

DB—3型记录笔头的非线性修正

陆积顺

(广东省地震局)

提要 线性度是许多记录仪表都要考虑的一个重要参数。DB—3型记录笔头在线性度修正设计上独到之处。本文在“影响DB—3型记录笔头参数的因素分析”⁽¹⁾一文的基础上进一步论述了笔头的非线性因素及修正措施。

关键词: 记录仪表 地震仪 记录笔头 非线性修正

一、引言

DB—3型笔头是引进、消化产品,引进是成功的。笔者根据多年生产、研究的结果写成本文与行家共同讨论。

为了使地震记录曲线真实地反映地震波形,需要有一个好的记录笔头。DB—3型记录笔头是如何在摆幅A与信号电压U之间建立线性关系的,造成笔头的非线性因素主要有哪些,在笔头的结构设计上采取了什么措施,本文就这些问题展开论述。

笔者期望在尽快弄懂DB—3型笔头的结构原理方面本文对读者有所帮助,同时对现有记录仪表的改进,新仪表的设计方面希望本文能给读者以启发。

二、DB—3型笔头的非线性因素

生产工艺的分散性所造成的非线性误差是一个应该重视的因素。但工艺的分散性随机性很大,一般无特定规律,只要在零件加工和组装时严格遵守工艺要求,成品一般能达到限差要求,所以这里不作具体讨论。

为了使摆幅A与信号电压U之间建立线性关系,必须满足下列等式:

$$A = C_1 \theta \quad (1)$$

$$\theta = C_2 M \quad (2)$$

$$M = C_3 B \quad (3)$$

$$B = C_4 \Sigma H \quad (4)$$

$$\Sigma H = C_5 U \quad (5)$$

上列各式中,A代表摆幅, θ 代表转角,M代表转矩,B代表笔芯磁感应强度, ΣH 代表合成磁场强度,U代表信号电压, $C_1—C_5$ 分别代表不同的常数。

此时摆幅A与信号电压U之间线性关系成立,即

$$A = CU \quad (C = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5) \quad (6)$$

实际上,上列一些等式不成立,所以摆幅A与信号电压U之间不是线性关系。下面进一步具体分析。

1) 笔芯磁感应强度B和合成磁场强度 ΣH 之间的非线性关系

笔芯的磁感应强度和合成磁场强度的非线性关系(见图1)是由磁性材料本身的物理性质决定的,要改变磁性材料的这一性质目前还不可能,所以(4)式难以成立,需另想办法。

2) 摆幅A与转角 θ 之间的非线性关系

由于(1)式中 C_1 不是常数,所以(1)式也不能成立,请看图2,由图可知

$$\sin\theta = A/L \quad (7)$$

$$A = L \sin\theta \quad (8)$$

显然摆幅A与转角 θ 是一种非线性函数关系

3) 事实上由于磁性材料的导磁率 μ 不是常数,所以上述(5)式中的 C_5 也不是常数,是个变量。

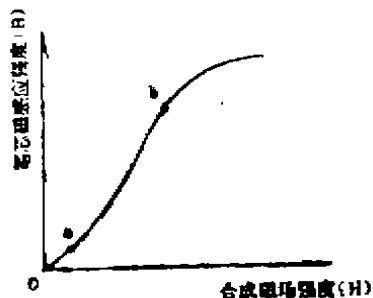


图1 笔芯(转子)的磁化曲线

Fig. 1 The magnetization curve of the refill

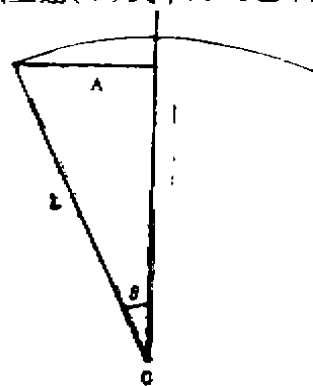


图2 笔杆长度L、转角 θ 、摆幅A关系图

Fig. 2 Relations between the length of the penholder(L), corner (θ) and pendular amplitude (A)

由上述1)、2)、3)因素共同造成的摆幅与信号电压之间非线性变化的趋势如何?是一个必须弄清的问题。分析因素1),由图1看出ab近平线性,b点以后斜率呈递减趋势。分析因素2),

对(8)式求导得

$$A' = L \cos\theta \quad (9)$$

由(9)式知,正弦曲线斜率在有效摆幅内(θ 在第一象限)呈递减趋势。

由估算和实验知道1)、2)、3)三种因素和其它各种因素共同作用的结果使摆A与信号电压U之间关系曲线斜率呈递减趋势,即在转动相同小角度 $\Delta\theta$ 时,初始状态后的摆幅增量最大,而相反,转角越大,摆幅增量越小。

三、DB—3型笔头的非线性修正措施

为了平抑上述非线性(斜率递减)趋势,在生产时把笔芯加工成台阶形状(见图3),其基本原理如下:

