

文章编号: 1006—2106(2009)04—0096—04

大连快轨 3号线续建工程区间信号设计^{*}

王海涛^{**}

(铁道第三勘察设计院集团有限公司, 天津 300251)

摘要: 研究目的: 通过对大连快轨 3号线续建工程线路平、纵断面条件分析, 结合线路通过能力要求和信号设备的类型, 按照线路运量要求进行列车模拟牵引计算, 通过模拟牵引计算结果, 设计出适合大连快轨 3号线续建工程列车安全运行的运输能力和合理的区间分界标位置。

研究结论: 通过模拟牵引计算, 列车最高运行速度为 79 km/h时, 最大制动距离为 657 m; 考虑必要的安全距离, 本线最大的闭塞分区长度取 700 m即可满足要求。在开发区站附近, 考虑列车的折返要求和列车运行速度, 最小闭塞分区长度取 200 m即可满足要求。在采用固定闭塞方式条件下, 信号设备速度码分级应与列车运行速度相一致, 不能限制列车的正常运行, 从而提高列车的运行速度。

关键词: 城市快轨; 信号分界标; 牵引计算; 追踪间隔; 通过能力

中图分类号: U231⁺. 7 文献标识码: A

Design of Interval Signal for Continued Project of Dalian Rapid Rail Line 3

WANG Hai—tao

(The Third Railway Survey and Design Institute Group Corporation, Tianjin 300251, China)

Abstract: Research purposes: Through analyses of the route plan and profile of the continued project of Dalian rapid rail line 3 and in combination with the carrying capacity of the line requirement and signal equipment as well as according to the passenger volume requirement, the traction simulation calculation is made, and based on the calculation results, the transportation capacity and reasonable divisional location of signal are designed for the purpose of guaranteeing the safety of the train on the No. 3 rapid rail line.

Research conclusions: Through the simulation calculation, the highest train speed of the No. 3 rapid rail line is 79 km/h and the biggest braking distance is 657 m. However, considering the necessary safe distance, the maximum blocking section length will be 700 m that can satisfy the requirement of train operation, and considering the requirements of the train turning and the train speed, the minimum blocking section length around the Kaijiku Station will be 200 m that can satisfy the requirement. With fixed automatic block, the speed grade of signal equipment should be consistent with the train speed without limitation of the normal train operation for increasing the train speed.

Key words: Dalian rapid rail line; divisional location of signal; traction calculation; time interval; carrying capacity

目前, 城市轨道交通线路大多采用移动闭塞系统, 但部分运量较小的线路仍采用以空间距离保证列车安全运行的固定闭塞信号设备。在采用固定闭塞信号设备的线路上, 线路需要设置区间信号分界标, 将车站区

间分割成较小的闭塞分区, 在保证列车安全运行的前提下提高列车运行效率。大连快轨 3号线续建工程初期即采用基于固定闭塞的 ATP 系统, 需要在区间设置信号分界标。

^{*} 收稿日期: 2008—11—14

^{**} 作者简介: 王海涛, 1982年出生, 男, 工程师。

1 工程概况

大连快轨 3 号线续建工程是连接市区、开发区、金州区轨道交通线路的重要组成部分, 金州至九里全长 14. 288 km。工程设计初期开行大连站—九里站的长交路列车和开发区站—九里站的短交路列车, 列车运行交路如图 1 所示。线路设计初期采用基于固定闭塞的 ATP 系统和 CTC 系统, 采用 18 信息 GW—21A 型轨道电路, 要求最小行车间隔为 4 min。

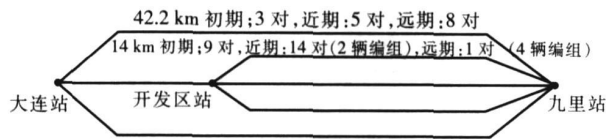


图 1 大连快轨 3 号线续建工程列车交路图

2 设计研究思路及方法

固定闭塞是以空间距离保证列车的运行安全, 要求列车运行的分区长度不能小于列车的有效制动距离。列车的有效制动距离包括列车的实际制动距离、司机反应时间、信号延时时间及机械动作时间内列车的走行距离, 同时还应附加必要的安全距离。因此, 在设计过程中必须进行列车的模拟牵引计算, 以模拟列车的实际运行情况。

