

# 中华人民共和国铁道行业标准

# TB/T 2769.9-1997

# 重型轨道车试验方法

## 动力学性能试验方法及评定标准

## 1 范围

本标准规定重型轨道车(以下简称轨道车)动力性能鉴定试验方法及评定标准。

本标准适用于铁路用 1435mm 标准轨距、以柴油机为动力的重型轨道车。其它轨距和工矿、地方铁路用轨道车可参照本标准执行。

## 2 试验目的

通过测量轨道车在运行中的轮轨间相互作用力、振动加速度及走行部主要部件相对位移等，对轨道车动力学性能作出评价。

### 3 试验内容

### 3.1 运行安全性

### 3.1.1 脱轨系数 $\eta$

脱轨系数  $\eta$  用于鉴定轨道车曲线运行安全性。

a) 测力轮对法(直接测量法)

式中: $Q$ —作用于轨道车导向车轮与钢轨之间的横向力,kN;

$P_{\perp}$ —作用于轨道车导向车轮与钢轨之间的垂向力,kN。

b) 构架力法(间接测量法)

式中： $H$ ——导向轮对构架力， $kN$ 。

$P_i$ ——导向轮对爬轨侧轮轨垂向力,kN。

$P_2$ ——导向轮对非爬轨侧轮轨垂向力, kN。

### 3.1.2 轮重减载率 $\Delta P/P$

轮重减载率也是评定轨道车因轮重减载过大而造成脱轨的一项安全性指标。

$P_1$  侧减载:  $\Delta P/P = \frac{P - P_1}{P}$  ..... (3a)

P<sub>2</sub>側減載。

式中  $P$ —平均轮重,  $P = (P_1 + P_2)/2$ , 一般取  $P = P_{st}$ ,  $P_{st}$  为静轮重,kN。

### 3.1.3 线路横向稳定性系数 $C$

线路横向稳定性系数是用来评定在轮轨力作用下,影响线路横向稳定性安全性指标。

对于木材线路：

对于混凝土枕线路：

如果测量的是构架力  $H$ , 则(4)(5)两式分子以  $|H|$  代替, 即:

$$H = \vec{\phi} + \vec{\phi}$$

### 3.2 运行平稳性

3.2.1 车体振动加速度是评定轨道车运行平稳性的主要指标。

3.2.2 平稳性指标  $W$  是用来评定振动对乘员的影响。

$$W = 0.896 \sqrt{ \sum_{i=1}^n A_i^3 \frac{F(f_i)}{f_i} } \dots \dots \dots \quad (6)$$

式中:  $A$ ——频率为  $f$  的振动加速度,  $\text{cm}/\text{s}^2$ 。

$F_i$ ——第*i*级振动频率, Hz。

$F(f)$ ——频率修正系数，其函数式如下：

对于垂向振动：

$$F(f_i) = \begin{cases} 0.325f^2 & 0.5 \leq f < 5.9 \\ 400/f^2 & 5.9 \leq f < 20 \\ 1 & f \geq 20 \end{cases}$$

对于横向振动：

$$F(f) = \begin{cases} 0.8f^2 & 0.5 \leq f \leq 5.4 \\ 650/f^2 & 5.4 \leq f \leq 26 \\ 1 & f \geq 26 \end{cases}$$

## 4 评定标准

#### 4.1 运行安全性评定限值

运行安全性各项参数的评定限值列于表1。

表 1 安全性各项参数评定限值

参数	$\eta$	$\Delta P/P$	C
第一限度	1.0	0.65	
第二限度	0.8	0.85	

注：第一限度为合格标准，第二限度为增大安全裕量的标准。

## 4.2 运行平稳性评定等级与限值

运行平稳性评定等级与限值列于表 2。

表2 平稳性评定等级与限值

等 级	参 数	车体振动加速度 $A_{max}$ ( $m/s^2$ )		平稳性指标
		垂 向	横 向	
1. 优		4. 5	3. 0	
2. 良		5. 5	3. 50	
3. 合格		6. 0	4. 00	

