

机车运行记录仪的路程校正

李津发¹ 李 巍² 林知明² 何国民³
顾松宾⁴ 闵越民⁴ 柯文瑞⁴

(1 科研处, 2 电气工程系, 3 兰梦科技开发公司, 4 福州铁路分局永安机务段)

摘 要 讨论了为永安机务段研制的机车运行记录仪的路程校正的基本特点, 给出了路程校正的实现方法。特别就校正中的技术难点——站点识别和平滑处理给出了具体解决办法。

关键词 路程校正; 站点识别; 平滑处理

分类号 TP 391

1 机车运行记录仪路程校正的特点及算法

机车运行记录仪是一种行车安全监测设备, 其功能就是监测并记录各种异常状态或事件发生的时间、地点及工况。机务部门不仅关心事件发生在何时, 更关心事件发生在何处。因此, 行车位置(该系统中称路程) 是记录的必备量且精度(即记录值与实际值之差) 要求越高越好。

在为永安机务段研制的机车运行记录仪中, 路程量的采集记录方式如图 1 所示。

由图 1 知: $\Delta S_i = V_i \cdot \Delta t_i$ (1)

$S_i = S_{i-1} + \Delta S_i$ (2)

其中: $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ 为第 i 个采样点的采样时间与第 $i-1$ 个采样点的采样时间之差;
 V_i 为第 i 个采样点的即时速度;
 ΔS_i 为第 i 个采样点与第 $i-1$ 个采样点之间的位移增量;
 S_i, S_{i-1} 分别为第 $i, i-1$ 个采样点上的路程值(开机时 $S=0$) 。

系统未设置专供路程校正用的地面信号装置, 也未对机车运行方向(进/退) 作采样记录。作为补充, 设置了两个功能键, 一个用来标记始发站与终点站站中心线的

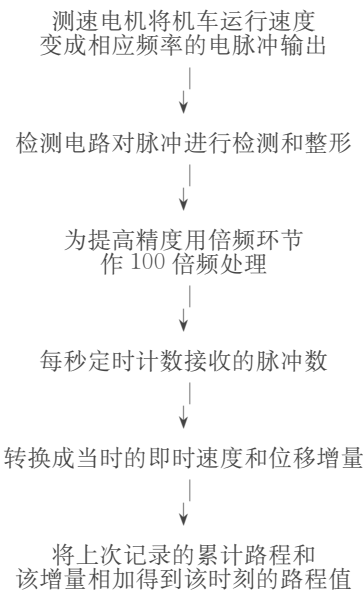


图 1 路程量的采集记录方式

位置,要求乘务员在机车经过始发站和终点站的中心线时,按一下此标志键。另一个用来标记调车作业的始末位置,要求乘务员在调车作业开始和结束时,按一下此标志键。

地面行车信号是记录的必要量。一般情况下,记录仪记录的行车信号有下述特点:

1. 地面信号装置(包括预告信号机,进站信号机和出站信号机)的位置是确定的。
2. 在一般情况下,信号出现的范围和转换关系也是很有规律的。红黄绿色信号一般只在车站附近上从预告信号机起,下到出站信号机止的一段区间。站间的其它地方车上显示的(也是采集记录的)均为白色信号。一般,从前一站驶入当前站时,在预告信号机处,车上显示信号由白转为非白。从当前站驶往下一站时,在出站信号机处,车上显示信号由绿转白。
3. 机车上接收的行车信号是通过轨道电路传送的,因此,机车上接收信号的转换位置与地面信号机的位置存在偏差。在出站信号机处约为 25 m 左右,在预告信号机处则相差较大。
4. 并非所有股道上机车均可接收到地面信号,在不发码的侧线上作业,就收不到地面信号,且出站时往往把非白信号(通常多为红色信号)带到下一站的预告信号处。
5. 由于干扰等多种原因,记录上会出现少量错误的信号。

列车行车有如下特点:

行车车次按四位数编码,千位为零的(即通常的三位或三位以下的车次)均为客车。千位为 1、2、3、4 的均为货车。

一般客车都在有信号发码的轨道上运行,且无调车作业,信号完整准确。

一般货车(尤其是 3、4 字头的)大多存在调车作业,且往往在不发码的侧线作业,信号异常情况较多。在始发站货场和终点站货场也存在类似情况。

根据上述特点,本系统选择各出站信号的转换位置作为校正基点,对采集记录中的路程分段进行事后校正。

校正算法:

1. 搜索记录数据,找出始发站中心线标记点,终点站中心线标记点,以及调车段始末位置标记点。以始发站中心线为路程零点,并将各调车段的位移压缩为零。重新标记各采样点的路程值。
2. 找出各信号由绿转白的切换点,作为沿线出站信号机位置的候选点集。
3. 从候选点集中滤去明显错误的绿转白切换点。
4. 利用数据融合和模式识别技术,确定绿转白切换点与沿途车站的映射关系。
5. 在映射关系得以确认的各相邻点之间,依据其对应车站的已知的出站信号机相对位置,计算出各段的校正系数 η

$$\eta = \frac{\text{两个对应站之间信号机位置之差} + \text{相应轨道电路的偏差}}{\text{两个对应记录的路程之差}}$$

6. 在各段中,用该段的校正系数 η 乘以各点的实测值,即得到该段中各点校正后的路程值。

2 关于校正算法的几个问题

2.1 站点识别技术

所谓“站点识别”就是要准确的找出沿线车站与记录数据中的绿转白切换点的映射关系,

这是实现该算法的关键。由于信号和行车存在多种异常情况,始末站中心标记及调车始末位置标记,均为主观标记,人为影响很大,轻则不准,重则未置。因此,这种映射关系并非总能简单、准确,完整的加以建立。

本系统采用特征级的数据融合技术,较好的完成了站点识别问题。方法如下述。

2.1.1 确定识别特征集

利用特征级的数据融合技术来完成对某个对象群的模式识别,要点之一就是要能从刻画该对象的各种特征数据中抽取一组适合于该模式识别问题的特征。

特征通常包含:关键特征——即在识别中,起主要作用的特征。一般特征——利用特征冗余,提高识别的可信度。辅助特征——利用特征冗余,提高识别的可信度。

由于一般情况下出站信号机的位置必定出现在记录信号由绿转白的切换点附近,因此,记录信号由绿转白是识别各车站位置的标志。它应作为首选的关键特征。

对实测数据的分析发现:在信号完整的无调车作业的行车中,实测记录的路程数据大约比实际路程多4%左右,而在永安机务段所辖的行车区域中,任意两个车站之间的最短路程均大于4 km。因此,本系统选择记录点距始发站中心线的路程(记作 PS)作为基本关键特征。

为了利用特征冗余提高识别的可信度,系统选择了如下的一般特征和辅助特征。

一般特征:

LS ——该车站与前一个车站两站出站信号机之间的路程;

NS ——该车站与后一个车站两站出站信号机之间的路程;

PSS ——该车站预告信号机与出站信号机之间的路程;

ESS ——该车站进站信号机与出站信号机之间的路程。

辅助特征:

XFD ——从该车站到下一车站之间是否有电分相点。

车次编号与机车运行的可能状况有密切关系。而不同状况下,关键特征的数值是不相同的。因此,行车信息也作为重要特征纳入识别过程,只是没有列入特征表,而是反映在不同的识别函数中。

为了提高识别处理的效率,信号绿转白特征未列入特征表,而是先从记录中将所有信号由绿转白的记录抽取出来,并对其中的明显非法者作删除处理,以此作为可能的对应站点的候选解集。这样就大大减少了候选解的个数,极大的提高了处理效率。

2.1.2 建立识别函数

本系统没有采用人工智能中的推理方法,而是采用识别函数。

识别函数的一般形式为

$$y = f(k_1 \cdot PS, k_2 \cdot KS, k_3 \cdot NS, k_4 \cdot PSS, k_5 \cdot ESS, k_6 \cdot XFD)。$$

其中: $k_i (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6)$ 反映了对应特征的权重。

$\text{柯}PS, \dots, \text{柯}XFD$ 为当前候选点与待比较的站点对应特征值 $PS, \dots, XFD$ 之差。

本系统根据诸多实测数据调整,采用如下的识别函数:

1. 当车次编号为 $0 \times \times \times$ 且切换点个数等于沿线车站个数时

$$y = 8 \cdot (\text{柯}PS/PS) + 2 \cdot (\text{柯}S/LS + \text{柯}NS/NS)。$$

2. 当车次编号为 $4 \times \times \times$ 时

$y=2k\cdot(\text{权}PS/PS+\text{权}LS/LS+\text{权}NS/NS+\text{权}PSS/PSS+\text{权}ESS/ESS)。$

其中： 当 $XFD=0$ ， $k=1$

当 $XFD=1$ ， $k=0.5。$

否则

$y=k\cdot[3\cdot\text{权}PS/PS+2\cdot(\text{权}LS/LS+\text{权}NS/NS+\text{权}PSS/PSS+\text{权}ESS/ESS)]。$

2.1.3 算法

原始记录的形式如表 1 所示。

表 1 原始记录表

时间	路程	速度	电网电压	牵引电机电压	牵引机电流	制动电流	制动管压 强	温度	行车信号	操作级位
----	----	----	------	--------	-------	------	--------	----	------	------

预准备:系统为用户提供一个软件模块,由用户为每个车次建立一个沿途车站的原始基本特征表(表 2)

表 2 原始基本特征表

各车站代码	<i>PS</i>	<i>LS</i>	<i>NS</i>	<i>PSS</i>	<i>ESS</i>	<i>XFD</i>
始发站代码						
⋮						
终点站代码						