要满足列车运行的追踪间隔要求, 使线路达到设计的通过能力, 则分区长度就不能大于列车追踪间隔内走行的距离。尤其是在进出站和有小曲线半径的限

速地段, 分区长度不能太长, 如在追踪间隔内列车按照规定的速度无法走行完分区的长度, 则列车将达不到最小的追踪间隔要求, 线路通过能力就无法满足运输的要求。

3 设计研究过程

信号分界标的设计以列车模拟牵引计算为基础, 模拟牵引计算的相关参数阐述如下。

3.1 模拟牵引计算车辆参数

车辆牵引、制动特性曲线与既有 3 号线运营的车辆特性相同, 其参数为:

(1) 车辆按 2 辆编组 (1 动 1 拖), 列车总长为 39. 04 m, 列车总重为 94. 5 t; 4 辆编组 (2 动 2 拖), 列车总长为 78. 08 m, 列车总重为 189 t。

(2) 列车运行单位阻力按式 (1) 计算:

$$\omega_0 = \{ [(1. 65 + 0. 024 7 V) W_m + (0. 78 + 0. 002 8 V) W_t + (0. 028 + 0. 007 8 (N - 1) \times V^2)] \times 9. 81 \} / (W_m + W_t) (N/t)$$

式中 W_m ——动车总重 (t);
 W_t ——拖车总重 (t);
 V ——列车速度 (km/h);
 N ——列车编组辆数。

3.2 综合限速

本线信号系统设计同既有 3 号线, 采用 18 信息轨道电路, 轨道电路信息码如表 1 所示。

表 1 既有 3 号线轨道电路信息码

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
轨道电路信息码	93/91(LC)	93/91(AT)	93/0	0/0	93/77	79/77(LC)	79/77(AT)	79/0	79/56
序号	10	11	12	13	14	15	16	17	18
轨道电路信息码	93/56	58/56(LC)	58/56(AT)	58/0	58/26	28/26	28/0	28/0(A)	28/0(B)

既有信号系统只能提供 28、58、79、93 km/h 4 个等级速度信息码, 根据线路曲线、道岔限速以及轨道电路信息码的限制, 确定本线限速。当曲线限速与轨道电路信息码无法一一对应时, 应套用低一级的信息码。9 号道岔侧向过岔限速 28 km/h, 站台限速 58 km/h, 全线综合线路及信号系统限速如表 2 所示。

表 2 限速区段的划分 (开发区—九里间)

下行 (或上行) 限速 (km·h ⁻¹)	限速区段累计长度 / km	占全线长度的比例 /%
58	9. 83	70
79	2. 56	18
93	1. 90	12

3.3 超速防护系统的控制方式

3.3.1 既有 3 号线超速防护系统控制方式

既有 3 号线线路条件较好, 小曲线半径较少, 列车

运行速度较高, 其中 70% 的线路限速在 93 km/h, 29. 5% 线路限速为 79 km/h, 仅有 0. 5% 线路限速 (长度仅为 2 km) 为 58 km/h。因此, 既有 3 号线信号系统设计是按照一个闭塞分区长度满足列车制动距离的要求进行布点的, 可以满足 4 min 追踪间隔的要求。

3.3.2 本线超速防护系统控制方式

本线线路条件比较差, 且受轨道电路信息码数量的限制, 列车运行速度较低, 因此, 列车制动采用分级速度控制方式, 以提高线路的运输效率。采用分级制动, 列车从最高运行速度制动到 0 km/h 的制动距离可以由 2 个及以上的闭塞分区来完成。列车追踪运行时, 规定每一个分界的速度, 即速度等级。速度等级划分应根据列车制动性能、线路坡度、列车运行速度、轨道电路信息量、线路系统能力等计算。

大连快轨 3 号线续建工程速度等级划分如下:

93 km/h 79 km/h速度应采用两级速度控制方式,即列车需经 2个闭塞分区制动到 0 km/h 列车最高速度为 93 km/h时,列车速度等级划分按 93—58—0 km/h列车最高速度为 79 km/h时,列车速度等级划分按 79—58—0 km/h 当列车最高速度为 58 km/h时,直接由 58 km/h制动到 0 km/h

