

姚 宏, 陈 鑫, 牟剑英, 等. 广西斜阳岛数字地震台建设经验[J]. 华南地震, 2015, 35 (1): 14–20. [YAO Hong, CHEN Xin, MOU Jianying, et al. Construction Experience of Xieyang Island Digital Seismic Station in Guangxi[J]. South china journal of seismology, 2015, 35(1): 14–20.]

广西斜阳岛数字地震台建设经验

姚 宏, 陈 鑫, 牟剑英, 龙政强, 杨超英

(广西壮族自治区地震局, 南宁 530022)

摘要: 近十年来, 国内地震台网建设已从陆地发展到海洋, 而海岛地震台建设由于受各种客观条件的限制, 建设难度相对较大。以实施中国地震背景场探测项目斜阳岛数字地震台建设为实例, 针对海岛的特殊地理位置和环境条件, 在台址勘选、数据传输、防潮和防腐蚀等技术措施方面总结出一些可以借鉴的成功经验。

关键词: 海岛; 地震台; 背景场; 经验体会

中图分类号: P315.78

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2015) 01-0014-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2015.01.003

Construction Experience of Xieyang Island Digital Seismic Station in Guangxi

YAO Hong, CHEN Xin, MOU Jianying, YANG Chaoying, LONG Zhengqiang

(Earthquake Administration of the GuangXi Autonomous Region, Nanning 530022, China)

Abstract: The seismic station network has extended from land to sea area during the last decade. Restricted by various objective conditions, seismic station construction on island has always been difficult. Based on the construction experience of Xieyang island digital seismic station, this article summarizes some referential experience on site selection, data transition, water preventing as well as anticorrosive treatment.

Keywords: Island; Seismic station; Background field; Experience and learning

0 引言

广西具有近 1 600 km 长的海岸线, 拥有 1 005 km² 滩涂, 北部湾海域面积约 12.93×10⁴ km², 北部湾所属的广西海域拥有涠洲岛等岛屿。虽然在“十五”期间, 通过实施中国数字地震观测网络项目, 已在涠洲岛上建设了一个区域级数字测震台站, 但北部湾海域广阔, 广西区域地震台网

对该海域地震监测能力依然薄弱。

斜阳岛位于涠洲岛东南方向约 9 海里处, 距北海市区 44 海里, 是由火山喷发堆凝形成, 面积 1.89×10⁴ km², 是广西有人居住纬度最低的海岛, 因此, 在斜阳岛上建设一个测震台站, 对于优化台网布局, 提高北部湾海域的地震监测能力具有重要的意义。2010 年 12 月, 根据国家发改委批复中国地震局的中国地震背景场探测项目立项申请,

收稿日期: 2014-03-27

基金项目: 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 12426002-1)

作者简介: 姚宏 (1962–), 男, 研究员. 主要从事地震监测预报研究与应用工作。

E-mail: yaohong08@163.com.

斜阳岛纳入了 8 个海岛地震台建设地点之一,其地理位置见图 1 所示。由于斜阳岛远离陆地,地势陡峭,岛上未开放旅游活动,无公共旅游船只通达该岛,前往斜阳岛的交通只能从涠洲岛临时租快艇的方式解决。斜阳岛上无电力部门交流供电网络,交通运输、通信环境等条件均较差。因此,如何综合考虑各方面因素,做好斜阳岛数字地震台(简称斜阳岛台)工程设计与建设,将直接影响到中国地震背景场探测项目广西测震分项的顺利完成^[1]。

