号系统可能达到的最高速度。

有些人对设计规范中车辆运行最高速度(或称为车辆设计最高速度)的理解有些偏差,认为它就是各专业绝对不可超过的最高速度,这导致列车运行最高速度被压低约5 km/h,严重影响到列车的旅行速度。笔者将列车运行最高速度定义为列车正常运行时的最高

表1 广州地铁3 号线的各种速度

km/h		
最高ATO 推荐速度	紧急制动 触发速度	最高 速度
120	125	128
115	120	123
110	115	119
105	110	114
100	105	109
95	100	104
90	95	99
85	90	94
80	85	89
75	80	84
70	75	79
65	70	74
60	65	69
55	60	64
50	55	59
45	50	54

速度(即紧急制动触发速度),与建标 104—2008《城市轨道交通工程项目建设标准》的定义相吻合。

3.4 站台相关专业(屏蔽门专业、限界专业)

《城市轨道交通工程项目建设标准》规定,站台限速为 55 km/h。在线路平直地段最高限制速度为 85km/h 的情况下,站台限速后若列车还按直线段速度运行,则进入站台时其紧急制动速度就会超过站台限速,列车必须在接近或进入站台过程中降速(见图 2),从而产生速度台阶。

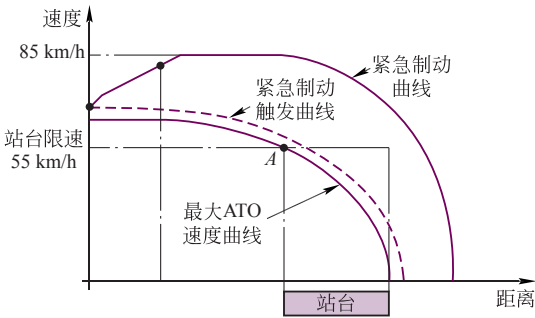


图2 列车进入站台限速

以杭州地铁 1 号线为例,线路平直地段最高限制速度为 85 km/h,站台最高限制速度为 65 km/h,列车以 0.8 m/s² 的减速率进站。由于站台限速,进站列车的速度距离曲线出现台阶,如图 3 所示。

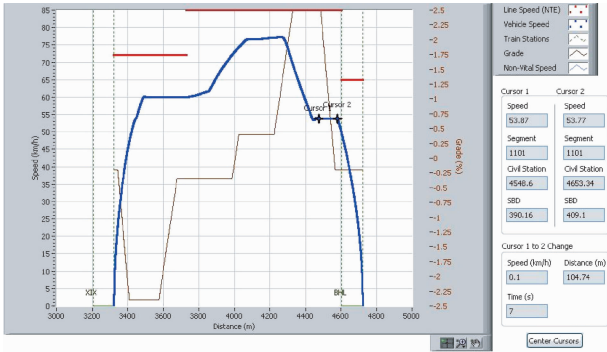


图3 站台限速为 65 km/h 的牵引制动曲线

根据杭州地铁 1 号线信号系统供应商的牵引计算,得出如表 2 所示的速度台阶。

为了提高通过能力和旅行速度,满足乘客舒适度的要求,避免由于站台相关专业的限速要求导致列车进站停车过程中出现速度台阶,在屏蔽门专业、限界等相关专业允许的前提下,建议列车通过车站的速度适当提高或不受限制。

表 2 列车进站产生速度台阶

站台限速/(km/h)	列车停车制动率/(m/s ²)	进站过程中是否产生速度台阶	备注
65	0.8	是	把列车停车制动率增大到 1.0 m/s ² ,同样会产生速度台阶
70	0.8	是	
80	0.8	是	
85	0.8	否	否

3.5 行车专业

一条地铁线路在设计初期,就应根据线路特点和定位确定列车运行最高速度,在此基础上确定土建的线路平直地段最高限制速度、曲线地段最高限制等。根据以上分析,行车专业在做牵引计算和列车运行性能指标分析时,列车运行最高计算速度应定义为最高 ATO 推荐速度,不能使用节能曲线速度或低等级的 ATO 速度。

4 结语

信号系统作为与地铁运营密切相关的重要系统,其主要功能是实现列车运行的安全、高效、舒适,并满足列车旅行速度、追踪间隔、折返间隔等重要运营指标的要求。从以上分析可以看出,在地铁工程设计过程中,相关专业非期望的速度限制将直接影响信号系统运营指标(如列车旅行速度、折返间隔等)的实现。因此,在工程设计过程中,信号专业应与相关专业密切配合,相关专业也需理解信号专业的速度概念,避免出现非期望的压低列车运行速度的情况,以便于列车实现安全、高效、舒适的运行。

参考文献

[1] GB 50157—2003 地铁设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2003.

[2] 建标 104—2008 城市轨道交通工程项目建设标准[S]. 北京:人民交通出版社,2008.

[3] 汪希时. 智能铁路运输系统 ITS-R[M]. 北京:中国铁道出版社,2004.

[4] 林瑜筠. 城市轨道交通信号[M]. 北京:中国铁道出版社,2010.

[5] 农兴中. 广州地铁 3 号线最高行车速度选取分析[J]. 铁道运输与经济,2002(10):38-40.

[6] 胡映,杜时勇. 安全距离的影响因素分析[J]. 四川铁道,2009(2):37-39.

[7] 张滔. 移动闭塞信号系统的安全距离计算浅析[J]. 铁道通信信号,2010(6):24-27.

(编辑:郭 洁)
(下转第 95 页)