

# 第 1 章 美国的国家空间数据基础设施

通过国家空间数据基础设施（NSDI）的建设与发展，美国在推动全球经济一体化和自身向知识经济转变的过程中，获得了巨大和多方面的效益，积累了丰富的经验。在此，笔者根据所掌握的资料和参观访问得到的概念，试图从其 NSDI 的基本概念、发展历史、发展策略以及数据共享、框架构建、技术发展和实现途径等方面，尽可能客观、全面地对美国国家空间数据基础设施的现状与发展趋势作一简明、扼要的介绍。

## 1.1 基础设施

地球是人类赖以生存和发展的空间环境与物质基础。人类的各种活动绝大部分都是在地球上进行的。描述地球空间环境、物质基础以及人类活动时空分布的数据与信息，则成为整个国家信息资源中十分重要且带有基础性质的部分。而与之相关的空间信息基础设施（在美国称之为空间数据基础设施，即 NSDI），作为国家信息基础设施的一个重要组成部分，长期以来都受到美国最高层领导的高度重视，并在他们的直接推动下得到了迅速的发展，取得了巨大的成就。本节将介绍美国关于 NSDI 的基本概念及其发展历史与发展战略。

### 1.1.1 基本概念

#### (1) 概念说明

在 1994 年 4 月克林顿总统签署发布的 12906 号总统令中，对 NSDI 及其相关的概念作了明确的定义<sup>[1]</sup>。它们是：

1) 国家空间数据基础设施 (National Spatial Data Infrastructure, NSDI) 是地球空间数据获取、处理、存储、分发以及改进应用效果所必须的各种技术、政策、标准和人力资源的总称。

2) 地球空间数据 (Geospatial Data) 是鉴别地球上各种自然或人工特征、不同界线的地理位置及其属性的信息。这种信息可以用遥感、制图和测量等技术获得。统计数据是否纳入此定义所涉及的范畴，可以由数据采集单位自行确定。

3) 国家地球空间数据交换中心 (National Geospatial Data Clearinghouse) 是一个分布式、通过电信把地球空间数据的生产者、管理者和用户连接在一起的网络。

在美国，NSDI 有广泛的内涵，能够吸引广大公众与各有关部门单位的参与；然而，这个术语在我国往往被片面地加以解释，成为某个部门工作领域的象征，具有较大的局限性。因此，我国采用“国家空间信息基础设施 (National Spatial Information Infrastructure, NSII)”来等同美国的“国家空间数据基础设施 (NSDI)”，对于发挥更多部门与单位的参与积极性可能会更好一些。此外，为了简化起见，“地球空间数据”在书中也常常用“空间数据”替代。

#### (2) 技术构成

联邦地理数据委员会 (Federal Geographic Data Committee, FGDC) 给出了国家空间数据基

基础设施的结构图(图 1.1-1)。不难看出,它主要由地球空间数据标准、元数据、数据交换中心、地球空间数据及其数据框架 5 个部分组成。各部分之间的关系也在图上予以表示。其中,数据标准部分涉及面最广,与其他 4 个部分都有关系,是工作的重点。然而,从上述 NSDI 的定义来看,地球空间数据及其数据框架两部分内容未包括在内。其原因何在?至今尚未得到明确的答案。

