

地铁正线信号平面图的设计 及其辅助软件的开发

赵文天

(北京城建设计发展集团股份有限公司, 北京 100045)

摘 要: 地铁信号平面布置图是依据地铁线路图绘制的有关信号设备布置情况的平面图纸, 它是信号系统后续图纸设计的基础。在总结国内多条地铁线路平面布置情况的基础上, 对平面图的组成元素和图例、各类重要的信号设备(信号机、转辙机、计轴、应答器、车地通信设备、车站站台设备等)的布置方法进行研究并归纳总结, 并以单渡线车站为例, 给出其轨旁设备布置样例, 说明设备设置作用以及坐标计算方式。为进一步提高平面图布置的工作效率, 基于 AutoCAD 软件进行二次开发, 应用 ObjectARX 开发工具包, 研发出快速布置典型车站信号设备的辅助软件。

关键词: 地铁; 信号系统; 正线平面图; 设备布置; ObjectARX

中图分类号: U231; U284

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2019)03-0132-06

Design of Subway Signal Equipment Layout Diagram and Development of Its Drawing Software

ZHAO Wentian

(Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., Beijing 100045)

Abstract: The subway signal equipment layout, which is drawn based on the subway line diagram, is the basis for designing all subsequent diagrams. Multiple signal layout diagrams of domestic subway lines, constituent elements and illustrations of the layout diagram, and layout methods of all kinds of important signal equipment (signals, switch machines, axle counters, balises, train-ground communication equipment, platform equipment, among others) are given and studied. A single crossover station is taken as an example, its signal equipment layout is given, and equipment function and a coordinate calculation method are illustrated. A rapid and efficient drawing software for the signal equipment layout diagram is developed based on AutoCAD ObjectARX technology.

Keywords: subway; signal system; mainline scheme plan; equipment layout; ObjectARX

随着我国城市轨道交通的快速发展, 地铁信号系统也由国外厂家占据主导的市场演变为国内国外多厂家多方案的激烈竞争格局。虽然不同厂家的系统功能和构成有所差异, 但其核心的控制设备组成并无较大区别, 如信号机、转辙机、计轴、应答器、车地通信设备等, 这些设备的设置都将体现在信号系统平

面布置图中。在地铁信号系统的初步设计以及后续的招标阶段, 信号系统平面布置图是非常重要的图纸, 是厂家按照自身系统深化设计的输入资料和设计依据。

综上, 对信号设备的图形符号和布置方法的研究, 既要满足初步设计的要求, 也要满足招标和厂家深化的需求。为了进行这一研究, 需要了解国内多条地铁线路平面图布置情况, 对平面图的组成元素和图例进行梳理, 对信号设备的布置方法进行研究并归纳, 形成设备布置的一般原则和方法。

收稿日期: 2018-02-14 修回日期: 2018-07-02

作者简介: 赵文天, 男, 硕士, 工程师, 主要从事城市轨道交通信号系统的设计工作, wentian.zhao@qq.com

1 正线信号平面图的主要组成元素

正线信号平面布置图包括信号系统正线轨旁设备的设置情况以及车站站台设备的配置情况。表 1~表 5 列出了平面图主要组成元素及图例^[1-5]。

表 1 信号机图例

Tab. 1 Signal legend

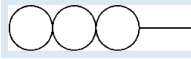
序号	图形符号	名称	灯位排列顺序
1		矮型三灯位信号机	
2		高柱三灯位信号机	

表 2 道岔及转辙机图例

Tab. 2 Switch and switch machine legend

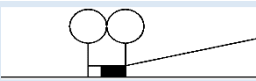
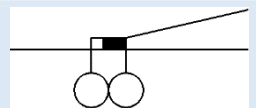
序号	图形符号	名称
1		双机牵引道岔
2		

