

# SBAS 监测站构成及部署方法分析

曲鹏程, 刘翔, 金彪, 陈姗姗, 夏川茹  
(航天恒星科技有限公司, 北京 100089)

**摘要:** 星基增强系统(SBAS)可以增强全球卫星导航系统(GNSS)的定位精度和完好性服务等性能, 满足以民航用户为主的服务需求. 地面监测站是 SBAS 的重要组成部分, 其构成、布局、数据质量等对星基增强系统的服务性能具有重要的影响. 因此, 本文以美国 WAAS 和欧洲 EGNOS 实测数据为基础, 对地面监测站的构成及分布, 监测站天线分布、监测站数据质量以及多路径相关性进行了详细的分析, 总结出适用 SBAS 系统地面监测站构成及部署的通用方法, 为 SBAS 监测站建设的实施途径提供参考.

**关键词:** SBAS; 天线分布; 数据质量; 多路径; 相关性

**中图分类号:** P228.4      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1008-9268(2020)04-0042-07

## 0 引言

全球卫星导航系统(GNSS)基本导航系统的服务性能尚不能满足 ICAO 附件 10 卷 I 中 APV 至 CAT-I 段飞行引导要求, 尤其在导航服务完好性和告警时间方面. 因此, 以美欧为代表的多个国家和地区已先后完成星基增强系统(SBAS)的建设, 以提高基本导航系统的服务性能. 已建成或规划建设的 SBAS 服务范围可参考文献[1]. 根据 SBAS 服务范围可知, 如图 1 所示, 北半球中国区域尚属空白, 亟需建设北斗星基增强系统为中国及周边地区以民航为代表的用户提供高完好性服务.

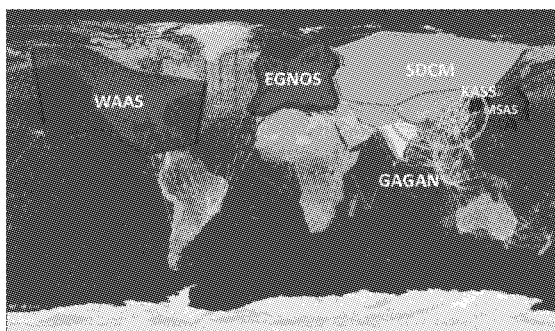


图 1 SBAS 系统及其服务范围

SBAS 主要组成部分类似, 包括空间段、地面段和用户段三部分. 空间段是由地球同步轨道(GEO)卫星构成; 地面段包括监测站、主控站、注入站和通信网络; 用户段是由能够接收 SBAS 信号的终端设备构成. 其中, 地面段中的监测站为 SBAS 系统提供数据基础, 其构成及分布将会直接影响 SBAS 服务性能<sup>[2-9]</sup>. 因此, 有必要依据现有的成熟 SBAS 监测站建设情况, 分析监测站的构成及其部署方法, 为未来 SBAS 的监测站建设提供参考.

## 1 监测站构成及分布

在已建成或规划建设的 SBAS 中, 美国的 WAAS 与欧洲的 EGNOS 最为典型, 系统建设信息最为全面. 本节以这两个系统为基础, 详细分析 SBAS 监测站的主要设备构成及其分布的特点.

### 1.1 WAAS 参考站

WAAS 参考站网由分布在美国、夏威夷、波多黎各、阿拉斯加、加拿大和墨西哥等地的 38 个广域参考站(WRS)构成<sup>[2,9]</sup>. 如图 2 所示, 每个广域参考站(WRS)包含三套设备(WRE), 分别称为 WRE-A、WRE-B 和 WRE-C, 每套设备独立地收集卫星数据. 每套设备由一个 WAAS 接收机、一个铯原子钟、一个数据采集处理器(DCP)组成<sup>[10]</sup>.

