



中国仪器仪表学会

第二届学术年会

论文集

编辑 中国仪器仪表学会
地址 北京三里河东口
电话 86.8261-546

出版 中国仪器仪表学会
印刷 机械工业出版社印刷厂

中国仪器仪表学会

第二届学术年会

论文集

目 录

动态测温仪——自动修正热电偶动态误差和辐射误差的测温装置	朱德忠 崔筱敏 (1)
数字式水下爆炸压力遥测系统	压力遥测组 (9)
自力式气体体积管的研究	陈忠基 周 明 李光福 龚家彪 (17)
带在线校验和自动修正的冲量流量测量装置	沈钦熙 (25)
γ 射线衰减技术在两相流空泡份额测量中的应用	中国科学院原子能所 (32)
用于连续铸钢结晶器液位检测的电涡流传感器的设计与结构	结晶器液位检测科研组 (40)
使用CCD实时检测固体燃料燃烧的界面位置及燃烧速度	何树荣 孙培懋 康立民 (49)
精密浮子跟踪液位计	柯象恒 凌存仁 (55)
按照线性二次型性能指标设计的自校正调节器	周兆英 (61)
一种应用微处理机的自校正式自适应调节器	胡隆文 李 柱 (71)
解耦控制的简化设计与装置	王永初 任秀珍 (79)
自动H因子测定仪的原理及其应用	杨化庭 (87)
故障的自动诊断及计测	赵国南 (94)
可消除空间效应的新型反应性仪	杨 岐 陶少平 何乾明 曹志琦 (108)
一套自动活化分析的传送系统	沈宝雄 宋全坝 申新卯 张树莘 (113)
高分辨有机质谱信息的计算机加工原则	黄仁兴 李翰诚 潘肇光 高尔明 (121)
TOC—TOD联合分析装置的研究	石正钧 吴膺惠 (136)
“XRS-1”型定氮仪中悬浮熔融与数据处理技术的研究	赵承义 齐天民 漆廷邦 曹 彬 (145)
自动显示岩石铀钍钾微含量的FD-840型外光电动能谱仪	严育才执笔 (152)
测定气溶胶粒度分布的串级向心分离器的研制	梁鸿富 卢正永 傅木森 朱志贤 (159)
对自动化分析中心的探讨	朱子玉 (166)
霍尔检零零磁通直流大电流测量仪	朱明钧 揭秉信 麦宜佳 (173)

一种高精度峰值电压的测量电路·····	苏紫燕	(181)
一种快速测量周期信号平均值的方法及其应用·····	顾慰君 单广智	(188)
数字动态磁场测量仪·····	高树伟	(196)
0.1nT 分辨力的便携磁通门磁强计·····	李大明	(202)
MSM-1 型磁稳定性测量装置·····	张欣贤 黎庆生 孙崇善	(210)
6 ^{1/2} 位脉冲调宽型直流数字电压表的误差分析与精度保证·····	富致超 韩凤梅	(217)
积分电容的介质吸收效应对双斜式 A/D 转换器的影响和补偿·····	叶 雯 陈志坚	(225)
保护超导磁体用自动控制的 1500A/1200V 可控硅直流开关 ·····	汤凯荣 王金星 程本培 何遗桂	(235)
张丝精密电表空心轴刚性问题的研究·····	罗铁坚 武维扬 付秀民 冯文吉	(239)
产品外观疵病的光学检验及其信噪比的计算·····	白闻喜	(247)
光波扫描干涉法测量膜层的厚度和折射率·····	王东生 方仲彦 梁晋文	(253)
JSY-390 型激光光散射光度仪·····	杨秉新 杨庆林 张皓瑜 孙春荣	(260)
刻制长光栅的一种新方法·····	梁浩明 郝德阜	(270)
激光干涉定中理论及实验装置·····	余中如 袁君毅	(278)
激光扫描声光微探针及其烧结 CdS/Cu ₂ S 电池缺陷的研究·····	臧友松 王连杰	(288)
激光干涉法视力检查中人眼视网膜物象共轭干涉场的几何及 Fourier 变换解 ·····	董太和 马长明	(294)
移动扫描式掩模复印机·····	黄冠华 何国雄 孙扬远	(301)
双脉冲激光全息照相机及在全息无损检验中的应用·····	韩金柱 郭继光 李俭子	(311)
CCD-微型机系统在测量中的应用·····	孙焕山 尹长德 刘德林	(319)
用于输入/输出 (I/O) 子系统产品测试的微处理机化的自动测试设备·····	韩汝水	(327)
微型 FFT 信号分析仪·····	蒋银林 李 光	(335)
微型单板机在热电偶检定中的应用·····	孙崇正 师克宽 杨伍强 牟文殊	(342)
提高激光印字机印字质量及随机输出多种字型规格的方法探讨·····	赵传勋	(349)
应用信号处理仪进行医学信息数据处理的研究与实践·····	高忠华 华慕萍	(356)
电动上臂假肢用语音控制信号识别的方法及装置·····	靳怀义 王伯雄	(364)
长江口地区海平面测量资料的数字滤波·····	胡光锐 段华琛	(370)
数字线性化器和数字内插法的原理与设计·····	牛增祥	(377)
用门电路法测量噪声系数·····	姚文兰	(384)
微弱信号检测仪器前置级的噪声匹配原理及应用·····	戴逸松	(389)
BOXCAR 积分器及其参数图解·····	陈佳圭 毛麟璁 张利华 翁尧钧	(398)
垂直向低频标准振动台波形精度的提高和性能的扩展 ·····	童忠钊 贾叔仕 裘重行 俞可龙	(403)
机械振动中相角信息的检测·····	严普强 韦文林	(410)
一种运算型传动链测试用比相器·····	吕同井 郝之丰 段荣安 闫惠珍	(417)
光栅测角系统全接收提高精度的研究·····	黄尚廉 叶 淳	(424)
螺旋线与啮合线测量的新方法“反转与相对原点法” ·····	苏玉池 吕同井 陈俊明 张新民	(434)

