

# 移动卫星通信系统

## 在“突发公共事件防范与快速处置”中的应用

文/康学海 程金博

中国电子科技集团公司第39研究所

我国是一个自然灾害频繁发生的国家,如1998年夏天发生在长江流域的特大洪水,每年春季北方各省的沙尘暴,冬季发生在内蒙古、新疆、西藏草原上的特大暴雪,2007年末南北方大面积长时间降雪和冻雨灾害,这些突如其来的自然灾害会给国家和人民带来无法估量的财产损失。另一方面,由于国际社会的动荡,非传统势力的极端恐怖分子不断制造恐怖事件,如美国的9.11事件、韩国大邱地铁爆炸等大规模灾害,均对救援现场的通信指挥与决策提出了很高的要求。

以往突发事件救助现场的通信手段主要依赖无线手持电台、有线电话、手机及喇叭话筒之类,这种传统的通信手段在处理大的交通事故、救助自然灾害现场、实施海上搜救、处置恐怖袭击等现场时发挥了很大作用,但常常会显得效率低下,力不从心。建设以移动卫星通信系统为核心的“突发公共事件防范与快速处置”指挥通信网络,对于提升我国的灾害救助水平,提高政府部门的快速反应能力,迅速恢复受灾地区的交通、供水供电、伤员救治、卫生防疫等具有超乎寻常的重要作用。

近年来,39所已为多个用户提供了车载、机载Ku波段“动中通”移动卫星通信系统,尤其是2005年为北京市政府信息办研制出的“通信保障抢修移动平台”、2006年为北京公安交通管理局研制出的“公安交通指挥通信车系统”,2007年底为河南省应急办提供的Ku波段“动中通”移动卫星通信射频信道以及为国内外用户提供的S波段气象遥感地面接收站,这些成功的设备和工程经验,都为“突发公共事件防范与快速处置”指挥通信网络提供了有力的系统技术支持。



# 1 指挥通信网络

## 1.1 网络组成

卫星通信以覆盖面积大、通信容量大、机动灵活等优点已被广泛使用在各种领域。以移动卫星通信系统为核心的“突发公共事件防范与快速处置”指挥通信网络可由装载在运动载体上的(车辆或飞机)“动中通”移动卫星通信站、卫星中心地面站、指挥调度车、气象卫星遥感接收站、便携式卫星移动通信终端、海事卫星移动通信终端、数字集群通信基站及计算机网络等设备组成。其中卫星移动通信车、指挥调度车及其它车辆之间可组成无线局域网和有线局域网;遥感接收站接收气象卫星信息,并用Ku波段发射到通信卫星,供网内实时接收气象信息,为统一指挥提供决策依据;指挥通信网络采用计算机统一监控管理,具有图文显示、声控告警等功能;中心地面站监控计算机能通过卫星信道遥控运动载体上的摄像机方向旋转;采用卫星网络管理技术,对运动载体上的卫星通信设备及后续增加的卫星通信设备的频率、功率、带宽进行管理、按需分配,节约卫星资源。指挥通信网络结构如图1所示,其中车载卫星移动通信系统可根据用途不同、信息速率不同选择不同的天线口径。

## 1.2 可用卫星资源

在我国境内可供Ku频段移动卫星通信系统使用的卫星资源很多,如鑫诺、中卫、亚洲、亚太等卫星公司的近10颗卫星,其搭载的Ku频段转发器的照射范围均能覆盖本土及周边地区,卫星下行的EIRP均在+45~+55dBW之间,卫星接收G/T $\geq$ -2~-6dB/K。这些卫星的Ku频段转发器能为“突发公共事件防范与快速处置”指挥通信网络提供充足可靠的卫星资源。典型的卫星应用参数如图2所示。

## 1.3 卫星链路预算

假设中心站天线口径为4.5m,站址设在北京,移动通信天线口径为0.8m,站址在西安,以鑫诺1号卫星Ku波段转发器参数为例对系统链路参数进行预算,预算条件列于表1,预算主要结果列于表2,预算的结果也同时适用其它Ku波段卫星。