收稿日期: 2020-04-24

资助项目: 国家自然科学基金(41974041); 装备预研领域基金(61405180103)

通信作者: 曲鹏程 E-mail: qupeng589@163.com

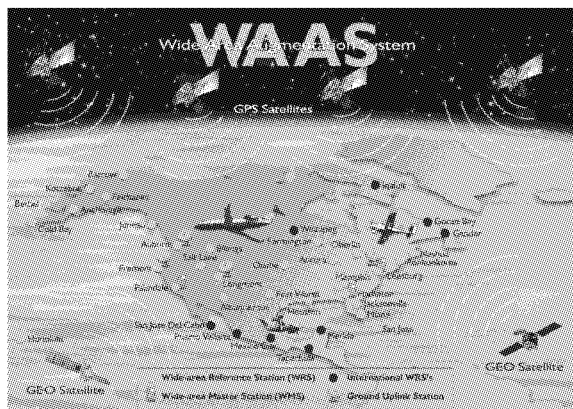


图 2 WAAS 广域参考站网分布

利用 NISTB 在网站 FTP 发布的参考站坐标文件<sup>[11]</sup>以及相应的地图信息,通过计算可知 WAAS 参考站大部分建在机场内部或附近,其中 34 个参考站建在机场 5 km 范围内,其中 22 个站建在机场内,最远距离机场 17.4 km. WAAS 参考站站点之所以选择在机场附近的原因是 WAAS 由 FAA 主导,直接利用有机场基础设施,管理完善,成熟度高,降低建设成本;机场具备完善的电磁环境监测手段,能够有效保障系统安全运营.

### 1.2 EGNOS 监测站

EGNOS 地面监测站网由 39 个监测站 (RIMS) 构成,其分布情况如图 3 所示.每个监测站有一个原子钟,选用铷钟或铯钟,所有监测站的原子钟共同维持独立的时间系统.每个监测站由 2 个或 3 个通道(A/B 或 A/B/C) 构成,每个通道包含天线、接收机、核心计算机. RIMS-A、RIMS-B 通道中一路数据用于差分改正计算,另一路数据用于比较和完好性监测,RIMS-C 通道具备信号质量监测 (SQM) 功能<sup>[12]</sup>.

图 4 所示绿色站点表示该监测站含双通道 A/B,一路数据用于差分改正计算,一路数据用于比较和完好性监测.红色站点表示该监测站含三通道 A/B/C,C 具备 SQM 功能.

利用 strsvr 软件访问 EGNOS 监测站 Ntrip-Client 返回的 SourceTable 中监测站的位置信息以及相应的地图信息,通过计算可知 EGNOS 监测站大部分建在机场内部或附近.其中,25 个监测站建在机场 5 km 范围内,20 个监测站建在机场内部,EGNOS 监测站距离机场的最远距离为 61 km.