激光偏振干涉法测量空气折射率·····	激光测长空气折射率自动修正研究组	(442)
筒镜分析器最佳工作参数的研究·····	王 铃 陆全康 华中一	(449)
半导体P-N结型真空规·····	王先路 钱三德 李自鹏 陈立仁 黄锡森	(457)
一种新型轴向式超高真空自调制规·····	陈建中 郭元恒 孙企达	(462)
适用于紊动水流的小旋桨流速仪研制·····	余大为	(467)
照度计用曲环锥精密余弦修正器的理论计算及其研究·····	李 平 韩为民	(477)
SD-1型视度测量仪·····	薛才之 庞蕴凡	(486)
海洋测温系统动态特性的探讨·····	宋文洋 冯德顺 贾兰芳 赫崇本	(493)
U型波纹壳应力分布及变形的实验研究·····	谢大吉 王增梅 许洪涛 徐振廷	(500)
振膜压力传感器的频率特性·····	刘广玉 魏鸿然 朱定国	(508)
圆弧形波纹膜片的理论分析和它的工程实用设计方法·····	樊大钧 黄 黔	(516)
关于Fe-Ni ₃₀₋₃₆ 因瓦合金的研究·····	于恩华 金明芝 孙绍周	(527)
挤压温度对Mn-Al-C永磁合金各向异性度影响的研究 ·····北京钢院 武汉冶金所 上海交大 无锡七二一厂 山东冶金研究所		(536)
稀土元素对铍青铜(QBe2)组织和性能影响的研究 ·····天津大学 上海有色金属压延厂 天津市电工合金材料研究所		(543)
铌酸铅钽钠压电陶瓷及其在微位移器方面的应用·····	过蝶农 邹恽如 郭演仪	(553)
含Co量为10%的Fe-Cr-Co变形永磁合金·····	彭会子	(560)
《4YC4》高温应变电阻合金性能的研究·····	白全智 黄丽玲 郑彩娣 李 蔚	(568)
六路低本底 α 测量仪·····	郑仁圻 叶祖德 戴忠德	(576)
微功耗数字直读式个人 γ 剂量仪·····	刘学东 于万华 邢振坤	(582)
微量气动超速离心机的设计·····	赵文虎 戴培麟 金 锋	(588)
组合式程控传输测试仪表·····	于英民	(595)
抗干扰的微机控制模拟量输入装置·····	袁蓓蓓 唐锦文	(602)
SY-II型海水溶解氧测定仪·····	张荣坤 罗颖华 翁新桥 邓谷民	(610)

动态测温仪*——自动修正热电偶动态误差和辐射误差的测温装置

朱德忠

崔筱敏

(清华大学)

【提要】 应用热电偶测量高温气流脉动温度时,必须考虑动态误差和辐射误差的修正。动态测温仪根据热电偶热接点的热平衡方程式,由测得的热电偶热接点温度和气流速度来进行误差修正,最后由数字式电压表显示温度值,同时由记录仪记录温度变化曲线。

动态测温仪可以用于快速扫描法测量高温气流的温度场;定点法测量高温气流的脉动温度,以及用于弹跳式热电偶测量超过热电偶材料允许温度的气流温度。

动态测温仪可配镍铬-镍硅热电偶和铂铑₃₀-铂铑₆热电偶,测量1800℃以下的热电偶热接点温度。对于测量热电偶热接点温度,误差小于1%,对于热电偶误差修正量的运算误差不大于5%。

动态测温仪能根据不同气流的物理性质,和热电偶材料来设定参数,应用于各种测温场合。

应用热电偶测温传感器测量气流温度,一般情况下都要对测量结果进行误差修正,其中包括动态误差,辐射误差,导热误差,和速度滞止恢复误差。当采用对焊裸丝热电偶时,从传感器的结构上可以设法消除导热引起的误差。当气流流动速度较低时,速度滞止恢复误差是可以忽略的。但是对于动态误差和辐射误差在测量高温气流脉动温度时必须考虑。