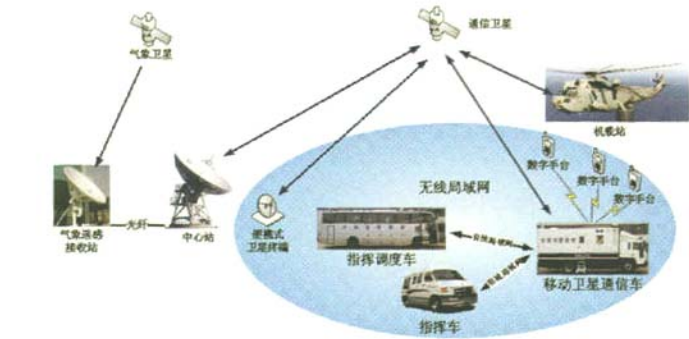


图1 指挥通信网络原理框图

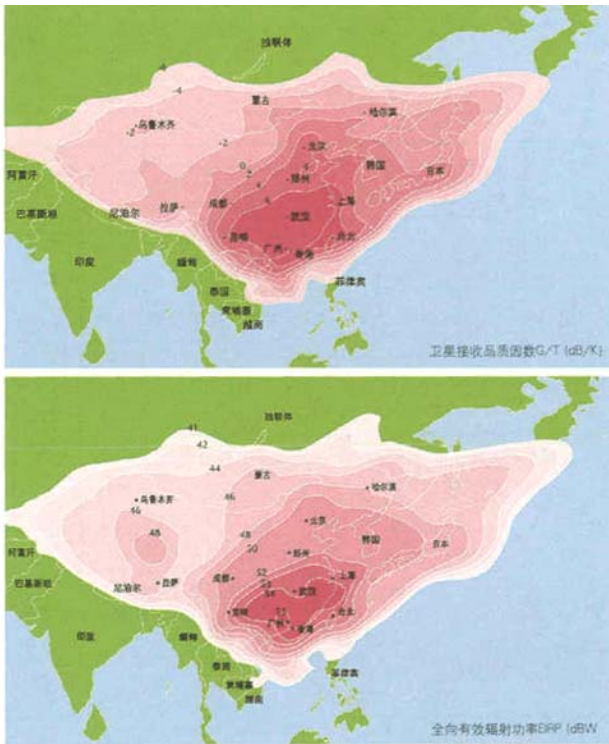


图2 典型的卫星应用参数

表1 链路预算条件

| 名称        | 参数    | 备注                                                                |
|-----------|-------|-------------------------------------------------------------------|
| 频率范围      | Ku 波段 | 发射:14.0~14.5 GHz; 接收:12.25~12.75 GHz                              |
| “动中通”天线口径 | 0.8m  | 发射增益: 39.0dBi; 接收增益: 37.7dBi; G/T: 16 dB/K                        |
| 中心站天线口径   | 4.5m  | 发射增益: 54.3dBi; 接收增益: 53.2dBi; G/T: 31 dB/K                        |
| 通信可用度     | 99.9% | 北京: 上行雨衰: 3.9dB, 下行雨衰: 3.02 dB<br>西安: 上行雨衰: 2.02dB, 下行雨衰: 1.54 dB |
| 信息速率      |       | 2018kbit/s                                                        |
| 信道参数      |       | 调制方式:QPSK, 纠错方式:3/4FEC                                            |
| 信道质量      |       | BER=10 <sup>-7</sup> , E <sub>b</sub> /N <sub>0</sub> = 8.0 dB    |

