

第 11 次航行会议

2003 年 9 月 22 日至 10 月 3 日，蒙特利尔

议程项目 6：航空导航问题

关于使用独立卫星导航系统的组合型态及其增强办法的概念

（由秘书处提交）

摘要

本文件是以全球导航卫星系统（GNSS）专家小组根据国际民航组织空中航行委员会的要求进行研究的成果为基础的。本文件指出，随着GNSS信号和星座数量的增加，在提高稳定性、改善性能、简化GNSS地面构造和缓解制度上的隐忧方面能为民用航空带来巨大的效益。这些新要素的推出也会引起某些技术上、经济上和制度上的问题。本文件建议国际民航组织进一步研究这些问题，充分把握面临的机会。

会议的行动在第 5 段。

1. 引言

1.1 国际民用航空组织（ICAO）已经为全球定位系统（GPS）和全球导航卫星系统（GLONASS）单频信号（L1）及其通过机载增强系统（ABAS）、卫星增强系统（SBAS）和地面增强系统（GBAS）的增强办法制定了标准和建议措施（SARPs）。

1.2 今后，GPS 将通过增加信号种类而得到加强，并有可能增添世界范围完好性功能。现有星座中还将加入特性经过改善的 GLONASS-M 型卫星；其后，新一代的 GLONASS-K 型卫星也将推出使用。目前，欧洲正在研制一个叫做伽利略（Galileo）的新的星座，届时将能提供三种信号和世界范围完好性功能。

1.3 可以预期，这些新增加的信号和星座投入使用后会给民航用户带来若干效益。现有各系统可以组合起来以提高稳定性，从而在发生干扰或系统故障时增强满足性能要求的能力。此外，使用发自一些独立系统的组合信号还可以实现标条件下的性能改善。也就是说，对某些地区而言，使用组合星座提供导航服务可以达到原先必须使用增强系统才能达到的水平。最后，有多种星座可供使用，还可以缓解由于依赖单一的服务提供者而产生的制度上的隐忧。

1.4 这些新要素的推出也会引起某些技术上、经济上和制度上的问题，必须加以解决才能充分把握面临的机会。

2. 新信号和新星座带来的机会

2.1 实施的时间框架

2.1.1 对不同的星座，目前估计的服务交付时间分别为：

- a) GPS/L1：当前可供使用；
- b) GPS/L5：初步运行能力—2012 年，完全运行能力—2015 年；
- c) GLONASS/L1：当前可供使用（运行的卫星数量有限）；
- d) GLONASS/L3：2008 年起可供使用；
- e) Galileo/L1：2008 年起可供使用；
- f) Galileo/E5a：2008 年起可供使用；和
- g) Galileo/E5b：2008 年起可供使用。

2.1.2 至于任何其他的新信号/星座，恐怕另外需要一至两年时间，待民航当局对其进行认证/合格审定之后才能获准投入到涉及生命安全的应用中去。这就是说，新信号和组合星座服务可能在 2010 年的时间范围内开始投入运行使用。

2.1.3 ICAO 为 GNSS 标准化所做的规划工作，就是要随着这些要素的发展进程编制和确定有关上述 GNSS 要素的标准和建议措施。

2.2 技术上和运行上的机会

2.2.1 对 GNSS 的脆弱性及其缓解办法所做的评估表明（参见 AN-Conf/11-WP/17），尽量提升卫星导航的抗干扰稳定性具有内在的优点。在这个问题上，由于其强度升高，频带加宽，抗干扰的能力增强，GNSS 每种新信号的抗干扰能力都将高于 GPS/L1。此外，所有预定用于涉及生命安全应用的信号还将受益于由国际电信联盟（ITU）分配的航空无线电导航服务（ARNS）频带范围所提供的保护。

2.2.2 实行多频率化也是对付非故意干扰的一个非常有效的缓解办法，因为这种干扰源同时影响一个以上频率的可能性极小。已经收到的情况表明，所有的核心星座（GPS、GLONASS 和 Galileo）都将用多种频率提供服务，而其中两个星座的任何一种组合都可以提供至少一个非共用频率。

