

简明 OpenTTD 配线教程

WenSim, Dongfeng₄₃₁₁₀, Mikhail, Babel, Feb.19, 2024

第一版

前言

这篇详细解释了OpenTTD中的配线以及推荐设置。

我知道 OpenTTD 是什么，但是应该怎么配线呢？

首先，我们要知道——什么是配线。

配线是什么呢？配线就是铁路的布置方式。一条条铁路线在给定的沙盒里面自由铺设，好比在图纸上画画，所以我们将铁路称为线。在现实生活中，铁路线需要按照一定的规律铺设，这是为了提高铁路枢纽的效率并让管理与维护更简单。而在OpenTTD中，也有类似的需求。我们不想要杂乱无章的铁路线。

我想随便修建

请你现在马上离开这篇教程。诚然,OpenTTD如官方所说“不禁止玩家做傻事”但是这是一篇**正式教程**。

那好，我倒要看看这教程里面有什么

很好！你倒是开窍了（笑）。那让我们来看看都有什么吧。

目录

- 信号机
 - 路径信号机
 - 逻辑信号机
- 车站设计
 - 普通车站设计
 - 终点站与折返
 - 车辆段/车库
- 列车调度
 - 班次均匀
 - 满载命令
- 线路修建
 - 规划与曲线
 - 坡度
 - 线路规模

啊！怎么开始就那么复杂？可是我看到别人说.....OpenTTD很简单啊！<!--谁说的Openttd很简单？>

你也许会那么想。那么，就让我们直接进入最基本的——

信号机基础知识

游戏里有这样几种信号机：

- 路径信号机
 - 单向路径信号机
 - 路径信号机
- 逻辑信号机
 - 入口信号机
 - 出口信号机
 - 复合信号机
 - 区间信号机

在绝大多数的情况下，你只需要用到路径信号^[来源请求]。逻辑信号机，如官方所说，“只适用于特殊用途”如逻辑阵列等。让我们首先来看看他们的工作原理。

信号种类	插图
<div>路径信号机会在列车将要通过时检测列车的路径。如果信号机发现列车路径没有被占用，那么信号就会放行。如果信号机发现列车的路径上有障碍，例如另一列列车占用了这条路，信号机就不会放行。</div> <div>打个比方，这就好比你和小明走路，小明走左边，你走右边，两个人走在同一条路上但是方向不同，这个时候就都可以欢喜地走路。</div>	<div>yixie dongxi</div>
<div>逻辑信号机，正如其名，是依靠一定的逻辑来判断的。逻辑信号机判断的“逻辑”是前方区间有没有被占用。如果前方区间被占用了，则不会予以放行。</div> <div>这就好比你和小明走同一条路，不同方向，但是一次只能有一个人走在这条路上，因为正在这条路上行走的人占用了这条路，按照逻辑信号机的逻辑——自然是不能让另一个人通行的了。</div>	<div>yixie dongxi</div>

我们可以看到，在绝大多数的情况下，路径信号机的效率都比逻辑信号机高^[来源请求]。同时路径式也容易使用。

路径信号机

路径信号机	单向路径信号机
常亮红灯，后面没有小牌子	常亮红灯，后面有小牌子

正如前面所说，路径信号机是通过检测列车实际通过的路径来控制放行与否的。

我们可以看一些使用路径信号灯的例子：

例一：车站	例二：交叉口	例三：铁路线
这里是一个	这里是另一个	这里的例子

我们先来看看单向路径信号机

单向路径信号机，机如其名，是**单向**的。使用单向的原因是，在设计线路的时候，我们想要在有限的空间内使效率最大化，将列车约束到一个方向上，便于管理与车站的扩建，所以会使用单向信号机。我们不想让列车从另一个方向进入。

路径信号机的情况就比较特殊了。使用路径信号机的场合相对较多。在建造车站的时候，会大量地在站台两侧使用路径信号机。一些特殊的轨道布置也会使用这种信号机。

路径信号机的特点在于，其允许列车反向越过。我们可以看这张图，显示了甲车与乙车在一个路径信号机前看到的可用区间。

我是图片

我们可以看到，甲车看到的区间范围不受路径信号灯的阻挠，这是因为甲车看不到，或者说忽略了背对着它的路径信号机。而乙车则正对着路径信号机。

这里是另外一个例子

我是图片

在这种情况下，由于丙车没有直接面对在中间的路径信号机，其看到的区间范围便是图中的四条轨道。其中三条已经被占用了，在这种情况下，丙车想要进入站台，便会驶入空余的站台。丁车看到的则是车站前咽喉区。丙车会在信号机前搜寻所有可用的站台，假如说没有或者线路被堵住了，丙车就会在信号机前等待。

