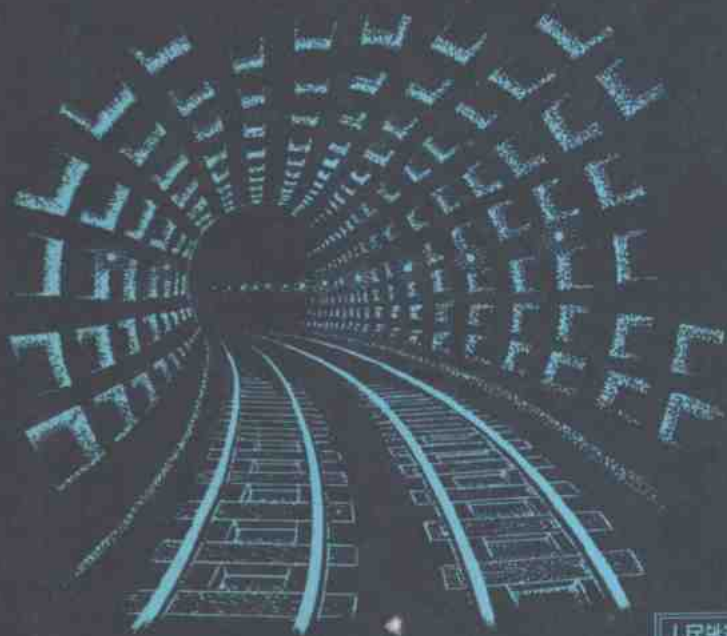


地下铁道 自动信号布置方法

朱淇昌 编



人民铁道出版社

地下鐵道
自动信号布置方法

人民鐵道出版社

1964年·北京

本书叙述布置地下铁道自动闭塞信号机应具备的资料和影响自动闭塞信号机位置的因素、紧急制动距离与速度的计算方法及运转试验，着重以实际例子介绍了信号机位置的计算方法。

本书可供铁路信号工程技术人员、科研人员阅读及大专院校师生参考。

责任编辑 陈广存

地下铁道 自动信号布置方法

朱洪昌编

人民铁道出版社出版
(北京市霞公府甲24号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 010 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

书号 1950 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $2 \frac{1}{16}$ 插页 2 字数 45 千

1964年8月第1版

1964年8月第1版第1次印刷

印数 0,001—2,000 册 定价(科六) 0.34 元

前 言

由于我国地下铁道信号部门一些同志向作者提出了一些有关地下铁道信号布置的问题，促使作者在公余之暇编写了这一份材料。

这份材料是作者在1949年间参加纽约地下铁道扩建信号工程的部分工作中（参考文献1、2）整理出来的。详情可参阅本文参考文献3。本文主要是根据纽约地下铁道信号工程师 Peter Ferreri 总结的经验（参考文献4）编写而成的。其中部分细节作者作了补充及修改。

地下铁道信号布置方法，国内文献尚很少谈到。作者虽对此行隔置已久，但仍愿就所知提供同志们参考。错误之处，欢迎指正。

本文计算部分是由李葆琮担任的。

编 者

1962.2.22.

目 录

第一章 緒論	1
第二章 布置地下鉄道自动閉塞信号机应具备的資料及影响自动閉塞信号机位置的因素	3
一、马达车辆的特性曲线.....	3
二、制动设备的特性.....	4
三、股道的纵断面图.....	4
四、特殊建筑物的位置.....	5
五、所有客运站的位置，每个站台的长度和列车 车停站时间.....	5
六、包括旅客在內的列车重量，每辆车的马达 数日及列车的组成.....	6
七、列车阻力.....	6
八、最小的间隔.....	7
九、列车的最大长度.....	7
十、信号设备的特性.....	8
十一、司机在操作过程中的影响.....	8
第三章 信号机位置的計算方法	8
一、速度-距离与时间-距离曲线的計算方法.....	10
二、两站间一般信号机的布置方法.....	29
三、接近信号机的布置方法.....	37
四、速度控制信号机的布置方法.....	41
第四章 紧急制动距离与速度的計算	56
一、已知速度求紧急制动距离的方法.....	56
二、已知紧急制动距离求速度的方法.....	57
第五章 运轉試驗	59

第一章 緒 論

在人口稠密的城市中，市区的交通工具以地下铁道最为优良。因为，它的输送能力非常强大，行驶又是高度的安全，并且不影响街道的安静与整洁。要保证地下铁道行车的高度安全，并使线路能够具有强大的通过能力，主要是借助于自动闭塞信号系统对列车运行的控制与指挥。

