



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 13606—2007

代替GB/T 13606-1992

---

## 土工试验仪器 岩土工程仪器 振弦式传感器通用技术条件

Instrument for geotechnical engineering——  
General specifications of vibrating wire sensor

2007-06-11 发布

2007-09-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

中国国家标准化管理委员会

发布



目 次

前 言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语与定义 ..... 1

4 分类 ..... 2

5 通用技术要求 ..... 3

6 试验方法 ..... 4

7 检验规则 ..... 6

8 标志、使用说明书 ..... 6

9 包装、运输、贮存 ..... 7

附 录 A..... 8

A.1 实际校准特性 ..... 8

A.2 工作特性方程 ..... 8

A.3 主要性能 ..... 9

A.4 温度影响计算 ..... 11

## 前 言

本标准是对 GB/T13606-1992《岩土工程用钢弦式压力传感器》进行修订。

本标准与 GB/T13606-1992 相比主要差异如下：

——根据近年来岩土工程仪器中的传感器科技水平、生产工艺、器件应用的不断成熟与发展，对原标准的名称、主题内容进行了适当调整和扩展；

——在第 4 章产品分类中，增加了有关振弦式位移传感器、振弦式力传感器等产品具体分类；

——在第 6 章及第 7 章中，增加了有关振弦式传感器的机械环境敏感性要求及试验等；

——在第 6 章及第 7 章中，增加了有关振弦式传感器的可靠性要求及试验等；

——增加了附录 A，补充规定了有关计算公式。

本标准全文推荐性标准。本标准中的附录 A 是规范性附录。

本标准由水利部提出。

本标准由水利部归口。

本标准主要起草单位：水利部水文仪器及岩土工程仪器质量监督检验测试中心、南京水利科学研究院、国网南京自动化研究院、国电南京电力自动化设备总厂、长江勘测规划设计研究院、水利部南京水利水文自动化研究所。

本标准参加起草单位：基康仪器（北京）有限公司、南京葛南实业有限公司、常州金土木工程仪器有限公司、全国工业产品生产许可证办公室水文仪器及岩土工程仪器审查部。

本标准主要起草人：李泽崇、赵越、章一新、卢有清、杨定华、石明华、陆旭。

本标准参加起草人：沈省三、徐刚、杨志余、袁普生。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 13606-1992。

# 岩土工程仪器 振弦式传感器通用技术条件

## 1 范围

本标准规定了岩土工程用振弦式传感器的产品分类、技术条件、试验方法、验收规则以及标志、使用说明书、包装、运输、贮存等。

本标准适用于各种岩土工程用的振弦式传感器产品。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 321-2005 优先数和优先数系

GB/T 5080.7-1985 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间验证试验方案

GB/T 6388 运输包装收发货标志

GB/T 7665-2005 传感器通用术语

GB/T 9969.1 工业产品使用说明书 总则

GB/T 15406 岩土工程仪器基本参数及通用技术条件

GB/T 15464 仪器仪表包装通用技术条件

GB/T 50279 岩土工程基本术语标准

## 3 术语与定义

GB/T 50279、GB/T 7665-2005确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**振弦式传感器** vibrating wire sensor

利用振弦的固有频率变化来感测相关参数的传感器。

### 3.2

**参比特性** reference characteristics

振弦式传感器用作参考和比对的直线或曲线。

### 3.3

**正行程实际平均特性** up-travel actual average characteristics

振弦式传感器正行程各校准点上一组测量值的算术平均值点的连接曲线。

### 3.4

**反行程实际平均特性** down-travel actual average characteristics

振弦式传感器反行程各校准点上一组测量值的算术平均值点的连接曲线。

### 3.5

**正、反行程实际平均特性** up-travel and down-travel actual average characteristics

振弦式传感器各校准点的正行程与反行程算术平均值的平均值点的连接曲线，又称实际特性(曲

线)。

### 3.6

**工作特性** working characteristics

用作约定真值的输出—输入特性的方程或曲线。工作特性体现了非线性度(不符合度)、滞后和不重复度的综合作用。

### 3.7

**满量程输出** full scale output

*FS*

振弦式传感器工作特性所决定的最大输出频率的平方和最小输出频率的平方的代数差<sup>注1</sup>。

注1：以频率模数（输出频率的平方除以1000）为输出量的振弦式传感器，其满量程输出可表征为其最大输出频率模数和最小输出频率模数的代数差。

### 3.8

**额定频率输出** rated frequency

*f.s*

振弦式传感器工作特性所决定的最大输出频率和最小输出频率的代数差。

### 3.9

**分辨力** resolution

在测量范围内，振弦式传感器所能感测的被测量的最小变化值，以满量程输出百分比表示。

### 3.10

**滞后** hysteresis

振弦式传感器在输入量作满量程变化时，对于同一输入量，传感器的正、反行程输出量的最大偏差，以满量程输出百分比表示。

### 3.11

**不重复度** non-repeatability

振弦式传感器在一段时间间隔内，在相同的工作条件下，输入量从同一方向作满量程变化，多次趋近并到达同一校准点时所测量的一组输出量之间的分散程度，以满量程输出百分比表示。