表 3 计轴及图例

Tab. 3 Axle counter legend

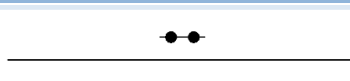
序号	图形符号	名称
1		计轴磁头

表 4 列车位置校准及车地通信设备的图例

Tab. 4 Train location indication and train-ground communication equipment legend

序号	图形符号	名称
1		有源应答器/信标 (主应答器/信标)
2		有源应答器/信标 (预告应答器/信标)
3		无源应答器/信标 (固定应答器/信标)
4		无线接入点(漏缆)

2 正线主要设备的布置方法

2.1 信号机布置方法

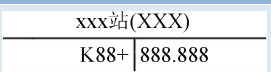
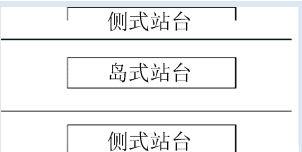
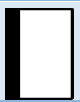
2.1.1 基本原则

由于地铁采用右侧行车制，因此通常情况下，信号机设置在行车方向的右侧，遇遮挡显示(如安全门遮

挡)或者受疏散平台的限制时，可设置在左侧^[6-8]。

表 5 车站及车站设备图例

Tab. 5 Station and station equipment legend

序号	图形符号	名称
1		车站标识
2		车站站台 (岛式/侧式站台)
3		紧急关闭按钮
4		站台门
5		列车停车标(6 辆 编组)
6		发车计时器
7		自动折返按钮

2.1.2 道岔防护信号机

道岔防护信号机设置在道岔岔尖前方或道岔警冲标后方(根据运行需要设置)。

2.1.3 出站信号机

在每个车站出站方向设出站信号机，出站信号机设置在出站方向距离有效站台边缘 6 m 处。

2.1.4 阻挡信号机

线路尽头、折返进路终端设置阻挡信号机。

2.1.5 信号机公里标计算方法

2.1.5.1 基本参数

表 6 和表 7 中的参数是来自青岛、烟台、石家庄、长春等地的实际工程项目中的数据。

2.1.5.2 道岔前方设置信号机位置计算

如图 1 所示，若车站有效站台的端部在 F 的左侧，即站台端部距离岔心距离 $L > A + B + C + F$ ，则信号机设置在岔心后 $A + B + C$ 或站台端头后 F 的位置。

2.1.5.3 道岔后方设置信号机位置计算

如图 2 所示，信号机设置在岔心后 $D + G$ 的位置。信号机外方停车时，要保证有 F 的瞭望距离。

2.1.5.4 存车线设置信号机位置计算

如图 3 所示，以停一辆车为例进行说明，长度至少为 $E + 2 \times F$ 。

表 6 轨道和车辆信息
Tab. 6 Information provided by track and train specialties

字母代号	含义	提供专业	典型距离
A	岔心至岔尖的距离	轨道	10.391 m (60 kg/m 钢轨 9 号道岔)
B	岔尖至轨缝的距离	轨道	2.62 m(60 kg/m 钢轨 9 号道岔)
C	轨缝至信号机(计轴点)的距离	—	3 m
D	岔心至警冲标的距离	轨道	37 m(60 kg/m 钢轨 9 号道岔)
E	车辆全长(车辆类型和编组情况)	车辆	120 m(地铁 B 型车 6 辆编组)