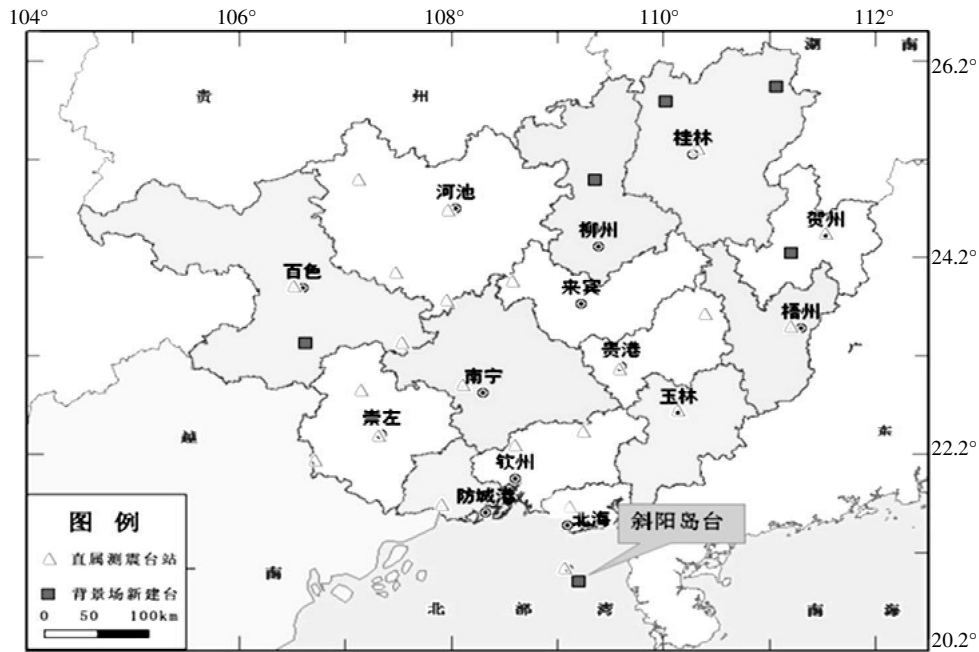


图 1 斜阳岛台地理位置图

Fig.1 The geographical location map of Xieyang island

向的涠洲岛具有良好的通视性,便于采用无线超短波或扩频微波电台传输观测数据,斜阳岛台地形及台址所在位置见图 2、图 3 和图 4 所示,其环境气象条件见表 1。

1.2 台基背景噪声

通常情况下,由于受海浪影响,海岛地震台环境地噪声水平均较高,经测试,斜阳岛地震台台址静态地脉动噪声功率谱密度均方值为 $4.52 \times 10^{-7} \text{ m/s}$,台基地动噪声功率谱密度曲线和地动噪声随时间分布柱状图分别见图 5 和图 6。根据地震台站观测环境技术要求,评定该台的环境地噪声为 IV 级水平,作为架设宽频带地震计的海岛地震台站,基本满足环境地噪声水平不大于 IV 级要求。该台站将成为广西最南面的一个海岛地震台。从台网布局分布看,有利于与涠洲岛地震台共同形成对北部湾海域地震的有效监测,改善北部湾海域的地震监测能力^[2-3]。

1 台址遴选

1.1 台址环境条件

根据开展中国地震背景场探测项目初步设计要求,2009 年 5 月,广西地震局组织技术人员赴斜阳岛进行台址遴选,综合考虑台基岩性、土建施工、超短波数据传输等方面的条件,最终将台址选定于斜阳岛最高山峰羊尾岭上,基岩为火山灰岩,海拔高度 120 m,在该台址位置正对西北方