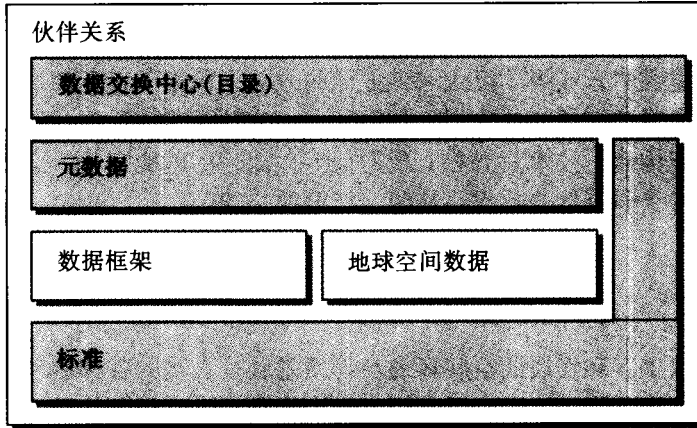


图 1.1-1 NSDI 的结构图

## 1.1.2 历史回顾

(1) 早在 1991 年美国国会通过了一些国家科研项目,如高性能计算和国家科研教学网络等项目,确立了美国在这一领域的领先地位。克林顿总统在竞选过程中,提出了“技术是经济增长的引擎”的科技政策,将 NII 摆在了极为重要的地位,并委托当时的副总统戈尔直接来主持这方面的工作。

(2) 1993 年 1 月,以振兴美国经济的承诺而入主白宫的克林顿,便将其竞选诺言,即构筑“信息高速公路”以最高的优先级付诸实施<sup>[2]</sup>。他试图以此保持美国商业的竞争能力,创造富有挑战性、高收入的就业机会,促进美经济的发展和全美国人民生活水平的稳定提高。为此,克林顿总统授权戈尔副总统具体主管这方面的事务,并采取了三项强有力的行政措施<sup>[3]</sup>:

1) 建立跨部门的信息基础设施工作组(IITF)和国会及私人企业一起提出为加速 NII 发展所需要的政策与具体行动建议,同时还负有协调政府努力、联络私人企业、解决争端和实施政策的责任。该工作组在美国商务部长布朗领导下由联邦政府机构的高级代表组成。所属三个委员会分别处理通信政策、信息政策和应用方面的问题;

2) 建立国家信息基础设施的私人企业咨询委员会。该委员会由商业部长提名的 25 位有代表性的人物组成,负责向 IITF 提出发展 NII 有关问题的咨询意见;

3) 加强和革新联邦通信及信息政策的制定机构。

(3) 1993 年 9 月克林顿政府出台了“国家信息基础设施行动计划”。在计划中提出了发展 NII 应该遵循的原则和目标<sup>[4]</sup>:

1) 通过适当的税收和法规政策促进私人企业投资。近几年来,美国私人公司每年在通

信基础设施上的投资超过 500 亿美元，而政府每年在 NII 关键项目上的投资只有 10 亿至 20 亿美元。私人企业在 NII 发展中占主导地位。

2) 扩充“全方位服务”的概念，保证信息资源以可承受的价格为所有人享用。因为信息意味着权利，政府有责任使每个美国人都能访问信息时代的资源。

3) 起催化剂作用，促进技术创新和新的应用。对 NII 而言，需要提出重要的政府研究计划，资助私人企业开发和演示技术。

4) 促进 NII 无缝、交互、用户驱动的操作模式。随着 NII 演化为“诸网之网”的时候，政府应该保证用户通过网络传输信息高效、方便。

5) 保证信息安全和网络可靠。NII 必须是值得信赖、安全、能保护用户隐私的。政府的作用在于保证整个系统可靠、出故障很快修复以及最重要的是好用。

6) 改进无线电频谱管理，增加紧缺资源。

7) 保护知识产权。政府将调查如何加强本国的版权法和国际知识产权保护条约，以保护隐私不受侵犯和知识产权的完整性。

8) 协调各级政府与其他国家的关系。因为信息是跨州、地区和国界的，协调对避免不必要的麻烦和抵制束缚美国产业不公平的政策是重要的。

9) 提供对政府所有信息的访问，改进政府采购政策与办法。

(4) 1993 年 12 月戈尔在国家出版俱乐部发表演讲，提出了发展 NII 的五项基本原则：鼓励私人投资；促进相互竞争；提供开放式访问；建立灵活有序环境；确保全球性服务<sup>[5,6]</sup>。后来，美国又把这些原则用到全球信息基础设施 (GII) 建设中去，努力说服和动员全球尽可能多的国家参加这一计划<sup>[7]</sup>。