表 7 其他距离信息
Tab. 7 Other distance information

字母代号	含义	典型距离
F	司机瞭望距离	6 m
G	警冲标至信号机(计轴)的距离	4 m
L	某段线路最小长度要求	计算得出

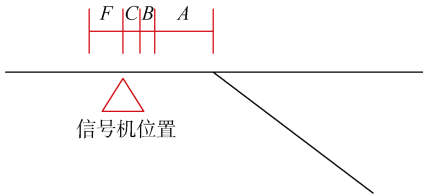


图 1 道岔前方设置信号机位置
Fig. 1 Setup signal before switch

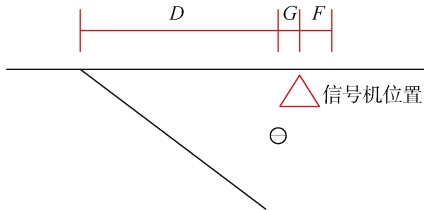


图 2 道岔处设置信号机位置
Fig. 2 Setup signal around switch

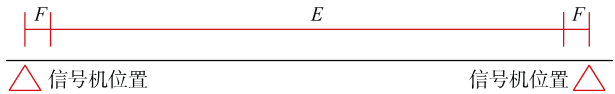


图 3 存车线设置信号机位置
Fig. 3 Setup signal in storage siding

2.2 转辙机布置方法

正线一般采用 60 kg/m 9 号道岔, 曲尖轨需要两台 ZDJ9 型转辙机牵引, 直尖轨则采用单机 ZDJ9 牵引。牵引每组道岔的转辙机数量和安装位置(轨道左侧或右侧), 均需要在图上示意。转辙机坐标通常用道岔岔尖的坐标示意(转辙机安装在岔尖区域), 该坐标的计

算, 可以根据线路专业提供的线路平面图中获得道岔岔心坐标, 再依据轨道专业提供的道岔几何尺寸, 通过加或减岔心到岔尖的距离换算得到岔尖坐标。

2.3 计轴布置方法

一般在信号机设置的地方都要设置计轴(除了尽头线阻挡信号机外), 计轴原则上与信号机同坐标设置。在出站信号机内方需设置保护区段, 其长度根据行车最高运行速度确定, 在保护区段末端需设置计轴。

2.4 应答器和车地通信设备布置方法

车站站台及正线存车线设置固定应答器, 用于精确停车, 信号机前设置可变应答器作为主信号应答器。为了满足车地双向通信的需要, 基于无线通信的移动闭塞信号系统(CBTC)必须在线路沿线进行无线场强覆盖, 可供选择的传输媒介包括无线电台、波导管、漏泄同轴电缆等。应答器和车地通信设备由于不同厂家的设置方式不同, 需要根据具体厂家的具体要求在招标之后确定。一般在初步设计阶段和招标附图中, 应答器和车地通信设备布置仅做示意。

2.5 车站站台设备布置方法

2.5.1 紧急关闭按钮的布置

在车站站台公共区的上、下行面向站台门侧的结构柱或墙面上设置紧急关闭按钮, 设置位置能保证紧急情况时车站人员能够以最短时间到达按钮设置处。对于 6B 型车, 一般上、下行每侧设 2 个, 分别在距离有效站台端线 1/4 站台长度处设置; 对于 8A 型车, 每侧需设 3 个, 分别在距离有效站台端线 1/6 站台长度以及 1/2 站台长度处设置。

2.5.2 无人自动折返按钮的布置

在正常运营交路中的站后折返站清客站台一侧的发车端司机门处设置无人自动折返按钮。

2.5.3 发车计时器的布置

在各站站台的正线发车处设置正向发车计时器。

2.6 信号设备的命名和编号

平面图中信号机、转辙机、站台设备等需要命名和编号, 命名格式为 XXAABB, 其中 XX 为设备代号, 如表 8 所示。AA 为车站编号, BB 为信号设备在车站内的序号。一般从小里程方向向大里程方向编号, 上行设备编号采用偶数, 下行设备编号采用奇数; 靠近上行的存车线设备归类为上行, 靠近下行的存车线设备归类为下行。

表 8 信号设备的代号

Tab. 8 Signal equipment symbol table

序号	类别	代号	备注
1	信号机	S	防护方向为上行方向的信号机
2		X	防护方向为下行方向的信号机
3	转辙机	SW	—
4	发车计时器	DTI	—
5	站台门	PSD	—
6	紧急关闭按钮	ESB	—
7	自动折返按钮	DRB	—