地下铁道所使用的自动闭塞系统与一般铁路所使用的自动闭塞系统，就本质来说都是一样的。但是，地下铁道所使用的自动闭塞系统有以下的一些特点：

一、根据地下铁道运营的情况，并为了降低造价起见，地下铁道的一般车站均不设置侧线。

车站不设侧线，列车就要在干线上停车。因此，在很多情况下，地下铁道的通过能力决定于停车时间的长短。为了使后续列车能很快地在前一列车出站后就进站，减少前后列车的时距，在临近车站的地方要装设一系列的“接近信号”装置，使列车在保证安全的条件下尽可能停在离车站最近的地方，并且在前方列车开始出站后尽早地启动以便能够尽快地进站。这一特殊的要求是地面铁路使用的自动闭塞设备所没有的。

二、地下铁道要求前后列车间的时距要较一般铁路密得多。一般铁路前后列车的时距目前是按照十分钟为依据而布置自动闭塞信号机的。地下铁道则要求前后列车间的时距，包括停车时间在內，缩短至1分多钟，才能解决在上下班的繁忙时间内，输送大量旅客的问题；因此，对自动闭塞信号机的布置，就要求更加严格与精确。

三、由于列车分布得这样密，假如没有适当的保安设备，则发生事故的机会就会大大的增加。假若在地下铁道发生撞车事故，则所遭受的损失要比地面严重得多。因此，地下铁道对行车的安全要求得特别高，必须要在每个自动信号机处装设自动停车装置，以防止司机的疏忽大意而造成事故。

四、由于地下铁道受天气的影响较小（如雨、雪都不能侵入），因此，可以在轨道旁边使用简单而较为经济的机械动臂式的自动停车装置。

为了简化控制系统，减少投资，而又能满足地下铁道运输的要求，可采用红、红、黄、绿三个闭塞分区的显示系统。（见第三章、第二节、图7）。每当显示红灯时，机械动臂式自动停车装置的动臂即自动竖起，这样就保证列车后方最少有一个闭塞分区的距离实施自动停车的防护。在正常运转情况下，机车与地面自动停车设备不发生接触，只有当司机忽视信号的情况下，才发生接触。因此，并不存在磨损问题。

五、由于地下铁道见不到阳光，因此，地下铁道的色灯信号机有一个很好的黑色背景。在地下铁道使用的色灯信号机不需要很大的背板，它的透镜直径也不需要太大，即可得到很好的显示距离。又由于地下铁道的列车分布较密，信号机间的距离不长，所以，司机能够很清晰的观望到沿线的信号显示。因此，机车自动信号对地下铁道来说并不是太需要的。

当遇有弯道与坡道不能够看到沿线信号时，一般都采用复示信号来辅助，以使司机在适当的地点即可观望到复示信号。

六、地下铁道一般都采用直流电机车，一列车并不太

长，制动距离也比较短。这是有利于使列车分布较密的一面。

我国社会主义建设飞跃的发展，许多城市人口大大的增加，有些城市已感到当前的公共汽车、地面电车等难以满足要求，而需要装设地下铁道来解决。相信不久的将来，它将在我国的城市中象其他大跃进产物一样地呈现在我们的眼前，为城市的交通运输放出光辉的色彩

第二章 布置地下铁道自动闭塞信号机应 具备的资料及影响自动闭塞信号 机位置的因素

一、马达车辆的特性曲线

根据试验，可以得出输入到马达的电流大小与车速及换算到轮缘上的总牵引力的关系。从这些关系中，可以绘出马达车辆的速度（公里/小时）与每吨车重的牵引力（公斤/吨，也就是总牵引力被车重除）的关系曲线。

这个曲线是计算速度-时间，速度-距离，时间-距离等曲线的基础。然而，要计算这些曲线，还需要确定以下4个数据：

1. 在直线水平股道上的起动力加速度（公里/小时/秒）是多少？这个加速度在达到一定速度之前，它的加速率是不变的，称为“直线加速度”

2. 在直线水平股道上，在已给的每个马达的平均负载下，“直线加速度”转为“马达曲线加速度”时的速度是多少？

3. 在直线水平股道上“直线加速度”，是否随负载而变。

4. 在直线股道上制动率是否随负载而变。

二、制动设备的特性

一列车的紧急和正常制动的功率决定于制动设备的設計，列车的速度和铁道线路的纵断面。正常制动率还决定于司机的操作。

在地下铁道信号系统中，从司机观望到信号的地点至该信号机之间的距离应大于在正常操作制动设备时的列车制动距离。假如不够的话就要考虑在适当的地点装置一个复示信号机。紧急制动距离是用来决定闭塞分区的长度，在一个显示“停车”的信号机后面，必须永远保持一段足够的紧急制动距离，使列车能够在碰到前面的列车以前制动停车。为了保障安全，在一般情况下，停车信号和前面列车之间的距离至少要等于后面列车以最大速度前进时的紧急制动距离的135%。