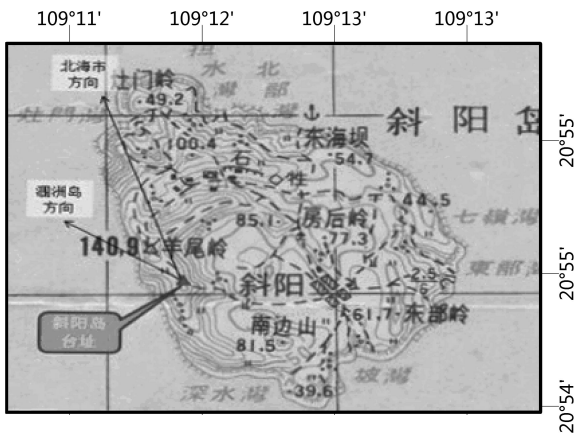


图 2 斜阳岛台地形及台址位置图

Fig.2 The topographic map of Xieyang island and location of the station

1.3 数据传输方式

由于斜阳岛远离陆地,岛上虽然设有中国电信和中国移动公司的基站,但由于岛上环境条件



图 3 斜阳岛台基测试现场环境状况
Fig.3 On-site foundation testing of Xieyang island station



图 4 斜阳岛海对面涠洲岛
Fig.4 Looking towards Weizhou island on Xieyang island

表 1 斜阳岛气象和地质条件

Table 1 The meteorological and geological conditions of Xieyang island

名称	单位	指标
年平均气温	℃	22.9
年平均最高气温	℃	38
年平均最低气温	℃	2
年温差变化	℃	37
最大相对湿度	%	80
地形地貌	—	岛屿
土层厚度	m	2
地下水埋深	m	15.1
冻土深度	m	0
台基状况	—	完整
台基岩性	—	火山灰岩

的限制，这些基站工作状态极不稳定，若采用 CDMA 和 GPRS 公网传输地震观测数据，较难保证地震台站实时观测数据传输的需要。为此，我们只能考虑采用自建无线信道的方式解决该台“最后一公里”的数据传输问题。考虑到斜阳岛台距涠洲岛仅有 18 km 左右，且与“十五”期间建设的涠洲岛数字测震台具有良好的通视条件，另一方面，斜阳岛距北海市中心距离为 65 km(图 7)，理论上也存在由斜阳岛往北海市的扩频微波或超短波的通信路由条件。为此，我们将斜阳岛台台址选定在岛上较高的位置，与涠洲岛及北海市区方向均保持有较好的开阔空间。经过实地对斜阳岛台址超短波信道场强储备测试，涠洲岛或斜阳

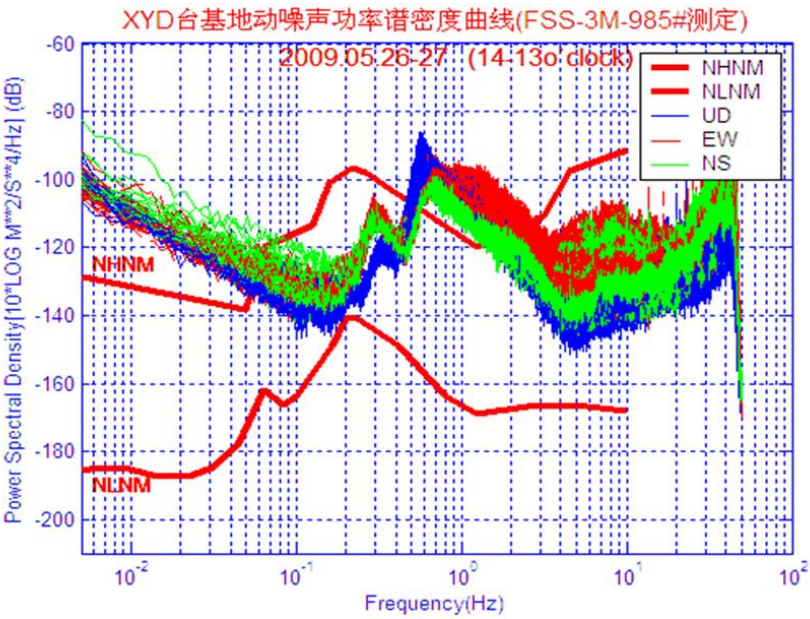


图 5 斜阳岛台基地动噪声功率谱密度曲线
Fig.5 Power spectrum diagram of ground motion noise at Xieyang island station