3 典型车站配线的信号设备布置案例

以单渡线站为例，结合上一节中研究和归纳的信号设备的布置方法，给出相应的信号设备布置案例，

最终实现对列车的有效控制。单渡线站信号设备布置如图 4 所示。

图 4 中信号机 X1103 和 X1102 作为进路始端和进路终端信号机，引导列车从下行站台一侧，经过渡线，至上行信号机 X1102 与 S1104 间停车，然后以 S1104 和 S1108 作为进路始端和进路终端信号机，引导列车驶入上行站台一侧，完成一次站后折返过程。其中，信号机 S1101 和 X1106 作为道岔防护信号机，在列车经过渡线的过程中，防止对向列车侵入。S1108 和 X1103 分别作为上下行的出站信号机。X1103、S1105、X1106、S1108 的坐标相对有效站台边缘 F 距离处；S1101 是岔后设置信号机，S1104 是岔前设置信号机，X1102 和 S1104 之间保证停一辆车的距离。

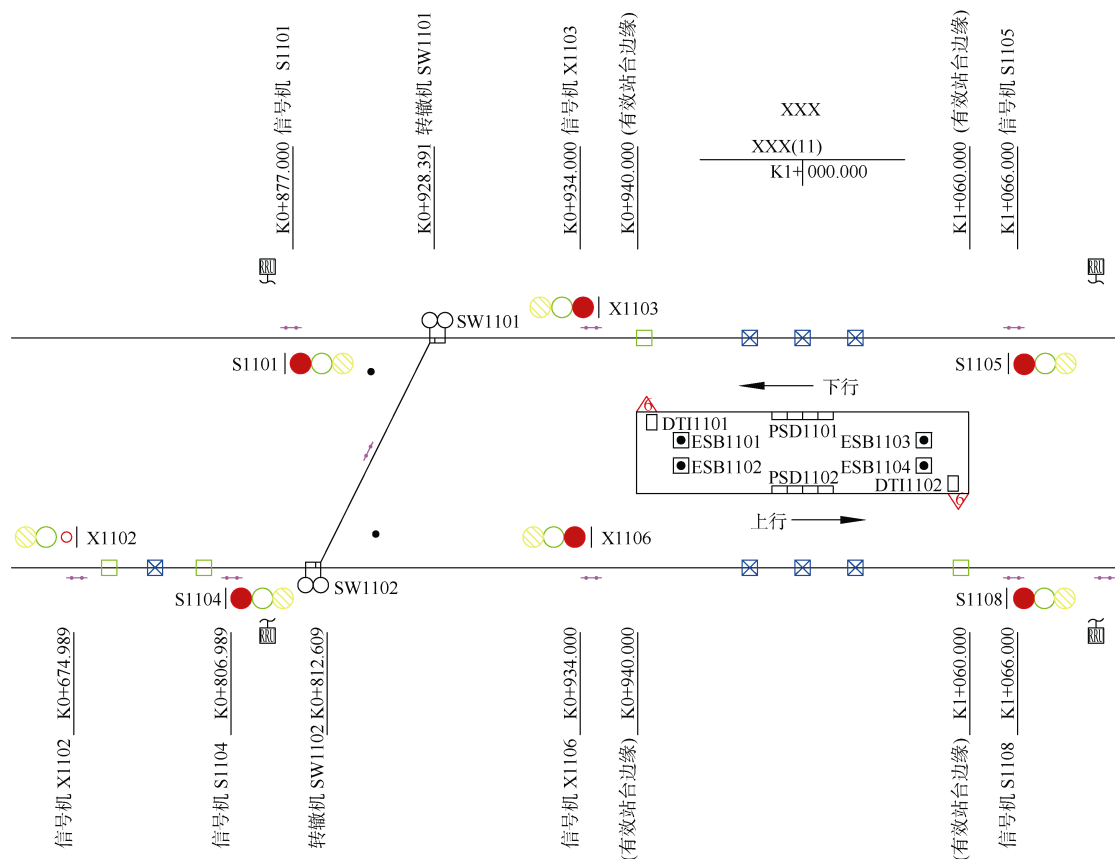


图 4 单渡线站信号设备布置

Fig. 4 Signal equipment layout of single crossover station

图中转辙机里程为道岔岔尖的坐标。除了信号机所在位置设置计轴外，在 S1108 内方设置计轴，构成保护区段；在渡线中间设置计轴，将渡线上下行道岔股道加以分割，保证上下行列车接发车可以同时进行，互不干扰。应答器仅在上下行站台两侧以及停车位置做示意设置。RRU(远端射频单元)也只在站台两侧和

