

国外参考资料

# 伦敦地铁中央线( Central Line )ATP 系统

毕 晟\*

摘要：伦敦地铁中央线 ATP 系统采用英国西屋信号有限公司（WSL）开发的，基于无绝缘轨道电路（JTC）的固定闭塞 ATP 系统，包括 ATP 轨旁设备和 ATP 车载设备。为了克服 ATP 安全速度码不能提供足够的 MSS/TS（最大安全速度/目标速度）组合的问题，伦敦地铁中央线 ATP 系统增加了点式环线（spot loop）装置。

关键词：伦敦地铁中央线 列车自动防护 最大安全速度 目标速度

地铁在城市交通中具有高速、高效、安全、舒适和运量大的特点。英国伦敦从 1863 年修建了世界上第 1 条地铁到现在，投入运营的线路已达到 13 条。伦敦地铁中央线（Central Line）于 20 世纪初期开通运行，最早通车 9.8km。到 20 世纪 40 年代晚期和 50 年代早期，东西延伸到 71.96km，共设 49 个车站。在 West Ruislip 站设有 1 个车辆段，该车辆段与英国干线铁路相连。

下面，仅介绍其中的 ATP 系统。

## 1 信号系统概述

## 2 ATP 系统概述

伦敦地铁中央线改造工程于 1989 年开始，第 1 段信号工程改造于 1991 年，到 2000 年 9 月，信号系统开通运营。

ATP 系统是保证列车运行安全、提高运输效率的重要组成部分，该系统符合故障-安全原则。

新的伦敦地铁中央线信号系统采用较新式的列车自动控制（ATC）系统，能满足每小时 33 列车的行车间隔，其原理框图如图 1 所示。

伦敦地铁中央线采用基于无绝缘轨道电路（JTC）的固定闭塞 ATP 系统。系统包括轨旁设备和车载设备。其中轨旁设备利用轨道电路确定列车位置，并向 ATP 车载设备发送 ATP 安全速度码，以保证列车之间或列车与未锁闭的道岔等障碍物之间的安全间隔；车载设备通过接收到的 ATP 安全速度码，获得本区段的最大安全速度（MSS）和目标速度（TS）（即下一区段的入口速度），并保证列车速度不超过本区段的最大安全速度。

## 3 ATP 轨旁设备

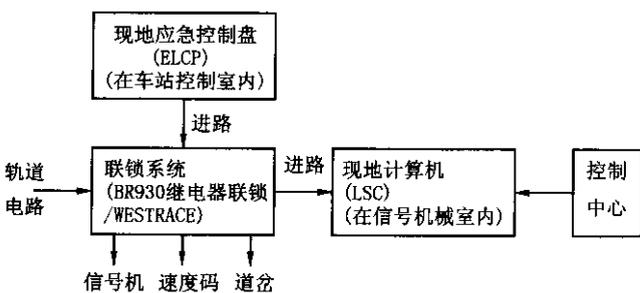


图 1 伦敦地铁中央线信号系统原理框图

伦敦地铁中央线 ATP 轨旁设备，正线采用 WSL 公司的 FS2500 无绝缘轨道电路设备，检测列车位置和向列车发送速度码信号；道岔或渡线区段采用有绝缘轨道电路来检测列车位置，并采用敷设于轨道内侧的 ATP 环线，发送 ATP 安全速度码给 ATP 车载设备。

伦敦地铁中央线信号系统由 WSL 提供，包括列车自动监控（ATS）系统、联锁系统、列车自动防护（ATP）系统和列车自动运行（ATO）系统。

图 2 为 FS2500 无绝缘轨道电路相邻 2 个闭塞分区的原理图。其中线路被划分为许多 ATP 区段，每个区段的一端由轨道电路发送器发送速度码信息，另一端由轨道电路接收器接收速度码信息。在 ATP 区段的两端设有调谐区，用以阻止该区段的速度码信息向相邻区段传送。

每个 FS2500 无绝缘轨道电路的发送器产生载波频率，车载设备要求载波频率必须符合如下序列： $f_1, f_3, f_6, f_1, f_3, f_6, \dots$  或  $f_2, f_7, f_5, f_2, f_7, f_5, \dots$  相邻轨道区段使用不同频率，如果列车接收到