表2 链路参数主要计算数据

|       | 雨衰导致<br>G/T 值下降 | 晴空<br>EIRP    | 降雨<br>EIRP    | 降雨 ODU<br>发射电平 | 采用 Turbo 编<br>码后节省功率 | ODU<br>实发电平    |
|-------|-----------------|---------------|---------------|----------------|----------------------|----------------|
| “动中通” | 1.7dB           | 51.4<br>(dBw) | 54.1<br>(dBw) | 15.89<br>(dBw) | 约 3.5dB              | 12.39<br>(dBw) |
| 中心站   | 2.7dB           | 56.0<br>(dBw) | 62.1<br>(dBw) | 9.41<br>(dBw)  | 约 3.5dB              | 5.91<br>(dBw)  |

## 2 “动中通”移动卫星通信系统

典型的单脉冲自跟踪体制的“动中通”移动卫星通信系统组成如图3所示。

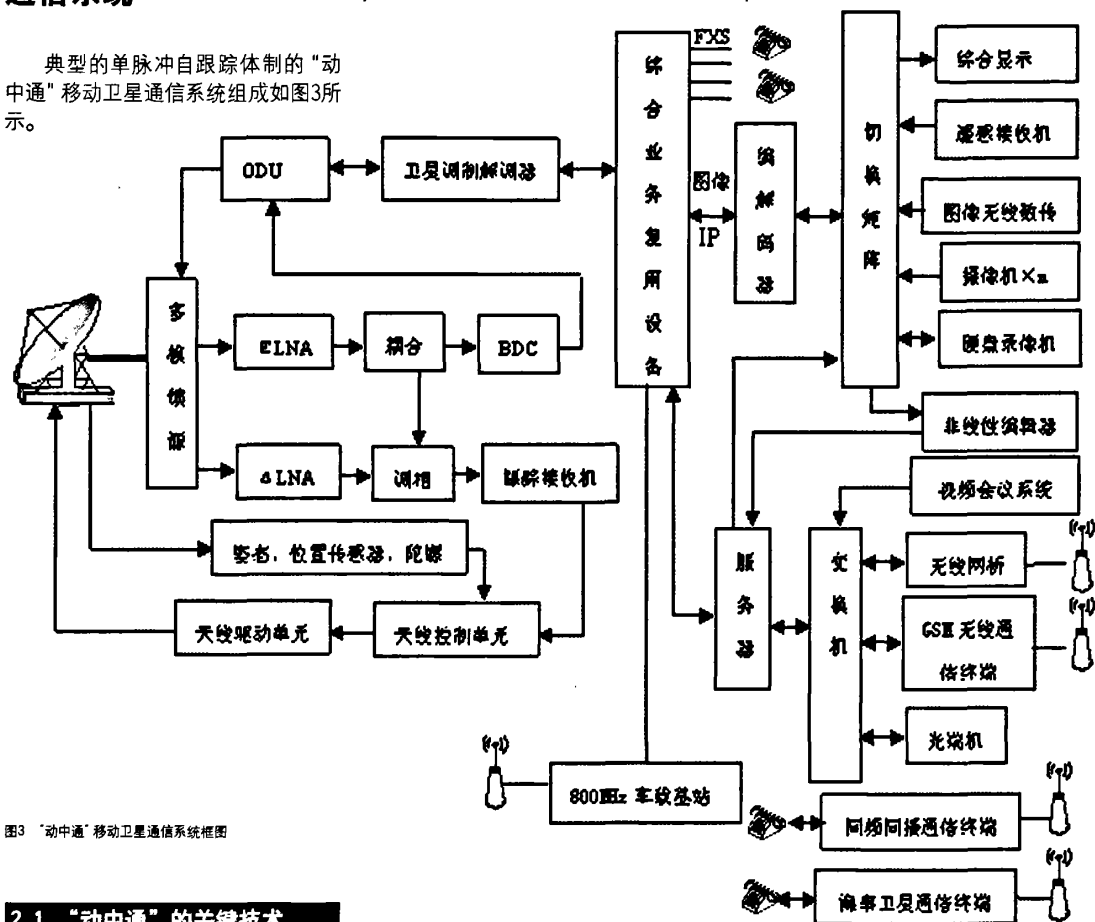


图3 “动中通”移动卫星通信系统框图

### 2.1 “动中通”的关键技术

就卫星通信业务而言，“动中通”移动卫星通信系统与地面卫星通信系统没有质的区别，所不同的是安装平台有所区别，由于运动载体的机动性很强，航路不断变化，受气流或路况的影响，载体随时会产生偏航、纵摇和横滚，导致通信天线在方位、俯仰和极化方向产生扰动，这些扰动变化将导致天线波束偏离卫星，造成电平下降甚至通信中断。