### 3.12

**非线性度** non-linearity

振弦式传感器正、反行程实际平均特性曲线相对于参比直线的最大偏差，用满量程输出的百分比来表示。

### 3.13

**不符合度** non-conformity

振弦式传感器正、反行程实际平均特性曲线相对于参比曲线的最大偏差，用满量程输出的百分比来表示。

### 3.14

**综合误差** combined error

振弦式传感器进程平均校准曲线和回程平均校准曲线二者与工作直线的最大偏差，用满量程输出的百分比来表示；该误差是反映振弦式传感器的综合性能指标。

## 4 分类

振弦式传感器（以下简称传感器）按被测物理量可分为力传感器、压力、位移传感器，具体为：

a) 力传感器

—— 应变计；

—— 钢筋测力计；

- 锚杆应力计；
- 锚索测力计；
- 反力计等。
- b) 压力传感器
  - 孔隙水压力计；
  - 土压力计等。
- c) 位移传感器
  - 位移计；
  - 测缝计；
  - 测斜仪；
  - 沉降仪；
  - 量水堰计等。

## 5 通用技术要求

### 5.1 一般要求

- 5.1.1 外形尺寸选取宜符合 GB/T 321-2005 的规定。
- 5.1.2 测量范围应符合各产品标准的规定。
- 5.1.3 机械结构、零部件及元器件选择、装配方式以及电路设计等，宜采用标准化、系列化设计，并宜采用成熟的标准结构件。
- 5.1.4 工作特性应按其指定拟合公式计算，并在其出厂文件中标明。
- 5.1.5 各种新型传感器在鉴定或批量生产前一般需经过不少于六个月的现场试用考核试验，试验前应明确仪器设备等考核指标、环境条件及考核时间等。

### 5.2 技术要求

#### 5.2.1 工作环境条件

- 5.2.1.1 非水下工作的传感器应能在以下气候环境中正常工作：

- 温度：-20℃～+60℃；
- 湿度：不大于 95%RH；
- 大气压力：86kPa～106kPa。

- 5.2.1.2 水下工作的传感器应能在以下气候环境中正常工作：

- 温度：0℃～+40℃。
- 大气压力：53kPa～106kPa。

#### 5.2.2 外观要求

传感器外观光洁，无锈斑及裂痕，各部分连接牢固，引出的电缆、护套应无损伤，标识清晰。

#### 5.2.3 性能

传感器分辨力、滞后、不重复度、非线性度/不符合度<sup>注2</sup>、综合误差均应满足表1的规定。

表1 性能参数

分辨力	$\leq 0.2\% FS$
滞后	$\leq 1.0\% FS$
不重复度	$\leq 0.5\% FS$
非线性度/不符合度	$\leq 2.0\% FS$
综合误差	$\leq 2.5\% FS$