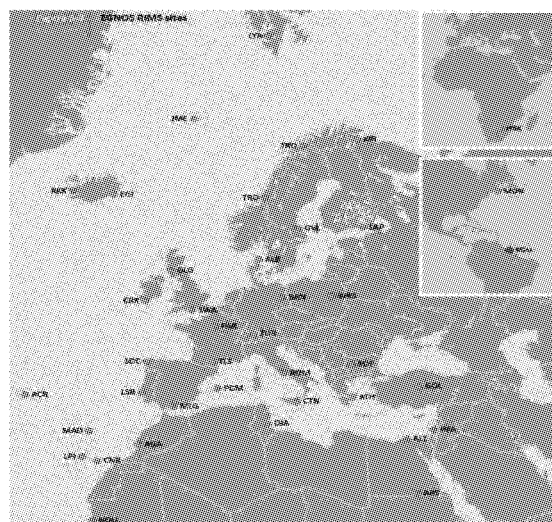


图 3 EGNOS 监测站分布图

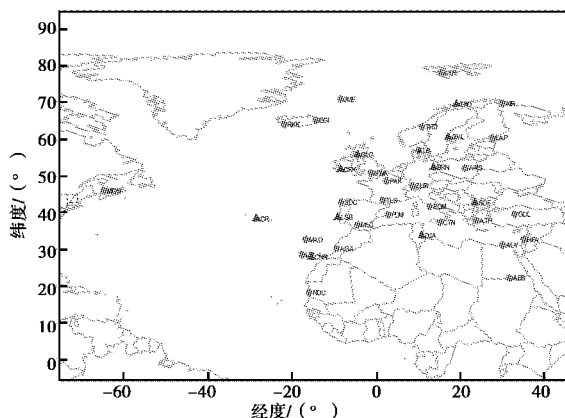


图 4 两种监测站分布情况

### 1.3 小结

通过上述分析可知,WAAS 与 EGNOS 地面监测站构成的设计都使用了至少两套独立的数据采集通道(WAAS 参考站采用 3 套独立数据采集通道,EGNOS 监测站采用 2 套或 3 套独立数据采集通道),每套独立通道的基本组成包括 1 台监测接收机、1 台计算机以及 1 台原子钟.因此,未来建设 SBAS 时,地面监测站可以以 3 个独立的卫星数据采集通道,每个通道包含 1 台监测接收机(含天线)、1 台计算机以及 1 台原子钟的设计作为参考.

此外,WAAS 与 EGNOS 参考站大部分建在机场内部及其附近区域,主要考虑的因素为可以利用有机场基础设施,管理完善,成熟度高,降低建设成本;机场具备完善的电磁环境监测手段,能够有效保障系统安全运营.因此,SBAS 地面监测

站的站址选取可以参照以下原则:1)当具备机场建设条件时,将 SBAS 监测站建设在机场内部;2)当不具备机场建设条件时,SBAS 监测站的站址尽量靠近机场。

## 2 监测站部署

通过第 1 节内容可知,SBAS 监测站的核心设备包括 3 个独立的卫星数据采集通道,每个通道包含 1 台监测接收机(含天线)、1 台计算机以及 1 台原子钟。监测接收机天线的部署将会影响不同数据采集通道之间卫星数据采集的独立性。因此,本节将以 WAAS 为参考,利用实测数据对所有站点天线间距离和构型、监测站观测数据质量以及不同天线间多路径相关性等方面开展详尽分析,进而得出适用于 SBAS 监测站天线部署的一般方法。

### 2.1 监测站天线分布

根据 NISTB 在网站 FTP 发布的每个广域参考站 3 个天线的坐标文件(nstb\_XYZ.cfg)<sup>[11]</sup>,各个参考站的天线分布情况如图 5 所示。

根据图 5 分析可知,WAAS 参考站天线距离平均值为 8.95 m,70%天线距离 < 9.3 m,80%天线距离 < 12.2 m,最大距离 41.3 m;除了少数参考站天线的构型为钝角三角形或直线,大部分参考站天线的构型为锐角三角形或直角三角形。具体天线距离和构型与周围环境、占地面积相关,同时需降低多路径相关性的干扰。因此,在场地空间允许的情况下,参考站天线的构型建议采用锐角三角形或直角三角形,而不同天线之间多路径相关性将会在后续进行分析。

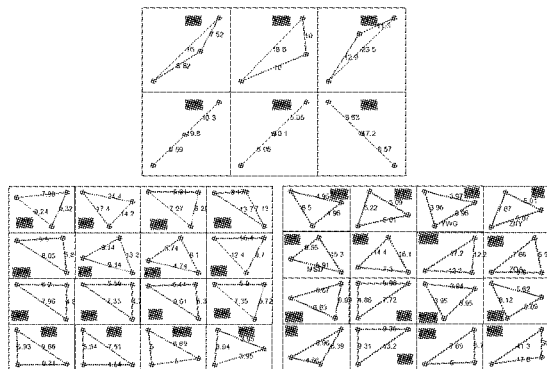


图 5 WAAS 广域参考站天线分布

### 2.2 监测站数据质量分析

本文采用 2019 年年积日 216~222 WAAS 系

统的 wfai、wotz、wzkc 以及 wztl 四个参考站的实测数据进行数据质量分析,此四个参考站的数据包含了完整的 3 路不同数据采集单元的卫星观测数据,数据下载地址见文献[11]。