2.2.3 使用星座组合型态也能使大气效应非常有效地得到缓解。今天，在赤道区域、以及较少程度上在高纬度地带，当电离层发生严重闪烁状况时存在的信号丧失的影响，由于更多卫星的呈现将会得到根本的缓解。在用户层面对来自不同星座的不同测量值进行综合即可实现这一目标。

2.2.4 使用单频卫星时，地面增强系统和卫星增强系统必须纠正电离层引起的误差。而每颗卫星

发出多个频率则可在接收机中支持这一纠错功能。如果使用星座的组合型态，目前与发生电离层闪烁、系统维修、空域扇区故障或地形/建筑物屏蔽（如对基于 GNSS 的地面运行）等情况有关的服务可用性和连续性受到限制的问题，将会由于卫星，阵营的壮大而得到舒缓。

2.2.5 在（卫星增强系统或未来的核心星座）不提供完好性数据的地区，可以通过将得自多个星座的测量值与机载增强系统相结合的办法来实现性能改善，但其强度会较弱。这样做有时可以免除部署卫星增强系统的需要，有时则可简化其构造。

2.2.6 有些国家已经在考虑单一星座使用多个频率提升 GNSS 强度的潜在效益。在用户层面上综合至少来自其中两个星座的不同信号可以进一步提高稳定性，改善性能，并能大幅缓解使用单一星座在制度上的隐忧。

2.3 制度上的机会

2.3.1 使用多星座还有非技术的理由。这些理由可以包括对单一星座进行控制和维护，以及拒绝服务的威胁和核心星座发生重大故障等制度上的隐忧。独立的服务提供者提供使用多个独立的星座将特别有利于：

- a) 在资金短缺无法维持某个星座的运行、星座运行陷入技术困难、发射失败或因紧急状态造成毁坏的情况下，卫星导航服务能够继续按标定性能提供服务；
- b) 即使一个星座的性能发生减损或者出现《国际民用航空公约》所承认的全国性紧急状态（参见第 89 条）而使整个覆盖区域无法获得服务，导航服务仍然能够在世界范围得以维持。遇此情况，可以由独立管理的另一个星座继续提供服务；
- c) 即使一个卫星星座的信号中断，或者一个卫星星座发生重大变化，或者某个星座出现中期服务中断或某个卫星星座的提供者决定停止提供服务，导航服务仍然能够得以维持。

3. 推出新增的独立星座和增强系统所面临的挑战

3.1 使用多要素组合的复杂性

3.1.1 推出独立的星座和增强系统要素会带来复杂的技术问题。必须从技术和运作两个方面妥善加以处理才能保证航空器经营人获得上述效益而且效益大于成本。

3.1.2 随着 GNSS 的发展，如果出现形形色色以不同方式使用独立 GNSS 要素的不同组合的机载接收装置，那么，这种复杂性可能会越发加剧。预计还会出现一些将 GNSS 与惯性系统结合后进一步增强能力的构造。市场会自然排斥那些使用无法产生经济效益的组合构造，但无疑会发生割据现象。空中导航服务的提供者、航空器经营人和制造厂家必须通力合作，将能力与所需导航性能和公布的进近程序配合起来，以实现最大的效益。

3.1.3 据认为，空中航行服务提供者必须考虑各种能力水平的用户的情况，实时说明 GNSS 系统要素的各种组合是否支持公布的服务等级。这个办法源自当前的系统监测原理，即空中航行服务提供者可以对地面助航设施逐一进行监测，而每个助航设施提供一种规定的服务。但这个办法可能不适合未来

的 GNSS 运行，尤其是在推出多种信号和多星座之后。因此，应该对目前的状况监测概念重新做出考虑。

3.1.4 要素多种组合的标准化问题，视新增标准和建议措施执行策略而异，可能会让国际民航组织应接不暇。最好的办法是对新的信号逐一实行标准化，除标准和建议措施外再辅之以如何使用这些新信号和信号组合的指导材料。

