

驼峰信号技术学习丛书

音频测长设备

陈志雄 编著

中国铁道出版社

1986年·北京

前 言

音频测长设备由铁道部科学研究院研制生产。它是驼峰自动、半自动调速系统的基础设备之一。自1979年部科技局、运输局、电务局主持鉴定以来，该项设备已在全国十几个驼峰编组站得到了推广和应用。实践证明，由测长、测重、雷达测速、半自动控制机等设备构成的半自动控制系统对驼峰溜放安全作业、提高编解效率、减少调车线钢轨和机车轮缘磨损，起到了明显的效果，是实现对现有驼峰编组站进行技术改造，达到投资少，经济效益好的重要手段之一。

为了推广音频测长设备这一新技术，我们编写了这本书，供信号工作人员参考。本书共分十章，重点介绍了音频测长设备的用途、构成、测量原理、各单元电路的工作原理以及测长设备的安装、测试与故障处理。书中用到了一些较深的电子线路方面的知识，我们通过结合各单元电路，从物理概念方面做了定性分析介绍。

本章第一至五章由朱槐之同志审阅，第六至十章由吴福盛同志审阅。本书在编写过程中得到了许多单位和同志们的支持和帮助，在此谨表示诚挚的感谢！由于作者水平有限，书中难免有许多不妥之处，请读者批评指正。

陈志雄

1985年9月

内 容 简 介

音频测长设备是驼峰自动和半自动调速系统的基础设备之一。本书系统地介绍了音频测长设备的用途、构成、测量原理、各单元电路的工作原理以及测长设备的安装、测试与故障处理。

本书可供铁路信号维修人员、工程技术人员及大专院校师生学习参考。

驼峰信号技术学习丛书

音频测长设备

陈志雄 编著

中国铁道出版社出版

责任编辑 魏京燕 陈广存 封面设计 刘景山

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：7 字数：157千

1986年11月 第1版 1986年11月 第1次印刷

印数：0001—3,000册 定价：1.85元

目 录

第一章 音频测长设备概述	1
第一节 音频测长设备的用途.....	1
第二节 音频测长设备的构成.....	4
第三节 调速系统对测长设备的要求.....	8
第四节 测量长度与出口速度及阻力系数 的关系.....	10
第二章 音频测长设备的测量原理	14
第一节 轨道电路的特性.....	14
第二节 影响测长的因素分析.....	18
第三节 频率和区段长度的选取.....	26
第三章 音频测长器的发送电路	27
第一节 发送电路恒流的实现及技术要求.....	27
第二节 RC 文氏桥振荡器	29
第三节 几种集成运算放大器.....	36
第四节 综合性音频振荡器及其调试.....	43
第五节 功率放大器.....	50
第四章 音频测长器的接收电路	54
第一节 接收电路选频的实现及技术要求.....	54
第二节 选频网络及其调试.....	56
第三节 RC 文氏桥选频放大器及其调试	66
第四节 线性整流电路.....	71
第五节 综合性选频放大器及其联调.....	74
第五章 音频测长器的静态逻辑电路	85

第一节	静态测量的实现及技术要求	85
第二节	空闲鉴别电路	90
第三节	长度自动相加电路	93
第四节	鉴停、报警电路	97
第五节	静态逻辑电路的联调	108
第六章	音频测长器的动态逻辑电路	116
第一节	动态测量的实现及技术要求	116
第二节	启动逻辑电路	121
第三节	计轴电路	128
第四节	长度数-模转换电路	135
第五节	读出报警及总报警电路	139
第六节	动态逻辑电路的联调	145
第七章	音频测长器的电源电路	152
第一节	稳压电源的质量指标和性能指标	152
第二节	由运算放大器构成的稳压电源	155
第三节	第 I、II 区段固定长度电压的标准 电源	157
第四节	电源电路的调试	158
第八章	音频测长器的配套器材及外接控制条件	162
第一节	长度表和电磁踏板	162
第二节	室内外防雷	164
第三节	外接控制条件	168
第九章	音频测长设备的安装	169
第一节	音频测长器的安装	169
第二节	轨道电路和电磁踏板的安装	175
第三节	室内外防雷装置及长度表的安装	182
第四节	测长设备的开通	183
第十章	音频测长设备的测试与维修	186

第一节	测长器的测试——综合测试台·····	186
第二节	轨道电路和防雷装置的测试·····	197
第三节	测长设备常见故障及其排除方法·····	201
第四节	测长器各单元电路主要晶体管、运算放 大器元件的工作值及故障分析·····	205
参考文献	·····	215