注2：不符合度只适用于工作特性用曲线来表示的传感器。

#### 5.2.4 过范围限

力传感器和压力传感器应具有承受测量超限值 1.2 倍的能力；恢复到测量范围后，传感器的性能仍应满足表 1 的要求。

#### 5.2.5 绝缘性能

绝缘电阻应大于  $50\text{M}\Omega$ 。

#### 5.2.6 稳定性

5.2.6.1 按额定值加、卸荷 10 次，其性能应满足如下要求：

- a) 其零点漂移应不大于  $0.5\% \text{ f.s.}$ ；
- b) 绝缘电阻应符合 5.2.5 的要求。

5.2.6.2 静置 30d，扣除环境因素变化对零点漂移的影响，其性能应满足如下要求：

- a) 其零点漂移应不大于  $0.5\% \text{ f.s.}$ ；
- b) 绝缘电阻应符合 5.2.5 的要求。

#### 5.2.7 温度影响

在各自产品规定的使用范围内，温度影响（允许修正）应不大于  $0.04\% \text{ f.s./}^\circ\text{C}$ 。

#### 5.2.8 温度测量误差

具有温度测量功能的传感器，其温度测值误差不应大于  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

#### 5.2.9 防水密封性

水下工作的压力传感器应能在 1.2 倍额定工作水压下连续工作 2h，无渗漏且绝缘性能应符合 5.2.5 的要求。

对于其它有防水密封性要求的传感器，应能在其规定的水压下连续工作 2h，无渗漏且绝缘性能应符合 5.2.5 的要求。

#### 5.2.10 机械环境适应性

在包装状态下，传感器应能适应运输、装卸、搬运过程中可能出现的振动、跌落、冲击、碰撞等意外情况，其各项性能及功能应正常。

#### 5.2.11 可靠性要求

短期使用的传感器平均寿命（MTTF）应不小于 10 000h；长期使用的传感器平均寿命（MTTF）应不小于 40 000h。

### 6 试验方法

#### 6.1 主要试验设备

- a) 变形校准装置；
- b) 力学校准装置；
- c) 水压试验装置；
- d) 温度试验装置；
- e) 绝缘测试装置；
- f) 气候环境试验装置；
- g) 机械环境试验装置；
- h) 传感器信号检测仪等。

#### 6.2 环境条件

##### 6.2.1 参比试验大气条件

- 温度： $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ；
- 湿度： $60\% \text{ RH} \sim 75\% \text{ RH}$ ；
- 大气压力： $86\text{kPa} \sim 106\text{kPa}$ 。

##### 6.2.2 正常试验大气条件

- 温度： $+15^\circ\text{C} \sim +35^\circ\text{C}$ （在每项试验期间，允许的温度变化每小时不大于  $1^\circ\text{C}$ ）；



- 湿度:不大于 85%RH;
- 大气压力:86kPa~106kPa。

### 6.3 试验方法

#### 6.3.1 气候环境适应性

在 5.2.1 条规定环境下,按 GB/T 15406 的 7.2.1 进行试验,受试传感器应工作正常,表面无锈蚀、剥落等。

#### 6.3.2 外观

目测检查,应符合 5.2.2 的要求。

#### 6.3.3 性能

##### 6.3.3.1 试验要求

- a) 试验前,传感器应在正常试验大气条件下预先置放 24h 以上;
- b) 试验时,校准点通常应包括基点和满量程点,并按均匀分布取 6~11 点<sup>注3</sup>;校准循环一般取 3~5 次。

注3:如不能实现均匀分布安排校准点,可允许在一个端点处不均布,具体校准点数可由相应的产品标准规定。

##### 6.3.3.2 试验方法

对受试传感器施加不少于 3 次的预加、卸负荷(位移)校准循环,然后将传感器压至下限值,并测量其输出量。之后,逐渐升到测量上限值。每到一测试点输出量,全量程共测得 n 个输出量。然后,反向(反行程)重复上述过程,同样测得 n 个输出量,共需完成 3~5 次循环。

通过上述试验获得的数据,按附录 A 的计算方法确定传感器的分辨力、滞后、不重复度、非线性度(不符合度)、综合误差等。

#### 6.3.4 过范围限

对传感器施加规定的测量上限 1.2 倍的负荷,保持规定时间 0.5h 后卸载,恢复到自由状态;重复三次,然后按本标准 6.3.3 条的规定进行性能试验,结果应符合 5.2.3 要求。

#### 6.3.5 绝缘性能

在正常试验大气条件下,用 100V 兆欧表测量芯线与外壳之间电阻,应分别满足 5.2.5 要求。

#### 6.3.6 稳定性

6.3.6.1 传感器在正常试验大气条件下,按额定值加、卸荷 10 次,每次保持 30s;然后,让其恢复自然状态 2h,其零点变化应及绝缘电阻应满足 5.2.6.1 要求。

6.3.6.2 传感器在正常试验大气条件下,在规定的稳定性试验周期内,并进行三次或三次以上的零点测量,扣除环境因素影响后的零点漂移值及绝缘电阻应满足 5.2.6.2 要求。

#### 6.3.7 温度影响

将传感器放入高、低温箱中,从常温开始降温至传感器最低正常工作温度,保持 2h,读取输出值,然后升温至传感器最高正常工作温度,保持 2h,读取输出值。按附录 A1 计算其测量误差值,应符合 5.2.7 要求。