## 5 试验条件

## 5.1 被试轨道车

5.1.1 被试轨道车试运行不少于500km。

5.1.2 生产厂应向试验单位提供有关图纸、资料和走行部特性参数。

## 5.2 试验线路

5.2.1 试验线路应能满足试验要求的最高运行速度。

5.2.2 试验线路应包括直线、半径300~600m的曲线和9~12号单开道岔。

### 5.3 试验速度

5.3.1 直线上的试验速度为轨道车设计最高速度，其下分若干速度级。

5.3.2 曲线上的试验为线路允许的最高速度，其下分若干速度级。

5.3.3 通过道岔时为道岔允许的最高速度。

## 6 试验方法

## 6.1 试验数据的采集

6.1.1 直线运行时，每工况（速度级）重复采样为3~5次，每段采样时间约20s。

6.1.2 通过曲线时，采样应以直缓点前30~50m开始，经过进入缓和曲线、圆曲线、驶出缓和曲线至缓直点后30~50m止。每工况采样段数为3~5次。

6.1.3 通过道岔时，采样应在轨道车驶入道岔前30m开始，驶出道岔后30m结束。采样段数不少于3次。

## 6.2 轮轨垂向力 $P$ 及横向力 $Q$ 或构架力 $H$ 的测量

### 6.2.1 测力轮对测量法

### 6.2.1.1 测力轮对的整备

现有的有轨道车多为辐板式车轮。在辐板上按不同贴片方式和测量电桥的连接，可作P、Q力矩的间断测量或连续测量，如图1和图2所示。

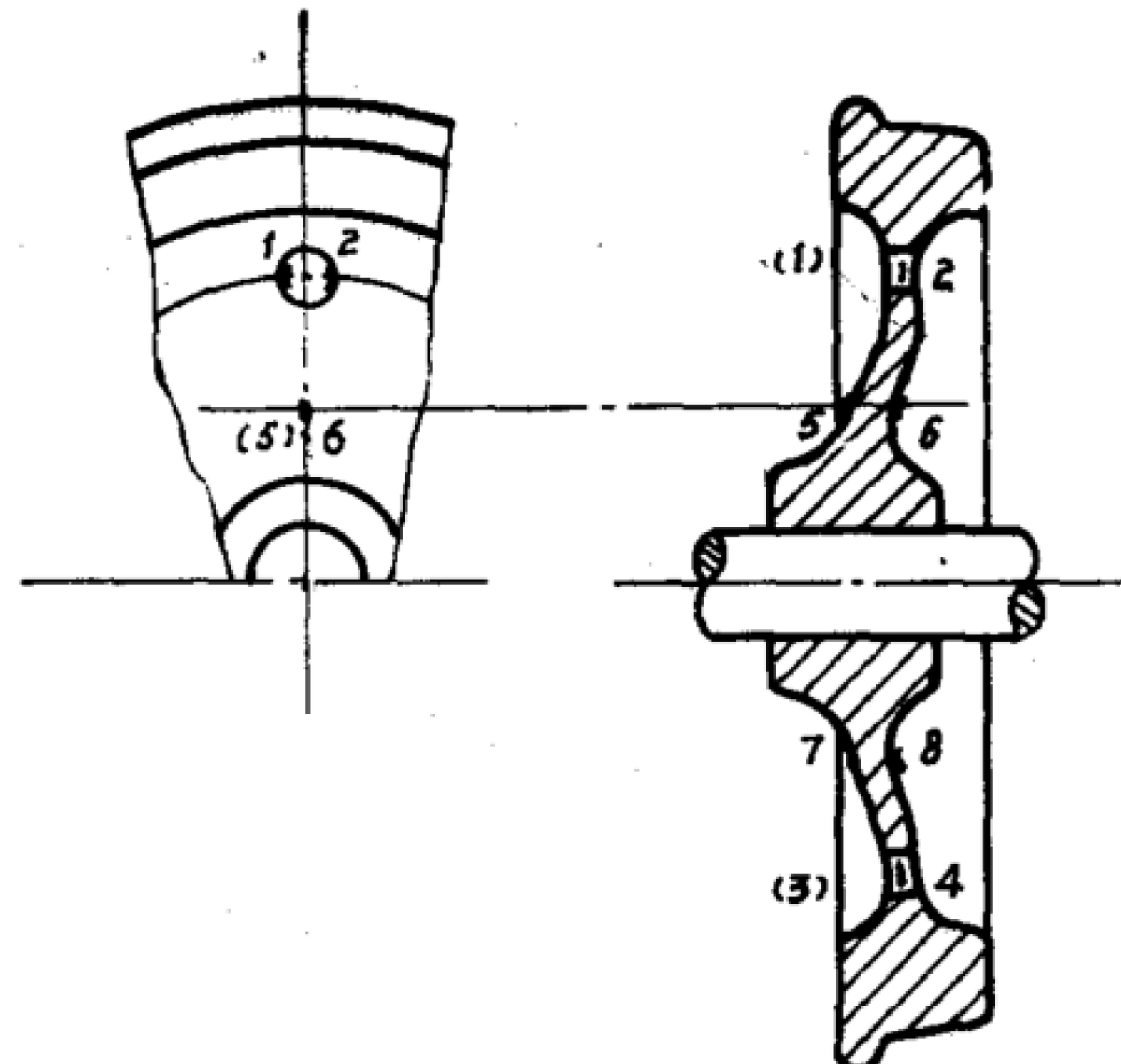
整备好的测力轮对需在专门校验台上进行标定。在一定  $P, Q$  力作用下, 记录  $P, Q$  力测量电桥的主应变输出  $\epsilon_{pp}$  和  $\epsilon_{qq}$ , 以及相互串扰应变输出  $\epsilon_{qp}$  和  $\epsilon_{pq}$ 。最后求出各测量电桥的灵敏系数和串扰系数如下:

# 垂向力中桥灵敏系数

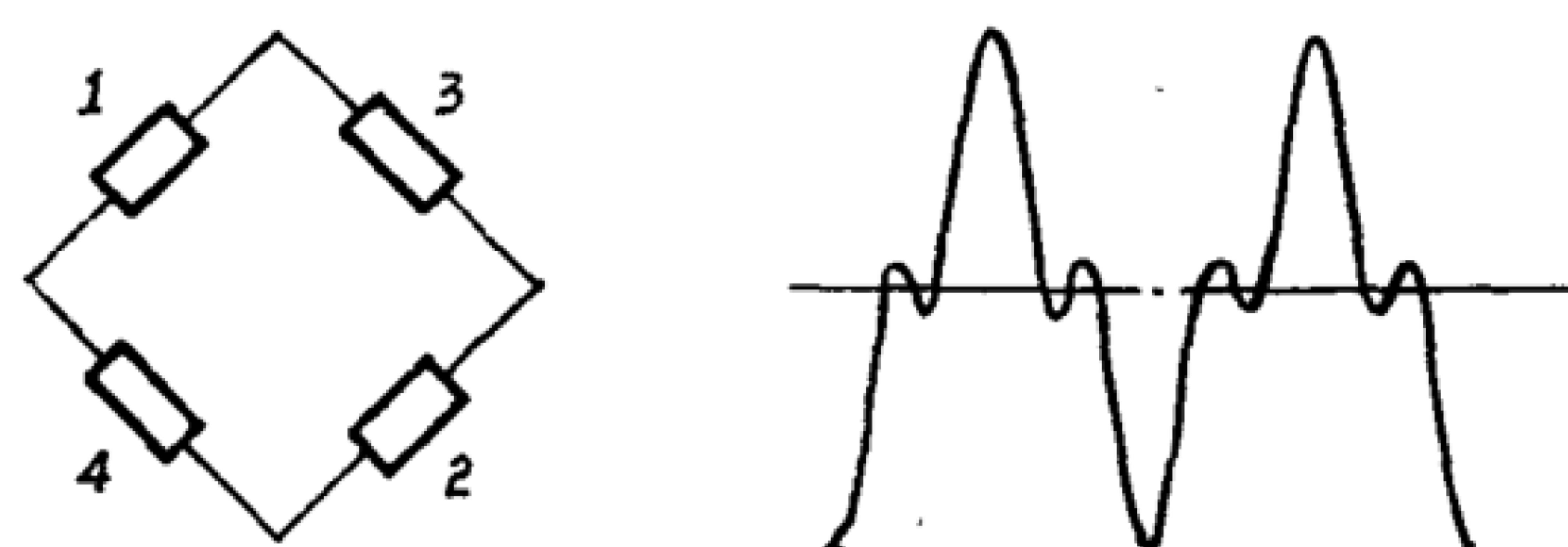
# 横向力电桥灵敏系数

## 垂向力对横向力电桥的串扰系数

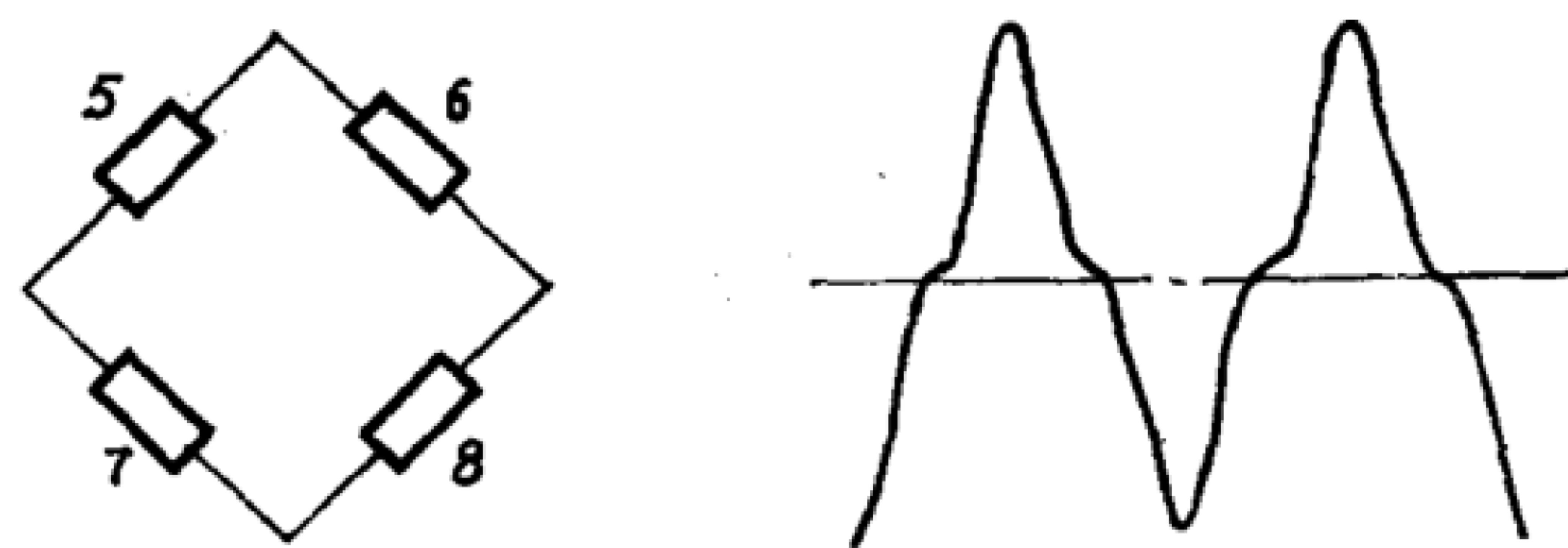
# 横向力对垂向力电桥的串扰系数



(a) 贴片方式



(b) P 力电桥连接和输出波形



(c) Q 力电桥连接和输出波形

图 1 辐板式车轮间断测量法




图 2 辐板式车轮连续测量法

### 6.2.1.2 实测轮轨力 $P, Q$ 的计算

a) 试验采用间断测量法时,  $P, Q$  力按下列式计算:

$$P = \frac{K_g}{\Delta} h\phi \cdot Sp - \frac{K_g}{\Delta} hg \cdot Sq \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (11)$$

$$Q = \frac{K_{pq}}{\Delta} hq \cdot Sq - \frac{K_{ph}}{\Delta} hp \cdot Sp \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (12)$$

$$\text{式中: } \Delta = \begin{vmatrix} K_{pp} & K_{qp} \\ K_{pq} & K_{qq} \end{vmatrix}$$

$hp/hg$ ——试验时的记录电平, mV。

$S_p, S_q$ ——试验前输入的标定值,  $\mu\text{e}/mV$ 。

b) 试验采用连续测量法时,  $P$ 、 $Q$  力按下列式计算:

式中  $P_a$ 、 $P_b$  和  $Q_a$ 、 $Q_b$  为同一车轮垂向力和横向力的两个单相测量电桥同瞬时测量数据, 对于每个单项电桥的计算方法仍用式(11)和(12)。

## 6.2.2 构架力测量法

### 6.2.2.1 横向刚度法

多数轨道车走行部结构为轴箱拉杆定位、钢圆簧加液压减振器的独立悬挂形式。可采用测量弹簧动挠度( $f_1$ 、 $f_2$ )和轴箱相对构架(或车架)的横向位移( $L_1$ 、 $L_2$ ), 得出车轮垂向动载荷  $P_{d1}$ 、 $P_{d2}$  和构架力  $H_1$ 、 $H_2$ , 如图 3 所示。

试验前要进行轴箱横向刚度的标定, 可采用如图 4 所示的方法, 千斤顶加力  $F_H$ , 记录所产生的位移量  $L_1$  和  $L_2$ (未加力一侧位移很小), 轴箱横向刚度为:

$$K_H = \frac{F_H}{L_1 + L_2} \quad (\text{kN/mm})$$

对于轴箱弹簧垂向刚度, 应加上轴箱拉焊橡胶套所增加的附加刚度, 对每一轴箱, 约为  $0.3 \sim 0.5 \text{ kN/mm}$ 。

试验时, 脱轨系数  $\eta$  用公式(2)计算, ; 轮轨垂向力  $P_1$ 、 $P_2$  按下式计算(参照图 3):