首先利用斯坦福大学网站提供的 SGMP 软件对下载的参考站数据解码,然后使用自主开发的程序(SGMP2RINEX.m)将解码完成的数据转换成 RINEX 文件,利用 TEQC 软件完成数据质量的分析。

各参考站观测数据质量评估基于 TEQC 软件<sup>[13-14]</sup>给出的指标,包括反映观测数据多路径影响水平的指标 MP1、MP2,反映观测数据接收完整情况的指标“实收-应收观测比”<sup>[14-17]</sup>以及反映观测的数据中跳变数量的指标“观测-跳变比”(o/slps)<sup>[15-18]</sup>。

各指标的合格阈值将优先按照国家标准<sup>[18]</sup>进行设定,其中 MP1、MP2 值上限设为 0.5 m 和 0.65 m;“实收-应收观测比”的下限设为 95%;而对于 o/slps,由于其阈值在国家标准<sup>[19]</sup>中并没有明确给出,经对被测站点全年 o/slps 值的统计分析可知该值主要分布区间为(0,30000),考虑该值越大越优的特点,取该范围内最小的 5%,即 o/slps 值小于 1500 为未达标。具体情况如表 1 所示。

表 1 数据质量评估指标阈值

指标项	阈值
MP1	0.5 m
MP2	0.65 m
实收-应收观测比	95%
o/slps	1 500

根据图 6 统计分析,wfai、wotz、wzkc 以及 wztl 参考站三路独立观测数据的“实收-应收观测比”、o/slps、MP1 与 MP2 的统计结果如图 6、图 7、表 2 所示。

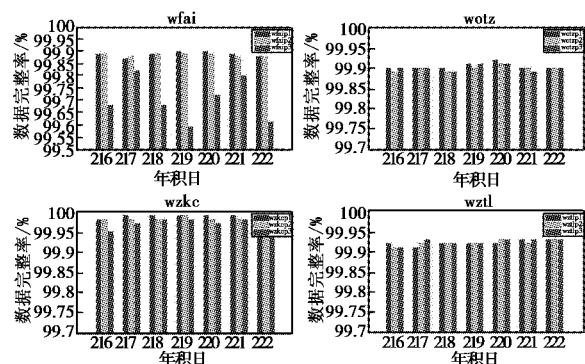


图 6 参考站观测数据完整率



根据图 6 统计分析,wfai、wotz、wzkc 以及 wztl 参考站三路连续 7 天观测数据的“实收-应收观测比”均超过 99%,数据观测完整程度较高且稳定.仅 wfai 参考站的 wfai3 路观测数据的完整程度相对较低,说明数据中含有较多跳变.

根据表 2 所示的统计分析,wfai、wotz、wzkc

以及 wztl 参考站三路连续 7 天观测数据的  $o/slps$  数值总体上大于阈值 1500.仅在年积日 21 天,出现了 wfai 与 wotz 参考站三路观测数据的  $o/slps$  值小于阈值的情况,之后  $o/slps$  值重新满足了指标评估要求.此现象的出现,可能是由于环境干扰导致接收机发生了较多的周跳.

表 2 参考站  $o/slps$  统计

参考站	年积日						
	216	217	218	219	220	221	222
wfai1	19 005	342	2 970	171 070	19 444	10 308	5 742
wfai2	20 362	343	2 959	142 545	19 895	10 562	5 781
wfai3	18 350	318	2 524	73 345	17 283	6 684	5 504
wotz1	21 074	597	12 347	96 036	4 967	13 936	7 023
wotz2	21 073	588	11 679	96 031	4 774	12 895	6 966
wotz3	20 094	582	12 004	172 869	4 938	12704	6 749
wzkc1	187 635	375 317	93 824	375 282	250 181	375 253	375 285
wzkc2	46 909	83 392	53 610	50 039	57 729	25 015	34 116
wzkc3	750 545	375 250	375 252	150 102	750 415	250 150	375 257
wzt11	753 825	376 811	753 682	753 693	376 870	753 741	376 874
wzt12	753 811	753 687	753 678	753 659	753 746	753 683	753 786
wzt13	753 787	753 756	753 688	376 858	753 750	376 870	753 788