逻辑信号机

必须要声明的一点是，官方是明确**不支持**使用逻辑信号机的。逻辑信号机只适用于特殊场合。另外，我们**强烈不推荐**将逻辑信号机与路径信号机一同使用。如前文所说，逻辑信号机包括这几种：

- 入口信号机
- 出口信号机
- 复合信号机
- 区间信号机

其中，区间信号机是最简单的一种。这种信号机的逻辑也是最简单的。出口、复合、入口信号机的逻辑稍微复杂一些

入口信号机	出口信号机	复合信号机	区间信号机
我是配图	我是配图	我是配图	我是配图
我是文本	我是文本	我是文本	我是文本

使用逻辑信号机可以创建二进制计算机等，不表。不过，请一定一定要记住：**逻辑信号机只适用于特殊用途！！**

车站与折返设计

在OpenTTD的世界中，车站是沟通货物与列车的桥梁。作为车站设计的一部分，折返设计也很有必要着重说明。

车站设计

什么是车站？

车站是列车装卸货，变换行驶方向的路段，设有站台和相关设施，车站的线路数量往往多于铁道本身。（旅客是会自己上下车的货物）如果您不知道什么是车站我建议您可以去看看生活大百科

在一个车站中，有这些“线”：

- 正线：连接车站与车站并直接贯穿/深入其中的线路
- 站线：站内办理作业的线路。在现实中有到发线、调车线与货物线等，但是在游戏中没有这些。我们统一将其称为到发线。你可以理解成“有站台的线路”。

根据规模，我们可以车站分成这几类：

单线车站	复线车站	多线车站
我是配图	我是配图	我是配图
只有一条正线连接车站，具有一条或多条到发线的车站	有两条正线连接的车站	有多条正线连接的车站

根据构造，我们可以将车站分成这几类：

中间站	终点站	混合站
我是配图	我是配图	我是配图
“两头都通”的车站	“只通一头”的车站	“两头通一半”的车站

信号场模型

何为信号场模型？

信号场模型是对各种铁路场站的最一般简化，由**多条轨道与路径信号机**组成，用于增强通行能力的特定区间，即一个**只有铁道和信号机的系统**。

我们为什么引入信号场模型？

配线的重点在于合理安排铁道和信号机，因此信号场模型可以指导我们**理解配线基础规则**。

进一步地，信号场模型可以粗略反映铁路场站的吞吐量，由此能帮助我们思考如何**提升铁路的利用率**。

信号场模型的基本规则？

- 轨道规则：平行设置的，数量居多的铁道，一条铁道 **可且仅可** 容纳一列车。
- 信号机规则：信号机只能在轨道尽头，且为 **单个单向路径信号机** 或 **一对路径信号机**。
- 正线规则：轨道尽头所连接的铁路线，只要有连接，必视作 **同属一个区间**。

追加解释：铁道线平交视同一区间，立交视为不同区间

如何用信号场模型表达列车容量和接发能力？

数学建模，跳过不影响理解

- 单行轨道：拥有一个单向信号机的轨道，为**单向**提供**1**的列车容量

- 双向轨道：拥有两个路径信号机的轨道，为**双向**各提供**1/2**的列车容量
- 简单接发能力：在指定方向上可用轨道的**列车容量之和**比上指定方向**正线数量**

- **完整接发能力**：追加考虑正线的区间数，和**切割正线数**

$$\eta_{Gen} = \frac{\Sigma(\text{列车容量})}{\left[1 + \ln(\Sigma(\text{切割正线数} + 1) \cdot \text{正线数})\right] \cdot \{\ln(\text{正线区间数} - 1 + e)\}}$$

(特别地，当N条正线为同向共线时，可认为是N个区间一条正线)