第一章 音频测长设备概述

测长设备，顾名思义是一种测量长度的设备。本章简单介绍了测长设备的用途、构成，调速系统对测长设备的要求，测量长度与出口速度及阻力系数的关系等问题。

第一节 音频测长设备的用途

一、测量股道的空余长度

音频测长设备用在驼峰编组站中，用来测量股道的空余长度。所谓空余长度，是指从调车线入口（或减速器出口）至车组停留点之间的距离。目前国内外测长设备所测出的距离，均是指调车线内第三部位减速器的出口端至距减速器最近一辆车的尾端之间的长度，如图 1-1 所示的 L_0 ，也就是后续车组可以占用的股道有效长度。知道了这个有效长度，就能确定在该调车线内尚能放进多少车辆。

根据我国情况，一条调车线要容纳一个车列，一个车列往往是由 50~60 个车辆组成，而且在溜放的车辆中，一些阻力大的难行车辆常常因难于控制而发生溜放车组中途停留的情况，这就造成了二个车组之间的空当（如车组 A 和 B 之间的距离，这个距离俗称“天窗”—— $L_{\text{天}}$ ）。所以一条调车线的有效控制距离常在 800m 以上。由此规定了测长设备最大可测定长度 L_{max} 必须在 800m 左右。

空余长度测量按功能要求可以分为两类：静态测量和动态测量。

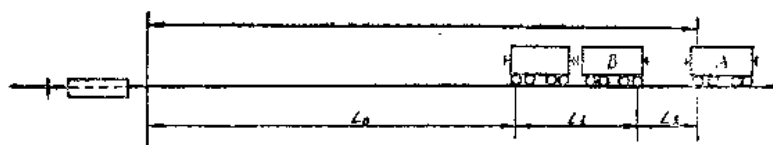


图 1-1 长度测量示意图

L_0 ——空余长度； L_i ——车组长度； $L_{天}$ ——“天窗”长度。

1. 静态测量

静态测量是测量调车线内溜放车组最后轮对的瞬时位置值。因此车组从峰顶溜放进入峰下股道时，长度显示是从零一直增大至该车组停下来时才静止不动的。只有在车组停下来后，显示出来的长度才是有效空余长度。因此测长设备指示的空余长度值，只能在车组停下来后才能取用。

2. 动态测量

在溜放过程中，一条调车线上，常常出现多个车组同时运行的情况，我们把正在股道内运行的车组叫做动车组。在溜放目的控制中，需要预先估计最后一个动车组将要停留在什么位置上，所以把预计动车组待停点的测量称为动态测量。由此可见，动态测量一要对溜放车组在股道上走行位置的信息变化进行处理；二要判断运动的车组是否已经停止下来；三要根据该车组自身的长度、运动的阻力和前方停留车的位置等因素，来综合确定该车组的待停点的空余长度值。

3. 车组长度的测量

车组自身的长度可以通过测量车组的轴数来确定。例如我国大多数车辆是四轴的，所以四个轴就代表一个车辆，一个车辆的平均长度，按换长1.3计算等于14m。那么，车组长度 L_i 就等于车组的车辆个数 N_i 乘以平均车辆长度14m，即 $L_i = 14N_i$ (m)。

二、用作调速系统的基础设备

股道空余长度是预定车组出口速度（车组从减速器上离开时的速度）的主要依据之一。在编组站上应用测长设备，有助于提高控制效果，保证作业安全和提高效率。在实现编组作业自动化时，为了确定调车线内尚能溜放多少车辆，需把股道空余长度随时输入至数据处理计算机中，从而编制出最优的编解计划。因此，测长设备是驼峰机械化、半自动化、自动化调速系统的重要基础设备之一。

在不同的调速方式中，音频测长设备所起的作用和要求也有所不同。

1. “点式”调速

音频测长设备比较适用于“点式”调速方式。这种方式是以减速器作为调速工具来对溜放车组进行调速，以实现间隔和目的制动。“点式”调速方式有：机械化、半自动化和自动化三种调速系统。

机械化驼峰调速系统，一般只有第一、第二部位减速器，操作员根据股道空余长度和车组走行性能来控制减速器，从而实现对溜放车组的调速。调速的作用是保证溜放车组的间隔控制并兼管目的控制。所以长度显示是操作员进行控制时的参考依据。对于长度显示的精度，要求并不高，只要能把股道满线、空线、占用这三种情况正确地显示出来即可。因此，这种系统可选用简单的静态测长。