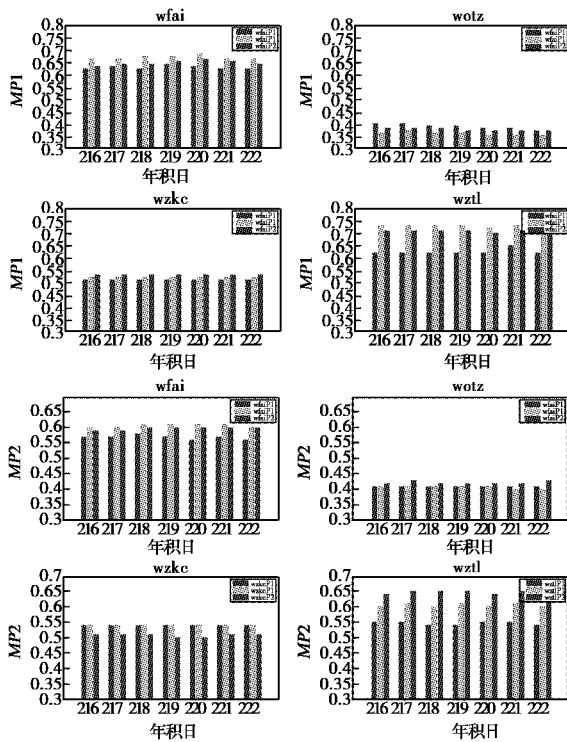


图 7 参考站观测数据 MP1/MP2 统计

根据图 7 的统计分析,四个参考站中仅 wotz 站的 MP1 统计值小于阈值上限,其余三个参考站

的 MP1 统计值均大于阈值上限.但是,wfai、wzkc 与 wztl 参考站的 MP1 统计值很稳定,在连续 7 天的时间段内几乎未发生变化.由于多路径的产生与参考站周边的环境密切相关,因此可以通过改善观测环境来减小多路径的 MP1 统计值.同时,四个参考站的 MP2 统计值均小于阈值上限.

### 2.3 监测站多路径相关性分析

利用监测站数据质量分析生成 ele、MP1 与 MP2 文件,采用自主开发的程序 (PlotMP12\_OneWRS.m) 对 wfai、wotz、wzkc 以及 wztl 参考站 3 路数据之间的多路径相关性进行分析.

本文多路径相关性的分析采用常用的皮尔逊相关系数计算方法.皮尔逊相关系数法是一种准确度量两个变量之间的关系密切程度的统计学方法,其大小可以反映两个变量间线性相关程度的强弱.对于变量  $A = [A_1, A_2, \dots, A_n]^T, B = [B_1, B_2, \dots, B_n]^T$ ,皮尔逊相关系数的计算公式为<sup>[20-21]</sup>:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})(B_i - \bar{B})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2}}$$

式中: $\bar{A}$  和  $\bar{B}$  为两个变量的平均值;相关系数  $r$  的取值范围为  $(-1, 1)$ ,即  $|r| \leq 1$ , $|r|$  越接近于

0,则表示两个变量相关程度越低.当 $r=0$ 时,则表示两个变量无相关性.

一般情况下,  $|r| \geq 0.8$ 时,可视为高度相关;  $0.5 \leq |r| < 0.8$ 时,可视为中度相关;  $0.3 \leq |r| < 0.5$ 时,可视为低度相关;  $|r| < 0.3$ 时,说明两个变量之间相关性极弱,可视为非相关<sup>[22]</sup>.

依据上述相关性计算方法,本文以 wfai、wotz、wzkc 以及 wztl 参考站 3 路数据中所有卫星的多路径 MP1 和 MP2 为计算变量,分别统计了连续 7 天每天每个参考站 3 路数据每两路之间多路径 MP1 和 MP2 的相关系数平均值,具体结果如图 8 和图 9 所示.

