

云南省地震应急短波通信系统建设及应用*

吕后华, 杨周胜

(云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 介绍了云南省地震应急短波通信系统的建设情况、实际工作频率的选择依据, 并以景谷 6.6 级地震为例详细说明了该系统的应用模式。地震应急短波通信系统经历了多次地震应急的考验, 在震区通信中断时确实能够提供最后的通信保障, 达到了预期的设计目标。

关键词: 地震应急通信; 短波通信; 频率选择; 景谷 6.6 级地震

中图分类号: P315-39

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2015)02-0320-06

0 引言

短波通信是无线电通信的一种, 它利用波长在 10~100 m、频率范围 3~30 MHz 的电波作为载体。短波通信主要依靠大气电离层反射电波, 是一种远程通信手段。尽管当前新型无线电通信技术不断涌现, 短波仍然受到全世界普遍重视。相对于其他通信技术, 短波通信有 3 个重要特点: (1) 抗毁能力强, 短波通信是唯一不受网络枢纽和有源中继制约的远程通信手段, 尤其是在发生自然灾害和战争时, 能够发挥无可替代的作用; (2) 受地形等因素影响小, 在山区、戈壁、海洋等地区不可或缺 (张毓丰, 邓民宪, 2005); (3) 运行成本低, 除需购置短波设备外, 无其他费用支出 (李立凤等, 2002)。

云南省是我国地震灾害多发省份, 仅 2014 年就发生 6 级以上地震 3 次、5~6 级地震 5 次。同时, 云南省 90% 的国土面积为高海拔山区, 高山峡谷相间分布, 交通和通信设施基础薄弱。地震发生后, 震区现有通信系统极易中断, 如 2012 年 9 月 7 日彝良 5.7 级地震、2014 年 8 月 3 日鲁甸 6.5 级地震中极震区通信全部中断。基于这种情况, 为落实云南省人民政府《全面加强预防和处置地震灾害能力建设十项重大措施》, 云南省地震局规划建设了地震应急短波通信系统 (段锋, 2010; 赵恒等, 2012)。

1 短波通信原理

短波通信系统依靠无线电波作为载体来传输信息 (图 1)。常见的电波传播方式有两种, 一种是地波传播, 一种是天波传播 (陈丽慧, 2009)。地波, 又称地表面波, 指沿大地表面传播的电波。地波不受气候影响, 主要取决于地面电特性。地波在传播过程中, 能量会逐渐被大地吸收, 因而传播距离短。短波近距离通信主要利用地波, 通信距离在 20 km 左右。

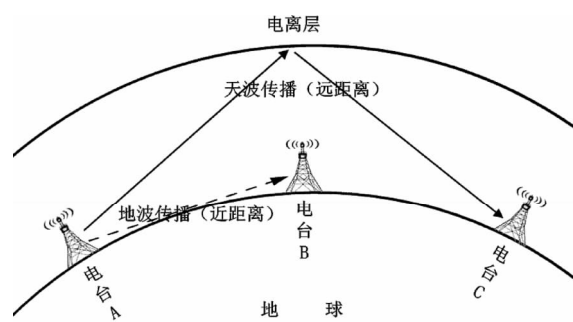


图 1 短波通信原理

Fig. 1 Principle of shortwave communication

天波是指在高空中传播, 经过大气电离层反射返回地面的电波。天波易受天气、电子浓度等因素影响。短波远距离通信利用天波, 通信距离可达几千千米。在实际地震应急时, 应急短波通信系统主要使用天波进行通信。

* 收稿日期: 2014-12-30.

基金项目: 十项重大措施——重点监视防御区市县无线短波电台更新 (200302) 项目资助。

2 地震应急短波通信系统建设

云南省地震应急短波通信系统由云南省地震局统一规划建设并管理运维，主要功能是在震区通信系统中断时提供通信保障。根据应用需求，云南省地震应急短波通信系统分成两个子系统建设：固定短波和车载短波通信系统（宋立军等，2009）。通过设置相同的通信频率，两个短波通信子系统组成一个短波通信网发挥作用。

表 1 固定短波通信系统电台表

Tab. 1 Radio stations of stationary shortwave communication system

级别	数量	安装地点	设备型号
省级	1	云南省地震局	柯顿 NGT SR 125W 电台
州（市）级	16	各州（市）地震局	柯顿 NGT CR 125W 电台、威泰克斯 VX-1700 100W 电台
直属台站	11	省局直属地震台	ICOM-700 100W 电台
县（区）级	88	县（区）地震局	威泰克斯 VX-1700 100W 电台