道岔位置示意设置。车站站台设置 4 个紧急关闭按钮和两个发车计时器。

4 基于 ObjectARX 出图软件的开发

利用 AutoCAD 软件的 ObjectARX 二次开发工具包，开发一种快速生成车站配线、设备布置和坐标等信

息的辅助软件。由于篇幅有限,只针对单渡线车站开发辅助软件,其他类型车站的辅助软件开发方式类同^[9-11]。

4.1 程序设计

AutoCAD 的二次开发是以编写新的命令的形式进行的,工程中,注册命令 DDX,编写相应的代码,实现单渡线设备的布置过程。

插件实现的基本原理是:首先,通过 AutoCAD 软件由人工画出台站、设备、线路等固定的部分,并将所有需要软件设置的参数(如设备名称、设备坐标等)定义为块属性,并将整体定义为一个块,存储在一个 DWG 文件当中,构成单渡线模板 DWG 文件,如图 5、图 6 所示。

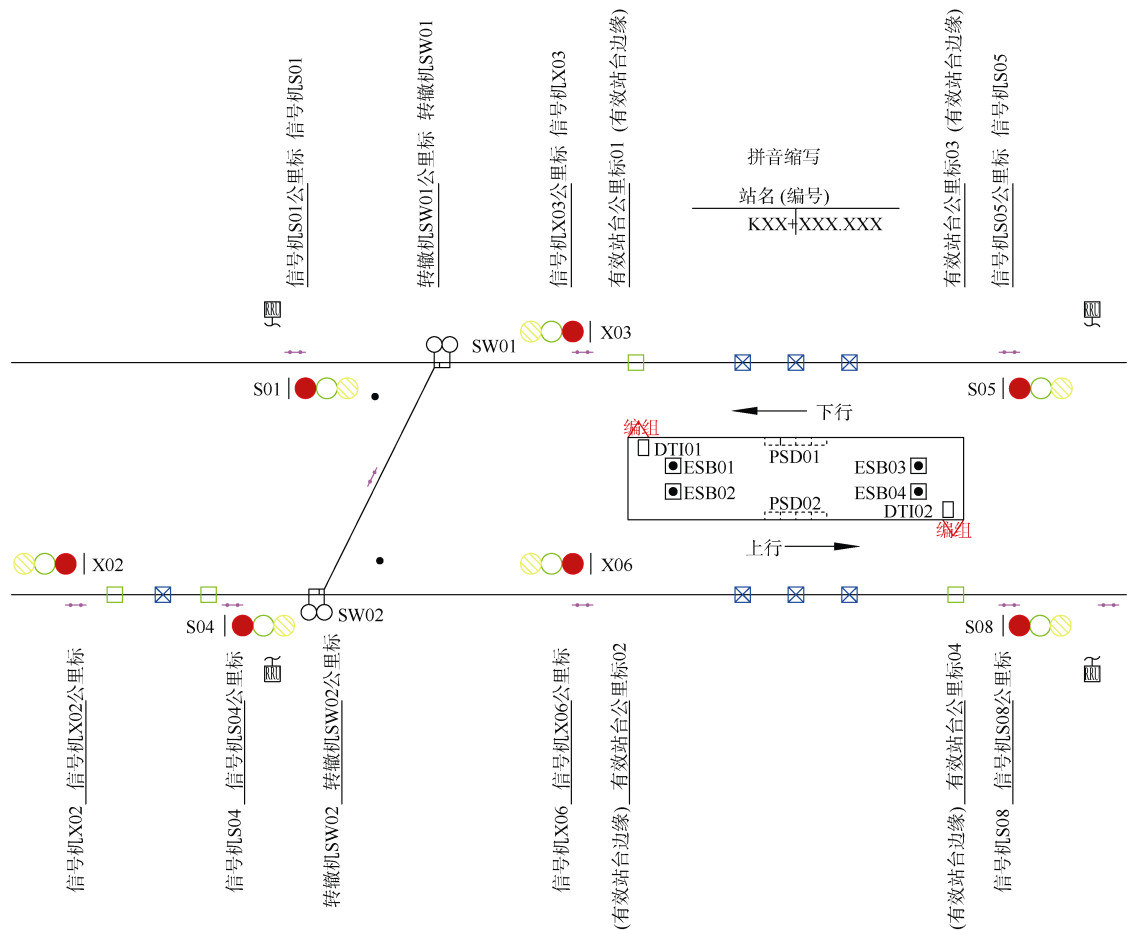


图 5 单渡线车站模板
Fig. 5 Single crossover station template

属性	ESB03	信号机S01
X02	ESB04	转辙机SW01
S04	信号机X02	信号机X03
SW02	信号机S04	信号机S05
X06	转辙机SW02	信号机S01公里标
S08	信号机X06	转辙机SW01公里标
S01	信号机S08	信号机X03公里标
SW01	信号机X02公里标	有效站台公里标01
X03	信号机S04公里标	有效站台公里标03
S05	转辙机SW02公里标	信号机S05公里标
PSD01	信号机X06公里标	KXX+XXX.XXX
PSD02	有效站台公里标02	站名(编号)
DTI01	有效站台公里标04	拼音缩写
DTI02	信号机S08公里标	编组
ESB01	上行	编组
ESB02	下行	

图 6 块属性定义
Fig. 6 Block attributes definition

然后,在 DDX 命令中完成块的读入、修改、插入等功能,从而实现单渡线设备布置。DDX 命令程序流程如图 7 所示。

4.2 实现效果

在 AutoCAD 软件的命令窗口中,输入 DDX,弹出对话框,并输入相关参数信息,如图 8 所示,单击确定,并在图中选择位置单击,插件自动生成并插入在单击的位置,如图 9 所示的单渡线设备布置图。