半自动和自动化调速系统，除设置第一、第二部位减速器外，在编组站内还设有实现目的控制的第三、四部位减速器。在半自动控制中，操作员根据长度和车辆类型、阻力，预先定好各个溜放车组道过相应部位减速器时的出口速度，再借助于半自动控制机实现定速控制。长度显示虽然是控制

的参考,但由于控制减速器的数量多、作业量大,故采用动态测长比较适宜。

当长度值直接进入数字计算机时,计算机根据车组阻力大小、车组长短、风向风速等有关因素,自动给出车组通过各个部位减速器时的出口速度,这就叫做自动调速系统。在这种系统中,长度是直接参与控制的主要参数,因此要求长度测量值既要准确又要可靠,并要求能对测量发生故障时及时报警,否则就会产生失控的情况。

2. “点式”加连续调速

以“点式”控制为主、用加速牵引小车推送将要停住的车组,这种调速方式称做“点式加连续调速方式”,它能充分利用“点式”效率高的优点而又弥补了“点式”安全连挂率低的缺点。它的控制特点是使溜放车组不产生超速连挂,留下的“天窗”靠小车来整理。小车推送区段为400m,测长区段可分为二段,每段400m,或仅用一段600m。这种调速方式要求400m内测长要准确,400m以后测量精度可以差一些,但它们都要求测长值尽可能不产生正偏差,因为正偏差容易使出口速度计算偏高,造成超速连挂的可能。

第二节 音频测长设备的构成

音频测长设备由音频测长器(分为动态、静态两种)、长度表、室内外防雷、轨道电路、电磁踏板(静态测量不用)等几部分构成。除音频测长器和轨道电路外,我们把其它几部分称为测长器的配套器材。音频测长设备的总体逻辑框图见图1-2。

一、音频测长器

音频测长器分为动态测长器和静态测长器两种。静态测

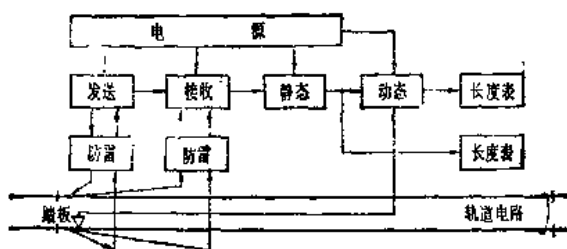


图 1-2 音频测长设备的总体逻辑框图

长器的单元电路，除了没有动态逻辑电路外，其余电路均与动态测长器电路相同。TZ-DC-103 型音频动态测长器由电源电路、发送电路（音频振荡电路板、功率放大电路板）、接收电路（选频放大电路板）、静态逻辑电路、动态逻辑电路、总报警电路等几部分组成。

1. 电源电路：直流稳压电源为 $+12\text{V}/4\text{A}$ ， $-12\text{V}/1.5\text{A}$ ， $-6\text{V}/1.5\text{A}$ ，不稳压电源为 $+12\text{V}/1\text{A}$ 。电源允许长时间、连续地工作。

2. 音频振荡电路板：整机共用三路不同频率的振荡信号——283、333、383Hz（老系列为225、275、325Hz），每路输出的信号幅度为 5V（有效值）。每路信号源均能激励12个区段的功率放大器。

3. 功率放大电路板：共有三路平衡输出，每路输出音频电流 $50 \pm 1\text{mA}$ 。

4. 选频放大电路板：每块电路板上三路选频放大器，它把轨道接收来的音频信号，经过相对应的选频放大后，再整流成直流电压，送至静态逻辑电路板上。

5. 静态逻辑电路板：它的作用是判断溜放车组走行在哪个区段上，并把各区段长度自动相加，以实现长度显示的

连续性、整体性。本电路板包括：静态部分的空闲鉴别、逻辑相加；动态部分的静态长度存储器、鉴停、上下限报警、启动电路。

6. 动态逻辑电路板：它的作用是进行编组线内停车点的空余长度减去进入股道内动车组的自身长度的运算。它包括运算电路、计轴电路、数字-模拟转换电路、读出报警和

译码电路。

7. 总报警电路板：当任一股道发生上下限报警时，总报警译码电路经译码后，给维修人员发出音响和灯光报警信号，提醒维修人员进行检修，同时在操纵台上给出该股道的报警灯表示；当任一股道发生读出报警时，读出报警总译码电路同时向维修工区和操纵台出发音响和灯光报警信号，以表示该股道测长失效，急需维修。

TZ-DC-103 型音频动态测长器，结构上采用印制板组合方式，每股道共有四块印制板：功放、选放、静态逻辑、动态逻辑。一个机架上可以放置14股道测长的电路板，其中12股道为使用的电路板，另2股道为备用板。同类电路印制