动态测温仪配用镍铬-镍硅(或镍铝)热电偶,铂铑₃₀-铂铑₆热电偶能对其测量结果进行误差修正。动态测温仪根据测量得到的热电偶接点温度和气流速度来计算动态误差和辐射误差。

整个测量系统包括热电偶测温传感器; SF-72型数据放大器; 气流总静压测压传感器(或总压测压传感器); DBC型差压变送器; DTW-4型动态测温仪; PZ-8型数字式电压表; 笔杆式记录仪(或光线示波器); 座标位移机构(或电磁弹跳装置)等。测量系统示于图1。

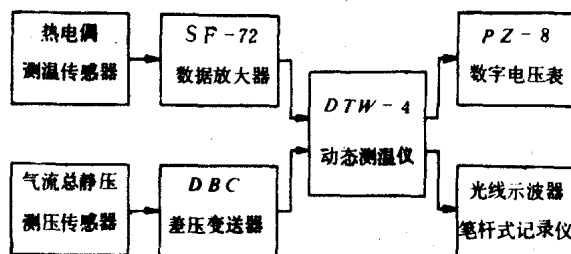


图1 动态测温仪测量系统

* 动态测温仪系清华大学工程力学系研制成功。

一、动态测温仪的工作原理

1. 动态测温仪的数学模型

对于处于高温气流中的对焊裸丝热电偶热接点, 假定其内部温度分布在任何时刻都是均匀的, 其热平衡方程式可写成:

$$t_g = t + \frac{\gamma C_P V}{a F} \cdot \frac{dt}{d\tau} + \frac{\varepsilon \sigma}{a} (t + 273)^4 \quad (1)$$

式中 γ ——热电偶接点的综合比重;

C_P ——热电偶接点的比热;

$$C_P = C_{P0}(1 + at)$$

a ——比热温度系数;

V ——热电偶接点的体积;

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot L$$

d ——热电偶丝径;

L ——热电偶对接部分的长度;

F ——热电偶热接点的热交换表面积;

$$F = \pi \cdot d \cdot L$$

t ——热电偶热接点的温度(°C);

τ ——时间;

a ——热电偶热接点与气流的对流换热系数;

ε ——热电偶热接点的黑度系数;

σ ——斯蒂芬-波尔兹曼常数;

t_g ——气流温度(°C);

式(1)适用于高温气流是透明的, 气流对热电偶接点无辐射加热, 且气流是自由射流, 外壁空间温度大大地低于热电偶热接点温度, 因此外壁对热电偶热接点的辐射加热可以忽略不计[1]。式(1)中, 方程式右边第二项为动态误差 Δt_D , 第三项为辐射误差 Δt_F 。

对于动态误差和辐射误差的计算, 涉及热电偶热接点与气流的对流换热系数的估算。对焊裸丝热电偶在气流横向绕流时, 对流换热系数可按照下列准则方程计算[2]:

$$Nu = (0.44 \pm 0.06) Re^{0.5} \quad (2)$$

式中 Nu ——努谢尔数 $Nu = \frac{a \cdot d}{\lambda}$

Re ——雷诺数 $Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$

λ ——气流导热系数;

ν ——气流运动粘度;

v ——气流速度;

定性尺寸为热电偶丝径 d ;

定性温度为气流温度 t_g ($^{\circ}\text{C}$);

若取系数 0.44 则

$$\alpha = 0.44\lambda \sqrt{\frac{v}{vd}} \quad (3)$$

根据气流的热物性参数, 热电偶丝径 d , 和气流速度 v , 即可计算对流换热系数 α 。

由总静压测压传感器测量总静压差 Δp , 并根据下列关系式求得气流速度:

$$v = \sqrt{\frac{2gRT_g\Delta p}{\rho} K_c} \quad (4)$$

式中 g ——重力加速度;

R ——气体常数;

p ——气体静压;

T_g ——气体绝对温度, $T_g = t_g + 273$ (K);

K_c ——测压传感器 (总压管或皮托管) 的校正系数。

动态测温仪的数学模型为下列方程组

$$t_g = t + \frac{\alpha C_p V}{\alpha \cdot F} \cdot \frac{dt}{d\tau} + \frac{\varepsilon \sigma}{\alpha} (t + 273)^4$$

$$C_p = C_{p0}(1 + \alpha t)$$

$$\alpha = 0.44\lambda \sqrt{\frac{v}{vd}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2gRT_g\Delta p}{\rho} K_c}$$

当测量出热电偶热接点温度和气流总静压差时, 动态测温仪依据上述数学模型自动运算, 求出气流温度。

2. 动态测温仪的原理框图

由上述数学模型可知, 为求得气流温度需要进行微分运算, 乘法运算, 四次方运算, 开方运算, 除法运算, 加法运算等。动态测温仪由加法器, 乘除器, 微分器, 倒相器等运算电路构成。其电路框图见图 2。