η_{Gen} 的计算法则决定 $\eta_{Gen} \in (0, 1]$ ，故后文中 η_{Gen} 以百分数书写，并四舍五入至其整数位。

这个公式**不需要理解和记忆**，但 η_{Gen} 可以正确反映车站吞吐量的相对大小，只需理解对于铁路场站，该系数**愈大愈好**即可。

单线车站

折返类型的设计与路线规模和车站规模密切相关，下作简要分类讨论。

- 单线单轨道车站

当列车运行到单线的尽头，会直接调头相反方向运行，或者继续行驶。这是车站的基本单位，下面提到的**双向站台**就是一个单线单轨道车站。在信号场模型中，这样车站的列车容量毫无疑问是：1

- 单线多轨道车站（尽头式）

一个**对称的**2n轨道信号场可以为单线铁道提供单侧为n，双向为2n的列车容量。让我们砍掉一半，成为单行的n轨道信号场，理应为单侧提供为n的列车容量。再使列车到达后原地掉头，我们得到了一个**单线n轨道尽头站**。

每一条站线都可以看作是一座车站，这样，我们又回到上面的情况。一座**单线多轨道尽头站**列车容量为：n

值得注意的是，单线车站在一个站距内只能同时发出一列车，而发车频率不会因任何设计而改变。从这里开始，单线车站的吞吐量开始**受制于线路规模**，再介绍完通过式车站后，我们将移步至复线铁路。

- 单线多轨道车站（通过式）

上面我们讲到，尽头式车站是**半个信号场**，*如果不砍掉一半呢？*这样，我们的车站本质上是一个**对称的**多轨道信号场，列车无论通过还是折返都不会影响正常运转。单向列车容量仍为：n 而双向为：2n

- 杂项

单线车站的最简形态？

在上述的分析后，我们不难得出，一个能满足双向接发终到和通过列车的，最简的车站设计是这样的：

(我是图片)

一个轨道数量是奇数的倒霉蛋？

*由于资金和地形等诸多因素的限制，难免会出现车站轨道凑不齐偶数的情况。*当一个单线车站轨道数量为2n+1时，为了确保**双向均匀**的前提，我们可以将多出来的一条道做成**双向区间或通过线**，至少我们没有浪费空

间，不是么？

如何满足非对称需求？

北京地铁15号线的西行A快车终到“大屯路东”站，而普通车向西继续运行，假设该线路为单线，我们该怎么有效安排A快车的折返？

我是图片1

这里的接发车情况显然不是双向均匀的，因此，我们当然可以**偏向一侧**安排站台。我们可以让3条线西行，1条线东行，或在2条对开线路的基础上干脆多加一条**专用的折返线**

我是图片2

如何设置通过线？

当我们希望让快车尽快通过时，我们可以设立**通过线**，（对于单线，有效的通过线只有一条）将一条轨道的信号灯扒光，就是这样。通过线是正线的一部分，并不属于车站。复线铁路的通过线有额外的复杂度，会另作介绍。

我们单线铁道部分的内容如上。

我按照样例修建了，为什么会堵车？

请参见“单向路径信号机”描述。路径信号机具有“反向透明”^[来源请求]这一神奇的性质，也就是说火车会忽视前方路径上每一个背对它的普通路径信号机。因此，所有站台都使用路径信号机时，每个站台都可以接发来自两个方向的列车。一个方向上在短时内有大量列车进站，这些列车就可能会用完所有可用站台，导致在另一个方向想要进站的列车无法进站。

那我继续加站台不就得了？

水多加面，面多加水，在十万甚至九万次这样的循环后你的车站将会极为庞大而臃肿。

可是这样.....有没有什么简单的解决方案呢？

解决方案相对简单，选出两个或四个站台，将信号灯一半拆除，一半改成单向路径信号灯。这样，你就将这个站台变成了**单向站台**。从对向来的车再多它们也不会使用这些站台。这样可以部分车站在通行上的顺畅。

*详情请见《铁道概论》

现实中，车站内一般有以下几个类型的股道（线路）：

- 正线：连接车站与车站并直接贯穿/深入其中的线路
- 站线：站内办理作业的线路，包括到发线，调车线，货物线等等等等。但是由于这是神奇到没有任何调车作业的OpenTTD世界，下文中将统一用到发线代指站台。
- 段管线/岔线/特殊用途线：神奇的OpenTTD世界不需要他们，除非你是一个执着于还原国铁（指中国国家铁路集团公司）车站逆天级别配线的造景狂魔。