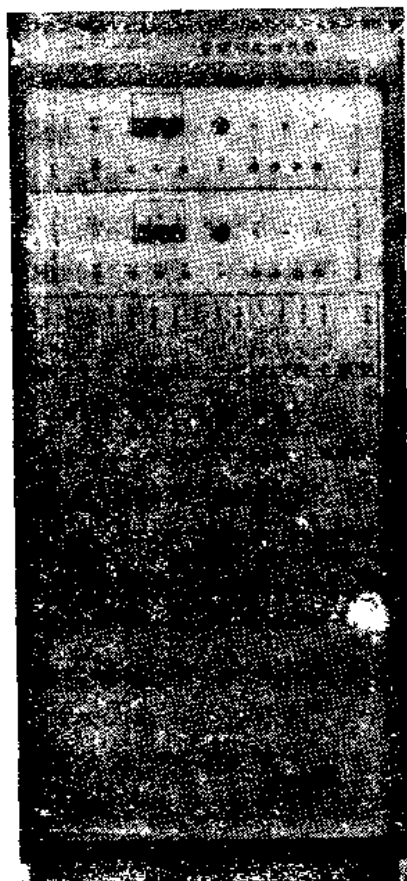


图 1-3 TZ-DC-103型音频
动态测长器

板都可以互换。振荡电路板、总报警电路板是整机各股道共用的电路板，每种电路板都是使用一块备用一块。电源有二套，每套均可供12股道测长电路使用，其中一套使用另一套备用。

TZ-DC-103 型音频动态测长器外形见图 1-3，其整机尺寸为 $760 \times 420 \times 1700\text{mm}^3$ 。

二、操纵台表示装置

在操纵台上，长度表可采用 10V 1.5 级电压表头。为了表示长度单位，表盘需改成长度单位 m，刻度为 100m，每分度为 10m。在半自动调速系统中使用的操纵台上，目前长度、速度、定速显示都是数字显示，每一股道都有一个三位数字表头直观显示车组速度和股道空余长度。

三、防雷装置

防雷装置是保护测长设备免遭雷击的一种简易防雷电路。在室外，防雷装置可直接装在电缆盒的端子上，它是由防雷放电管 VR250 和对接硒片 23×23 并联接在电缆盒内发送端子上。由于电缆盒地线接地电阻要小于 20Ω ，工程上难于实现，所以现有防雷电路仅采用了横向保护电路，未加纵向保护电路。每一股道防雷装置有三个，每个区段一个。在室内，防雷装置直接装在电缆分线架上。每一股道防雷装置共有六个（每个区段发送、接收各装一个）。在室内，防雷装置由防雷放电管 VR70 和对接硒片 23×23 并联构成。这样测长发送和接收电路具有室外和室内二级防雷保护电路。

四、音频轨道电路

音频测长器的测量原理，是基于音频轨道电路被车轮短

路后，轨道电路短路阻抗和送电始端至短路点之间的距离成正比的关系实现长度测量的。所以，音频轨道电路如何设置是保证测量精度的关键。对音频轨道电路的基本要求是：

1. 道床漏泄电阻大于 $1\Omega \cdot \text{km}$ ；
2. 始端和末端钢轨引接线必须采用有聚氯乙稀绝缘护套的产品；
3. 钢轨与钢轨之间需采用双根塞钉式轨端接续线；
4. 为保证测量精度小于20m，轨道电路设置长度不大于350m。

五、电 磁 踏 板

为了测试动车组的车体长度，可以用计轴方法来测量，即四个轴代表一个车辆，一个车辆按换长1.3计算，近似为14m。

车轴的测量是采用一种无接触型传感器，即电磁踏板。测量的基本原理是利用车轮通过踏板时，踏板线圈的磁通量发生了变化，于是在线圈两端产生感应电压，该电压波形近似于单个正弦波的电压波形，经过整形电路整形后，由计数器记下了通过踏板的车轮数字，从而测量了车辆的个数。