#### 6.3.8 温度测量误差

传感器在 0℃、正常工作范围上限值二个温度点附近任一测试点的实际温度与实测温度之间的最大差值应满足 5.2.8 要求。

#### 6.3.9 防水密封性

##### 6.3.9.1 试验要求

传感器应在正常试验大气条件下预先置放 2h。

##### 6.3.9.2 试验方法

在规定压力水中保持 2h 后,用额定直流电压为 100V 兆欧表对传感器测量芯线与外壳之间的绝缘电阻,其值应满足 5.2.5 要求,且输出读数应稳定。

#### 6.3.10 机械环境适应性

#### 6.3.10.1 振动

在运输包装状态下,设置振动系统的扫频振动频率为 10Hz~150Hz~10Hz,扫频速度为 1 倍频程/min,加速度为 2g,对传感器进行循环 3 个周期/单轴振动试验。试验后测试其性能,应能满足 5.2.3 的要求。

#### 6.3.10.2 自由跌落

在运输包装状态下,设置自由跌落机的跌落高度为 300mm,将传感器自由跌落在平滑、坚硬的混凝土面或钢质面上,共进行三次跌落试验。试验后测试其性能,应能满足 5.2.3 的要求。

#### 6.3.10.3 冲击(选做)

在运输包装状态下,设置冲击试验台的加速度为 30g,脉冲持续时间为 6ms,对传感器按每个面 3 次,六个面共进行 18 次的冲击试验。试验后测试其性能,应能满足 5.2.3 的要求。

#### 6.3.10.4 碰撞(选做)

在运输包装状态下,设置碰撞试验台的峰值加速度为 25g,脉冲持续时间为 6ms,速度变化量为 0.95m/s,传感器进行 3000 次的碰撞试验。试验后测试其性能,应能满足 5.2.3 的要求。

#### 6.3.11 可靠性

可靠性试验参照 GB/T 5080.7-1985 规定执行。

### 7 检验规则

传感器的检验分出厂检验和型式检验两种。

#### 7.1 出厂检验

7.1.1 传感器应逐台进行出厂检验。

7.1.2 出厂检验根据各自产品标准的规定分别进行检验项目的全检或抽检,检验结果应完整保存、备查。

7.1.3 传感器经检验合格并签发产品合格证后方可出厂。

#### 7.2 型式检验

7.2.1 传感器当出现下列情况之一时,应进行型式检验。

- a) 正常生产过程中,定期或积累一定产量时应进行检验;
- b) 正式生产后,因结构、材料、工艺有较大改变,可能影响设备性能时;
- c) 产品长期停产后又恢复生产时;
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时;
- e) 国家质量技术监督机构提出进行型式检验要求时;
- f) 新型设备或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- g) 合同规定进行型式检验时。

7.2.2 型式检验应由制造厂质量部门或专业质检机构按产品标准规定的全部试验项目(设备可靠性试验除外)进行全性能检验。

7.2.3 型式检验的样品应从经出厂检验合格的产品中随机抽取,一般单机台数不应少于三台,若产品总数少于三台,则应全检。

7.2.4 可靠性试验为非型式检验项目,可通过专项试验进行,也可以在运行或鉴定移交时进行统计。

#### 7.2.5 试验结果的评定

型式检验中有一台及以上单机产品不合格时,应加倍抽取该产品进行试验。若仍有不合格时,则判该批产品为不合格;若全部检验合格,则除去第一批抽样不合格的单机产品,该批产品应判为合格。

7.3 型式检验的产品需要更换易损件时,应在更换后再经出厂检验合格后才能出厂。

### 8 标志、使用说明书

## 8.1 标志

### 8.1.1 产品标志

在传感器上应具有产品型号及出厂编号等。

### 8.1.2 包装标志

在传感器的包装箱的适当位置，应标有显著、牢固的包装标志，内容包括：

- a) 设备型号及名称；
- b) 设备数量；
- c) 箱体尺寸(mm)；
- d) 净重或毛重(kg)；
- e) 运输作业安全标志；
- f) 到站(港)及收货单位；
- g) 发站(港)及发货单位；
- h) 国家工业产品生产许可证标志及编号。

### 8.1.3 传感器的包装储运图示和收发货标志，应按照 GB/T 191 和 GB/T 6388 的有关规定正确选用。

## 8.2 使用说明书

传感器的使用说明书内容应按 GB/T 9969.1 的规定。

## 9 包装、运输、贮存

### 9.1 包装

9.1.1 传感器的包装应符合牢固、美观和经济的要求，应做到结构合理、紧凑、防护可靠，在正常储运、装卸条件下，应保证设备不致因包装不善而引起设备损坏、散失、锈蚀、长霉和降低准确度等。

