

# 北斗船载终端可视化气象预警信息技术研究

莫云音<sup>1,2</sup>, 吴盛洪<sup>1</sup>, 陈亮<sup>1</sup>, 叶彩荣<sup>1</sup>, 李勋<sup>3</sup>

(1. 海南省气象服务中心, 海南 海口 570100;  
2. 海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海南 海口 570100;  
3. 海南省气象台, 海南 海口 570100)

**摘要:**海上通讯手段匮乏,北斗船载终端可通过北斗短报文功能接收气象预警信息,是海上作业用户获取天气信息的重要途径。为了给安装北斗终端的船只实时提供直观的、图形化的气象预报预警信息,基于北斗短报文的特点,设计符合北斗短报文要求且具有较强扩展性的气象信息编码,并在此基础上,设计开发了北斗船载终端可视化气象预警系统,实现了在北斗船载终端图形显示台风、海上雷雨大风、海上大风、海上大雾等信息的功能。该系统通过对气象信息进行编码,解决了北斗系统字节传输限制的问题,利用北斗组播技术将气象信息传输到北斗船载终端,采用Nginx保证系统各软件模块负载均衡,使用RocketMQ消息队列来管理系统各软件模块的中间消息,同时为了加快数据的查询和显示,采用Redis缓存技术对数据进行缓存。通过该系统,海上作业用户可以实时动态了解自己船只与台风、海上雷雨大风等灾害性天气落区之间的位置关系,及时判断出避险的最佳路线和时机,这大大提升了海南海洋气象服务能力及海洋防灾减灾能力。

**关键词:**气象;北斗卫星;信息编码;可视化;北斗短报文

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)10-0199-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.10.035

## Research on Visual Meteorological Early Warning Information Technology of Beidou Shipborne Terminal

MO Yun-yin<sup>1,2</sup>, WU Sheng-hong<sup>1</sup>, CHEN Liang<sup>1</sup>, YE Cai-rong<sup>1</sup>, LI Xun<sup>3</sup>

(1. Hainan Province Meteorological Service Center, Haikou 570100, China;  
2. Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Hainan Province, Haikou 570100, China;  
3. Hainan Meteorological Observatory, Haikou 570100, China)

**Abstract:** Due to the lack of maritime communication means, Beidou shipborne terminal can receive weather meteorological information through Beidou short message function, which is an important way for users to obtain weather information. In order to provide intuitionistic and graphical meteorological forecast and early warning information for the vessels installed Beidou terminal in real time, based on the characteristics of Beidou short message, we design a meteorological information code that meets the requirements of Beidou short message and has strong expansibility. On this basis, we design and develop the visual meteorological early warning system of Beidou shipborne terminal to realize the function of displaying typhoon, thunderstorm gales, gales, fog and other information on the Beidou shipboard terminal. The system solves the problem of byte transmission limitation of Beidou system by coding meteorological information. It uses Beidou multicast technology to transmit meteorological information to Beidou shipborne terminal, uses Nginx to ensure the load balance of all software modules of the system, uses RocketMQ message queue to manage the intermediate messages of all software modules of the system, and uses Redis to speed up the query and display of data. Caching technology caches data. Through this system, the users of offshore operation can dynamically know the location relationship between their ships and typhoon, thunderstorm, gale and other disastrous weather areas in real time, and judge the best route and opportunity to avoid danger in time, which greatly improves the service ability of marine meteorology and the ability of marine disaster prevention and mitigation in Hainan.