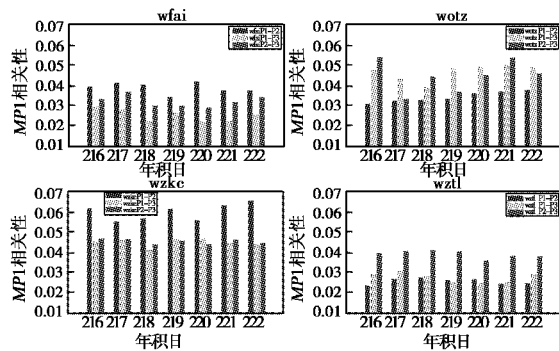


图 8 MP1 相关系数统计

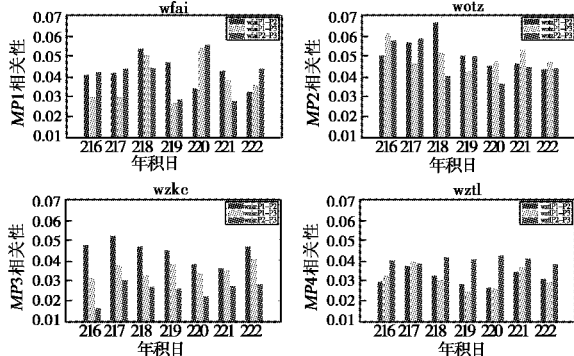


图 9 MP2 相关系数统计

根据图 8 与图 9 相关性统计分析可知, wfai、wotz、wzkc 以及 wztl 参考站 3 路数据每两路之间所有卫星多路径 MP1 和 MP2 的相关系数的均值均小于 0.1, 满足相关系数  $|r| < 0.3$  的条件, 说明 SBAS 参考站 3 路数据每两路之间的多路径非相关.

#### 2.4 小结

本节内容以 WAAS 参考站实测数据为基础, 对 SBAS 监测站天线的分布、监测站数据质量以及

监测站多路径相关性进行了统计与分析, 可以得出 SBAS 监测站天线部署时, 依据场地条件的限制, 以锐角或直角三角形的构型最佳, 并尽可能地增加天线间的距离, 使不同天线之间观测数据多路径非相关. 同时, 监测站的数据质量也需要满足相关阈值的限制.

### 3 结论

本文以 WAAS 和 EGNOS 公布的系统信息以及实测数据为基础, 利用斯坦福大学网站提供的 SGMP 软件, 以及 TEQC 软件对实测数据进行计算. 通过上述的统计分析, 得到适用 SBAS 监测站构成及部署的通用方法. 具体如下: 1) SBAS 监测站应建设在机场内部或附近区域, 附近区域的距离以 5 km 为参考; 2) SBAS 监测站应配置 3 个独立的卫星数据采集通道, 每个通道包含 1 台监测接收机(含天线)、1 台计算机以及 1 台原子钟; 3) SBAS 监测站的天线构型应采用锐角三角形或直角三角形, 天线间的距离以 9 m 为参考; 4) SBAS 监测站的环境应使观测数据质量评估指标满足“实收-应收观测比” $\geq 95\%$ 、 $\sigma/sps$  大于等于 1500、 $MP1 \leq 0.5$ 、 $MP2 \leq 0.65$  阈值的限制; 5) SBAS 监测站 3 路数据间多路径相关系数统计值应小于 0.1. 上述方法可以作为新建 SBAS 中监测站选址及核心设备配置的参考, 为 SBAS 监测站的建设提供有效的实施依据.