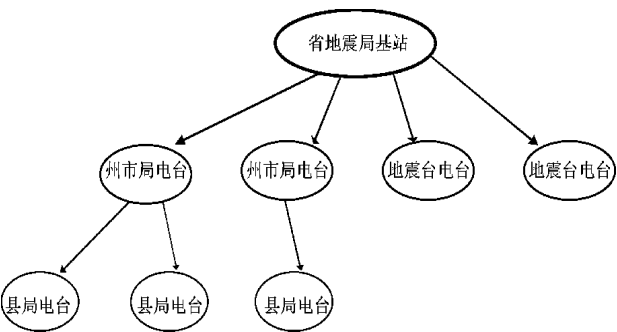


图 2 固定短波通信系统结构
Fig. 2 Structure of stationary shortwave communication system

所有已建设完成的固定电台，以省局基站为中心台，负责管理州（市）地震局和直属地震台电台；州（市）地震局电台管理所属县地震局电台（图 2）。为确保通信效果，所有电台均采用高增益三线基站天线，并采用水平方式架设（牛峰等，2000）。每套短波基站都配置了大容量蓄电池，以确保地震发生时系统的供电保障。

固定短波通信系统共有两种工作模式。一种是日常模式。无地震发生时，系统处于日常模式。所有短波电台每周都将启动进行联通测试，检测设备和信道工作状态，积累使用经验。另一种是

2.1 固定短波通信系统

目前，固定短波通信系统已建设固定短波电台 116 个。其中，省地震局电台基站 1 个，州（市）地震局电台 16 个，直属地震台电台 11 个，县地震局电台 88 个（表 1）。云南省共有各级地震局及直属地震台等地震部门 151 个，其中省级地震局 1 个，州（市）级地震局 16 个，县级地震局 129 个，直属地震台 15 个。固定短波通信系统建设工作将继续推进，计划覆盖云南省所有地震部门。

应急模式。地震发生后，震区及附近区域电台迅速启动进入应急模式，第一时间与省局基站联通启动灾情速报，主动汇报地震有感范围、灾害损失情况等。省局基站获取震情信息后，及时报告相关部门，开展应急指挥和部署抗震救灾工作。

2.2 车载短波通信系统

车载短波通信系统又称为地震现场灾害调查短波通信保障系统。

根据云南省地震局应急工作要求，地震发生后现场工作队要立即赶赴灾区开展应急工作。考虑到震区通信情况无法确定，云南省地震局设计并建设了车载短波通信系统。该通信系统由现场指挥基站、车载短波电台、单人背负短波电台和超短波手持台组成，通过短波和超短波信道组网，用于实现现场指挥部与后方指挥部之间、现场工作队与现场指挥部之间、工作队各车载电台之间以及工作人员与车载电台之间的通信联络（图 3）。

目前，车载短波和超短波通信系统共建设有各类短波和超短波电台 140 个，其中，现场指挥短波基站 1 个，超短波基站 1 个，车载短波电台 36 套，单人背负短波电台 2 套，超短波手持台 100 个（表 2）。组成的短波通信网能够覆盖地震现场应急工作区域，提供通信保障。