3.4 闭塞分区长度的确定

闭塞分区的长度必须满足任何一个速差等级的制动距离要求。制动距离的计算分三部分,一是司机正

常操作调速时使用 80%的常用全制动;二是司机确认、制动空走时间、启动制动系统延迟时间、车载设备接收信号反应时间等附加时间内列车走行距离;三是考虑测速、测距误差的安全防护距离。

根据列车的不同速差等级及不同坡度(主要考虑长大 25%上坡、25%下坡和平坡,大连快轨 3号线限制坡度为 25%),按使用 80%的常用全制动及制动系统失效 25%的紧急制动 2种方式,分别计算列车的制动距离,计算的制动距离如表 3所示。

表 3 计算的列车制动距离表

速度	常用制动 /m			紧急制动 /m		
	25%	- 25%	0%	25%	- 25%	0%
28—0	145. 14	171. 33	154. 14	142. 63	162. 87	149. 94
58—0	332. 44	444. 80	371. 06	321. 69	408. 50	353. 04
79—0	502. 90	711. 36	574. 56	482. 96	644. 01	541. 12
93—0	634. 54	923. 44	733. 85	606. 91	830. 10	687. 51
58—26	277. 60	367. 39	308. 46	269. 0	338. 38	294. 06
93—56	480. 94	657. 47	541. 62	464. 1	600. 44	513. 30
79—56	349. 29	445. 39	382. 33	340. 1	414. 35	366. 91
93—77	375. 23	455. 66	402. 88	367. 5	429. 67	389. 97

由表 3可以看出,速度划分 93—58—0的闭塞分区长度应由 93—56、58—0两级制动距离的较大者确定;速度划分 79—58—0的闭塞分区长度应由 79—56、58—0两级制动距离的较大者确定,限速 58 km/h的闭塞分区长度按其常用制动距离考虑。

由以上参数可以确定,大连快轨 3号线续建工程的列车制动距离在 171. 33~657. 47 m之间即可满足列车制动要求,本次研究设计列车闭塞分区长度取 200~700 m。

4 设计分界点的布置

根据进出站分界标、道岔防护信号机位置,按照以上阐述的方法和结论,大连快轨 3号线续建工程区间分界标位置如表 4所示(以金马路站—十里岗站区间为例)。

本段共设区间分界标 16处,其中上行 8处,下行 8处,分界标里程如表 4所示。

表 4 区间分界标位置表

下行				车站	上行			
编号	分界标里程	与下距离 /m	备注		编号	分界标里程	与下距离 /m	备注
	K 22+575	45. 0		金马路站		K 22+575	71. 0	
XC	K 22+620	430. 0			SJ	K 22+646	604. 0	
2305	K 23+050	600. 0	既有		2324	K 23+250	450. 0	既有
2365	K 23+650	500. 0	既有		2370	K 23+700	600. 0	既有
2415	K 24+150	650. 0			2430	K 24+300	587. 6	既有
S5	K 24+452	—			S6	K 24+526	—	
S9	K 24+560	—			Si0	K 24+675	—	
2481	K 24+800	200. 0			2492	K 24+900	200. 0	
2503	K 25+000	211. 0			2512	K 25+100	237. 0	
Si1	K 25+211	—			Si4	K 25+337	—	
	K 25+386	170. 0		开发区		K 25+386	221. 0	
XC	K 25+558	442. 0			SJ	K 25+558	492. 0	
031	AK+300	400. 0			036	AK+350	450. 0	
071	AK+700	700. 0			080	AK+800	500. 0	
141	AK1+400	422. 5			130	AK1+300	548. 5	
XJ	AK1+823	—			SC	AK1+849	—	
	AK1+894	116. 0		十里岗		AK1+894	116. 0	

5 结论

根据以上研究分析,在采用固定闭塞的线路上进行区间信号分界标设计时,需遵循以下原则:

(1)根据列车动力性能及线路条件进行模拟牵引计算,得出列车在各种条件下所需的最小制动距离。

(2)根据线路要求的最小行车间隔和列车性能计算出在最小行车间隔内列车的走行距离。

(3)信号系统应根据列车运行的速度曲线,合理规划出固定闭塞所需要的速度等级,以适应列车运行特征,避免由于信号系统限速造成列车降低运行速度。

(4)设计的闭塞分区长度应预留一定的余量,以适应列车在不利天气、车辆轻微故障等因素条件下全线运营的正常、有序和安全。

(5)设计完成后需要对分区长度进行牵引计算检算,检算分区长度是否满足最小行车间隔的要求,一般需要检算出发间隔和到达间隔。

按照以上原则,大连快轨 3 号线续建工程闭塞分区距离在 200~700 m 之间,满足列车运行的安全和线路能力的需要。但还存在以下问题:由于信号设备信息码数量的限制,曲线限速与轨道电路信息码不能一

一对应,超速时只能套用低一级的信息码。如曲线限速在 58~79 km/h 时,受信息码的控制,列车只能按 58 km/h 运行。而在列车通过道岔前,考虑信号的要求,列车必须提前 1 个或 2 个分区把速度降到过岔速度,以防止列车一旦以 58 km/h 的速度闯入,分区长度必须满足从 58 km/h 紧急制动到 28 km/h 从而保证列车在道岔前速度降到过岔速度。这样列车以 28 km/h 速度运行的距离将有所延长,从而影响到全线列车的运行速度,需进一步研究解决。

参考文献:

[1] GB 50157—2003 地铁设计规范[S].
[2] 建标[1999] 81 号,城市快速轨道交通工程项目建设标准(试行本)[S].
[3] 卫和君.大连市快轨 3 号线施工图第九篇《信号系统》[Z].北京:北京全路通信信号研究设计院,2002
[4] 王海涛,赵昕.行车组织与运营管理[R].天津:铁道第三勘察设计院,2005
[5] 王印富,雷志厚.城市轨道交通行车组织方法的探讨[J].铁道工程学报,2001(4): 59—63

(编辑 张 滨)

(上接第 85 页)

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1/3 \\ 3 & 1 & 1 & 1/3 & 5 & 3 & 3 \\ 3 & 1 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1 \\ 5 & 3 & 3 & 1 & 1 & 3 & 1/3 \\ 3 & 1/5 & 5 & 1 & 1 & 2 & 1/3 \\ 5 & 1/3 & 1 & 1/3 & 1/2 & 1 & 3 \\ 3 & 1/3 & 1 & 3 & 3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

计算得出判断矩阵的特征向量 W

$$W = [0.043 \quad 0.220 \quad 0.102 \quad 0.220 \quad 0.141 \quad 0.125 \quad 0.150]^T$$

计算特征根 $\lambda_{\max} = 12.544$ 随机一致性比率 $CR = 0.07 < 0.10$ 满足一致性要求。由式 2—5 可以计算出设计方案与理想方案的带权同一度矩阵 R

$$R = [0.991 \quad 0.808 \quad 0.779 \quad 0.918]$$

根据方案与理想方案的同一度的大小比较,可以得出 4 个规划方案的优劣顺序:

方案 I > 方案 IV > 方案 II > 方案 III。因此,推荐方案 I 为最优方案。

4 结论

本文提出了 4 个 Lagos 地区轨道交通规划的方案,采用集对理论建立 Lagos 地区轨道交通规划综合评价模型,并运用层次分析法确定指标权重,最后构建评价指标体系,对多个备选方案进行评价,得到最优方案。结果表明集对分析理论可用于轨道交通线路方案优选。

参考文献:

[1] 张斌.集对分析与多属性决策[J].农业系统科学与综合研究,2004 20(2): 123—125
[2] 李清富,胡群芳,刘文,等.集对分析在道路路况评价中的应用[J].中外公路,2002(3): 8—11.
[3] 李新荣.集对分析在科研评价中的应用[J].科技进步与对策,2003(14): 43—44
[4] 刘春,黄伟勇,张加强.城市立体交叉方案的集对分析模型研究[J].绍兴文理学院学报,2005(2): 66—69
[5] 郭志勇,等.尼日利亚铁路现代化项目 Lagos 至 Kano 线初步设计报告[R].武汉:铁道第四勘察设计院,2007

(编辑 梅志山)