**Key words:** meteorology; Beidou satellite; information coding; visualization; Beidou short message

## 0 引言

依托北斗卫星导航定位系统和北斗民用运营中心,海南省气象局建成了海南省气象局海洋渔船气象信息卫星发送系统,该系统可以向渔船或商船发送海洋气象灾害预报预警的信息,有效地解决了海洋气象信息服务传递的盲区,实现了海洋气象预警信息广覆盖的要求。但是,受限于北斗卫星通讯传输数据容量小,每次最多传输 120 字节,该系统无法直接给船只发送图文信息,只能发送文字形式的预报预警信息。然而,文字信息存在不直观、不清晰等缺点,船只接收到台风、海上雷电大风等灾害天气的预报预警信息时,只是知道海上有灾害性天气及发生灾害性天气的海区,无法精准地知道自己是不是在灾害天气的影响区域内,自己离灾害天气的影响区域有多远,避险时该往哪个方向航行。因此,为了给海上作业用户提供更优质及时的海洋气象服务,为安装北斗终端的船只实时提供直观的、图形化的台风、海上雷雨大风等气象预报预警信息是非常有必要的。为此,海南省气象局设计开发了北斗船载终端可视化气象预警系统,实现了在北斗船载终端图形显示台风、海上雷雨大风、海上大风、海上大雾等信息的功能。该系统通过对气象信息进行编码,解决了北斗系统字节传输限制的问题,利用北斗组播技术<sup>[1-2]</sup>将气象信息传输到北斗船载终端,通过在北斗船载终端中内置气象信息处理模块实时接收信息进行解码,并将台风、雷雨大风、海上大雾等灾害性天气预警区叠加在北斗船载终端的海图上,同时自动测量出灾害性天气影响区域与北斗船载终端位置的距离。海上作业用户可以实时动态了解自己的船只与台风、海上雷雨大风等灾害性天气落区之间的位置关系,及时判断出避险的最佳路线和时机。

## 1 系统架构设计

北斗船载终端可视化气象预警系统,是在现有北斗卫星对北斗船载终端的通讯支持的基础上,依托海南省气象局提供的短时临近预报预警平台<sup>[3]</sup>,向海上作业提供精细化、可视化的台风信息及气象预警信息,提升海洋防灾减灾的能力,最大程度上降低海上气象灾害造成的损失,保护人民生命财产安全。

北斗船载终端可视化气象预警系统,主要由气象数据接入模块、气象数据处理模块、气象信息编码模块、北斗气象信息通讯模块及北斗船载终端气象信息展示模块五个部分构成,系统总体框架如图 1 所示。

气象数据接入模块负责从短时临近预报预警平台获取最新台风数据及气象预警信号数据,输出到消息队列<sup>[4]</sup>。气象数据处理模块负责对消息队列中的气象数据进行解析、关联、过滤及入库,实现气象数据的持

久化。气象信息编码模块负责制定台风信息及海上大风、海上大雾、海上雷雨大风等气象预警信息的编码通讯协议。北斗气象信息通讯模块根据气象信息编码模块制定的编码通讯协议对气象数据处理模块处理完成的气象数据进行编码,并通过短报文方式将信息发送至北斗船载终端。北斗船载终端气象信息展示模块负责对接收到的气象信息进行解析,并叠加展示在北斗船载终端的海图上。