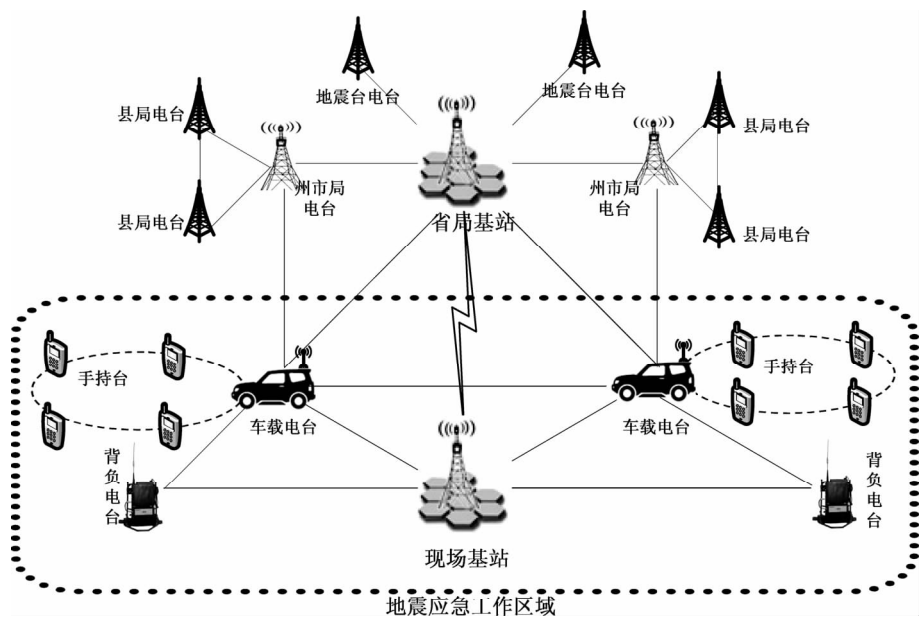


图 3 云南省地震应急短波通信系统组成

Fig. 3 Components of Yunnan Earthquake Emergency Shortwave Communication System

表 2 车载短波通信系统电台表

Tab. 2 Radio stations of vehicular shortwave communication system

类型	数量	设备型号	通信距离/km
短波基站	1	柯顿 NGT SR 125W 电台/三线宽带基站天线	>1 000
车载电台	36	柯顿 NGT SR 125W 电台/9350 车载天线和半环无盲区车载天线	500 ~1 000
背负电台	2	柯顿 2110V 短波背负电台	<20
手持台	100	摩托罗拉 GP2000 超短波手持台	1 ~3

现场指挥基站由现场工作队到达地震灾区后选址架设。基站选用澳大利亚柯顿 NGT - SR 短波电台和 28M 高增益三线基站天线。现场基站支持最远通信距离大于 1 000 km，在完全覆盖地震灾区的同时，能够与省内多数固定和车载短波通信系统进行通信。

车载短波电台（图 4）选用柯顿 NGT - SR 电台和 9350 自动调谐鞭状车载天线，安装在越野性能较好的汽车上，电台由汽车自带 12 V 蓄电池供电。地震发生后，36 套车载电台由现场指挥基站统一协调管理，第一时间赶赴震区不同地点分散分布，组成现场车载短波通信网。

为了克服鞭状天线的短波盲区，系统还配置了多套无盲区半环车载短波天线。

背负电台和手持台作为车载电台的延伸，主要用于道路中断时由工作人员携带步行进入指定区域的保障通信。背负电台重量轻、功率大、便

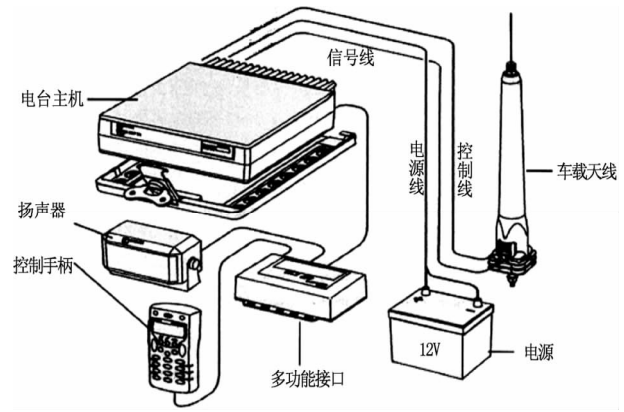


图 4 车载短波电台安装示意图

Fig. 4 Installation diagram of vehicular shortwave radio

于携带，通信距离约 20 km。超短波手持台适用视距通话，通信距离 1 ~3 km，在灾区携带和使用方便，除了对讲功能，手持台通过车载的短波/超短波异频转接设备，可以方便地实现远程通信。

3 短波电台工作频率选择

在短波电台发射功率、天线架设、天气气候等因素确定的情况下，电台工作频率成为决定通信质量的唯一可控因素。因此，为短波通信系统选择合适的工作频率十分关键。

3.1 地波通信频率要求

地波在传播过程中与大地产生感应电荷，感应电荷随电波传播而形成地电流。由于大地存在电阻，地电流通过时要消耗能量，进而造成大地对地波的吸收。地电阻是变化的，其大小与电波的频率有关，频率越高电阻越大，大地对电波的吸收作用愈强。同时还要考虑到，地波的传播距离与频率成正比。鉴于以上情况，短波电台利用地波传播方式进行通信时选用的频率不要过高或过低。正常情况下，地波传播适宜频率一般为 1.5 ~ 5 MHz（牛峰等，1997）。

3.2 天波通信频率要求

利用天波传播进行远距离通信是地震应急短波通信系统的主要工作方式。天波传播方式依靠大气电离层折射，与电离层电子密度有直接关系。电离层的电子密度大小随日照强弱变化（赵晖等，2001）。这就决定了为取得良好的通信效果，短波通信采用的工作频率也要随电离层变化而改变。一般说来，选择天波传播频率要考虑以下原则：