列车的紧急制动距离是经现场的实际试验中得来的。这种试验是在直线水平股道上或在近于直线水平的股道上用各种速度来进行的。

根据这些试验记录，配合适当的经验公式就可求出在各种车速和各种坡度下，使列车制动停车的制动距离。

由试验和计算得出的各种数值可以绘成曲线，如图5所示。

三、股道的纵断面图

1. 坡道：坡道可以影响列车的速度，上坡时使列车减速，下坡时使列车加速。一个1%的坡度（即每100米的股道上，上升或下降1米），相当9公斤/吨的牵引力。这个坡度的阻力对机车马达所产生的牵引力起相加还是相减的作用，

就要看坡道是上坡还是下坡而定。此外，坡道还影响从任何速度下使列车制动停车的制动距离；上坡缩短了制动距离，而下坡增长了制动距离。

列车的速度和使列车制动停车所需要的制动距离直接影响闭塞分区的长度和信号机的位置。

2、弯道：所有的弯道都能使列车的速度减小。弯道对一个行动的列车的阻力大约相当于0.2~0.45公斤/吨/弯度的反向牵引力，永远对机车的马达牵引力起相减的作用。除去弯道对列车的运行有阻力外，列车在半径小的曲线上行驶时，为了避免出轨和使乘客舒适起见，还必须要减速。

由于弯道影响观望信号机的视线，因此需要根据弯道的情况来考虑信号机的位置。若信号机必须装在弯道上时，则按照弯曲的方向及弯度来决定复示信号机的位置。

四、特殊建筑物的位置

特殊建筑物（如道岔等）的位置需要先确定好，只有这些位置确定后才能确定具有联锁的进站及出发信号机的位置；确定了进站及出发信号机的位置后才能决定区间信号机的位置。

五、所有客运站的位置，每个站台的长度和列车停站时间

客运站之间的距离是决定列车所能得到最大和平均速度的因数之一，而这些速度影响着信号机的位置。一般说来客车站间的距离愈长，信号机间的距离就愈大。

站台的长度和列车停站时间的长短是影响接近信号机和速度控制接近信号机的数目和位置的因素。

六、包括旅客在內的列車重量，每輛車的馬達數目及列車的組成

这一项资料是必需的，因为有了这项，列车的总重（列车的重量加旅客重）才能适当的分配给列车的每个马达。如果一列车完全是由马达车所组成，则每个马达的平均载重可以由每辆车的平均载重（车辆重量加上旅客重）被每辆车內的马达数目所除而得。如果一列车是由马达车和拖车所组成，则每个马达的平均载重为整个列车的总重量（列车重量加上旅客重）被整个列车內马达的数目所除而得。

每个马达的载重大小在计算速度-距离和时间-距离曲线时是必须知道的，因为马达的工作特性随负载而变。

七、列車阻力

列车阻力包括有：车轮在轨道上的滚动摩擦力，风的阻力，马达轴承和电刷的摩擦及轴颈摩擦，轮缘摩擦和齿轮摩擦等。这是一个不能够准确确定的因数。

车轮和钢轨之间的阻力根据气候，天气情况，钢轨和车轮的物理情况，列车的重量和钢轨的组成及重量而定。轴承摩擦根据所使用的润滑剂的种类，轴承部份的组成和物理情况，以及轴承的负载而定。

风的正面阻力根据车辆前部的面积和形状而定，侧面阻力或“表皮摩擦”根据列车的长度和车辆边侧的设计而定。

当列车在地面行驶时，风的阻力根据气候和天气情况而变，但是在地下时，各种设计的结构都会影响风的阻力，而当列车从一种结构移向另一种时，风的阻力即跟着改变。

所有这些阻力都与列车的速度有关。

在计算速度-距离和时间-距离曲线时，必须考虑这些

细节。但是在应用时，所有这些细节可要综合为一个列车阻力来处理。

通常是利用最接近于实际情况的实验记录来绘出列车阻力对速度的曲线，这个列车阻力的曲线是用以计算速度—距离和时间—距离曲线的。

本书所举的列车阻力（公斤/吨）对速度（公里/小时）的曲线附在图6中。

八、最小的时隙

最小的时隙，或者说在每小时内通过列车的最大数目是决定客运站之间信号机位置的最主要因数。这个因数与最大的速度，站上停车时间长度和站台长度等因数确定后，就能确定接近信号机和速度控制接近信号机的数目。在接近一个客运站时必须装设这些信号机以取得最小的时隙。