对电磁踏板的基本要求是：

1. 线圈电阻600~900 Ω ；
2. 线圈对外壳绝缘电阻大于200M Ω (试验电压500V)；
3. 磁钢采用铝镍钴5材料。

第三节 调速系统对测长设备的要求

一、应用要求

1. 车组进入减速器区段前，测长器应先储存前而停车

点的长度值，并随时判断该溜放车组是正在走行还是停下来了。一旦车组停下后，应以新的停车点长度值修正原有的长度值；

2. 当股道划分成两个以上测量区段时，测长器应优先显示最后一个车组离开第三部位减速器的距离；

3. 装有第四部位减速器的站场，当车组正好停在第四部位减速器上时，由于第四部位减速器已失去了控制意义，因此长度显示不应超过第Ⅰ区段固定长度；

4. 测长器应稳定可靠，具有抗工频干扰及防雷的措施，发生故障时，应能报警；

5. 测试总长度不小于800m，各点的测量误差 $\pm 20\text{m}$ ；

6. 使用条件：(1)海拔2000m以下。(2)环境温度：室外 $-40\sim+55^{\circ}\text{C}$ ，室内 $10\sim+40^{\circ}\text{C}$ 。(3)相对湿度85%以下。(4)适用于电气化区段。

二、测长器的主要性能指标

下面是TZ-DC-103型音频动态测长器的主要性能指标：

1. 使用频率：283、333、383Hz（或用233、283、333Hz）；

2. 轨道电路设置：每股道分三个测量区段，每个区段最长不超过300m，各区段测量结果自动相加；

3. 轨道电流： $50\pm 1\text{mA}$ ；

4. 测量误差： $\pm 20\text{m}$ ；

5. 电压模拟系数： 100m/V ；

6. 动态处理：低于 3.6km/h 鉴停，计轴器最大容量60个车辆（车辆长度按14m计算）；

7. 信号传输距离：测长机架与轨道之间引线电缆长度；

不超过1500m;

8. 故障报警: 长度发生150m突变时, 有上、下限报警; 读出运算装置故障时, 有读出故障报警;

9. 环境条件: 室内环境温度 $+10\sim+40^{\circ}\text{C}$, 相对湿度90%。

第四节 测量长度与出口速度及 阻力系数的关系

车组由减速器出口速度的计算公式

$$v_{\text{出}} = \sqrt{v_{\text{进}}^2 + 2g' l (\omega - i)} 10^{-3} \quad (1-1)$$

式中 $v_{\text{出}}$ ——车组安全连挂速度, 一般设定为3km/h;

g' ——修正后的重力加速度 9.5m/s^2 ;

ω ——车组的平均走行阻力系数 (kg/t);

i ——股道坡度;

l ——股道空余长度 (m)。

可以看出测量长度与出口速度及阻力系数三者的关系。

一、长度误差引起出口速度误差

由于长度误差而引起的出口速度误差是

$$\Delta v = \frac{\partial v_{\text{出}}}{\partial l} \Delta l = \frac{g' (\omega - i) \Delta l}{v_{\text{出}}} 10^{-3} \quad (1-2)$$

由此得出:

1. 长度误差对出口速度的影响与车辆的阻力系数有关。

阻力系数大的车辆, 影响显著; 阻力系数小的车辆, 影响较小; 阻力系数与坡度相等的车辆, 长度误差不会影响出口速度;

2. 在控制距离远的情况下, 若阻力系数不大, 长度误差对出口速度的影响较小, 若阻力系数较大, 长度误差对出口速度的影响就较大了。

二、出口速度允许误差与长度的关系

保证车组安全连挂的条件是最高连挂速度 $v_{\text{连挂max}}$ 小于 5 km/h, 或者是不产生天窗, 即 $v_{\text{连挂min}} = 0$ 。由此可求得出出口速度正、负允许误差的计算公式

$$\Delta v_+ = \frac{v_{\text{连挂max}}^2 - v_{\text{连挂}}^2}{2\sqrt{v_{\text{连挂}}^2 + 2g'(\omega - i)l}10^{-3}} \quad (1-3)$$

$$\Delta v_- = -\frac{v_{\text{连挂}}^2}{2\sqrt{v_{\text{连挂}}^2 + 2g'(\omega - i)l}10^{-3}} \quad (1-4)$$

从式(1-3)、(1-4)可得出出口速度允许误差-长度关系曲线(见图1-4)。

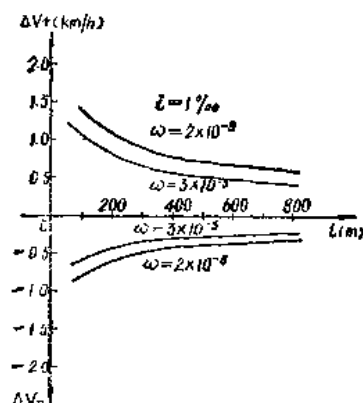


图 1-4 出口速度允许误差-长度关系曲线图

图 1-4 表明, 控制距离近时, 允许的出口速度误差较大。

三、阻力系数允许误差与长度的关系

根据出口速度误差公式有下式成立