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= \frac{P_{d1}(d_1+d_2)-P_{d2}(d_1-d_2)}{2d_2} + \frac{RH}{d_2} + P_{st1} \\ P_2 &= \frac{P_{d2}(d_1+d_2)-P_{d1}(d_1-d_2)}{2d_2} - \frac{RH}{d_2} + P_{st2} \end{aligned} \right\}$$

式中:  $P_{d1}$ 、 $P_{d2}$  ——由弹簧动挠度计算得出的导向轮对左、右车轮轴颈垂向动载荷,  $\text{kN}$ ;

$d_1$  —— 轴距,  $\text{mm}$ ;

$d_2$  —— 轮对滚动圆间距,  $\text{mm}$ ;

$R$  —— 车轮半径,  $\text{mm}$ ;

$P_{st1}$ 、 $P_{st2}$  —— 导向轮对左、右侧车轮静载荷,  $\text{kN}$ 。

注: 图 3 所示为  $P_1$  侧爬轨, 当  $P_2$  侧爬轨时, 测得的  $H$  力为负值,  $P_1$ 、 $P_2$  的计算不变, 计算  $\eta$  和  $C$  时,  $H$  应取绝对值, 此时公式(2)变为:

$$\eta = \frac{|H| + 0.24P_1}{P_2}$$

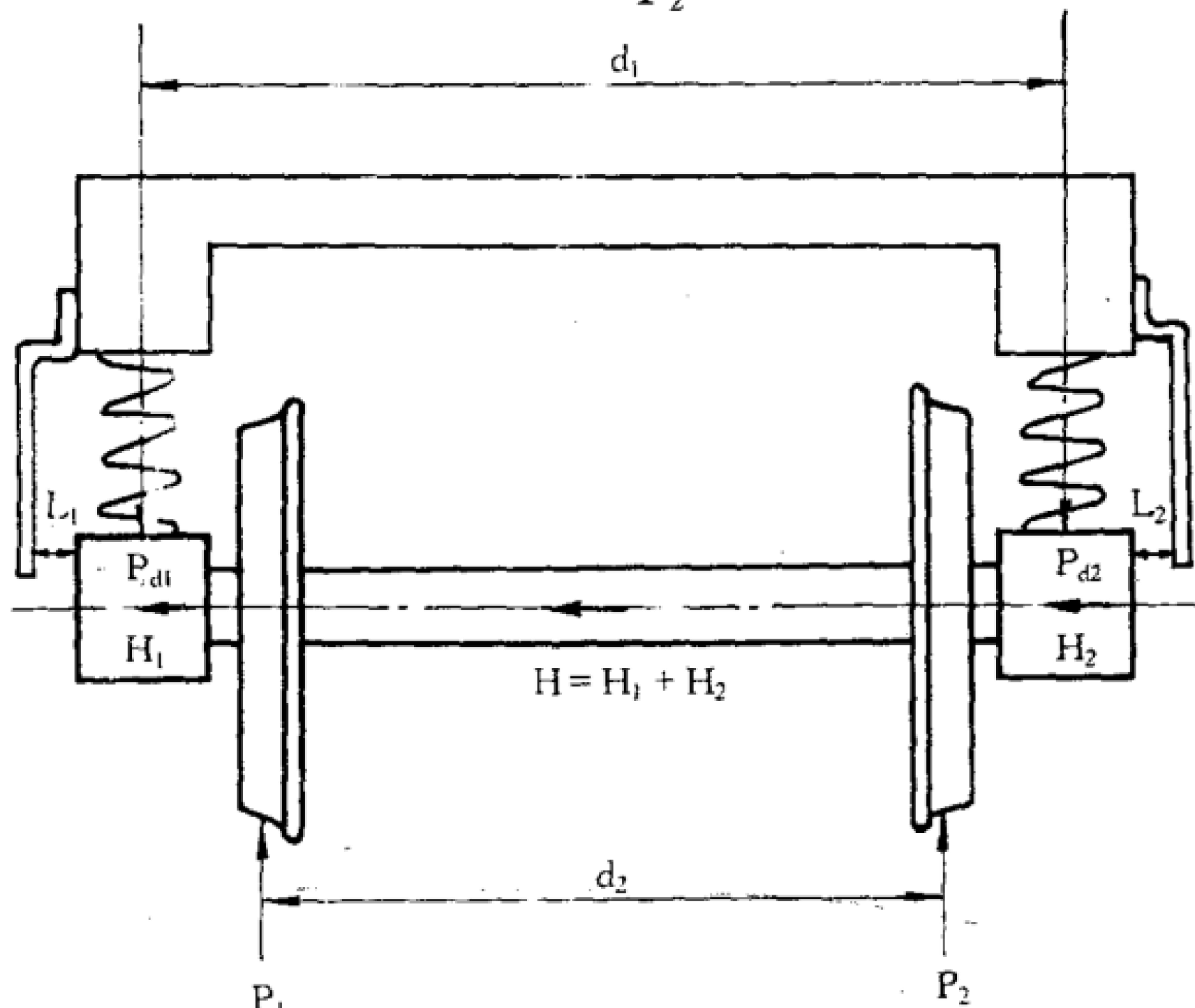


图 3 横向刚度测量法

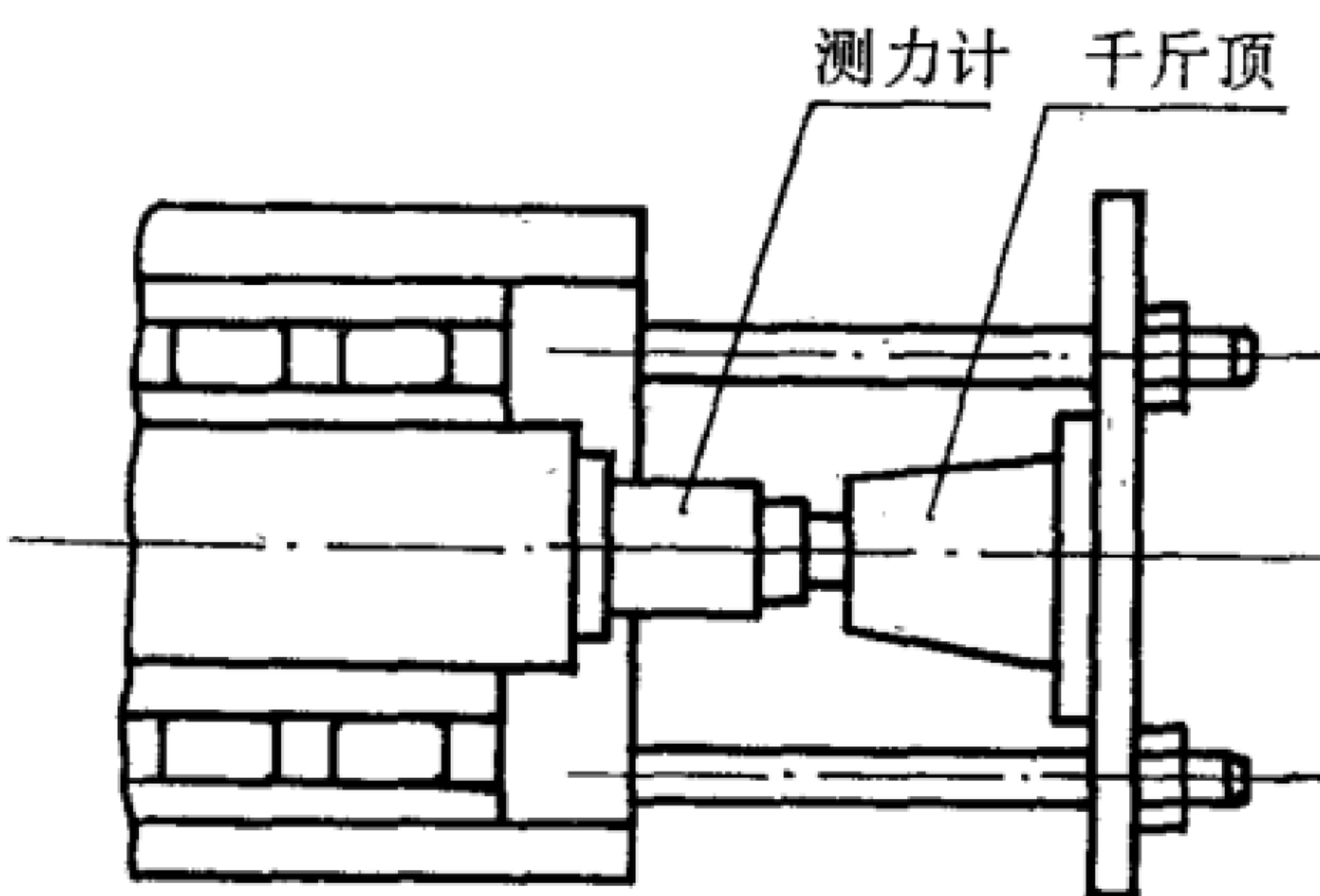


图 4 横向刚度标定

### 6.2.2.2 构架应力法

对于转向架式轨道车,可根据具体结构在转向架构架侧梁适当位置粘贴电阻应变片,组成横向构架力  $H$  和垂向动载荷  $P_d$  的测量电桥,如图 5 所示。

$H$  力标定方法如图 6 所示。用刚度足够的专用加载架,下面与钢轨相连,上方用千斤顶顶侧梁中部,用测力计读取载荷数值。在设定载荷下,记录各测量电桥的应变输出。

垂向簧上动载荷  $P_d$  的标定可采用两千斤顶在架车点将车体顶起,然后以测力计监视,逐级落下,同时记录各测量电桥的应变输出。

最后按式(7)~(10)计算得出所需的四个标定系数。

在试验实测时参照式(11)及(12)先算出左、右侧簧上动载荷  $P_{d1}$ 、 $P_{d2}$  和左、右侧构架力  $H_1$ 、 $H_2$ 。运行安全性各项参数的计算方法与 6.2.2.1 的横向刚度法相同。