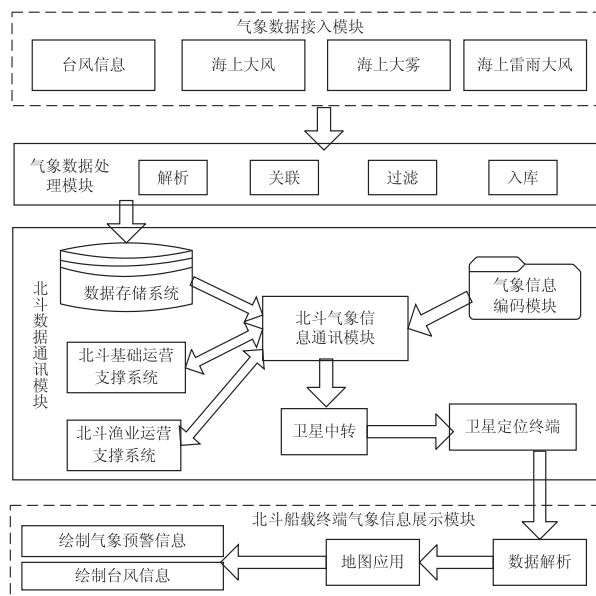


图 1 系统框架

## 2 系统信息发布流程

系统信息发布流程如图 2 所示。

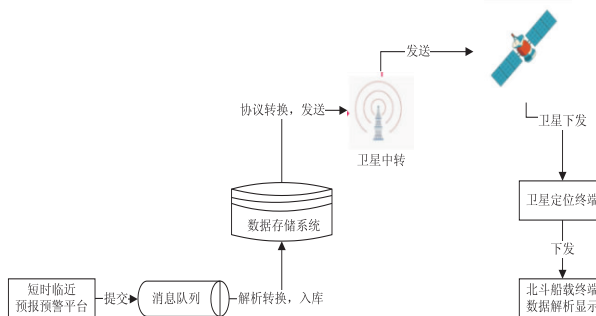


图 2 系统信息发布流程

短时临近预报预警平台制作完成台风信息和气象预警信息后,通过 HTTP 协议,将气象数据以 JSON<sup>[5-6]</sup>数据格式提交输出到消息队列。气象数据处理模块对消息队列中的气象数据进行解析、关联、过滤及入库。气象信息通讯模块根据定义好的气象信息编码通讯协议,对存入数据库的气象信息进行编码,并通过卫星中转发送给对应的卫星定位终端。卫星定位终端接收到气象信息后,将收到的信息下发给北斗船载终端。北斗船载终端根据北斗通讯协议对接收到的信息进行解析并叠加展示在北斗船载终端的海图上。

### 3 气象信息编码

受限于北斗卫星通讯传输数据容量小(每次最多为 120 字节<sup>[7]</sup>),无法直接向北斗船载终端发送图文信息。在传输台风信息及气象预警信息之前,需要对信息进行编码。

#### 3.1 台风信息编码

台风信息编码长度为 75 字节,传输的信息包括台

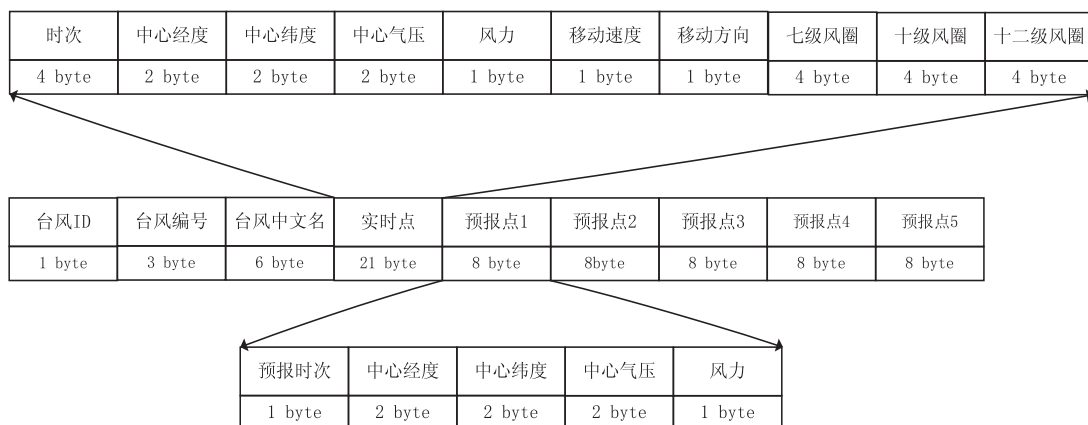


图 3 台风信息编码

台风 ID:用 1 个字节表示,取值 0 ~ 256。

台风编号:用 3 个字节表示,采用 BCD 编码方式,例如台风编号 201902 编码为 001000000001100100000010。

台风中文名:用 6 个字节表示,最长 3 个汉字。

实时点共占 25 字节,各个字段代表的含义及其所占的字节如下:

时次:用 4 个字节表示,年、月、日、时各占 1 个字节。年的取值范围为 0 ~ 100,月的取值范围为 0 ~ 12,日的取值范围为 0 ~ 31,时的取值范围为 0 ~ 24。

中心经度:用 2 个字节表示,单位为百分之一度,取值范围为 -18 000 ~ 18 000。

中心纬度:用 2 个字节表示,单位为百分之一度,取值范围为 -9 000 ~ 9 000。

中心气压:用 2 个字节表示,单位为百帕,取值范围为 0 ~ 2 000。

风力:用 1 个字节表示,单位为级,取值范围为 0 ~ 256。

移动速度:用 1 个字节表示,单位为千米/小时,取值范围为 0 ~ 256。

移动方向:用 1 个字节表示,取值范围为 0 ~ 15,表示风向传感器的 16 方位图的 16 个方位,0 表示北,1 表示北东北,以此类推,15 表示北西北。

七级风圈半径:用 4 个字节表示,东北半径、东南半径、西北半径、西南半径各占 1 个字节,单位为 10 公里,取值范围为 0 ~ 256。

十级风圈半径:用 4 个字节表示,东北半径、东南

半径、西北半径、西南半径各占 1 个字节,单位为 10 公里,取值范围为 0 ~ 256。

十二级风圈半径:用 4 个字节表示,东北半径、东南半径、西北半径、西南半径各占 1 个字节,单位为 10 公里,取值范围为 0 ~ 256。

预报点信息共占 40 字节,共有 5 个预报点,每个预报点占 8 字节,预报点的中心经度、中心纬度、中心气压、风力等字段的编码定义与实时点同名字段的编码定义一致。预报时次用 1 个字节表示,取值范围为 0 ~ 256。