\* 英国阿特金斯公司北京分公司 助理工程师，100022 北京  
收稿日期：2004-06-10

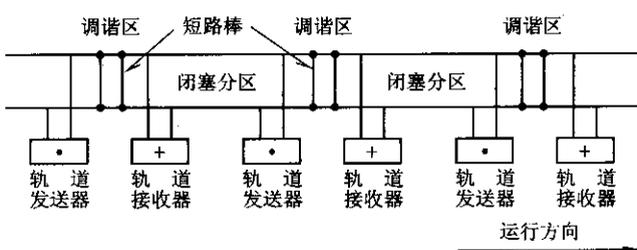


图2 FS2500 无绝缘轨道电路相邻闭塞分区原理图

错误频率或没有接收到信号,则列车立即制动。

FS2500 无绝缘轨道电路的码发生器产生 ATP 安全速度码,通过联锁系统的编码电路,选择并传送给轨道电路发送器或 ATP 环线发送器。轨道电路发送器或 ATP 环线发送器再将速度码信息与载波调制产生 FSK 信号,并将该 FSK 信号发送至轨道。

每个 ATP 安全速度码都代表 1 个 MSS/TS 组合。根据列车之间的安全距离、线路的限速以及其他一些信息,可以计算满足列车间隔时间的 ATP 区段长度和每个区段的最大安全速度。图 3 为 ATP 典型速度码信息示意图。

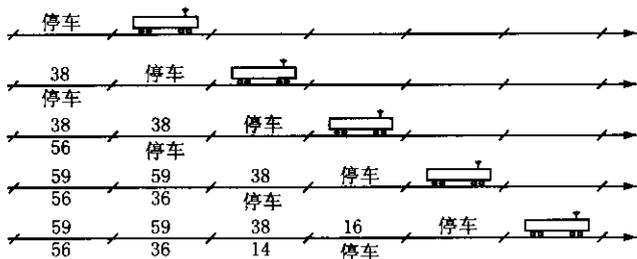


图3 ATP 典型速度码信息示意图

注:  $\frac{59}{36}$  即 MSS 为 59km/h  
TS 为 36km/h

由于线路情况较复杂、列车间隔时间短、列车速度高等原因,伦敦地铁中央线需要更多、更灵活的 MSS/TS 组合。但是 FS2500 无绝缘轨道电路设备仅能够提供 14 个 ATP 安全速度码,有时不能满足系统的需要。

为了克服此问题,伦敦地铁中央线 ATP 系统增加了点式环线 (spot loop) 装置,用以向 ATP 车载设备发送点式环线频率。点式环线频率是由联锁电路根据对目标速度的要求而确定的。由联锁电路确定的点式环线频率,通过安装于 ATP 区段接收端的点式环线向列车发送。ATP 车载设备通过接收到的点式环线频率来选择该区段 ATP 安全速度码所代表的目标速度。频率 A 或没有接收到点式频率,表示在该区段 ATP 安全速度码代表通常目标速度,频率 B 至 F 表示在该区段 ATP 安全速度码 5 个可选择的目标速度 (B 至 F)。表 1 为伦敦地铁中央线 ATP

万方数据

安全速度码分配表。

表 1 伦敦地铁中央线 ATP 安全速度码分配表

速度码 序号	MSS km/h	TS km/h	可选 TS (km/h)				
			B	C	D	E	F
1	109	102					
2	109	68					
3	74	68		36	23		
4	74	0	56				
5	59	56					49
6	59	36					
7	38	36					
8	38	23					31
9	38	0					
10	33	23					31
11	27.5	23					
12	27.5	0					14 14
13	16	14		0	0	0	
14	0			0			

根据故障-安全原则,最大安全速度对于给定区段是一个定值。所以,点式环线频率信息仅用于选择目标速度,而不能改变最大安全速度。

#### 4 ATP 车载设备

ATP 车载设备从接收到的 ATP 安全速度码中,获得允许列车运行的 MSS 和 TS,并与列车的实际速度进行比较。当列车的实际速度高于 MSS 时,ATP 车载设备将即使列车紧急制动,以保证列车的安全。

基本的 ATP 车载设备,包括安装于列车转向架前方的 ATP 天线、安装于轮轴上的测速电机以及安装于机箱中的 ATP 车载控制器。其中 ATP 车载控制器包括安全单元和非安全单元 2 部分。

由于伦敦地铁中央线 ATP 系统增加了点式环线装置,所以在车载 ATP 非安全单元中,系统通过查表确定其目标速度。一旦确定了 TS,则将环线频率记录于 ATP 非安全模块中,直到接收到下一个点式环线频率为止。

使用点式环线装置可以改变 ATP 安全速度码所代表的目标速度,从而增加了 MSS/TS 组合的个数,提高了系统的灵活性和可用性。

#### 参 考 文 献

- 1 David Jeffrey . ATP and Resignalling of the Central Line system.
- 2 <http://www.trainweb.org> 提供的 Central Line (LUL) Signalling.

(责任编辑 张 利)