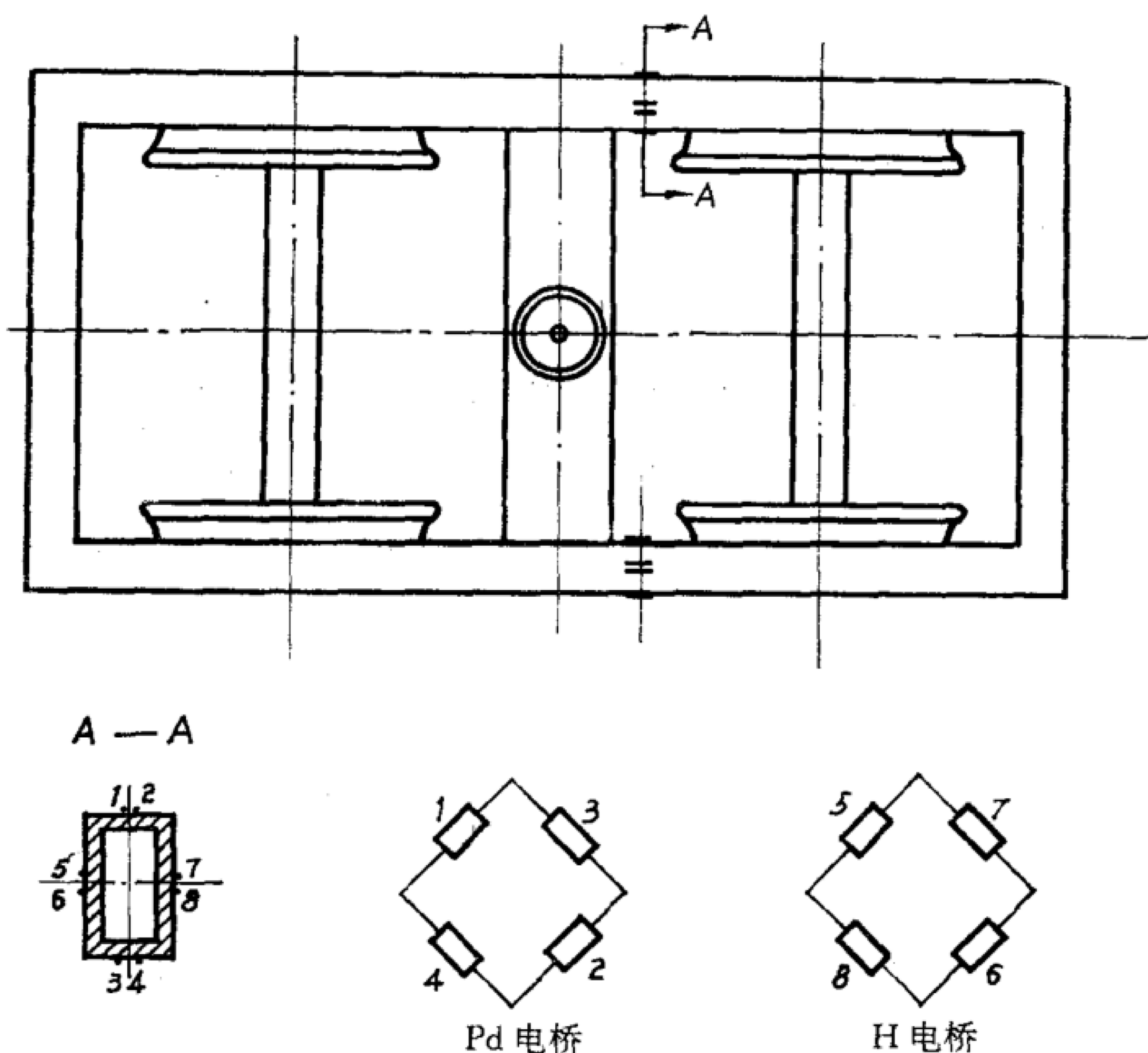
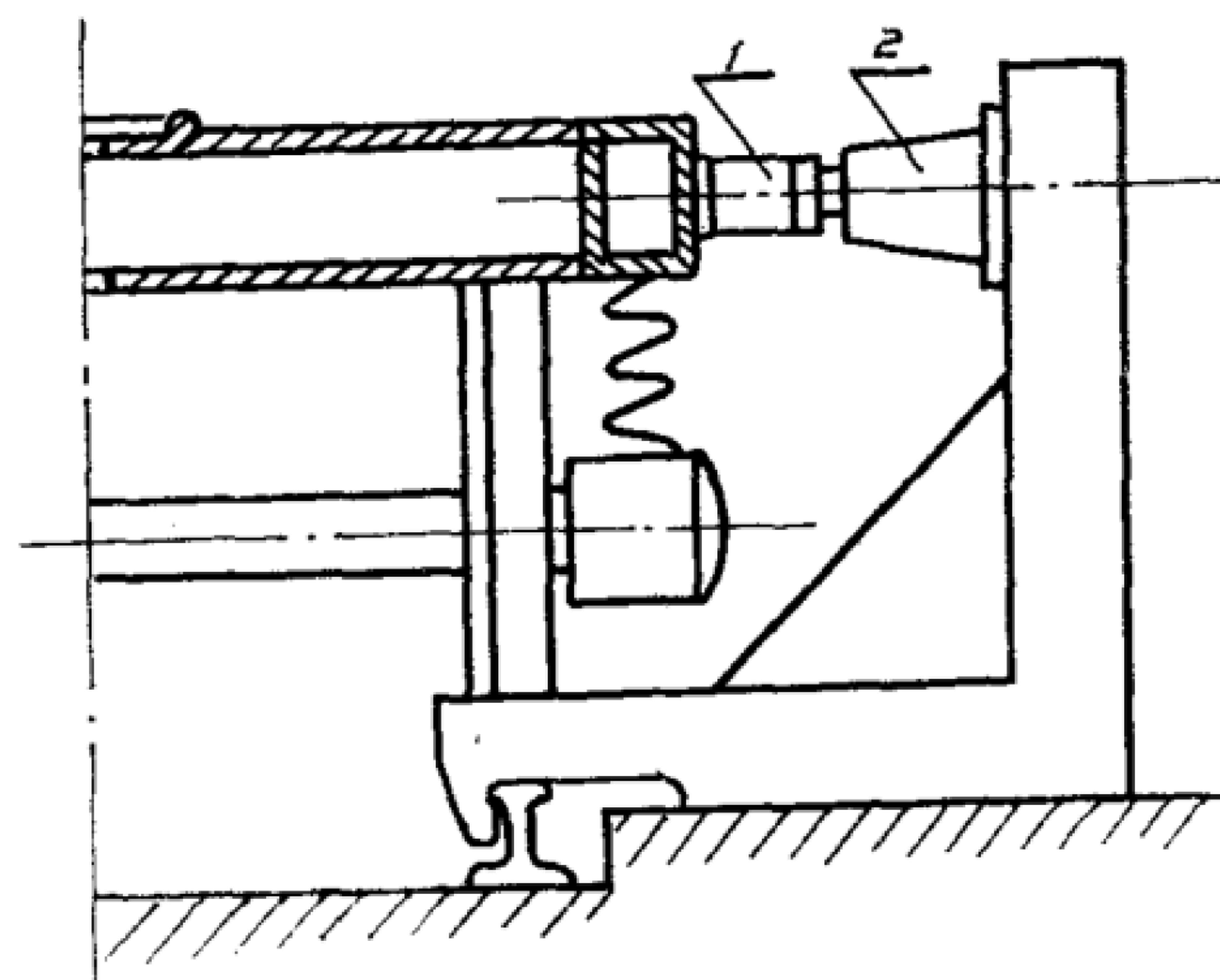