动态测温仪的运算电路均采用 F007 运算放大器组成各种运算器。主要运算电路微分运算电路由三部分组成: 微分器, 滤波器, 比例放大器。微分器对相应于温度的电压信号进行微分运算, 通过改变微分器的输入电容和反馈电阻来调整微分时间常数。为了降低噪声干扰在微分器之后加一低通滤波器, 然后由比例放大器再加大增益。运算电路中的乘除器采用调宽调高式乘除电路, 可以进行乘法, 除法, 乘除, 平方, 开方等运算。

热电偶的热电势通过数据放大器和加法器运算, 将其转换为对应于温度的电压值。

对于镍铬-镍硅热电偶, 在热接点温度为 1000°C 以下, 热电势和温度近似成线性关系, 其关系式为

$$t = 24.23V_t \quad (5)$$

式中 V_t ——热电势 (毫伏);

t ——温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

运算电路中首先分别运算 $K_0 \frac{dt}{d\tau}$, $K_0 a t \frac{dt}{d\tau}$, $\frac{\varepsilon \sigma}{a_0} (t + 273)^4$, 然后相加, 除以对流换热系数 a , 求得动态误差和辐射误差的总和, 最后加上热电偶接点温度 t , 即为气流温度 t_g 。

总静压测压传感器测得的总静压差 Δp , 经差压变送器转换为相应的电压信号。将其乘以气流温度 T_g , 进行温度修正, 再开方运算, 即可求得气流速度, 再次开方运算, 得到相应的对流换热系数 a , 送至除法器, 对动态误差和辐射误差进行修正。

二、动态测温仪的参数设定

动态测温仪的测量准确度, 一方面取决于动态测温仪的运算精度, 另一方面取决于参数设定的合理性。在动态测温仪中需要设定的参数有 K_0 , a , F_1 , F_2 , P , K_1 , K_2 , α_1 等。

参数的设定主要依据理论分析, 计算求得并通过试验修正。

1. 参数 K_0

K_0 值反映热电偶材料, 尺寸对时间常数的影响。 K_0 值取决于热电偶材料的比重, 比热, 和丝径。对于镍铬-镍硅, 铂铑₃₀-铂铑₆热电偶, 不同丝径的 K_0 值, 列于表 1。

表 1

丝 径	镍铬-镍硅	铂铑 ₃₀ -铂铑 ₆
0.5毫米	$K_0 = 0.413$ 秒	$K_0 = 0.314$ 秒
0.3毫米	$K_0 = 0.247$ 秒	$K_0 = 0.188$ 秒
0.1毫米	$K_0 = 0.083$ 秒	$K_0 = 0.063$ 秒

2. 参数 a

a 值反映热电偶比热随温度变化的温度系数。对于镍铬-镍硅热电偶, 常用范围为

$$a = 2.5 \times 10^{-4} \text{ } 1/^{\circ}\text{C} \sim 3.5 \times 10^{-4} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$$

对于铂铑₃₀-铂铑₆热电偶, 常用范围为

$$a = 2.4 \times 10^{-4} \text{ } 1/^{\circ}\text{C} \sim 3.2 \times 10^{-4} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$$

3. 参数 F_1 , F_2

F_1 , F_2 值取决于热电偶的黑度系数, 在动态测温仪中令 $\frac{\varepsilon \sigma}{a_0} = \frac{1}{F_1^2 \cdot F_2}$, 其中 σ 和 a_0 是已知常数, 黑度系数的变化范围为 $0.2 \sim 0.8$ 。

4. 参数 P , K_1 , K_2 , α_1 :

根据气流总静压差 Δp , 和温度 T_g 计算气流速度的公式为:

$$v = \sqrt{\frac{2gRT_g \Delta p}{p} K_c}$$

设定 $K_1 = K_c$, 一般 K_c 值接近于 1。

参数 P 应根据 $\frac{p}{2gR}$ 计算求得。 $P = \frac{p}{2gR}$ 。

根据气流速度 v 计算对流换热系数的公式为

$$\alpha = \sqrt{\frac{0.1936\lambda^2}{vd}} \cdot v$$

参数 K_2 应根据 $\frac{0.1936\lambda^2}{vd}$ 计算求得。

$$K_2 = \frac{0.1936\lambda^2}{vd}$$

在动态测温仪中,有时由于电路调整的需要,要求将 K_2 值放大,相应地务必亦要把 α_1 值放大。

三、动态测温仪的应用

1. 应用动态测温仪测量气流的脉动温度和气流的温度场

使用小惯性的细丝热电偶测量气流脉动温度和气流的温度场是十分方便的。动态响应误差甚小,能直接指示气流温度。但是细丝易断不能长期使用。为了能使用较粗的热电偶测量气流脉动温度,必须应用动态测温仪,对测量误差进行修正,以便正确地指示气流温度。

试验中同时使用直径为0.07毫米和0.3毫米的镍铬-镍硅热电偶测量气流脉动温度。0.3毫米的热电偶有无配上动态测温仪,测量结果差异很大。用X—Y函数记录仪分别记录三根温度变化可以加以比较。