5 结语

在总结国内多条地铁线路平面图布置情况的基础上,对平面图的组成元素和图例及各类主要的信号

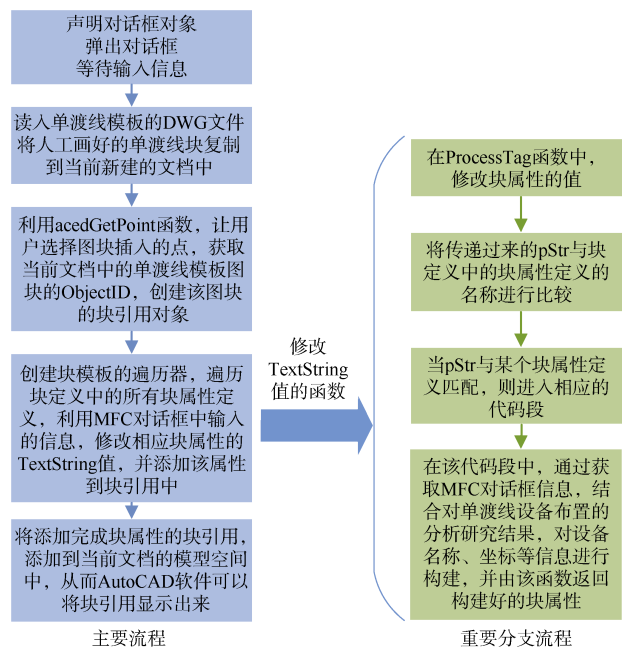


图 7 DDX 命令程序流程
Fig. 7 Program flow of DDX command

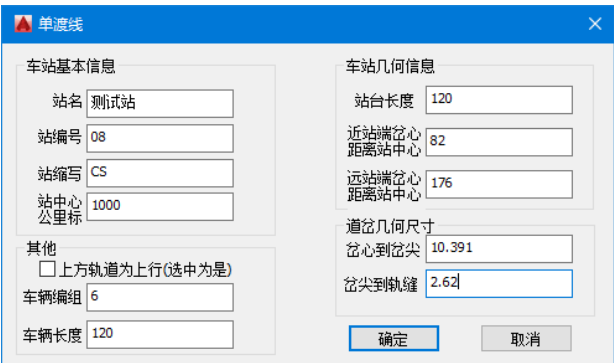


图 8 参数输入界面
Fig. 8 Parameter input dialog