9.1.2 产品包装时，周围环境及包装箱内应清洁、干燥、无有害气体、无异物。

9.1.3 产品的防震、防潮、防尘等防护包装按 GB / T 15464 中的有关规定进行。

9.1.4 随机文件应齐全，文件清单如下：

- a) 装箱单；
- b) 产品出厂合格证明书；
- c) 产品使用说明书；
- d) 出厂前的检验测试文件；
- e) 产品技术条件规定的其他文件。

9.1.5 随机文件应装入塑料袋中，并放置在包装箱内。

### 9.2 运输

按有关包装标准及本标准的规定进行包装的产品应能适应各种运输方式。

### 9.3 贮存

9.3.1 包装状态下的传感器应能适应以下贮存环境条件：

- a) 温度：-30℃ ～ +70℃；
- b) 湿度：不大于 85%RH；

长期贮存状态下的传感器，其贮存场所应选择通风、干燥的室内，附近应无酸性、碱性及其他腐蚀性物质存在。

## 附 录 A

(规范性附录)

## 数据处理

## A.1 实际校准特性

传感器的实际校准特性通过传感器的校对获得。

设在传感器的整个测量范围内有n个校准点进行不少于3次循环校准试验,则在任一校准点上分别有n个正反行程校准数据。计算每个校准点上正、反行程校准数据的平均值和总平均值。正行程平均值 $\bar{Y}_{ui}$ 为:

$$\bar{Y}_{ui} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{uij} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$\bar{Y}_{uij}$ ——正行程第i个校准点第j次的示值(i=1, 2, 3, ..., n); (j=1, 2, 3, ..., n);

$\bar{Y}_{ui}$ ——正行程第i个校准点平均值;

n——试验循环的次数(n=1, 2, 3, ..., n)。

反行程平均值 $\bar{Y}_{Di}$ 为:

$$\bar{Y}_{Di} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{Dij} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$\bar{Y}_{Dij}$ ——反行程第i个校准点第j次的示值(i=1, 2, 3, ..., n); (j=1, 2, 3, ..., n); ;

$\bar{Y}_{Di}$ ——反行程第i个校准点平均值。

总平均值 $\bar{Y}_i$ 为:

$$\bar{Y}_i = (\bar{Y}_{Di} + \bar{Y}_{ui}) / 2 \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$\bar{Y}_i$ ——第i个校准点总平均值。

## A.2 工作特性方程

A.2.1 工作特性用线性方程表征的传感器其工作特性方程应采用最小二乘直线:

$$P_i = k N + C + b(T_t - T_i) \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

$P_i$ ——第i个测试点作用在传感器的物理量(压力、位移、力等)<sup>注4</sup>;

$k$ ——传感器系数;

$N$ ——输出频率的平方差,  $N = f_i^2 - f_0^2$ , Hz<sup>2</sup>;

$f_i^2$ ——测量点输出频率平方, Hz<sup>2</sup>;

$f_0^2$ ——基准点输出频率平方, Hz<sup>2</sup>;

C——传感器自由状态输出;

b——温度补偿系数<sup>注5</sup>;

$T_t$ ——测试点温度, °C;

$T_i$ ——基准温度, °C。

注4: 当传感器所承受的压力与输出频率的平方成正比, 且信号输出以频率方式显示时,  $P_i = k (f_i^2 - f_0^2)$ 。

注5: 温度补偿系数b确定方法可由相应的产品标准规定。

A.2.2 工作特性用非线性方程表征传感器, 其数据处理宜采用最小二乘法, 其方程可包含温度补偿项。

$$P_i = a_0 + a_1 \xi + a_2 \xi^2 + \cdots + a_n \xi^n \quad \cdots \cdots \cdots \quad (\text{A.5})$$

式中:

$P_i$ ——第  $i$  个测试点作用在传感器的物理量 (位移、力等);

$a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ ... $a_n$ ——系数;

$\xi$ ——传感器测量点输出量。

### A.3 性能

#### A.3.1 额定输出上限频率 $f_{nr}$

$$f_{nr} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f_{nrj} \quad \cdots \cdots \cdots \quad (\text{A.6})$$

式中:

$f_{nrj}$ ——第  $j$  次加荷上限输出频率, Hz;

$m$ ——试验循环的次数 ( $m=1, 2, \cdots, m$ );

$f_{nr}$ ——加荷上限输出频率, Hz。

#### A.3.2 额定输出下限频率 $f_{dr}$

$$f_{dr} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f_{drj} \quad \cdots \cdots \cdots \quad (\text{A.7})$$