#### 参考文献

- [1] EGNOS. EGNOS Safety of Life (SoL) Service definition documnet. Issue 3.3. [R/OL]. <https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new-egnos-ops/documents/egnos-sdd/egnos-safety-life-service-sdd>.
- [2] ICAO. WAAS development changes since commissioning; Raythen intelligence, information and service [R/OL]. [2019-06-03]. [https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation-%20Workshop/1-4.WAAS.Development.Changes.Since.Commissioning.final%20\(T%20Schemmp\).pdf](https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation-%20Workshop/1-4.WAAS.Development.Changes.Since.Commissioning.final%20(T%20Schemmp).pdf).
- [3] ICAO. EGNOS Service provision [R/OL]. [2017-11-07]. Joint ACAC/ICAO MID Workshop on GNSS. <https://www.icao.int/MID/Documents/2017/ACAC-ICAO%20GNSS%20Workshop/ESSP-MEMO-20854%20Rabat%20Workshop%20v1.pdf>.
- [4] GRIGORY S. SDCM present status and future, GLO-NASS signals development [C/OL]. The Eighth

- Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. (2013-11-09)[2013-11-14]. <http://www.unoosa.org/pdf/icg/2013/icg-8/wgA/A1.2.pdf>.
- [5] ICAO. GAGAN regional service availability. Raythen intelligence, information and service [EB/OL]. (2019-06-05)[2020-01-04]. [https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation%20Workshop/3-7.GAGAN.Regional.Service.Availability%20\(T%20Schemmp\).pdf](https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation%20Workshop/3-7.GAGAN.Regional.Service.Availability%20(T%20Schemmp).pdf).
- [6] ICAO. GBAS/SBAS implementation workshop seoul [EB/OL]. [2019-06-03]. [https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation%20Workshop/Workshop%20Program%20\(Daily\).V2.0.pdf](https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation%20Workshop/Workshop%20Program%20(Daily).V2.0.pdf).
- [7] ICAO. MSAS system development[EB/OL]. [2019-06-03]. GBAS/SBAS Implementation Workshop Seoul. [https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation%20Workshop/1-6.MSAS%20System%20Development.Rev2%20\(S%20Saito\).pdf](https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation%20Workshop/1-6.MSAS%20System%20Development.Rev2%20(S%20Saito).pdf).
- [8] LEE E S. System development — KASS[R/OL]. ICAO SBAS/GBAS Workshop. [2019-06]. [https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation%20Workshop/1-8.KASS.Development.Status.final%20\(E%20Lee\).pdf](https://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation%20Workshop/1-8.KASS.Development.Status.final%20(E%20Lee).pdf).
- [9] 邵搏,耿永超,丁群,等. 国际星基增强系统综述[J]. 现代导航,2017,8(3):157-161.
- [10] GPS. GOV. Global positioning system Wide Area Augmentation System (WAAS) performance standard [R/OL]. [2008-10-31]. <https://www.gps.gov/technical/ps/2008-WAAS-performance-standard.pdf>.
- [11] FAD. NSTB data download[EB/OL]. (2020-01-16). <http://www.nstb.tc.faa.gov/DisplayNSTBData/Download.htm>.
- [12] Thales Alenia SPACE. EGNOS status [EB/OL]. GBAS/SBAS Implementation Workshop Seoul. (2019-06-03)[2020-01-14]. [http://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation%20Workshop/Workshop%20Program%20\(Daily\).V2.0.pdf](http://www.icao.int/APAC/APAC-RSO/GBASSBAS%20Implementation%20Workshop/Workshop%20Program%20(Daily).V2.0.pdf).
- [13] ESTEY L H, MEERTENS C M. TEQC: The multi-purpose toolkit for GPS/GLONASS data[J]. GPS solutions, 1999, 3(1):42-49. DOI: 10.1007/PL00012778.
- [14] UNAVCO. TEQC-The toolkit for GPS/GLONASS/Galileo/SBAS/Beidou/QZSS/IRNSS data[EB/OL]. (2018-06-13)[2018-09-29]. <http://www.unavco.org/software/data-processing/teqc/teqc.html>.
- [15] UNAVCO. TEQC tutorial[EB/OL]. (2016-11-10)[2018-09-24]. <http://www.unavco.org/software/data-processing/teqc/tutorial/tutorial.html>.
- [16] 布金伟,李小龙,左小清,等. Beidou/GPS/GLO-NASS多系统卫星定位数据质量比较分析[J]. 地球物理学进展,2018,33(1):1-9.
- [17] 董正华,郭金运,刘相威,等. 基于TEQC的山东CORS系统数据质量评估[J]. 全球定位系统,2015,40(5):90-94.
- [18] KIM M, LEE J Y, PULLEN S, et al. Data-Quality improvements and applications of ong-term monitoring of ionospheric anomalies for GBAS[C]//Proceedings of the 25th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2012),2012:2159-2174.
- [19] 中国卫星导航系统管理办公室. 北斗地基增强系统基准站建设技术规范 BD440013-2017 [S/OL]. [2017-05-09][2017-06-01]. <http://www.beidou.gov.cn/zt/bdbz/201712/wo2017122681860348594.pdf>.
- [20] 徐维超. 相关系数研究综述[J]. 广东工业大学学报,2012,29(3):12-17.
- [21] 彭海. 皮尔逊相关系数应用于医学信号相关度测量[J]. 电子世界,2017(7):163.
- [22] 赵海龙,张丹丹,黄松,等. 基于皮尔逊相关系数的海南省地闪密度与雷击故障关系分析[J]. 高压电器,2019,55(8):186-192.