OpenTTD世界中的车站可以小到只有一条站线兼做正线，也可以大到把车站面积调到最大才能放下。但是这并不是今天的主题。

谁能教教我怎么建设基础到能跑车就行的车站？

拉一条铁路，建两个车站，找个地方放个车库，买一列火车，设置好调度计划，启动火车。

现在，你已经有了一条至少能跑火车并办理运输业务的铁路。但是当你的铁路运力逐渐不够又该怎么办呢？最简单的办法当然是——

加长列车

也许，你会发现，当你的列车长到站台停不下它，其装卸速度就会变得极为缓慢.....这是因为，你的站台####长度与列车不匹配！最简单的解决方案就是为你的车站留出足够长的站台（在一些联机服务器，可能会有规定要求各个玩家的车站站台长度相同以便列车过轨）。当然，延长站台所在轨道的长度也是可选办法（但是装车速度依然会十分缓慢）。

我的火车已经长的加不下车厢了，这时候怎么办？

好问题！对于这种情况，我推荐你——

增开列车

现在，你的铁路应该还停留在非常原始的状态

|请插入yuanshidetieluxitong.png|

很明显，如果你就这样贸然增加第二列车进入系统，你的第二列车就永远卡在车库里了。或者你可以让它强行进入，然后与第一列车相撞.....

为了应对这种情况，我建议您

扩建车站

为什么扩建车站?我就不能在车站后面增加大量轨道吗？

行.....但是考虑到其极低的效率与未来水多加面式的大扩张，我还是建议你扩建车站。

单线 [站与站之间只有一条铁路线链接] 铁路上，最简单的既可以满足列车交会也最省成本的车站一般长这样——

|请插入biaozhunzhongjianzhan.png|

如图所示，这是一座很常见的2台2线^[2座站台，2条轨道]式车站。两条到发线均使用了一架单向路径信号机，使其只能接发来自一个方向的列车，因此不会出现多趟同向来车堵塞车站的问题。-->

折返设计简介

什么是折返？

折返是列车运行至路线尽头后，向反方向运行前的过程，在某些情况下，路线被认为不具有尽头（例如灯泡线，详见下文），因此列车折返往往涉及原地掉头(你游魔法魅力时刻)和切割其它列车运行路线，需要特别的注意以防拥堵。

只有列车相对路轨的方向改变，才被算作是折返。注意，沿着铁道转圈不改变运行方向。

折返类型的设计与路线规模和车站规模密切相关，下作简要分类讨论。

- 折返的“基本单位”

当列车运行到单线的尽头，会直接调头相反方向运行，这毫无疑问是最简单的折返，是所有折返的基本结构。但单股道折返存在一个问题，即同一条线承担双向运行。

(铁路路点也可作为折返场使用)

- 单线车站的折返

单线铁路上，每一条站线都可以看作是单股道折返站，这样，我们又回到上面的情况。一座**单线n股道尽头站**包含n个单股道折返，因此列车容量为：n

值得注意的是，单线车站在一个**站距**内只能同时发出一列车，发车频率不会随车站设计改变，在这里，单线车站的折返效率**受制于线路容量**。

上面我们讲到，尽头式车站是**半个信号场**，*那我们把两个尽头站拼起来不就是双向车站了吗？*因此通过式车站的折返效率与尽头式车站别无二致，列车容量翻倍。

在这个操作的基础上，如果有列车在通过该站后不折返，我们该怎么办呢？答案是**可以不管**，我们的车站是一个**双向均匀**的多股道信号场，拥有其一切功能。

- 路点和车库的妙用

铁路路点和**铁路车库**都可以作为**折返站的平替**，理论上，OpenTTD中的车库是一个股道数量无限，不分方向的**四次元口袋车辆存放场**，列车可以进入车库达到调头的目的，因此可以在车站后接车库作为折返线。用车库进行折返的好处之一是列车会在进出车库时**自动维护**，由此省去了在运行途中维护的时间。

- 站后折返的问题

我们先前提到的在站台就地折返并发车的都属于**站前折返**，而在列车出站方向设置车库或路点进行折返，是一种**站后折返**，列车事实上通过了车站，越过了下行的发车信号机后折返。折返后，作为一列上行进站列车**再次**越过车站开回。不难发现，如果列车从车库调头后开回，可能会撞上刚越过的单向信号机，因此，一定要确保站后折返的列车**有途径**顺利通过车站。对于规模较小的车站，将车库/路点放置在正线一旁，并添加连接所有站线的道岔组即可高效解决该问题。