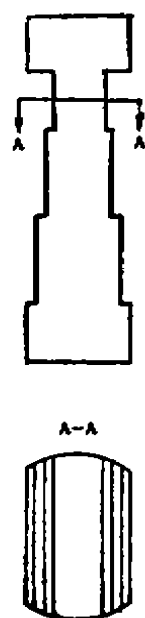


图3 笔芯台阶形状示意图
Fig. 3 Sketch of the refill in the shape of a flight of steps

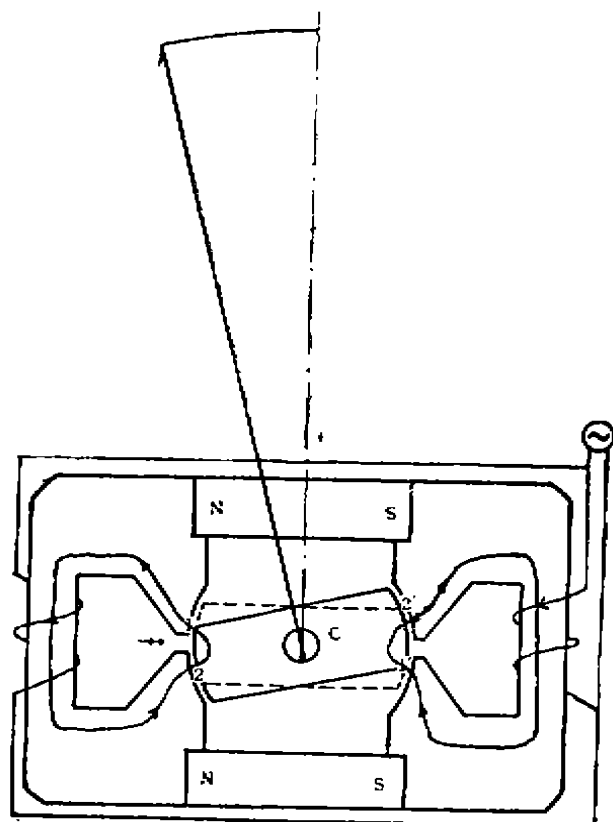


图4 B D—3 型笔头原理图
Fig. 4 Principle of DB—3 writing point

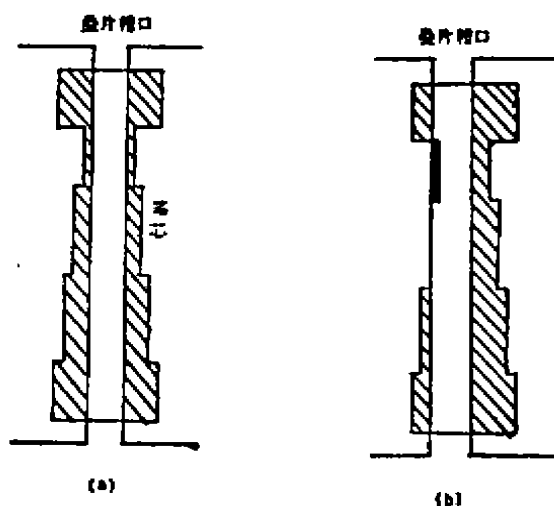


图5 笔芯导磁面积变化图
Fig. 5 Variation of magnetization area of the refill

当信号电流如图4所示流经线圈时，信号磁场方向将如图所示方向流经气隙1、2、1'、2'，磁路磁通 ϕ 大小将由下式决定：

$$\phi = \frac{I N}{R_a + R_b + R_c} \quad (10)$$

式中 I 代表信号电流大小， N 代表线圈匝数，此处 IN 应理解为等效合成磁势。 R_a 代表叠磁片阻， R_b 代表笔心磁阻， R_c 代表气隙磁阻，因 R_a 、 R_b 比 R_c 小几个数量级，所以可忽略不计。又

$$R_c = \frac{L}{\mu \cdot S} \quad (11)$$

式中 L 代表气隙长度，此处是个常量， μ 代表空气导磁率，也是个常量， S 代表气隙导磁面积。将(11)式代入(10)式得：

$$\phi = \frac{L N}{\frac{1}{\mu S}} \quad (12)$$

按图4双箭头所示方向作视图(见图5)。

图5中斜线部分代表气隙导磁面积大小。图(a)表示笔芯在初始位置时气隙导磁面积大小,图(b)表示笔芯在磁力矩作用下旋转某个角度时气隙导磁面积大小,显然导磁面积变大(黑影部分)。

由于笔芯是加工成台阶形状,所以旋转角度越大,其导磁面积越大,结果是。气隙磁阻变小,磁通变大见(12)。又磁转矩M大小决定于磁通的大小,由于磁通变大造成转矩变大,进而造成转角变大,增大摆幅,最终达到摆幅与信号电压之间建立线性关系。

参 考 文 献

- 〔1〕陆树麟,影响DB—3型记录笔头参数的因素分析,华南地震,第9卷第2期,1989。
- 〔2〕简伯敏,导电与导磁物质中的电场场,人民教育出版社, P192, 1983。
- 〔3〕赵凯华等,电磁学(下册),人民教育出版社, P138, 1983。

NONLINEAR CORRECTION ON THE DB-3 WRITING POINT

Lu Jishun

(Seismological Bureau of Guangdong Province)

[Abstract] Linearity is an important parameter to which every type of recording instrument should pay attention. The DB-3 point has originality in the design of linear correction. This paper further discusses the nonlinear factor of the writing point and its correcting measure on the basis of a paper "Analysis of the influence on DB-3 writing point"

Key words: Recording instrument, Seismograph, Writing point, Nonlinear correction