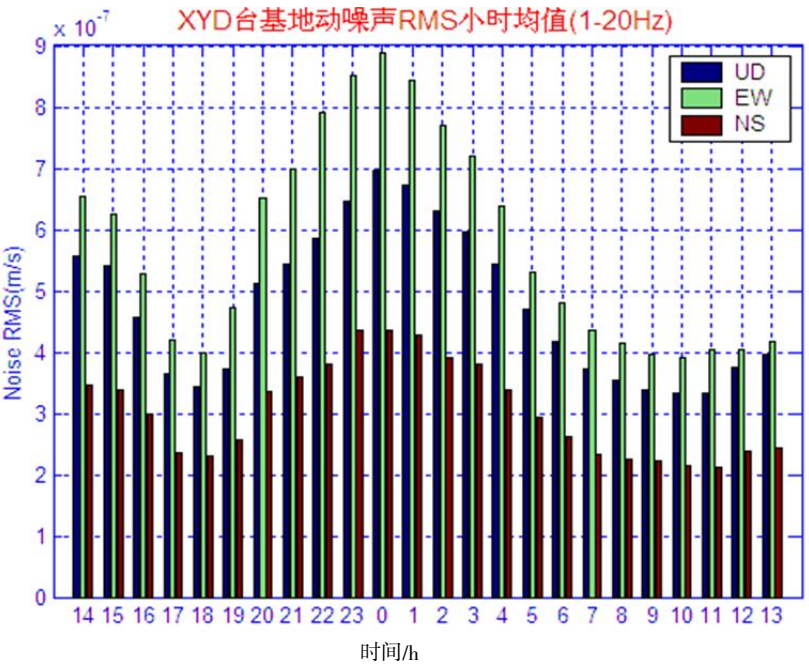


图 6 斜阳岛台基地动噪声随时间分布柱状图

Fig.6 Time distribution histogram of ground motion noise at Xieyang island station

岛到北海台的信道由于受到北海市区建筑高楼大厦的阻挡,无法实现正常通讯;而由斜阳岛台至涠洲岛台距离较近,且无任何障碍物阻挡,无线电场强储备较高,完全满足超短波电台要求达到的场强值,测试结果如表 2、表 3。

涠洲岛数字测震台为“十五”中国数字地震观测网络项目建设的区域数字测震台站之一,该台采用 2M 光纤链路实时传输观测数据,满足增加斜阳岛台观测数据后传输的带宽需要,斜阳岛台到涠洲岛台数据通信网络拓扑结构见图 8。

2 台站土建工程

2.1 施工难点及处理

在土建施工过程中,遇到较多的问题和困难,一是材料的运输问题,由于从涠洲岛到斜阳岛未开通公共运输业务,所有的建筑材料均需要先从北海市运至涠洲岛,再从涠洲岛租用渔轮转运至斜阳岛,材料运抵至斜阳岛码头后,还需要人工搬运到距码头 3~4 km 远、高程达 179 m 的台站建设点上,岛上能利用到的机械设备最多是一台手

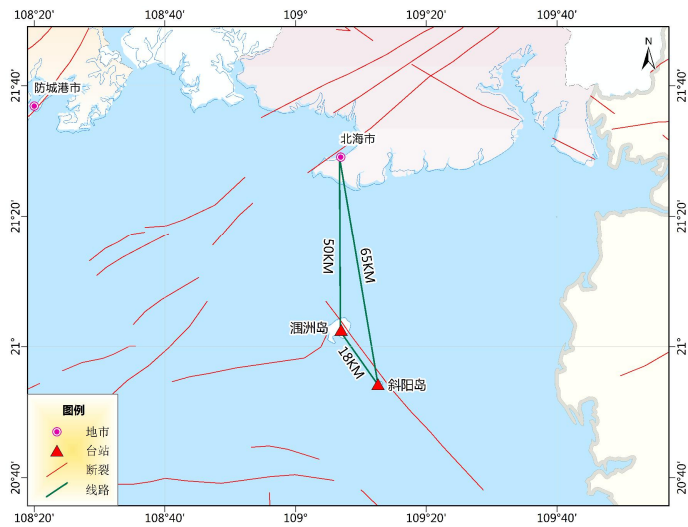


图 7 斜阳岛台、涠洲岛台及北海台位置及距离平面图

Fig.7 Distance between Xieyang island station, Weizhou island station and Beihai station on plan

表 2 涠洲岛台、斜阳岛台至北海台超短波信道场强储备测试结果

Table 2 Testing result of VHF channel field strength from Weizhou island station and Xieyang island station to Beihai station