（1）低于最高可用频率

最高可用频率是指在实际通信中，能够被电离层反射回地面的电波的最高频率。通信频率不得高于最高可用频率，否则电波将穿过电离层。最高可用频率与电子密度和通信距离有关，电子密度越大、通信距离越远，最高可用频率越高。考虑到电离层电子密度是随时变化的，最佳频率应适当低于最高可用频率。一般来说，最佳频率应当低于最高可用频率 10% ~ 20%。这里我们取最高可用频率的 85% 为最佳频率（张太福，韩宇，2013）。

根据理论计算和日常工作经验，我们列出了云南省不同通信距离在不同时段的最高可用频率（表 3），并计算出最佳工作频率。限于测试条件，表中所列工作频率并非确定的频率，而是在此频率附近可以上下浮动。

表 3 云南地区最高可用频率、最佳频率表

Tab. 3 Maximum usable frequency and best frequency in Yunnan region

时段	距离/km	频率/MHz	
		最高可用频率	最佳频率
4 时	500	5. 5	4. 68
	1 000	6. 2	5. 27
8 时	500	8. 5	7. 23
	1 000	11. 8	10. 03
12 时	500	16. 8	14. 28
	1 000	22	18. 70
16 时	500	15	12. 75
	1 000	20. 5	17. 43
20 时	500	9. 5	8. 08
	1 000	11. 5	9. 78

（2）一日之内适时更改频率

观察表 3 我们可以发现，某一频率在某一时段可以作为最佳工作频率，在另一时段就可能超过了最高可用频率。因此，在一昼夜内最佳工作频率应当是变化的。通常实际工作中，选用两个频率分别作为日频和夜频，一昼夜变换 1 ~ 2 次。频率变换一般在电子密度变化剧烈的黎明和黄昏时刻适时进行。

3.3 实际工作频率选择

实际工作频率的选择还需要考虑非技术因素。根据《无线电管理条例》规定，国家无线电管理机构对无线电频率实行统一划分和分配，设置和使用无线电台应当报请无线电管理机构审批。

综合考虑地波、天波传播通信频率的要求，以及国家对无线电频率的管理规定，云南省地震应急短波通信系统共选择 6 个实际工作频率（表 4），并已全部通过云南省无线电管理委员会审批。

表 4 云南省地震应急短波通信系统工作频率表

Tab. 4 Working frequency of Yunnan Earthquake Emergency Shortwave Communication System

序号	频率/MHz	备注
1	3. 662	地波频率/天波夜频备频
2	4. 450	地波频率/天波夜频
3	7. 450	天波日频备频
4	8. 065	天波日频
5	9. 051	天波日频备频
6	10. 240	天波日频远距离备频

在2014年4月5日永善5.3级地震、8月3日鲁甸6.5级地震、10月7日景谷6.6级地震等多次地震的应急过程中,我们对以上工作频率进行了实际测试。测试结果表明,所选频率能够适应复杂的地形环境和气候因素,在实际地震应急通信时通信效果,尤其是远距离通信效果良好,发挥了通信保障作用。

4 短波通信系统在景谷6.6级地震中的应用

笔者通过景谷6.6级地震详细介绍地震应急短波通信系统的工作模式(赵恒等,2007)。2014年10月7日景谷6.6级地震是云南地区2000年以来发生的最强地震。因震区房屋结构抗震性能好、人口密度低,以及植被茂密等原因,此次地震造成人员伤亡和财产损失相对较小。当地通信系统、供电系统虽然受到不同程度的破坏,但经过紧急修复很快恢复正常。为了在地震应急环境中检验短波通信系统的实际作用,我们按照应急预案紧急启动了短波通信系统。

4.1 后方基站指挥阶段

普洱市景谷县距昆明约500 km,应急车辆到达景谷6.6级地震现场需要6个小时。在6小时之内,现场指挥基站尚未架设,省局基站承担整个短波通信系统的指挥功能,此阶段为后方基站指挥阶段。

(1) 应急响应。景谷6.6级地震发生后,云南省地震应急短波通信系统立即启动。省局短波基站、震区及周边市县地震局电台迅速开机。8套车载短波电台、2个背负电台以及40个手持台随现场工作队第一时间赶赴震区。在现场工作队到达灾区前,省局基站作为指挥中枢,负责协调所有电台通信。

(2) 信息收集与反馈。震区及周边市县地震局电台要迅速收集当地的地震灾情、震感范围、通信、电力及交通等基础设施损坏信息,初步整理后及时上报省局基站。此次地震应急过程中,普洱市局、临沧市局、德宏州局和景谷县局等电台第一时间开机上报了灾情信息。省局基站分类整理所有电台报送信息,并及时上报后方应急指挥部。同时,省局基站与行进中的所有车载电台