3 所示。

半径、西北半径、西南半径各占 1 个字节,单位为 10 公里,取值范围为 0 ~ 256。

十二级风圈半径:用 4 个字节表示,东北半径、东南半径、西北半径、西南半径各占 1 个字节,单位为 10 公里,取值范围为 0 ~ 256。

预报点信息共占 40 字节,共有 5 个预报点,每个预报点占 8 字节,预报点的中心经度、中心纬度、中心气压、风力等字段的编码定义与实时点同名字段的编码定义一致。预报时次用 1 个字节表示,取值范围为 0 ~ 256。

#### 3.2 海上大风预警信号信息编码

海上大风预警信号信息编码长度为 22 字节,传输的信息包括预警信号的发布时间、预警信号 ID、状态、影响区域,平均风、阵风以及风向。影响区域为椭圆形,通过中心点经度、中心点纬度、长轴、短轴、长轴方向等字段定义。海上大风预警信号信息编码如图 4 所示。

发布时间:用 6 个字节表示,年、月、日、时、分、秒各占 1 个字节,年的取值范围为 0 ~ 100,月的取值范围为 0 ~ 12,日的取值范围为 0 ~ 31,时的取值范围为 0 ~ 24,分的取值范围为 0 ~ 60,秒的取值范围为 0 ~ 60。

预警信号 ID:用 2 个字节表示,取值范围为 0 ~ 2<sup>16</sup>。

状态:预警信号状态有发布 (Alert) 和解除 (Cancel) 两种状态,用 1 个字节表示,取值 0 表示 Alert,1 表示 Cancel。

中心经度:用 2 个字节表示,单位为百分之一度,

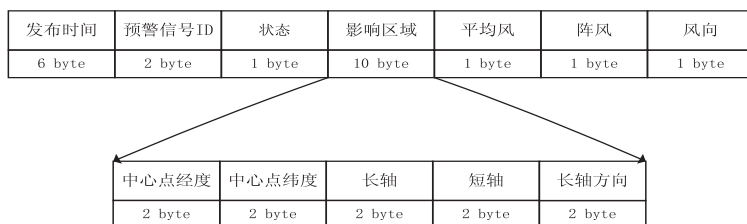


图 4 海上大风预警信号信息编码

取值范围为-18 000 ~ 18 000。

中心纬度:用 2 个字节表示,单位为百分之一度,取值范围为-9 000 ~ 9 000。

长轴:用 2 个字节表示,单位为公里,取值范围为 0 ~ 2 000。

短轴:用 2 个字节表示,单位为公里,取值范围为 0 ~ 2 000。

长轴方向:用 2 个字节表示,单位为度,取值范围为 0 ~ 360。

平均风:用 1 个字节表示,单位为级,取值范围为 0 ~ 256。

阵风:用 1 个字节表示,单位为级,取值范围为 0 ~ 256。

风向:用 1 个字节表示,取值范围为 0 ~ 15,表示风向传感器的 16 方位图的 16 个方位,0 表示北,1 表示北东北,以此类推,15 表示北西北。

### 3.3 海上大雾预警信号信息编码

海上大雾预警信号信息编码长度为 21 字节,传输的信息包括预警信号的发布时间、预警信号 ID、状态、影响区域以及能见度。影响区域为椭圆形状,通过中心点经度、中心点纬度、长轴、短轴、长轴方向等字段定义。海上大雾预警信号信息编码编码定义如图 5 所示。