#### 作者简介

**曲鹏程** (1989—),男,硕士,导航增强系统设计工程师,主要从事星基增强系统(SBAS)、广域精密定位系统、CORS等导航增强系原理研究及其工程化建设。

**刘翔** (1988—),男,硕士,卫星导航定位工程师.主要致力于GNSS高精度定位技术、GNSS完好性监测技术等研究。

**金彪** (1988—),男,硕士,高级工程师,主要从事GNSS完好性和高精度定位算法设计与开发工作。

**陈姗姗** (1987—),女,GNSS算法设计师,主要从事GNSS高精度定位定轨技术、广域精密定位技术相关算法开发工作。

**夏川茹** (1990—),女,GNSS软件设计师,主要从事GNSS导航数据后处理软件设计、地面测试与在轨评估工作。

## Analysis of the composition and deployment methods of SBAS ground monitoring stations

QU Pengcheng, LIU Xiang, JIN Biao, CHEN Shanshan, XIA Chuanru

(Space Star Technology Co., Ltd, Beijing 100089, China)

**Abstract:** The satellite Based Augmentation System (SBAS) can enhance the performance of GNSS positioning and integrity service to meet the needs of civil aviation users. The ground monitoring station is an important part of SBAS, and its composition, layout, and data quality have an important impact on the service performance of SBAS. Therefore, based on the actual observation data from the WAAS and EGNOS, the composition and distribution, the antenna distribution, the data quality, and the multipath correlation of the ground monitoring station are analyzed in detail in this article. And a general method for the composition and deployment of the SBAS ground monitoring station is summarized, which provides a reference for the implementation of SBAS monitoring station construction.

**Keywords:** SBAS; antenna distribution; data quality; multipath; correlation

~~~~~  
(上接第 41 页)

## Analysis on GNSS receive performance and observation data quality in substation environment

E Shenglong<sup>1</sup>, ZHOU Gang<sup>1</sup>, TAN Liqing<sup>2</sup>, LUO Yingting<sup>1</sup>, XU Hailin<sup>1</sup>

(1. Electric Power Research Institute of Guangdong Power Grid Corporation, Guangzhou 510080, China;  
2. GNSS Research Center, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** In order to study the impact of strong electromagnetic environment of the substation on performance of the GNSS receiver and quality of observation data, GNSS receivers were arranged on the roof of main control building of the 500 kV, 220 kV and 110 kV substation respectively to observe continuously for 24 hours. The impact of substation on performance of the GNSS receiver and the quality of the observation data is comprehensively evaluated through internal noise of the receiver, data integrity rate, signal-to-noise ratio, and multipath effects. The experimental results show that the GNSS receiver can work normally under strong electromagnetic environment of the substation, and the substation does't have significant impact on quality of observation data. The quality of observation data meets the corresponding standards.

**Keywords:** substation; strong electromagnetic environment; performance of GNSS receiver; GNSS observation data quality