我是图片

(OpenTTD默认允许车辆原地掉头，因此站后折返增加了复杂度，且不是必须的)

- 伪折返——灯泡线

将铁道弯折180度并汇入原有线路，列车在其上运行后也可以做到和折返相同的效果，灯泡线通常用于复线铁路，但对于单线铁路也适用，因其线型酷似（白炽）灯泡而得名“灯泡线”。灯泡线可使列车不停车换向（**因转弯半径较小难免损失一些速度**），特别适用于加速慢的重载货运列车等，在现实中还广泛应用于轻轨（此处指轨重）系统中，因其不涉及或只涉及一个单行道岔，被用以减少工程成本。

我是图片

(OpenTTD中灯泡线在单线铁路中没什么用)

复线车站

- 还记得**信号机**章节中的小明吗？现在铁路拥有两条轨道！

复线铁路一般由**对向平行**的两条轨道构成，允许大量列车连续通过，由于每条轨道都是单行的，复线铁路的列车容量在一般情况下极大。不同于单线铁路，复线铁路的区间长短在一定程度上是任意的。

复线铁路能满足多数交通线的吞吐量需求，因此与之相关的铁路场站最多样，最广泛。

- 复线车站的分类思路

如前文述，复线铁路中，上下行的分离为列车折返提供了额外复杂度，足以使我们产生数倍于单线车站的分类情况。但倘若我们从下面这个车站入手，就能极大简化这个问题。

我是图片

- **完全通过式车站**：一个理论最简的复线车站，我们将从这里开始讨论

什么是完全通过式，为什么引入“场”的概念？

信号场模型中，列车的后方要么是路径信号灯，要么没有信号灯，因此可以随意折返。

然而，复线铁路的各轨道是单行的，因此，虽然信号场模型仍然使用，列车不能像单线车站一样——除非它有机会去对侧正线上——在任意位置折返并开回正线。

如果列车没有办法去对侧正线，这便是完全通过式车站了。这样的车站，不难看出，上下行轨道完全分离。

分离的两部分被称为一个铁路场，简称为“场”，场是部分具有近似功能的轨道的集合。铁路场往往彼此完全或部分分离，在这里，该车站被分为上行场和下行场。

我是图片

因为列车只能单向通过，轨道上必是顺方向的一枚单向路径信号机，也因此为所在方向提供1的列车容量。进一步地，在接发需求对称的情况下，上下行场各有n条轨道的车站提供n的列车容量。

据此易得 $\eta_{\text{Gen}}=100\%$ ，可见，在所有列车都停靠的情况下，这是理论效率最高的复线车站。

如何扩展这个车站？

只需按顺序在上下行场增加轨道数即可，这样的操作提升了列车容量，且不妨碍 η_{Gen} 仍为100%，但由于一个场的所有轨道都汇聚于同一条正线，当轨道数量高于复线铁路的容量后，就毫无意义了。

(信号场模型中的列车容量在复线铁路中意义不大，列车只要不是极端多，一般可认为复线铁路的列车容量是无穷大的)

为了解决折返问题，我们做出了什么妥协？

假设上述车站为该路线上部分列车的终点站，列车需要掉头后前往**对侧正线**，从一侧轨道前往对侧正线必然会先经过本侧正线。让我们添加一条连接两条正线的轨道。

这样的路径被称作**切割正线**，体现为与其他正线上行驶的车辆路径相交（且通常不相接），事实上与其他车辆相互阻挡，影响了通行效率。

我是图片

如果用跨线桥绕到对面，是否可以避免切割正线？

很遗憾，因为涉及到折返，跨线桥在这里不起任何作用。要再次注意的是，列车在进入平行轨道前的全部部分都属于正线区间（“一个区间”原则），穿过这个区间而不前往本侧正线就是切割正线，与路径无关。

这是否是唯一的方案，我们损失了多少效率？

通过计算，对下图这个车站中同时接发通过和折返列车的情况而言， $\eta_{\text{Gen}}=91\%$ ，若对侧也有渡线，则 $\eta_{\text{Gen}}=72\%$ ，话虽如此，但如果折返列车不多，这里的效率损失尚属正常范围。

我是图片1 箭头 我是图片2