图3是用扫描法测量气流温度场的记录曲线。由图可见直径0.3毫米热电偶的热接点温

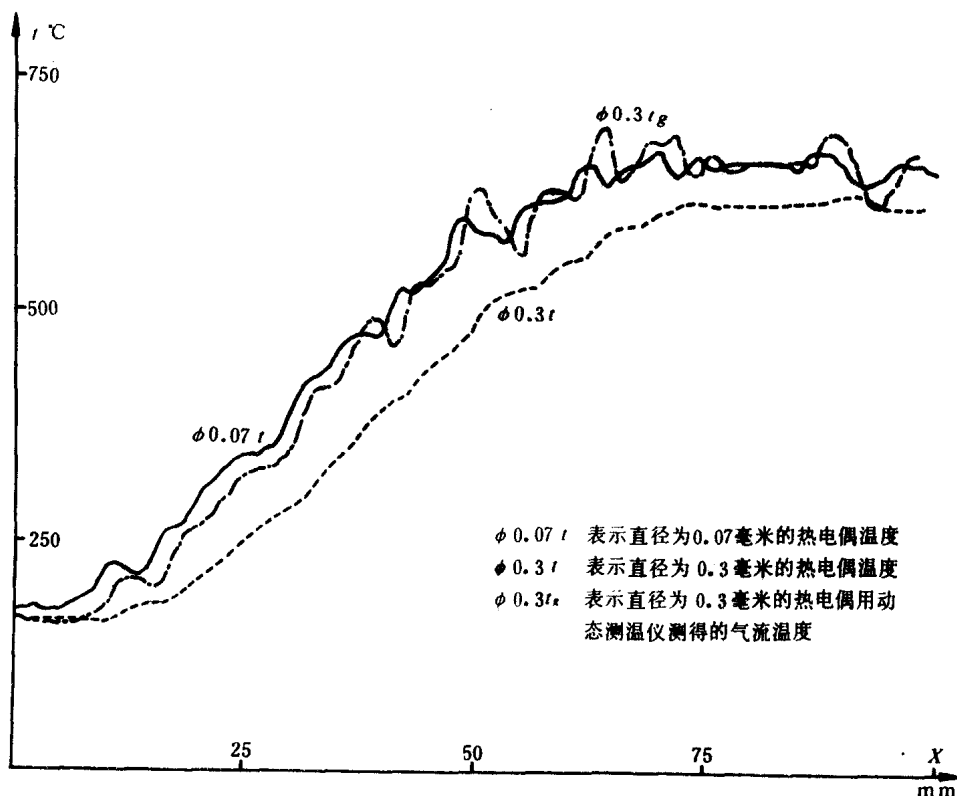


图3 扫描法测量气流温度场记录曲线

度明显地比直径0.07毫米的热电偶热接点温度偏低，脉动幅度亦小。0.3毫米的热电偶经过动态测温仪修正后测得的气流温度和0.07毫米热电偶的测量结果十分接近。(图3是X—Y函数记录仪记录纸的复制品，三根记录线有固定的相位差)。

2. 应用动态测温仪配弹跳热电偶测量高温气流温度

将直径0.07毫米镍铬-镍硅热电偶和直径0.5毫米镍铬-镍铝热电偶一起安装在电磁弹跳装置上。使热电偶瞬时地插入高温气流之中，停留片刻，迅速退出气流。测总静压的测压传感器(总压管或皮托管)短时间地插入气流之中，提供气流速度的动压信号。如果高温气流可以用水冷总压管短时间地插入气流之中，取得信号(一般插入时间不大于几十秒)。用光线示波器或笔杆式记录仪分别记录直径0.07毫米热电偶的热接点温度(图4中用实线表示)，直径0.5毫米的热电偶的热接点温度(用虚线表示)，经过动态测温仪修正后的气流温度(用点划线表示)。

试验表明，直径0.5毫米镍铬-镍铝热电偶配用动态测温仪后，测得的气流温度基本上和直径0.07毫米热电偶测得的气流温度是一致的。图4是应用动态测温仪配用弹跳热电偶测量气流温度的记录曲线，它是记录仪记录纸的复制品。