图 5 构架力贴片及组桥方式



1,测力传感器;2,千斤顶

图 6 构架力标定方法

### 6.3 车体振动加速度的测量

3.1 测量车体底架纵中心线前端牵引梁处。安装在车体底架纵中心线前端牵引梁处。

6.3.2 传感器应有足够的灵敏系数，最好采用测量范围不大于  $50\text{m/s}^2$  的传感器，其可测频率应保证在  $0\sim150\text{Hz}$ 。

## 6.4 走行部主要部件动荷特性

6.4.1 测量转向架构架振动加速度时，在构架侧梁前端安装垂向及横向速度传感器各一个。

6.4.2 轴箱振动加速度传感器应安装在轴箱体上，并应具有足够的安装刚度。

4.3 通过测量弹簧动挠度可求得一、二系弹簧悬挂系统的动荷系数  $K_d$ :

式中,  $f_d$  —— 动挠度, mm。

$f_{st}$  —— 韌撓度, mm。

## 6.5 传感器及数据采集系统

6.5.1 振动测量可使用电阻应变式、压阻应变式或压电式加速度传感器。选用传感器的规格应保证试验所需的测量范围和频率响应，应符合传感器的线性误差应 $<1\%$ 。

以应变式传感器为例,表 3 给出不同测点传感器的选用。

表 3 传感器的选用

测 点	构架	车 轴	箱
测量范围( $m/s^2$ )	0~200	0~50	0~200
频率响应(Hz)	~500	~150	~200

6.5.2 试验数据采集系统应有足够的动态范围和分辨率,要求误差在 $\pm 1\%$ 之内能读出24位(微应变)或选用适当传感器可读出 $1\text{m/s}^2$ 加速度值。

6.5.3 试验用传感器及主要测试设备都应符合有关计量规定。

## 7 试验数据分析方法

## 7.1 参数最大值

对每项参数每段记录的幅值分析,取一个最大值 $X_{max}$ 。同工况五次记录,即同一速度不同速度不同路段的五次记录,取出 5 个 $X_{max}$  作平均,得出平均最大值 $X_{max}$ ,以此作为该参数评定值。

## 7.2 数据零值的选取

7.2.1 取平直线路低速情形的数据均值作为数据分析的零值。

7.2.2 通过曲线及侧线道岔时，取曲线或道岔前后直线线路的数据均值作零值。

### 7.3 采样频率 $f_s$ 的选取

a) 作幅值分析时。

式中:  $f_c$ ——分析上限频率, Hz。

b) 作频谱分析时。

## 7.4 滤波上限频率的选取

表 4 给出不同测点的滤波频率值。

表4 不同测点的滤波频率(Hz)

测 点	测试时滤波频率	分析上限频率
车体振动	100	40
平稳性指标	100	80
构架振动	1 000	300
轴箱振动	5 000~10 000	1 000~2 000

## 7.5 试验数据的微机处理

所有试验数据均记录在磁带上，并与微机相连，也可试验后进行再生处理。

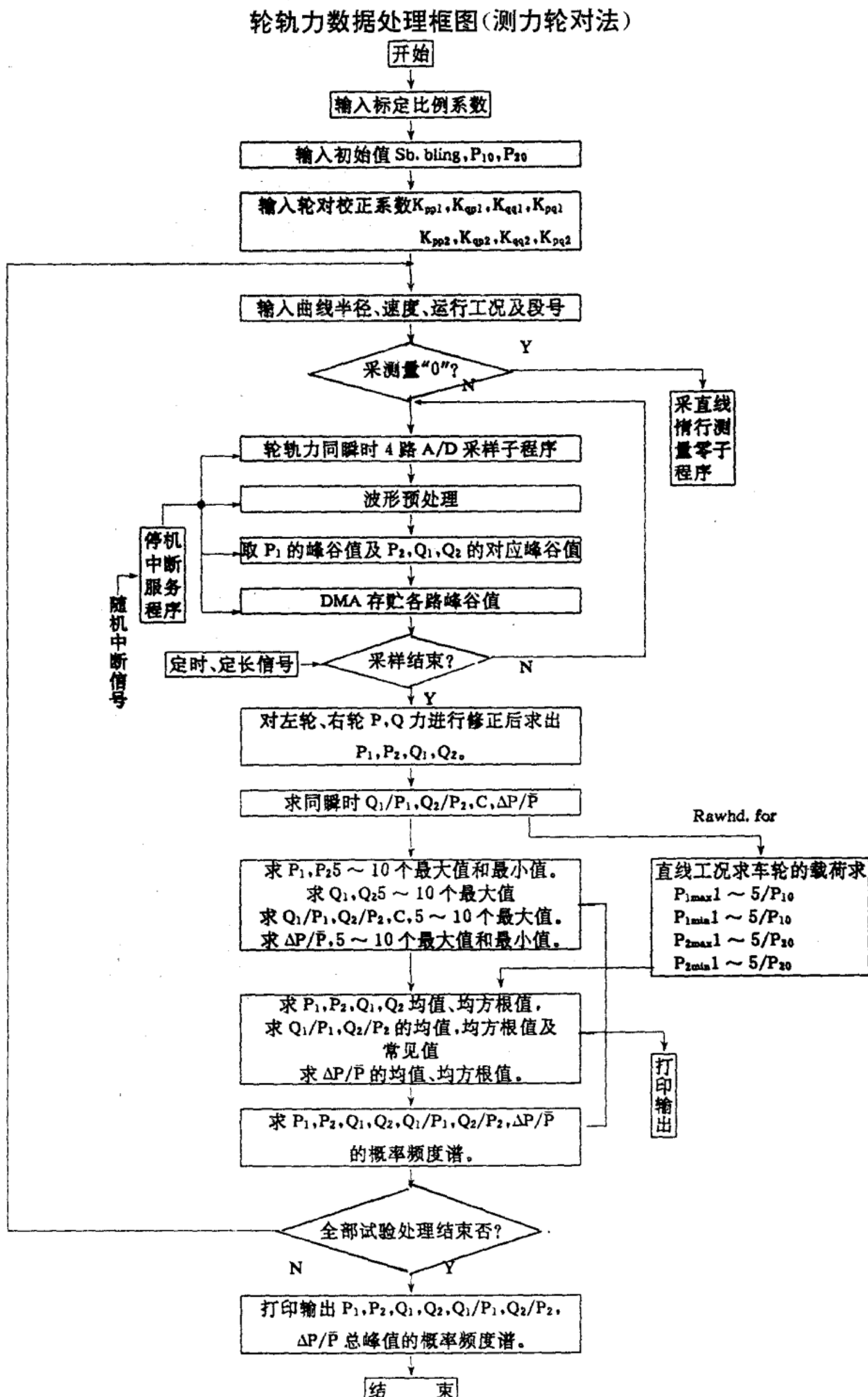
附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 给出了几个典型微机数据处理程序框图。