九、列车的最大长度

列车的最大长度是决定闭塞分区长度的一个很重要的因素，一个闭塞分区的长度一般都比列车的最大长度多出数米。然而，遇到一些特殊情况时，如列车停站时间较长，时隙较小，道岔所处的位置和急弯道等，就不一定这样要求，而需要改变一下。

在计算速度—距离和时间—距离曲线以前必须要知道列车的长度。因为在这个计算中，把坡道和弯道对列车牵引力的影响，是以列车的中点通过坡道或弯道的转变点后才发生作用来考虑的。这样计算虽不完全反映实际情况，但是这种方法可以算出坡道和弯道对列车牵引力的平均效应，对计算列车的速度—距离和时间—距离曲线来说，已足够准确了。

十、信号设备的特性

信号设备的工作特性对确定信号机的位置，特别是时间控制信号机的位置有影响。从一个显示转到另一个显示（继电器动作）和自动停车设备的动作，所需要的时间，以及信号显示的明确度等，在布置信号机时都必须要考虑。

十一、司机在操作过程中的影响

司机在操作过程中的影响是不能以数学来计算的，但在布置信号机时必须要考虑。

以上这些因素都是在布置信号机时所必须考虑的。随着经验的积累，就会灵活的运用而设计出较好的信号布置。

第三章 信号机位置的计算方法

为了解释各个信号机位置的计算方法，现举一实例来说明。

已知的条件为：

1. 股道的平面和纵面图，以及车站和道岔的位置。如图1所示；
2. 最小的间隔105秒；
3. 在B站上最大的停车时间60秒；
4. 列车的最大长度200米；
5. 信号系统是间隔为三个闭塞分区的三显示、色灯，并有自动停车控制；在自动信号和接近信号上设有自动倒臂装置；
6. 保障前方列车安全的最小间隔为紧急制动距离的135%；
7. 每一辆车的重量（轻型）38,600公斤；

8. 平均每一辆车的旅客重量6,400公斤；
9. 每一辆车的马达数目2；
10. 所有的车辆都是马达车，根据(7)，(8)，(9)，(10)每个马达的平均载重为22.5吨；
11. 车辆设备的特性：
 - (a) 马达车辆的特性曲线，如图4所示；
 - (b) 制动特性，如图5所示；
 - (c) 列车阻力曲线，如图6所示；
 - (d) 在直线水平股道上的“直线加速度”2.67公里/小时/秒；
 - (e) “直线加速度”转换为“马达曲线加速度”时的速度29公里/小时；
 - (f) 载重的大小不影响“直线加速度”和制动特性。
12. 每一站台的长度198米。

有了以上条件后，就可着手绘制工作图，如图1, 2, 3所示。首先，在工作图的底部绘出段道布置图，标出站台及道岔的位置，沿线的坡度及弯度，道岔区段联锁信号的位置等，如图1所示。

下一步是计算及绘制速度-距离及时间-距离曲线。选择适当的比例，以横坐标作为距离，纵坐标作为速度及时间。

速度-距离曲线的计算及绘制是将停在A站的一列车以可能达到的最高速度向B站运行时，将其头部在沿线各个点的速度加以计算并绘出。这条曲线一直算到越过B站约200米处为止。