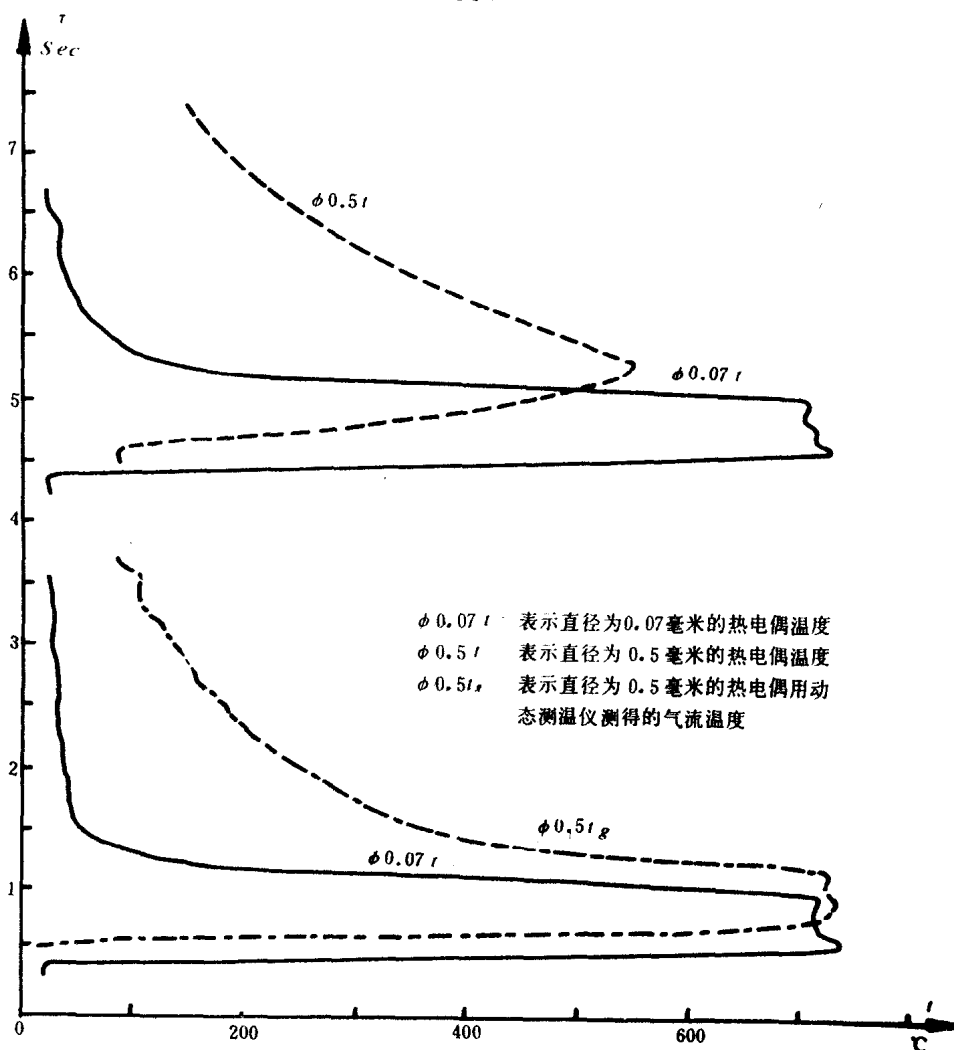


图4 应用动态测温仪配用弹跳热电偶测量气流温度

动态测试技术是当前试验技术研究中的重要课题。尤其动态测温法在航空, 航天, 内燃机, 冶金, 动力工业等领域均有迫切需要。动态测温仪提供一种新型测量高温气流温度的测试工具。应用动态测温仪可以测量超过热电偶材料允许温度的气流温度。可用于快速扫描法测量高温气流温度场, 提高测温精度, 缩短测试时间, 节约能源, 提高工效。还可用于过渡态温度的测量, 以便监视瞬时超温。

参 考 文 献

- [1] 清华大学工程力学系动态测温组, 测量高温气流温度的动态热偶法, 清华大学学报, 1978年, 第一期
- [2] 西北工业大学, 航空发动机气动参数测量, 国防工业出版社, 1980年, p.195
- [3] P. S. Tschang, Temperature determination in moderately dense high temperature gases by transient thermocouple probes, AD 617702, 1965年

数字式水下爆炸压力遥测系统

压力遥测组

(中国科学院力学所)

【提要】 本文分析了水下爆炸压力信号的特点、大药量爆炸现场测试的具体要求，以及传统测压方法所存在的问题，着重介绍了新研制的数字式水下爆炸压力遥测系统。该系统已投入实际使用，文中列举了所达到的主要性能指标，并提供了在几种典型使用条件下所测得的数据实例。

一、概 述

水下爆炸对于国防和国民经济建设均有十分重要的意义，例如在港口扩展、疏通河道、海底工程方面所用的爆炸等。为了研究水下爆炸的物理现象，就必须测量爆炸所形成的压力波形。

水下爆炸所产生的压力具有单次、瞬变、高压等特点，其压力—时间波形如图 1 所示：

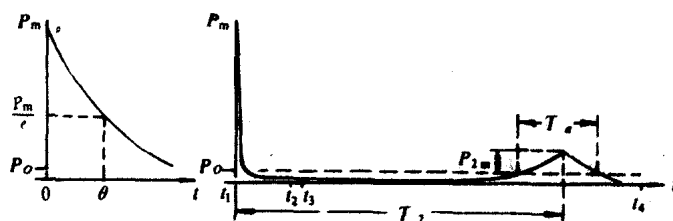


图 1 定点压力—时间曲线

文献[1]已对水下爆炸作了系统研究和全面介绍，给出了 137 公斤 TNT 药包在水深 30 公尺处爆炸时压力—时间波形，是采用压电传感器、特殊的长电缆和示波照相方法记录的，但在国内这方面工作一直比较薄弱。由于爆炸压力信号的上述特点，以及水下工作条件十分恶劣，尤其是根据工程的需要，常在江河湖海中进行大药量爆炸现场实测，从而给传感器的设计、信号的传输和记录等带来很多困难。经过多年的工作，我们已研制成 BJ-1000 型压电晶体式测压传感器[2]，能满足大药量实爆测量需要，并用长电缆传输信号、示波照相记录压力波形的方法进行了多次实测，但实践表明，这种传统的传输、记录信号的方法在大药量爆炸现场测量中尚存在以下几个问题：

