

通讯塔架结构倾斜 在线监测设计方案



编制单位：工讯科技（深圳）有限公司

编制时间：二〇一七年五月

目 录

1. 概述.....	2
1.1 通讯塔架结构倾斜监测的必要性.....	2
1.2 塔架倾斜监测系统的作用.....	2
2. 系统设计原则与依据.....	3
2.1 设计原则.....	3
2.2 设计依据.....	3
3. 通讯塔架倾斜监测系统设计.....	4
3.1 传感器选型原则.....	4
3.2 塔身倾斜传感器.....	4

1. 概述

1.1 通讯塔架结构倾斜监测的必要性

安装在野外的通讯塔架结构容易受到所处的地理位置、天气、温度、人为施工等多种因素的影响，使得塔架所受的力不能很好地支撑塔架。因而造成塔架倾斜变形、传通讯线断裂、甚至塔架倒塌等生产和安全问题。

对于早期塔架桅杆倾斜的预测，目前大多数都是采用工作人员实地巡线的方法，这种办法不仅需要大量的人力和财力（工作人员需要携带笨重的仪器，有时还受到天气的影响，对工作造成很大的不方便。）而且效率非常低（工作人员测的数据准确率低、不能及时提出问题的解决方案）。总的来说，这种工作人员巡线方法不能从根本上达到通讯塔架倾斜的早期预测，高效地排除安全隐患等目的，为此不能确保通讯正常运行。

《通讯塔架运行维护安全技术要求》相关条文规定：当出现八级或八级以上大风、雷暴雨、六度以上地震、火灾等情况时应增加日常巡视维护。沿海一带经常受台风、雷暴雨袭击，容易造成塔架结构倾斜，甚至倒塌。因此，通过实时获取塔架的倾斜情况，及时作出维修响应，减少因倒塌对交通等造成的影响就显得非常必要。

1.2 塔架倾斜监测系统的作用

该系统可以接入各种类型的塔架，建立统一的通讯塔架倾斜在线安全监测系统，通讯塔架管理养护单位通过该系统可以随时了解各塔架倾斜的实时状况，统一管理，全面提升通讯系统通讯塔架养护管理水平，同样在国内具有带动示范意义。塔架倾斜监测系统可实现如下作用：

(1) 对每座通讯塔架的垂直度状态进行数据分析，安全性评价，保障通讯塔架在运营期间的安全；

(2) 实现测试数据信息化管理，相关人员可以通过不同权限登入以太网或者利用手机取得现场塔架安全数据及安全评估信息；

(3) 系统不仅可以实现问题塔架的远程预警，还可以给出塔架出现问题后的应急预案，通过 GIS 系统，及时定位塔架地理信息，采取人员介入、维修加固等应急处理办法，减少事故发生的可能性。

2. 系统设计原则与依据

2.1 设计原则

(1) 安全监测系统设计的基本原则是必要性、经济性、可靠性与先进性相结合。必要性原则是指监测项目和内容要能反映塔架结构的性能及相关的工作环境状态；经济性原则是指在满足要求的前提下，尽量减少测点以降低成本；可靠性原则是指系统的软硬件本身的长期可靠与稳定，即系统在一定服役期间（设计寿命内）必须能正常运行、安全可靠；先进性原则是指该系统的建成应代表国内先进水平。

(2) 系统应该具有很好的开放性、兼容性。在满足功能要求的前提下，应充分考虑现代技术的快速发展，以便系统升级。同时能够实现与通讯工程、管理养护等系统对接，实现信息共享。

(3) 可操作和易于维护性：系统正常运行后应易于管理、易于操作，对操作维护人员的技术水平及能力不应要求过高，方便更新换代。

(4) 以最优成本控制：本方案的一个原则就是利用最优布控方式做到既节省项目成本、后期维护投入的人力及物力，又能最大限度发挥出实际监测的效果。

2.2 设计依据

通讯塔架的在线安全监测系统工程的主要依据如下：

- (1) 《钢结构设计规范》（GB 50017-2003）；
- (2) 《钢结构现场检测技术标准》（GBT 50621-2010）；
- (3) 《钢结构检测评定及加固技术规程（附条文说明）》（YB 9257-1996）；
- (4) 《工业建筑可靠性鉴定标准》（GB 50144-2008）；
- (5) 《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）；
- (6) 《结构健康监测系统设计标准》（CECS333-2012）；
- (7) 《通信钢塔桅运行维护安全技术要求》（YD/T2197-2010）；
- (8) 《移动通讯工程钢塔桅结构验收规范》（YD/T5132-2005）；
- (9) 《钢结构工程施工质量验收规范》（GB50205-2001）