序号	测点名称	至北海台/km	经度/°	纬度/°	高程/m	发射功率/dBm	接收场强/(RSS)I	天线类型	天线高度/m
1	涠洲岛	50	109.101	21.030 6	40	37	0	定向	3
2	斜阳岛	65	109.353	24.993 6	120	37	0	定向	10

表 3 斜阳岛台至涠洲岛台超短波信道场强储备测试结果

Table 3 Testing result of VHF channel field strength from Xieyang island station to Weizhou island station

序号	测点名称	至北海台/km	经度/°	纬度/°	高程/m	发射功率/dBm	接收场强/(RSS)I	天线类型	天线高度/m
1	涠洲岛	18	109.353	24.993 6	120	37	-57db	定向	10
2	斜阳岛	18	109.353	24.993 6	120	27	-63db	定向	10

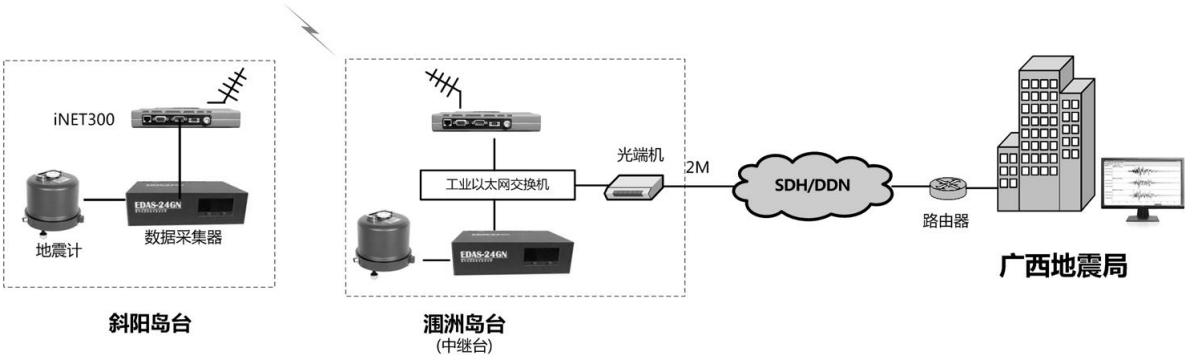


图 8 斜阳岛-涠洲岛数据传输拓扑图

Fig.8 Xieyang - Weizhou data transition topological graph

扶拖拉机，造成建筑材料费用大幅提高；二是施工人员在岛上的用水、用电等工作生活条件极为困难，影响施工进度；三是受季风影响，海面上风大、浪高，尤其是遇到台风，对材料运输和存放都带来影响。为尽可能地降低工程造价和及时完成斜阳岛土建工程，项目实施小组成员与施工方精心组织，做好材料测算，准备好沙石、水泥、砖、钢筋等建筑材料，甚至不锈钢门、避雷塔、蓄电池、太阳能电池板等材料集中在涠洲岛上后，再一次性租用较大的渔船运往斜阳岛，尽可能降低运输成本。同时在施工过程中，避雷塔、避雷带与土建同步施工，合理地安排施工方案，较好地处理了施工难度与工程进度、投资成本与质量的关系。

2.2 防潮、防腐蚀及保温措施

为满足地震仪对观测环境的温度与湿度要求，台站仪器房设计上考虑双层墙体结构及全密封设计，外墙墙厚为 200 cm、内墙墙厚为 120 cm，两墙之间保持 70 cm 宽间隔，见图 9。设两道门，外层为防盗门，内层为保温门。鉴于海岛气候潮湿、腐蚀性强，为防止长期暴露在外的门窗、避雷铁塔、电台天线等金属构件易受到腐蚀，专门为该