载体姿态的变化还会引起天线极化面的旋转，在双线极化频率复用系统中会使电波的交叉极化鉴别率恶化，造

成两个线极化波之间发生相互干扰。

要使装载在运动载体上的卫星通信系统具备“动中通”的能力，必须设法解决以下关键技术。

(1) 如何在运动中获取载体的姿态数据，建立天线的控制基础，实现天线快速捕获目标；

(2) 如何保证运动载体在严重颠簸状态下行驶时，天线电轴始终指向卫星，确保卫星通信链路畅通；

(3) 如何调整天线极化使载体姿态（偏航、纵摇、横滚）变化时天线极化与转发器的一种极化匹配，从而避免对

转发器的另一极化造成干扰。

总之，要使卫星通信系统具备“动中通”的能力，装载在运动载体上的天线必须隔离载体的扰动。

### 2.2 天线口径及信息速率

“动中通”移动卫星通信系统可根据用途不同、信息速率不同选择不同的天线口径。天线口径的选择是依据卫星信道传输的最高信息速率，在一定的

系统可用度条件下经过链路计算,并考虑到运动载体对天线重量、体积要求等因素选择。除特殊应用外,一般Ku频段“动中通”移动卫星通信终端的信息速率宜在64~2048kbit/s,天线口径可根据运动载体的大小和传输的信息速率选在0.5~1.2m之间,对于轻型运动载体,天线口径以0.5~0.8m为宜。

几种车载、机载“动中通”天线的增益和G/T值列于表3。

2.3 天线的旁瓣特性

由于移动通信天线直接向通信卫星发射功率,为保护临星不被天线偏轴辐射干扰,各卫星组织对进入卫星网的天线都有强制性指标规定。一般“动中通”天线口径较小,  $D/\lambda < 100$ , 对于这种小口径天线在卫星网中的应用, CCIR WARC Rep.391-4“卫星通信地球站天线旁瓣参考指标”建议和“中国国内卫星通信地球站天线的旁瓣特性要求”中给出的天线远区旁瓣参考,如表4所示。

2.4 “动中通”天线系统的跟踪性能分析

天线系统的良好跟踪和快速捕获是实现“动中通”的首要条件。下面以0.8m天线为例分析其跟踪和捕获性能。

天线接收的载波功率C (dBW)和系统的噪声温度T(K)用下式表示:

$$C = 10 \lg e_{\text{ant}}^2 = 10 \lg \frac{Q}{2} A^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot m}} f_s(\theta) - \frac{1}{\sqrt{2L_2}} f_d(\theta) \right\}^2$$

$$T_{\text{ant}} = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sigma T_s}{L_1} + \left( 1 - \frac{1}{L_1} \right) T_s \right] \frac{1}{m} + \frac{1}{2} \left[ \frac{\sigma T_s}{L_2} + \left( 1 - \frac{1}{L_2} \right) T_s \right] + \frac{T_s}{2K_1} + T_s$$
  
$$= \frac{Q}{2} \left[ \frac{T_s}{L_1 \cdot m} + \frac{T_s}{L_2} \right]$$

两式中各项参数的定义及取值范围请参见文献1、文献2。

0.8m天线接收半功率波束宽度  $\theta 0.5 = 65 \times \lambda / D = 2^\circ$ , 计算出的天线和通道归一化方向图  $f_s(\theta)$  及以和通道方向图峰值归一化的差方向图  $f_d(\theta)$  列于表5, 天线差通道合成信号功率电平列于表6。