3. 通讯塔架倾斜监测系统设计

3.1 传感器选型原则

测试元件以及监测仪表的好坏从根本上决定了整个安全监测系统中数据采集和数据传输是否准确、有效。在进行系统监测仪器的选择上应参考如下要求：

(1) 先进性：为提高通讯塔架的信息化、数字化管理水平，要求系统的传感测试仪器等监测设备必须具有一定国际先进水平；

(2) 精确性：可靠的监测仪表还必须具备必要的精度，能准确的反映出效应量（或原因量）的变化。选择传感器时，必须对结构部位的受力进行分析，选择精度满足塔架监测要求的传感测试仪器；

(3) 可靠性：选择的通讯塔架监测仪器设备必须能在恶劣的塔架自然环境下长期稳定可靠运行，尽可能选择已在同类项目中广泛使用，并证明使用效果好的监测仪表及传感设备；

(4) 简便性：仪器结构简单，牢固可靠，率定、埋设、测读、操作、维修方便，便于更换，使操作人员易于掌握，有利于提高量测速度和精度。

(5) 经济实用性：传感测试仪器及配套仪表须有合理的性能/价格比，满足塔架结构监测特性及养护管理实用性的要求；

(6) 耐久性：结构健康监测系统通常要运行数十年，这就要求传感器必须经久耐用，尽可能少的更换，以保证测试数据的长期连续有效。

(7) 可更换性：通讯塔架属于通讯系统重要的基础设施，因此在通讯塔架整个生命周期内，几乎所有传感器都面临着若干次的更换问题。所以在传感器选型时应尽可能考虑选择外装可更换性好，更换时对塔架本身结构不产生损坏的产品，并能满足更换时测试数据的连续性。

3.2 塔身倾斜传感器

倾斜度是反映塔架垂直度和水平偏移的重要指标，可以通过测量塔身的倾斜来了解塔架的整体安全状况。塔架倾斜采用我司研发的 MAS-HGC1 盒式固定测斜仪盒式固定测斜仪进行监测。

MAS-HGC1 盒式固定测斜仪主要用于桥梁（典型有桥塔、高墩等）、基坑（典型

有基坑周围建筑物、高耸结构物）、电塔、通信塔架、石油机械（磕头机、高原机）等结构物水平位移或倾角的长期自动化监测。盒式固定测斜仪是差动电容式测斜仪，其精度较高，测试数据稳定可靠，操作简便，适合各种环境。

测斜仪测量角度核心部件为一个基于 MEMS 技术开发生产的高精度双轴倾角传感器（如图 3-1，其中箭头代表 X、Y 轴方向），器件内部包含了硅敏感微电容传感器以及 ASIC 集成电路。MAS-HGC1 盒式固定测斜仪通过内部倾斜传感器测量地球的重力加速度在 X、Y 轴上分量来对倾角进行测量。也就是说倾斜传感器所测量到的重力加速度分量等于倾斜角度的正弦 $(\sin) \times 1g$ （如图 3-2），通过逆运算就能得到角度数据。如果所测量到的重力加速度分量为 $0g$ ，那么倾斜角就为 0° 。

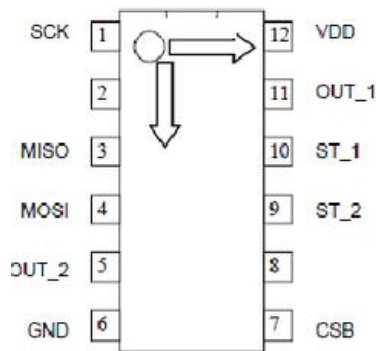


图 3-1

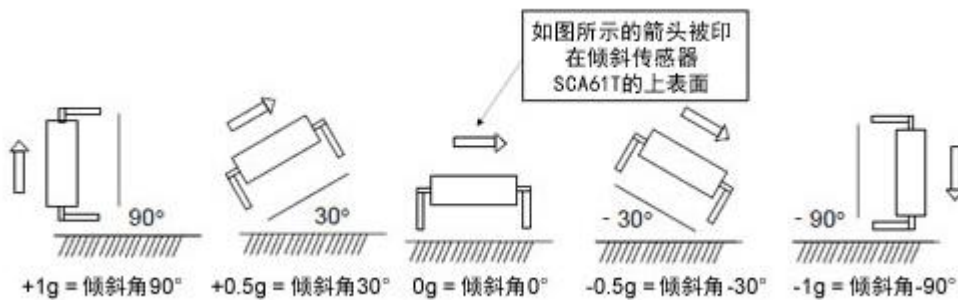


图 3-2 传感器测量原理

MAS-HGC1 盒式固定测斜仪具体的参数指标如下表：

表 3.1 测斜监测传感器技术指标

监测项	设备名称	设备型号	技术指标	产品图片
塔身倾斜	盒式固定测斜仪	MAS-HGC01	测量范围： $\pm 30^\circ$ ； 分辨率： $10''$ ； 系统精度： $\pm 0.01^\circ$ ； 工作温度： $-20 \sim +60^\circ\text{C}$ ；	