式中:

$f_{drj}$ ——第  $j$  次加荷下限输出频率, Hz;

$f_{dr}$ ——加荷下限输出频率, Hz。

#### A.3.3 额定频率输出 $f_n$

$$f_n = |f_{nr} - f_{dr}| \quad \cdots \cdots \cdots \quad (\text{A.8})$$

式中:

$f_n$ ——额定输出频率, Hz。

#### A.3.4 零点输出 $F_0$

$$F_0 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f_{0j}^2 \cdots \cdots \cdots \quad (\text{A. 9})$$

式中:

$F_0$ ——零点输出,  $\text{Hz}^2$ ;

$f_{0j}$ ——第  $j$  次加荷和退荷测量时零载荷下频率输出, Hz。

#### A.3.5 满量程输出上限 $F_{nr}$

$$F_{nr} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f_{nrj}^2 \cdots \cdots \cdots \quad (\text{A. 10})$$

式中:

$f_{nrj}$ ——第  $j$  次加荷至满量程输出上限时的测量值, Hz。

#### A.3.6 满量程输出下限 $F_{dr}$

$$F_{dr} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f_{drj}^2 \cdots \cdots \cdots \quad (\text{A. 11})$$

式中:

$f_{drj}$ ——第  $j$  次加荷至满量程输出下限时的测量值, Hz。

满量程输出  $F_n$

$$F_n = |F_{nr} - F_{dr}| \cdots \cdots \cdots \quad (\text{A. 12})$$

式中:

$F_n$ ——满量程输出,  $\text{Hz}^2$ 。

#### A.3.7 非线性度 (不符合度) $L$

$$L = \frac{\Delta F_L}{F_n} \times 100(\% FS) \cdots \cdots \cdots \quad (\text{A. 13})$$

式中:

$\Delta F_L$ ——正、反行程实际平均特性曲线与工作直线 (曲线) 偏差最大值,  $\text{Hz}^2$ 。

传感器的非线性度  $L$  应满足表 1 的要求。

A.3.8 滞后  $H$ 

$$H = \frac{\Delta F_H}{F_n} \times 100(\% FS) \dots\dots\dots (A. 14)$$

式中:

$\Delta F_H$ ——正行程实际平均特性曲线与反行程实际平均特性曲线, 相同输入测试点输出偏差最大值,  $\text{Hz}^2$ 。

传感器的滞后  $H$  应满足表 1 要求。

A.3.9 不重复度  $R$ 

$$R = \frac{\Delta F_R}{F_n} \times 100(\% FS) \dots\dots\dots (A. 15)$$

式中:

$\Delta F_R$ ——正行程和反行程重复校准时, 各测试点输出偏差的最大值,  $\text{Hz}^2$ 。

传感器的不重复度  $R$  应满足表 1 的要求。

A.3.10 综合误差  $E_c$ 

$$E_c = \frac{\Delta F_c}{F_n} \times 100(\% FS) \dots\dots\dots (A. 16)$$

式中:

$\Delta F_c$ ——正行程实际平均特性曲线和反行程实际平均特性曲线二者与工作直线偏差的最大值,  $\text{Hz}^2$ 。

传感器的综合误差  $E_c$  应满足表 1 的要求。

A.3.11 分辨力  $r$ 

$$r = \frac{\Delta F_r}{F_n} \times 100(\% FS) \dots\dots\dots (A. 17)$$

式中:

$\Delta F_r$ ——可引起输出变化的最小增量,  $\text{Hz}^2$ 。

传感器的分辨力  $r$  应满足表 1 的要求。

## A.4 温度影响的计算

$$\tau = \left| \frac{f'_{t\max} - f'_{t\min}}{(T_{t\max} - T_{t\min}) \times f_n} \right| \times 100(\% f.s) \dots\dots\dots (A. 18)$$

式中:

$\tau$  —— 温度影响, % f.s/°C;

$T_{t\max}$  ——传感器最高正常工作温度，℃；

$T_{t\min}$  ——传感器最低正常工作温度，℃；

$f'_{t\max}$  ——经温度修正后传感器在  $T_{t\max}$  环境的输出频率，Hz（或频率模数，Hz<sup>2</sup>/1000）；

$f'_{t\min}$  ——经温度修正后传感器在  $T_{t\min}$  环境的输出频率，Hz（或频率模数，Hz<sup>2</sup>/1000）；

fn ——频率或频率模数的满量程输出。

---