保持联络,将收集到的灾情信息反馈给各车载电台。车载电台根据反馈信息制定工作计划,以备到达灾区后立即开展工作。

4.2 现场基站指挥阶段

到达景谷灾区后,现场工作队立即开始架设现场指挥基站。为保障通信效果,高增益三线基站天线应架设在高处。实地考察后,现场工作队将基站天线以水平架设方式安装在离地约15 m的楼顶。架设完成后,现场指挥基站开始接替省局基站承担整个短波通信系统的指挥功能。短波通信系统进入现场基站指挥阶段。

(1) 指挥移交。现场基站架设完成需要进行联通测试,确保短波对灾区的覆盖。现场基站先后与省局基站、市县局电台、车载电台进行通信,明确通知各电台,系统指挥中枢已变更为现场基站。

(2) 应急指挥。现场基站指挥8套车载电台进入灾区不同区域,搭建覆盖灾区的短波通信网络。车载电台主要进行灾害损失调查工作,包括民房、公用基础设施、重大生命线工程损坏情况,以及地震监测、强震监测仪器的运转情况。对于车辆不能到达区域,工作人员将携带背负电台和手持台步行进入。在应急工作期间,现场短波基站全时开机值守,实时跟踪各车载电台、背负电台的调查进展,并随时传达现场指挥部命令。

由于车载电台所配鞭状天线存在物理盲区,车载电台之间通信会受到一定程度影响,因此现场基站还将负责车载电台之间的通信中转。

(3) 功能测试。现场应急工作后期,现场基站将组织全网络测试,完善短波通信系统功能。现场基站每日上午、下午两次定时与省局基站和全省州、市局电台进行联通测试。测试不同距离、不同时段、不同频率的通信效果,积累实际使用经验。

5 结语

根据四川雅安7.0级、云南鲁甸6.5级等多次地震的实践经验,短波通信作为最后的通信保障手段是十分必要的。云南省地震应急短波通信系统自建设以来经历了彝良5.7、5.6级、鲁甸6.5级、景谷6.6级等多次地震的现场应急工作考验,

发挥了积极的作用。我们相信，经过不断建设和完善，该系统能够为云南防震减灾事业、为最大限度减轻地震灾害损失做出更大的贡献。

参考文献：

- 陈丽慧. 2009. 短波在无线电通信中的作用及特点[J]. 青海大学学报, 27(5): 81-83.
- 段锋. 2010. 地震应急现场无线通信设备与现场有线网络环境集成通信方案探讨[J]. 内陆地震, 24(2): 149-154.
- 李立凤, 王行舟, 蒋春曦, 等. 2002. 安徽省短波通信网在防震减灾事业中的应用[J]. 灾害学, 17(4): 92-94.
- 牛峰, 曹凤娟, 金众范, 等. 2000. 地震通信中常用的短波天线的设计与架设[J]. 东北地震研究, 16(1): 61-68.
- 牛峰, 刘民, 尹涛, 等. 1997. 辽宁区域地震短波通信传播特性和频率选择探讨[J]. 东北地震研究, 13(2): 40-50.
- 宋立军, 兰陵, 王宏彬. 2009. 车载地震现场应急通讯技术系统[J]. 内陆地震, 23(2): 233-241.
- 张太福, 韩宇. 2013. 浅谈短波的电波传播特点和工作频率选择[J]. 科技信息, (1): 88-95.
- 张毓丰, 邓民宪. 2005. 地震现场应急救援的通信系统设计[J]. 灾害学, 20(4): 111-115.
- 赵恒, 白仙富, 张方浩, 等. 2012. 破坏性地震的应急通信需求与应用初探[J]. 地震研究, 35(1): 139-144.
- 赵恒, 周兰江, 曹刻, 等. 2007. 云南省地震局地震应急通信系统在2007年宁洱6.4级地震中的应用及发展[J]. 地震研究, 30(4): 395-400.
- 赵晖, 陈蕊, 谢健健, 等. 2001. 区域短波通信台网选频的研究[J]. 山西地震, (4): 40-42.

Construction and Application of Yunnan Earthquake Emergency Shortwave Communication System

LU Hou-hua, YANG Zhou-sheng

(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

Firstly, we introduced the construction situation and the selection basis of real working frequency of Yunnan Earthquake Emergency Shortwave Communication System. Secondly, taking Jinggu M6.6 earthquake as an example, we described the application mode of the system in detail. The system has been used in several earthquake emergencies and performed well. So this system has proved the ability to provide communications support when the communication was interrupted in seismic area, which has reached the expected design purpose.

Key words: emergency communication; shortwave communication; frequency selection; Jinggu M6.6 earthquake