设备的布置方法进行研究和归纳总结，并针对典型的车站配线，给出满足初步设计要求的信号设备布置案例。为进一步提高平面图布置的工作效率，基于 AutoCAD 软件进行二次开发，应用 ObjectARX 开发工具包，研发出快速布置典型车站信号设备的辅助软件。

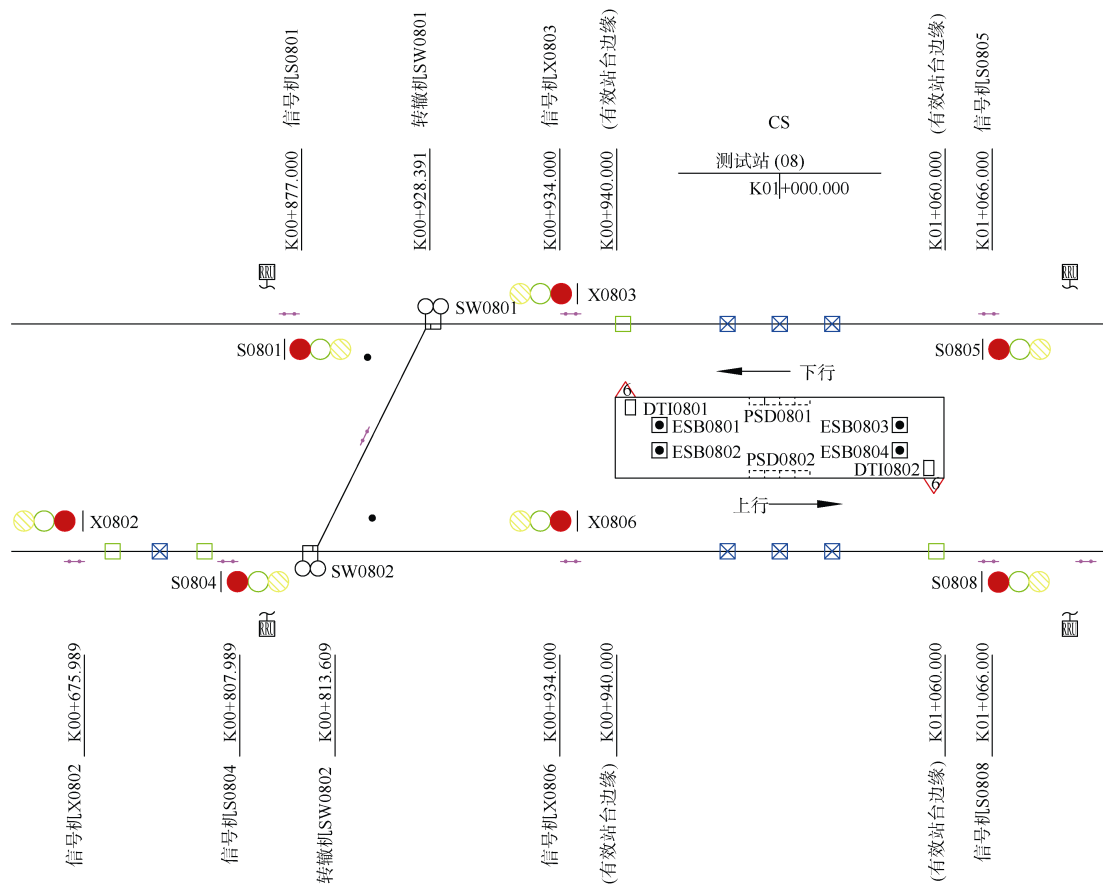


图 9 单渡线设备布置图
Fig. 9 Final output layout of signal equipment

(下转第 151 页)