



力平衡反馈技术在石英水平摆 倾斜仪中的应用初探

观测技术研究中心 高尚华

2018年9月25日

目 录

- 研究背景
- 研究方案
- 实验结果
- 结论

研究背景

- 前兆台网中常用的地倾斜观测仪器有：
 - 水管倾斜仪、钻孔倾斜仪、垂直摆倾斜仪和水平摆倾斜仪
- 水平摆倾斜仪是最早用于地倾斜观测的短基线仪器之一。
- 朱虎和冯海英等老前辈研发了SSQ-II型石英水平摆倾斜仪，该仪器在前兆台网中得到了较广泛应用，取得了不错的观测数据。
 - 采用双吊丝悬挂结构
 - 支架、摆杆和吊丝经熔凝石英烧焊成一体
 - 优点：灵敏度高、摆本体稳定性好
 - 不足：动态范围和线性度等指标不高、频率特性不理想

研究背景

- 力平衡反馈技术常用于大动态、高线性的设计上。
 - 基本原理：产生一个作用于摆锤上的力，其方向与摆锤感受到的惯性力大小相等方向相反，使得摆锤的运动幅度尽可能地小。
 - 优点：通过电子线路的反馈，改变机械摆的固有周期和阻尼，使其频率特性主要取决于电子线路的反馈特性。
- 该技术在重力仪和地震仪上得到了充分的应用，但至今还没有很好地被用于水平摆倾斜仪的研究中。



将力平衡反馈技术应用于石英水平摆倾斜仪

研究方案

- 在摆系基本结构上，沿用现有倾斜仪的
 - 采用双吊丝悬挂结构，支架、吊丝和摆杆都用透明的熔凝石英经高温烧焊成一体。
 - 摆系灵敏度高、稳定性也比较好。
- 在传感器上，用差动式电容微位移传感器，替代现有倾斜仪中的电涡流传感器。
 - 精度更高
 - 在地震计、重力仪等地震观测仪器中用的更多

实验结果

- 根据上述设计方案，进行了理论计算和机电参数选型，选购了元器件；
- 绘制了机械机构图和印刷电路版图，进行了装配和调试；
- 将调试好的电路板、装配好的电容换能器以及石英水平摆摆体集成在一起，制成原理样机并进行了测试。
- 倾斜平台测试结果表明，样机对加速度的灵敏度为 $16801\text{V}/(\text{m}/\text{s}^2)$ ，对地倾角的灵敏度为 $0.798\text{V}/\text{角秒}$ 。
- 正弦波测试结果表明，样机的幅度响应在DC-5s是平坦的，在2s处达到峰值，之后便迅速下降。

结论

- 开展了将力平衡反馈技术应用于石英水平摆倾斜仪中的研究
 - 采用高精度的差动式电容换能器替代原来的涡流传感器
- 测试结果表明，样机的灵敏度为 $1680\text{IV}/(\text{m/s}^2)$ ，样机的幅度响应在从DC到5s都是平坦的
- 证明应用力平衡反馈技术的可行性和有效性
- 这将有利于倾斜仪的推广应用，有利于区域地倾斜观测数据的分析处理



谢谢，敬请批评指正！