## 8 试验报告

试验报告应包括以下内容：

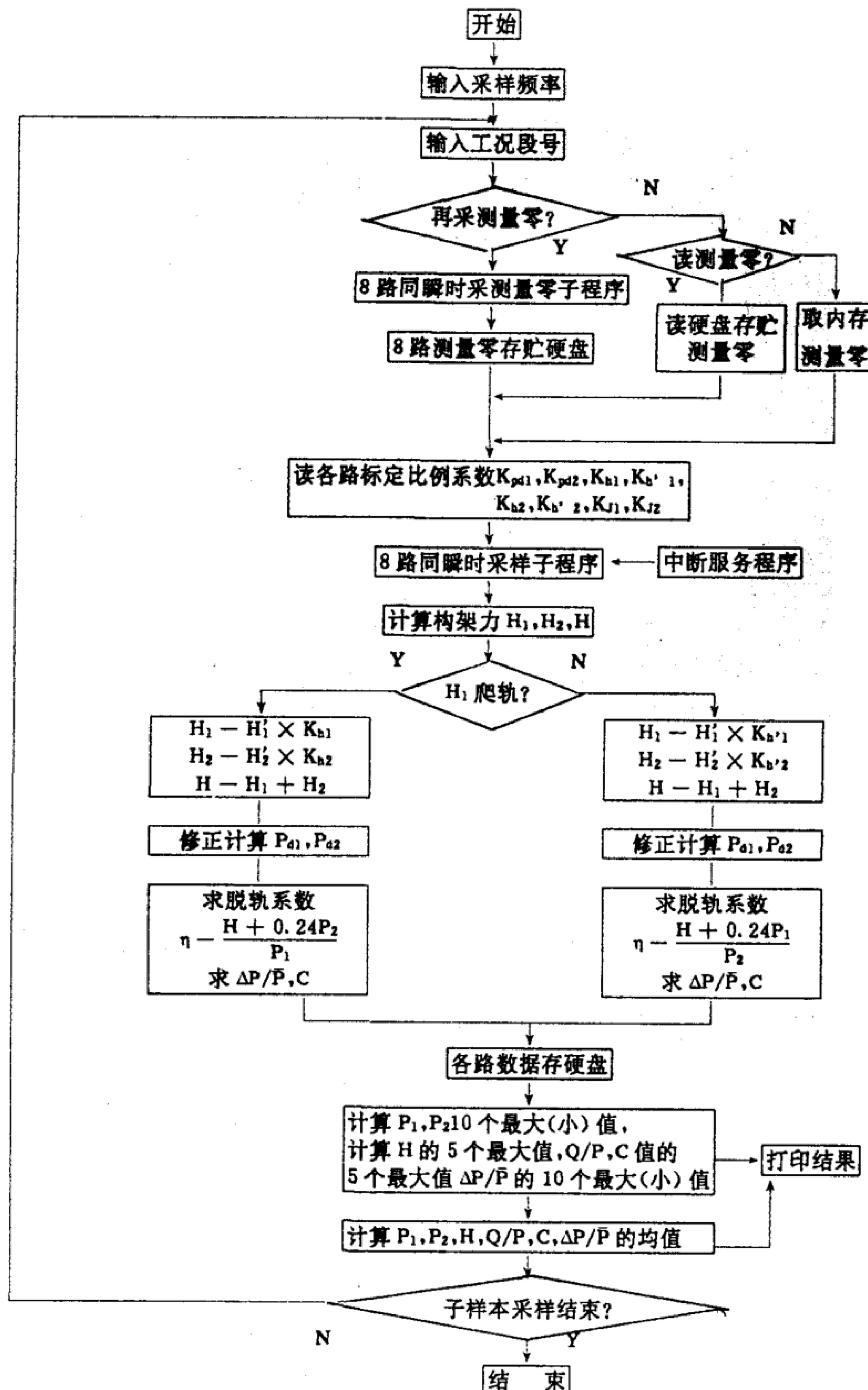
- a) 被试轨道车型号、生产年月及生产单位；
  - b) 被试轨道车走行部有关特性参数及技术状态；
  - c) 试验条件，主要包括试验区段、轨道参数和线路状态以及试验速度等；
  - d) 试验用仪器设备框图及有关特性参数；
  - e) 试验数据分析方法；
  - f) 试验结果及分析；
  - g) 结论与建议；
  - h) 试验单位，试验负责人，参加工作人员，日期。

## 附录 A(提示的附录)




## 附录 B(提示的附录)

轮轨力数据处理框图(构架力法)



## 附录 C(提示的附录)

振动加速度幅值特性程序框图



## 附录 D(提示的附录)

平稳性指标程序框图