合成信号电平C (dBw) -103.31 -107.18 -108.71 -109.83

由  $[C/NO]_{\text{dB}} = [C] - [NO]$ , 计算出合成信道单位Hz载噪比  $[C/NO]_{\text{dB}}$  列于表7。

表3 几种“动中通”天线的增益和G/T值

| 天线口径   | 发射增益 (dBi) ≥         | 接收增益 (dBi) ≥        | G/T (dB/K) ≥      | 上行数据能力   |
|--------|----------------------|---------------------|-------------------|----------|
| φ 0.6m | 37.4+20 lg (F/14.25) | 36+20 lg (F/12.5)   | 13+20 lg (F/12.5) | 1Mbit/s  |
| φ 0.8m | 39.0+20 lg (F/14.25) | 37.7+20 lg (F/12.5) | 16+20 lg (F/12.5) | 2Mbit/s  |
| φ 0.9m | 40.5+20 lg (F/14.25) | 39.0+20 lg (F/12.5) | 17+20 lg (F/12.5) | 2Mbit/s  |
| φ 1.2m | 43.2+20 lg (F/14.25) | 42.0+20 lg (F/12.5) | 20+20 lg (F/12.5) | >2Mbit/s |

注: 天线增益均以馈源口为基准; F单位为GHz。

表4 几种“动中通”天线的旁瓣特性

| 天线口径      | 第一旁瓣 (dB) | 远区旁瓣 (dBi)                                                                                                      | 备注 |
|-----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| φ 600mm   | -12       | $G(\theta) \leq 52 - 10 \lg (D/\lambda) - 25 \lg \theta$<br>$(100 \lambda / D)^\circ \leq \theta \leq 48^\circ$ |    |
| φ 800 mm  | -14       |                                                                                                                 |    |
| φ 900 mm  | -14       | $G(\theta) \leq 10 - 10 \lg (D/\lambda)$<br>$\theta > 48^\circ$                                                 |    |
| φ 1200 mm | -14       |                                                                                                                 |    |

表5  $f_s(\theta)$  及  $f_d(\theta)$  计算值

| $\theta$      | 0° | 0.5°  | 0.75° | 1°    |
|---------------|----|-------|-------|-------|
| $f_s(\theta)$ | 1  | 0.975 | 0.931 | 0.894 |
| $f_d(\theta)$ | 0  | 0.531 | 0.625 | 0.669 |

表6 差通道合成信号功率电平

| $\theta$                                   | 0°      | 0.5°    | 0.75°   | 1°      |
|--------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| $\frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot m}} f_s(\theta)$ | 0.2818  | 0.2747  | 0.2624  | 0.2519  |
| $\frac{1}{\sqrt{2L_2}} f_d(\theta)$        | 0       | 0.0943  | 0.1110  | 0.1188  |
| $10 \lg (P-Q)^2, (\text{dB})$              | -11     | -14.87  | -16.4   | -17.52  |
| $(G/2) A^2 (\text{dBw})$                   | -92.31  | -92.31  | -92.31  | -92.31  |
| 合成信号电平 C (dBw)                             | -103.31 | -107.18 | -108.71 | -109.83 |

表7 合成信道[C/N0]

| 0                        | 0°      | 0.5°    | 0.75°   | 1°      |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
| C (dBW)                  | -103.31 | -107.18 | -108.71 | -109.83 |
| N <sub>0</sub> (dBW-Hz)  | -157.1  | -157.1  | -157.1  | -157.1  |
| C/N <sub>0</sub> (dB-Hz) | 53.79   | 49.92   | 48.39   | 47.27   |
| 捕获门限 (dB-Hz)             | 40      | 40      | 40      | 40      |
| 高于门限 (dB)                | 13.79   | 9.92    | 8.39    | 7.27    |