台订制了一个不锈钢防盗保温双层门，天线支架和避雷塔均采用了防锈蚀性强的热镀锌钢材；天馈线连接处采用了防水胶做好密封处理。

3 供电与避雷系统建设

3.1 太阳能供电系统

斜阳岛远离陆地，无电力部门提供的交流电

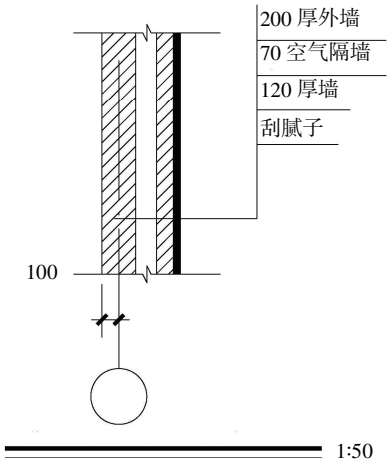


图 9 斜阳岛台仪器房墙体结构示意图

Fig.9 Schematic of plant room wall section at Xieyang island station

源, 夜晚, 岛上渔民依靠自备发电机发电照明, 而岛上日照强烈, 为使用太阳能供电提供了良好的条件。按照台站设备总功耗 10 W 计算, 配备 320 W 太阳能电池板和 400 AH/12V 容量的电瓶即能满足设备连续工作需要。为确保供电系统稳定可靠, 电瓶拟选择、过放电能力强的镉镍碱性蓄电池, 尽管此类电瓶初期建设投入费用较铅酸蓄电池高一倍以上, 但正常使用年限至少可在 15 年以上, 后期运行维护管理带来方便。表 4 给出相近容量镉镍碱性电池与密封铅酸电池性能对比表, 由此可见, 碱性镉镍电池较铅酸电池性价比更高, 较适合在野外恶劣的环境条件下使用。

3.2 避雷与接地工程

雷电对台站观测设备的危害一般通过两个途径: 一是直击雷, 既雷电直接击中观测系统造成设备的损坏, 直击雷较少发生, 但其危害性极大, 往往对台站仪器设备造成严重的损坏; 二是感应雷, 通过电力线、信号线、传输线、天线等感应出很高的电压进入观测系统造成设备的损坏。斜阳岛台采用太阳能供电方式可有效地防止由交流电力线路引入的感应雷, 而防止直击雷的措施之一则是在站房旁边架设 12 m 高的避雷针, 使房屋处于避雷针最高处往地下 30°夹角所覆盖的范围内, 如图 10 所示。

接地是避雷工程最重要的技术环节, 不管是直击雷还是感应雷最终的结果是希望将雷电送入

大地, 因此, 台站避雷性能的好坏与接地网的接地电阻有较大的关系, 根据建筑防雷设计有关规范, 台站避雷要考虑建筑物的避雷和仪器设备的避雷, 建筑物接地电阻要求小于 10 Ω, 而仪器避雷地网接地电阻不大于 4 Ω。由于地震台通常选址在具有大面积完整基岩出露的地方, 这往往与地网建设环境条件要求相矛盾。地网建设若远离台站, 不利于迅速地将雷电流传导入大地。为此, 尽可能地就近找到合适的地点埋设地网, 若本地土壤电阻率较高, 拟在接地体的周围填充化学降阻剂和换土等方式以降低土壤的电阻率, 提高接地效果。若台站周边环境条件不允许单独埋设建筑物和仪器接地体, 则可共用一个接地体, 但除保证接地体的可靠外, 还应考虑从地网不同点接入引下线^[4]。

3.3 设备安装及试运行

2013 年 4 月, 斜阳岛台观测仪器设备全部安装调试完毕, 系统试运行稳定正常, 观测数据实时汇集到广西地震台网中心, 数据连续率达 99% 以上。根据《中国地震背景场探测项目测震强震动联调与试运行方案》, 2013 年 11 月又进一步完成了斜阳岛台观测数据实时汇集至中国地震台网中心的联调试运行工作。2014 年 4 月, 中国地震台网中心批复同意广西地震背景场探测项目试运行期自 2014 年 4 月 15 日进入试运行, 经对该时间段的试运行率统计, 系统运行率更是达到