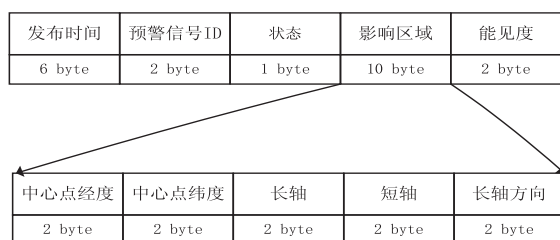


图 5 海上大雾预警信号信息编码

预警信号的发布时间、预警信号 ID、状态、中心点经度、中心点纬度、长轴、短轴、长轴方向等信息字段的编码定义与海上大风预警信号同名字段的编码定义一致。

能见度:用 2 个字节表示,单位为米,取值范围为 0 ~ 2<sup>16</sup>。

### 3.4 海上雷雨大风预警信号信息编码

海上雷雨大风预警信号信息编码长度为 21 字节,传输的信息包括预警信号的发布时间、预警信号 ID、状态、影响区域、风力、风向。影响区域为椭圆形状,通

过中心点经度、中心点纬度、长轴、短轴、长轴方向等字段定义。海上雷雨大风预警信号信息编码定义如图 6 所示。

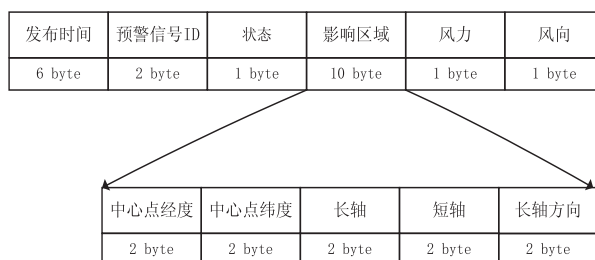


图 6 海上雷雨大风预警信号信息编码

预警信号的发布时间、预警信号 ID、状态、中心点经度、中心点纬度、长轴、短轴、长轴方向、风向等信息字段的编码定义与海上大风预警信号同名字段的编码定义一致。风力:用 1 个字节表示,单位为级,取值范围为 0 ~ 256。

## 4 关键技术应用

为了实现业务所需的功能,系统在设计和开发过程中应用了比较成熟的软件技术,创新地实现了业务所需的功能要求。

### 4.1 负载均衡技术

系统采用 Nginx 实现软件负载均衡,拥有配置简单灵活,易于扩展的优点。Nginx 是一个高性能、轻量级的 Web 服务器和反向代理服务器,也是一个电子邮件 (IMAP/POP3/SMTP) 代理服务器在一个 BSD-like 协议下发行。其特点是占用内存少,并发能力强,并发能力在同类型的网页服务器中表现较好。

### 4.2 消息队列

系统使用 RocketMQ<sup>[8]</sup> 建立集群消费模式的消息队列来管理系统各软件模块的中间消息。RocketMQ 是一款分布式、队列模型的消息中间件。提供丰富的消息拉取模式,能够保证严格的消息顺序,具有高效的订阅者水平扩展能力和亿级消息堆积能力,可实现实时订阅消息。

### 4.3 北斗短报文编码

系统利用北斗 RDSS<sup>[9]</sup> 的中远海覆盖范围优势,有效利用北斗 RDSS 传输容量,针对气象预警产品进行合理压缩编码,最终通过北斗短报文通信<sup>[10-11]</sup>,实



现向海南安装了北斗船载终端的船只精准定向推送气象预警信息。北斗短报文数据传输格式包括指令、报文头信息、电文内容、校验和四个部分,如图 7 所示。其中电文内容是气象信息编码可用部分,长度为 120 字节。根据气象信息内容分析,对短报文中的电文内容进行格式定义,具体定义方法在第三节中已给出。

指令	报文头信息	电文内容	校验和
5 byte	12 byte	120 byte	1 byte

图 7 北斗短报文数据传输格式

#### 4.4 数据存储技术

系统采用 Oracle Data Guard<sup>[12-13]</sup> 和 RAC<sup>[14]</sup> 技术实现气象预警数据的存储,以保证数据的安全备份。Data Guard 是 Oracle 推出的一种高可用性的数据库方案。它是在主节点与备用节点间通过日志同步来保证数据的同步,可以实现数据库快速切换与灾难性恢复。用户能够在对主数据库影响很小的情况下,实现主备数据库的同步。而主备机之间的数据差异只限于在线日志部分,因此被不少企业用作数据容灾解决方案。Oracle RAC 是 Oracle9i 新版数据库中采用的一项新技术,也是 Oracle 数据库支持网格计算环境的核心技术。Oracle RAC 一般由两台或者两台以上同构计算机及共享存储设备构成,可提供强大的数据库处理能力。当应用规模需要扩充时,用户可以按需扩展系统,以保证系统的性能。