一般锁相解调跟踪接收机的门限载噪比为40dB-Hz,只要工作载噪比高于捕获门限6dB,天线系统就能可靠捕获,良好跟踪。从表7数据可看出,使用0.8m天线,即使信标EIRP下降3~5dB,也可确保跟踪性能。工程实践证明,如果通信系统传输的信息速率低,在相同卫星条件下,天线口径缩小到0.5m也不会降低跟踪性能。

## 3 系统功能和配置

### 3.1 系统功能

以移动卫星通信系统为核心的“突发公共事件防范与快速处置”指挥通信网络要具备多种场合应用和灵活多变的能力,因此在移动卫星通信终端、指挥调度车及中心站需配置多种通信手段,以满足在不同场合、不同状态下对通信系统的需要。指挥通信系统应具有语音通信、数据通信、图像通信、图像采编及显示、信息存储、电视电话会议、网络管理和监控、GPS卫星定位和GIS地理信息导航等功能。

### 3.2 系统配置

“突发公共事件防范与快速处置”指挥通信系统的一般配置如下。

(1) 语音通信。移动卫星通信车配置卫星语音通道,提供多路语音通道并预留扩展插槽;配置海事卫星语音通信终端,在海事卫星网络覆盖区提供一路语音通道;配置中国移动GSM通信终端,在中国移动GSM网络覆盖区提供语音通道;配置数字集群通信终端,同频同播通信终端,在覆盖区内各提供语音电路;同时配置车载数字集群通信基站,在覆盖区以外可以建立临时集群通信的覆盖网络,并通过卫星通信链路与指挥中心进行通信;

(2) 数据通信和图像传输。移动卫星通信车配置一路卫星高速数据通

道和一路异步数据通道,可提供双向图像传输和数据传输;配置中国联通CDMA通信终端,在网络覆盖区提供一路数据通道和一路单向低速图像通道;

(3) 局域网通信。移动卫星通信车配置局域网接入设备,保障车辆及现场其它设施之间进行有线、无线局域网接入;

(4) 电视电话会议系统。移动卫星通信车配置电视电话会议终端,利用局域网将指挥调度车中电视电话会议分会场通过卫星链路接入专网,实现网内电视电话会议互通;

(5) 图像采编及显示。移动卫星通信车外配置一架摄像头,并配置升降自动云台,用于满足现场图像采集的需要;配置专业级摄像机一套,并具有无线图像采集和传输功能;配置显示器,为采编人员提供显示监控的功能;配置音、视频编辑设备,对采集到的信息进行编辑、切换等;

(6) 信息存储系统。移动卫星通信车配置磁盘存储设备,用于图像、数据及语音的实时存储;

(7) 网络管理和监控。移动卫星通信车和中心站均配置网络管理和监控设备,用于对站内设备的管理和监控,同时通过卫星链路使中心站和通信车可以相互遥控,对设备进行管理和监控;

(8) GPS卫星定位和GIS地理信息导航。移动卫星通信车配置GPS卫星定位终端和GIS地理信息导航终端,通信车通过卫星信道向中心站上报车辆所处位置,同时通过GIS地理信息导航终端获取车辆所处位置周边的地理信息;

(9) 气象遥感接收。配置气象遥感接收设备,并将接收到的气象信息通过卫星信道传输到指挥中心;

(10) 网络安全。由于系统有多种接入方式,因此极易造成系统病毒感染和系统冲突。将系统划分成多个VLAN并封闭其余的端口,能有效防止全系统病毒感染;合理配置三层交换机,可避免系统出现广播风暴造成系

统拥塞。

### 3.3 总体主要技术性能

总体主要技术性能

(1) 卫星数据业务速率:总速率:双向2Mbit/s。其中:图像为384kbit/s~2Mbit/s,语音编码为4.8~32kbit/s;

(2) 传输协议:帧中继;

(3) 传输质量:BER优于10<sup>-7</sup>;