3.2 航空器经营人和服务提供者的系统成本

3.2.1 从用户的角度看，推出新的信号和星座将要求更换现有的接收装置和航空器天线。新的接收机和天线会更加复杂，而且成本也可能比当前一代 GNSS 航空电子设备要高。但随着接收技术的不断进步，成本的增加应该还是比较小的。

3.2.2 对航空器经营人来说，最为可行的办法是在肯定了商业个案的利益之后再行改装。制造厂家在设计上如果留有软件或简单硬件升级的余地，也可以减少改装的成本。另一个办法就是购置航空电子设备与 GNSS 发展现状相适应的新航空器。这就要求事先了解推出新信号的标准和计划。

3.2.3 就地面增强系统而言，一个能够对两个核心星座（如 GPS/GLONASS 或 GPS/Galileo）进行增强的系统，由于接收机和天线要素的复杂性增加，其代价可能比较昂贵。另一方面，使用较新的地面增强系统设备增强一个星座的服务提供者，主要出于标定使用寿命的考虑，则不会匆忙更换新的设备或是做出系统升级的决定。

3.2.4 为了实现潜在成本的最小化和效益的最大化，ICAO 在为新的 GNSS 要素和信号制定标准时，应该就最有希望的要素和信号组合提出建议。

3.3 管理限制的影响

3.3.1 现有的 GNSS 航空电子设备自动选择所用的卫星和增强要素^{*}。今后，国家的规章可能会要求使用或禁止使用某些 GNSS 要素或其组合。这种情况可能会因为额外增加驾驶舱操纵装置和程序、机组培训和维修支持等而使用户产生大的开支。如果对每一个独立的 GNSS 要素都必须进行选择，航空电子设备的界面将会变得非常复杂。训练机组人员使用这个界面并熟悉空域各个部分应该选用的系统操作模式，其费用也会很高。此外，复杂的航空电子设备界面还会加重驾驶员的工作负担，从而造成安全隐患。

3.3.2 这些潜在的影响要求 ICAO 鼓励各国在规划实施 GNSS 服务的时候，避免出于制度上的原因而对 GNSS 具体要素的使用施加限制。

4. 结论

4.1 GPS、GLONASS 和 Galileo 将提供独立运行的卫星星座和独立的信号。因此，星座组合型态实施后 GNSS 发生服务故障的可能性极小。

4.2 所以，GNSS 信号和星座数量的增加，在提高稳定性、改善性能、简化 GNSS 地面构造和缓解制度上的隐忧方面能为民用航空带来巨大的效益。

^{*} 这一事实的例外情况是地面增强系统精密进近，它具有频道选择能力，可以指示接收机使用某一个具体的地面增强系统。

4.3 但是，实施繁复纷呈的要素组合可能致使整体系统复杂化，尤其会给使用方造成不利的经济影响。这个问题可以通过普遍实施经过严格评选出来的最有希望的组合来加以避免。

4.4 如果有关使用独立的核心卫星星座和 GNSS 其他要素及其组合的各种问题能得到妥善解决，推出新的星座和另外增加的信号将会推动向 GNSS 作为一个飞行所有阶段的全球系统过渡。

5. 会议的行动

5.1 请会议同意下述建议：

建议 6/C — 制定有关应用新的 GNSS 要素及其组合的指导材料

ICAO 在为新的 GNSS 要素和信号制定标准时，研究有关使用多种信号及其组合的各种问题，并就 GNSS 要素最有希望的组合制定指导意见。

建议 6/D — 使用多种 GNSS 信号的效益和管理问题

各国在规划实施 GNSS 服务时，充分利用由于使用独立的核心卫星星座和其他 GNSS 要素及其组合而在未来产生的效益，避免出于制度上的原因对具体系统要素的使用加以限制。