有了这条速度-距离曲线就可知道列车头部在任何一点处的最大速度。在确定信号机位置时，是根据这个速度来检查制动距离，确定信号系统能否保证安全。

速度-距离曲线绘好后，然后再绘列车制动停止在B站

的“制动曲线”，以及从A站至B站的时间-距离曲线。现将这些曲线的计算方法详述于下：

一、速度-距离与时间-距离曲线的计算方法

绘制列车的速度-距离与时间-距离曲线，首先要找出机车的牵引力与加速度的关系。机车牵引力与加速度的关系是从基本的力学理论导出的。

在水平方向对一个重 ω 克的物体施以 f 克的力时，可以使该物体得到一个 a 厘米/秒/秒的加速度（不计阻力），根据牛顿定律得出它们之间的关系为：

$$f = \frac{\omega}{g} \cdot a \text{ (克)} \quad (1)$$

$$g = 980 \text{ 厘米/秒/秒}$$

设 $W = \text{车的重量 (吨)}$

$A = \text{加速度 (公里/小时/秒)}$

则 $\omega = 10^6 W$

$$a = \frac{10^5}{3600} A$$

$$\text{代入 (1)} \quad f = \frac{10^6 W}{980} \times \frac{10^5}{3600} A$$

$$= 28336 W A \text{ (克)} = 28.336 W A \text{ (公斤)} \quad (2)$$

由于列车的牵引力并非很准确，为了便利于计算，用下式来进行计算是不会造成很大误差的。

$$f = 30 W A \text{ (公斤)} \quad (3)$$

方程式(3)中的 f 未计阻力，即阻力为0，因此对机车来说即相当于其净牵引力。

设 T_n^0 ——使列车得到加速度的净牵引力；

T_m^0 ——列车马达所产生的牵引力；

T_i^0 ——列车前进时的机械及滚转的摩擦力，和空气阻力等；

T_c^0 ——列车经过弯道时受到的弯曲阻力；

T_g^0 ——列车经过坡道时受到的阻力。

用 T_n^0 代替方程式 (3) 中的 f ，则

$$\begin{aligned} T_n^0 &= T_m^0 - (T_i^0 + T_c^0 \pm T_g^0) \\ &= 30 \cdot WA \text{ (公斤)} \end{aligned} \quad (4)$$

列车在上坡时 T_g^0 的符号是 (+)，下坡时是 (-)。

设 T_n, T_m, T_i, T_c, T_g 为每吨车重所产生的牵引力或阻力，则方程式 (4) 变为：

$$T_n = T_m - (T_i + T_c \pm T_g) = 30A \text{ (公斤)} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{或} \quad A &= \frac{1}{30} [T_m - (T_i + T_c \pm T_g)] \text{ 公里/小时/秒} \\ &= \frac{1}{30} T_n \end{aligned} \quad (6)$$

根据方程式 (6)，假如有了 T_n 就可计算出加速度 A 。

下面再将加速度、速度、距离与时间四者相互之间的关系列出。取任意一个速度 V_1 (公里/小时)， ΔV 为 V_1 的增量。设：

$$V_2 \text{——} V_1 + \Delta V;$$

t ——从 V_1 增加到 V_2 所需要的时间 (秒)；

s ——在 t 秒钟内所经过的距离 (公里)；

A —— t 秒钟内的平均加速度 (公里/小时/秒)。

$$\text{则} \quad t = \frac{V_2 - V_1}{A} \quad (7)$$

$$s = \frac{(V_1 + V_2)}{2} \times \frac{1}{3600} t \quad (8)$$

根据方程式 (6)，(7) 和 (8) 就可计算出速度—

距离和时间-距离的曲线。

但是要注意的是，根据方程式（6）计算从速度 V_1 增至 V_2 的加速度 A 时， T_n 应采用 V_1 和 V_2 间的平均值。

计算速度-距离和时间-距离曲线的步骤为先给出速度及增量，然后根据机车的性能可查出在该速度下的牵引力，按（6）式可求出加速度。得到加速度后再求出距离及时间的增量。

为了计算准确起见，给出的速度增量应愈小愈好。在本书所举的实例中，速度的最大增量约为3公里/小时，距离的最大增量约为50米。在列车的平均牵引力很大时，譬如列车在刚一开车时，如果最大距离不超过约50米时，速度的增量可以允许超过3公里/小时。

速度的增量除了要选得愈小愈好以减少“ A ”值的误差外，该增量还受坡道、弯道的长度的限制，因为在确定“ T_n ”时，弯道或坡道所产生的阻力必须要按弯道或坡道的有效长度来折算。因此，为了简便折算起见，在接近一个弯道或坡道转变点的地方，由所选择的速度增量而计算出的距离增量以落在距转变点越近越好。本书所举的实例中，定为不超过3米的地方。超出此值则另选适当的速度增量以达到要求。

计算速度-距离和时间-距离曲线，最好先把各种数值列成表格，如表1所示。在表1中，“距离”栏中所列的里程是指列车头部所在的位置。列车经过弯道或坡道转变点时，须要等到列车中部到达转变点后，下一个弯道或坡道才对列车起作用。因此，在表1的“转变点”栏中所列的里程，是指列车中部经过转变点时列车头部所处的位置。表1中转变点栏内第一个记录是指第一个转变点的里程位置。以这点为开始，加上列车长度的一半（100米），就得到列车中