#### 4.5 数据缓存技术

系统对经常查询的热点数据进行缓存,以加快查询业务的操作,减轻数据库的压力,数据缓存主要选用 Redis<sup>[15-16]</sup> 来实现。Redis 是一个高性能的 key-value 数据库。支持存储多种 value 类型,并且支持不同的排序方式。为了保证效率,Redis 把数据缓存在内存中,会周期性地新的数据写入磁盘。同时 Redis 支持主从同步,数据可以从主服务器向任意数量的从服务器同步,这对读取操作的可扩展性和数据冗余很有帮助。

### 5 结束语

在现有北斗卫星对北斗船载终端的通讯支持的基础上,北斗船载终端可视化气象预警系统通过对气象信息进行合理压缩编码,采用北斗短报文通信技术,实现向海南安装了北斗船载终端的船只精准定向推送气象预警信息。通过在北斗船载终端中内置气象信息处理模块实时接收信息进行解码,根据各预警信息的展示要求,利用北斗船载终端的海图叠加绘制技术,实现了在北斗船载终端图形显示台风、海上雷雨大风、海上大风、海上大雾等气象预警信息。通过该系统,海上作业用户可以实时动态了解自己船只与灾害性天气落区

之间的位置关系,及时判断出避险的最佳路线和时机,可以有效降低海上气象灾害造成的损失,保护人民生命财产安全。也有助于提高防灾减灾的能力,提升海上突发环境事故的应急处理能力。

#### 参考文献:

- [1] JI Shengyue, SUN Ziru, WENG Duo jie, et al. High-precision ocean navigation with single set of BeiDou short-message device[J]. Journal of Geodesy, 2019, 93(9): 1589-1602.
- [2] LI Bofeng, ZHANG Zhiteng, ZANG Nan, et al. High-precision GNSS ocean positioning with BeiDou short-message communication[J]. Journal of Geodesy, 2019, 93(2): 125-139.
- [3] 莫云音, 李 勋, 陈 亮, 等. 基于中间件的系统对接技术的研究与实现[J]. 计算机技术与发展, 2019, 29(7): 170-174.
- [4] 马 跃, 颜睿阳, 孙建伟. 基于 RocketMQ 的 MQTT 消息推送服务器分布式部署方案[J]. 计算机系统应用, 2018, 27(6): 83-86.
- [5] IZQUIERDO J L C, CABOT J. Composing JSON-based Web APIs[C]//International conference on web engineering (ICWE). Berlin: Springer, 2014: 390-399.
- [6] 高 静, 段会川. JSON 数据传输效率研究[J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(7): 2267-2270.
- [7] 黄 颖, 唐小明, 黄水生, 等. 林业野外巡护采集信息北斗短报文编码设计及应用[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(8): 106-110.
- [8] 颜睿阳. 基于 RocketMQ 的高可用分布式融合通信消息系统的设计与实现[D]. 沈阳: 中国科学院大学(中国科学院沈阳计算技术研究所), 2018.
- [9] 李政清, 关晓磊. 基于北斗 RDSS 的远程环境监测预警系统[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2016, 16(6): 40-42.
- [10] 刘春明, 张少刚, 张永博. 极端环境下自动气象站数据远程传输方案设计[J]. 气象科技, 2009, 37(4): 469-471.
- [11] 张 勇, 陈苏婷, 张 燕. 基于北斗卫星的自动气象站数据传输管理系统[J]. 电子技术应用, 2014, 40(5): 21-23.
- [12] WANG Jing, LIU Lijie. Discussion on the oracle data guard disaster recovery monitoring program [J]. Information & Communications, 2012(6): 201-203.
- [13] LIU X. A brief analysis of the disaster recovery backup technology in Oracle database DataGuard [C]//International conference on industrial & information systems. Piscataway, NJ: IEEE, 2010: 234-236.
- [14] 周晓丹, 冯少荣, 薛永生. Oracle 10g RAC 核心技术与分析[J]. 计算机工程, 2007, 33(7): 53-55.
- [15] 李文金, 苏凯雄. 基于存储管理的北斗报文传输协议设计与应用[J]. 微型机与应用, 2015, 34(24): 63-65.
- [16] GAO X, FANG X. High-performance distributed cache architecture based on redis[J]. Lecture Notes in Electrical Engineering, 2014, 270: 105-111.