(4) 互联互通。

可接入地面电话网、移动电话网、广播电视网、国际互联网、各种内部网。

## 4 指挥通信网络的应用

以移动卫星通信系统为核心的“突发公共事件防范与快速处置”指挥通信网络,可广泛应用于自然灾害的救助、海上搜救和处置恐怖袭击等各种领域。

### 4.1 民用航空事故救助

在接到飞行事故信息后,搜救人员驾驶或携带“动中通”移动卫星通信终端或便携式卫星移动通信终端立即赶往事故现场,通过卫星链路向上级主管部门和事故发生地人民政府及民用航空有关单位报告事故情况,并将飞机失事现场的实况图像传输到救助指挥中心,为处置飞行事故指挥部研究救援方案提供依据,做好事故应急救援工作。

### 4.2 道路交通管理和事故救助

以车载移动卫星通信终端为核心,集通信、监测、控制、管理和救援为一体的高度信息化的道路交通安全预防救助体系,对于提升道路交通安全管理水



平, 提高铁路、公路管理部门的快速反应能力和综合处置能力, 事故车辆资料查询、迅速恢复事故现场的交通秩序, 扩大交通安全宣传范围, 提高国民交通守法意识, 保障大型活动的交通管理指挥调度等都是非常必要的。

#### 4.2 自然灾害预防和救助

组建自然灾害指挥通信网络, 在发生水旱灾害, 台风、冰雹、暴雪、沙尘暴等气象灾害, 地震灾害, 山体崩塌滑坡、泥石流等地质灾害, 风暴潮、海啸等海洋灾害, 森林草原火灾、水库垮坝、堤防决口等自然灾害乃至恐怖活动时, 确保信息畅通。利用先进的卫星遥感、卫星通信和卫星气象监测预报手段, 采用计算机、遥感、通信、控制和信息处理等先进技术, 及时掌握灾区事态变化并利用卫星线路传输给各级救灾部门, 可实现指挥系统网络化, 信息图像化、数字化, 领导决策科学化, 提高救灾指挥调度的技术水平和管理工作, 确保救灾反应及时、准备充分、决策科学、措施有力, 把灾害造成的损失降到最低程度。

## 5 结语

建设以移动卫星通信系统为核心的“突发公共事件防范与快速处置”指挥通信网络, 对于健全突发重大自然灾害紧急救助体系, 提高紧急救助能力, 最大程度地减少人民群众的生命和财产损失, 维护灾区社会稳定, 提高政府部门的快速反应能力等是非常必要的。对于突出以人为本思想、构建和谐社会、提升执政能力具有重要的现实意义和长远影响。本文所介绍的指挥通信网络的设想、卫星链路预算、“动中通”移动卫星通信的关键技术、性能分析、系统配置及其应用, 也可以推广到其它行业使用。



建设以移动卫星通信系统为核心的“突发公共事件防范与快速处置”指挥通信网络, 对于建立健全应对突发重大自然灾害紧急救助体系, 提高紧急救助能力, 迅速、有序、高效地实施紧急救助, 最大程度地减少人民群众的生命和财产损失, 维护突发事件地区的社会稳定, 提高政府部门的快速反应能力和综合处置能力是非常必要的。本文介绍的内容侧重于以移动卫星通信系统为核心建立“突发公共事件防范与快速处置”指挥通信网络的设想、系统配置及其应用。

#### 参考文献

1. 康学海 王双平: 高数据速率“动中通”移动卫星通信终端天线的基本设计与指标说明 2007年中国国际卫星应用大会论文集
2. 柯树人: 圆波导线性化TE<sub>11</sub>模和圆极化TE<sub>21</sub>模自跟踪体制通信与测控. 2003第一期
3. 柯树人: 差信道采用四相调制的伪单脉冲自跟踪系统通信与测控. 1998第三期
4. 康学海 安福: 公安交通指挥通信系统 现代电子技术 2008年第二期