1. 长电缆的影响

工程实爆试验中,要求在一定水深中布设炸药包,往往距岸边较远,或为了保证测量船上的仪器设备和人员的安全,也需要与大量量的炸药包保持一个相当远的距离,这就需要少则几百公尺、多则一千多公尺的长电缆,才能把信号送到船上或地面用示波器记录之。这样一来,首先现场布设很困难,尤其是多点测量,要布设多根长电缆,风浪大时,根本无法进行;其次传输信号时,由电缆端部反射、介质耗损及电缆信号等所引起的信号畸变将大大增加测量误差[1]。

2. 多点测量

为了研究爆炸冲击波在水中传播规律或测定炸药包的破坏半径,应有足够多个测试点,这也有利于数据的相互比对,提高数据的可靠性,如果用示波器记录,就要许多台,譬如五个测试点,就至少要五台双线(记忆)示波器和相应数量的计数器等,而且五台要适时可靠地触发工作,这很不容易,尤其是被测信号属单次、非重复的过程,现场工作,稍一疏忽就会招致失败。

3. 全波形的获得

二次压力波也是重要的压力参数,但由于它的峰值比冲击波峰值小得多,而持续时间 T_2 却要长的多,尤其是它的出现时间 T_2 更远远大于 θ 和 T_1 ,所以用示波照相法要同时清楚地记录下全波形不容易。

4. 数据的判读和再处理

记录波形的底片冲洗后,在读数显微镜下逐点判读,这样取结果既费事又不够准确,要再进行数据处理,如计算冲量及能流密度等参量则更加困难。

5. 现场测距

由于压力波各参数都是测压点和爆源间距离 R 的函数,因而测距也是重要的。但现场实测时,由于水流急、浪涌大,用定点布设法很难保证距离的准确,如何提高水下测距精度一直是有待解决的课题。

为了解决上述问题,我们从1976年开始研制数字式水下爆炸压力遥测系统,该系统采用时分制脉冲编码调制遥测原理,该原理虽已在许多方面被应用,但在水下测量方面采用的一般无线传输码速率都较低,例如几千比特/秒,而我们由于被测信号单次、瞬变的特点和具体使用条件就需要高码速率传输达500千比特/秒(kbit/s)。对于测距问题,我们根据多年工作经验提出了冲击波传播时间测距法[3]。1979年我们研制成该系统并试用于现场实测,几年的实践证明,该系统解决了使用示波照相法所存在的上述所有问题,从而成功地实现了大量水下爆炸时,单次、瞬变、多点压力和距离信号的数字化和无线遥测。我们在1977、1981年分别见到有关介绍测量冲击波压力的数字式仪器[4]、[5],但还不是同时用无线遥测的。

二、技术方案

自由流场水下爆炸压力—时间波形见图1。图中第一个跃变压力波是冲击波,冲击波压力是指以静水压力 P_0 为压力零线的超压部分,跃变的前沿很陡峭,到达峰值压力 P_m 后,基本上按指数规律衰减, $p(t) = P_m e^{-t/\theta}$,衰减时间常数 θ ,当 $t = \theta$ 时,

$P(\theta) = \frac{P_m}{e} \approx 0.37P_m$, 冲击波持续时间较短。水下爆炸由于气泡张弛运动还产生特有的

脉动压力波, 影响最大的是其中的二次压力波, 它的峰值 $P_{2m} = (5 \sim 20\%)P_m$, 但持续时间比冲击波长得多, 因此它们的压力—时间曲线所包的面积 (即代表冲量) 相差不多。根据实爆药量, 压力波形的参数值范围如下:

$$P_m = 10 \sim 1000 \text{ 公斤/厘米}^2$$

$$\theta = 0.5 \sim 2 \text{ 毫秒}$$

$$T_a = 22 \sim 330 \text{ 毫秒}$$

$$T_2 = 0.1 \sim 1.5 \text{ 秒}$$

所要测量记录的主要参数是: 1. 压力波的全波形; 2. 冲击波的峰值压力; 3. 测压点至爆源间的距离; 工程上一般要求同时测五点压力信号。通过上述参数可求出: 冲击波的时间常数 θ 、冲量 I 、能流密度 E 及其传播规律等。

该系统的方框图见图 2、3。

由以下三部分组成:

1. 水下部分

压力传感器、零时传感器和信号电缆。传感器外形见照片 (1)。

2. 发送部分

信号预处理电路、脉冲编码电路、遥测发射机、遥控接收机和电源。外形见照片 (2)。

实用时, 这部分全部安装在一个密封的遥测浮标内, 见照片 (3)。

3. 接收部分

遥测接收机、数码识别和存贮电路、数字输出电路、遥控发射机。外形见照片 (4)。

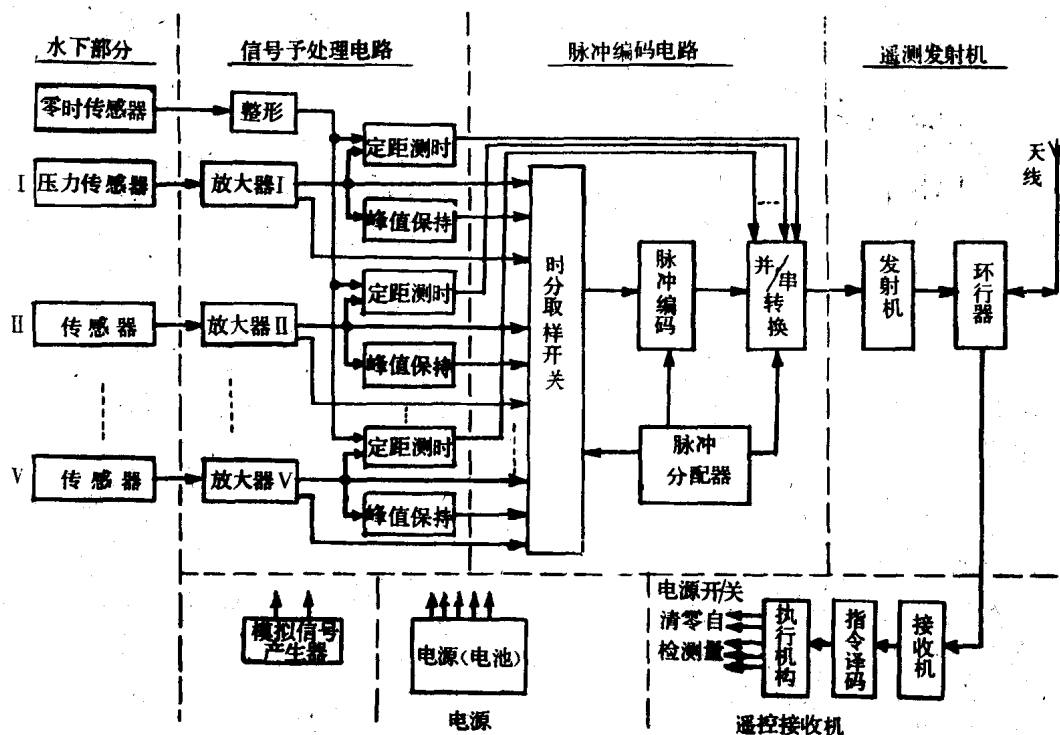


图 2 遥测系统的水下部分和发送部分方框图

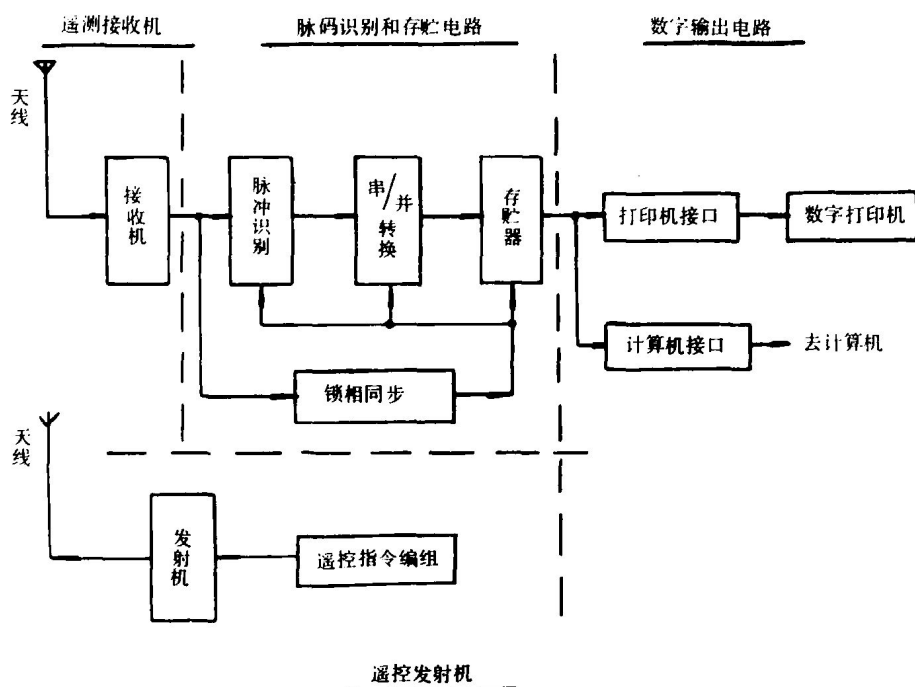


图 3 遥测系统的接收部分方框图