表 4 GN300 镉镍碱性电池与 GM450 密封铅酸电池性能比较

Table 4 Performance comparison between GN300 Nickel-cadmium alkaline secondary cells and GM450 sealed lead-acid cells		
项目指标	GM450 酸性电池	GN300 碱性电池
标称电压	2V/只	1.2V/只
容量	10h 率容量 450Ah	10h 率容量 360Ah
放电深度	60%~70%	100%
实际可使用容量	330Ah	360Ah
充电方式	恒压限流	恒流恒压均可
快充能力	不允许快充, 最高	可快充, 达
初充电时间	一般在 50 h 以上	8~12 h
耐过充电能力	过充电会损坏电池	具有很强的耐过放电充电能力
过放电	过放电会严重损坏电池, 且无法恢复	过放电不会损坏电池
机械强度	差	强
腐蚀性	很强, 且污染严重	无
设计寿命	6~8 年	25 年
实际使用寿命	2 年半左右	保证使用 15 年以上
保存	存放期不能超过六个月, 超过六个月贮存期的电池必须充电维护	存放期可达四年, 电池性能不受影响。
维护性	维护工作量大	少维护
可靠性	可以引起断路	不会引起断路
一次购入成本	低	高, 约 2 倍

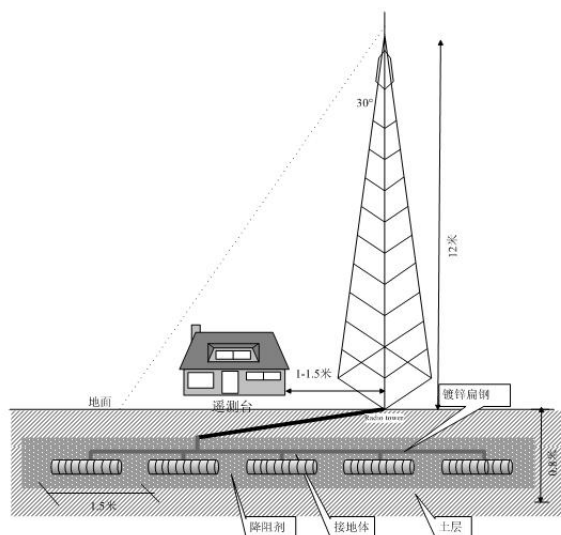


图 10 数字地震台站避雷系统构成示意图

Fig.10 Structure map lightning protection system for digital seismic station

99.8%，标志着斜阳岛海岛地震建设任务取得较满意的实施效果，系统运行情况表明该台的各项技术达到设计要求。斜阳岛台外观全貌及内部设备安装见图 11、图 12。

4 结语

广西地震背景场探测项目自 2009 年实施以来，广西地震局党组高度重视，严格按照中国地震局台网中心项目办的部署全力以赴推进该项目建设。经过近几年努力，较好地完成有各项建设任务，尤其是在斜阳岛台建设过程中，统筹规划，克服了征地难度大、建台材料运输成本高、通信基础条件差、海水腐蚀强等困难，高质量地完成了台址勘选、土建、电气、通信和防雷工程及仪器设备安装调试工作，中国地震局、国家海洋局等有关部门的领导和专家在参观完斜阳岛台后，对斜阳岛台建设的成功经验给予充分的肯定，成为中国地震背景场探测项目海岛台建设的示范性工程。

参考文献：

- [1] 姚宏. 广西区域数字地震台网建设与发展[J]. 华南地震, 2011, 31 (4): 29-38.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 19531.1-2004 地震台站观测环境技术要求第 1 部分: 测震[S]. 北京: 地震出版社, 2004.
- [3] 姚宏. 广西区域测震台网监测能力评定[J]. 地震地磁观测与研究, 2010, 31 (1): 107-113



图 11 建设成后的斜阳岛数字测震台全貌

Fig.11 Outline of the accomplished Xieyang island digital seismic station



图 12 斜阳岛数字测震台内部设备安装情况

Fig.12 Interior of Xieyang island digital seismic station

- [4] 郭德顺, 杨建安, 叶春明. 强震动观测台站防雷措施探讨[J]. 华南地震, 2014, 34 (2): 107-114.