步骤 1 搜索整个记录数据,找出各行车信号由绿转白的各切换点,建立一张顺序的由各切换点的有关信息构成的候选点集表(表 3)。

表 3 候选点集表

所在记录号	记录时间	距始发站中心线的实测路程	绿色信号的持续时间

步骤 2 利用由干扰等原因造成的错误的绿色信号持续时间不大于 5 s 的统计特征,从候选点集表中,删除错误的绿转白切换点。

步骤 3 以候选点集为基础,构造各候选点集的实测特征统计表(表 4),并完成 *PS*,*LS*,*NS* 域的填写。

表 4 各候选点集的实测特征统计表

候选点所在记录号	<i>PS</i>	<i>LS</i>	<i>NS</i>	<i>PSS</i>	<i>ESS</i>	<i>XFD</i>
候选点 1						
候选点 1						
⋮						
候选点 <i>i</i>						

步骤 4 搜索记录,找出表 4 中各候选点对应 *PSS*,*ESS* 的值,并填入特征表 4。

步骤 5 根据电网电压的变化,找出各电分相点(即网压短暂为 0 的区段)的位置,及其与候选点的关系,填入特征表 4。

步骤 6 利用识别函数依次将候选点与各车站进行识别计算,并将评价值小于 0.5 的最小的候选点作为识别结果。凡评价值大于 0.5 的,均判为不合格。

步骤 7 按已识别的各候选点的位置顺序,再次进行顺序合法性校验,并将合法的各点作

为最终结果输出。

该系统在鹰厦电气化铁路永安机务段内多次试验,结果如下:

对无调车作业且信号完整的运行列车,识别结果全部正确。

对含有调车作业信号不完整或有错误的运行列车,非调车车站的识别也基本上达到100%。调车作业车站的识别也可达70%。

实验表明,该识别方法是有效的。

2.2 异常绿转白切换点的删除

由于干扰等因素产生的异常绿信号,在记录上的维持时间绝大多数不超过5 s。所以,在寻找绿转白切换点的过程中,同时统计绿色信号的持续时间。在后处理中,以5 s作为时延阈值就可将绝大多数异常绿转白切换点有效删除。

2.3 路程校正的平滑处理

路程参数是一个连续量。但分段校正时,由于相邻两段的校正系数不同,分段简单校正的结果往往会使两段之间校正后的数据产生不连续(或者后一段的前几个路程值比前一段的后几个路程值小,或者远大于前面的路程值)。

本系统试验了三种不同的平滑校正法。

方法一,固定记录数过度法:

设前一段校正系数为 η ,后一段校正系数为 η_1 ,差为 $\Delta\eta = \eta_1 - \eta$ 。

第一段的最末 N 个记录作为平滑过度区间,则每个记录的系数变化梯度为 $\Delta\eta/N$ 。设 i 是这 N 个记录中的第 i 个记录,则该记录的路程实际修正系数为 $\eta + i \cdot (\Delta\eta/N)$ 。理论分析和实验均表明: N 越大,平滑性越好。

方法二,等记录吸收过度法:

该方法是方法一的特例。即令 $N = \text{整个前段的所有记录}$ 。计算表明: $N > 50$ 时,方法一,二已无很大区别。

方法三,等距离吸收过度法:

设前后两段的系数的差 $\Delta\eta = \eta_1 - \eta$,前一段区间的实测长度为 L (即该段首末记录的路程之差),则单位长度校正系数的变化梯度为 $\Delta\eta/L$ 。

设前段段首的路程值为 S_0 ,该段第 i 个记录的路程值为 S_i ,则其实际校正系数修正为 $\eta + (S_i - S_0) \times (\Delta\eta/L)$ 。

实验中,方法二与方法三的偏差不大,系统实际采用方法三。

3 校正结果

以部分数据已知的预告信号,进站信号和电分相出现的位置作为评测依据,对经过校正的多次记录数据进行比较发现:在信号完整的区段,一般绝对误差均在20 m之内。由于作为校正重要环节的调车标志系主观标志,人为影响很大,对调车后区段的路程校正影响较大,有时,最大绝对误差超过100 m。

参 考 文 献

- 1 周玉芬等。多传感器数据融合。计算机世界, 1994. 1. 26. 105~118
- 2 电子部计算机情报网。数据融合的技术和方法。计算机世界, 1994. 1. 26. 111~115
- 3 李津发。相似度比较子系统的组织与实现。模式识别与人工智能, 1989, 2(4) : 26~36

Distance Adjustment on the Locomotive Running Recorder

Li Jinfa¹ Li Wei² Lin Zhimin² He Guomin³
Gu Songbin⁴ Min Yuemin⁴ Ke Wenrui⁴

(¹ Scientific Research Department

² Electrical Engineering Department

³ Lan Meng Technology Development Company

⁴ Yongan Maintenance Section, Fuzhou Railway Branch)

Abstract This paper discusses the basic features of the distance adjustment on the locomotive running recorder, which has been developed by Yongan Maintenance Section. And it also illustrates the method of accomplishing the distance adjustment, especially giving a concrete solution to the technical difficulties in adjustment such as station recognition and smooth tackle.

Key words distance adjustment; station recognition; smooth tackle