(5) 为了强调地球信息在 NII 中的重要作用和地位，1994 年 4 月克林顿总统专门就国家空间数据基础设施 (NSDI) 的有关问题，发布了 12906 号总统令<sup>[1]</sup>。它给出了 NSDI、地球空间数据 (Geospatial Data) 和国家地球空间数据交换中心 (Clearinghouse) 的定义，对 NSDI 协调发展的组织措施、数据标准制定、国家数字地球空间数据框架以及数据获取的协作关系都作了明确的规定。此后，戈尔副总统在不同场合对此又有多次重要讲话。它们有力地推动着美国数据共享和 NII 的发展。

(6) 为了充分利用美国已有的大量数据，尤其是遥感数据，使之成为人们可以理解和使用信息，1998 年 1 月戈尔副总统在洛杉矶的加利福尼亚科学中心讲话时提出了数字地球计划的设想<sup>[8]</sup>。他除了说明之所以提出数字地球计划的主要考虑外，还指出了为此需要发展的相关技术（如计算科学、海量存储、宽带网络、卫星影像、互操作和元数据等技术）及其潜在的应用范围和实现的基本途径。他把实施这个计划的第一个步骤，定位在集成和应用美国已有大量和多种来源的数据上；作为第二步设想，美国要致力开发 1m 分辨率的世界数字地图。该计划的提出，意味着美国 NII 发展的重点由数据共享向数据应用的转移。

### 1.1.3 发展战略<sup>[9]</sup>

根据 12906 号总统令在 1994 年制定了一个 NSDI 的战略计划。为发展 NSDI 采取的主要活动是：在数据生产者和用户之间建立分布式的电子网络，即国家地球空间数据交换中心；制定有关数据文档编写、收集和交换的各种标准；形成和建立国家数字地球空间数据框架的程序与伙伴关系。这种框架应包括对广大用户有价值的重要基本数据集合；发展新的伙伴关系，使

不同组织和个人能够为地球空间数据的共享而在一起工作。然而，在如今迅速变化着的世界里，NSDI 的发展战略也应该经常加以调整。1996 年在芝加哥召开了关于 NSDI 发展战略的一个公开会议。会议在回顾以往工作的基础上，提出了 NSDI 发展战略的前景、目标和任务：

#### (1) 发展前景

现势性好、精确度高的地球空间数据，很容易用在地方、国家和全球水平上，对经济增长、环境稳定及其质量改善和社会进步作出贡献。

#### (2) 目标任务

##### 1) 目标 1

通过技术推广和培训，增进对 NSDI 前景、概念和效益的认识与理解。为此，要完成下述任务：给现有和未来的 NSDI 参加者演示参与 NSDI 的效益；通过正式和非正式的教育与培训宣传 NSDI 的原理与实践；确认和鼓励各种有助 NSDI 发展的姿态与行动。

##### 2) 目标 2

研制地球空间数据生成、访问和应用的统一解决办法，以满足不同社团的需要。具体任务是：继续发展无缝国家地球空间数据交换中心；支持说明地球空间数据集通用方法的改进；支持各种工具的开发，使不同应用、信息和结果容易进行交换的结构；研究、开展和实施有助于数据共享的各种结构和技术。

##### 3) 目标 3

利用基于社团的方法，开发和维护为合理决策而共同采集的地球空间数据。具体任务是：继续开发国家地球空间数据框架；提供公民、政府和产业所需附加的地球空间数据；促进建立有利于数据开发、共享和应用的统一分类体系、内容标准、数据模型和其他通用的模型；提供有利于把来自许多组织、具有不同分辨率的数据纳入 NSDI 的机制和鼓励办法。

##### 4) 目标 4

在各组织之间建立良好的关系，支持 NSDI 的持续发展。具体任务是：制订一种能使持股集团在支持 NSDI 建设上发挥适当和补充作用的程序；建立一个通过在 NSDI 范畴内，对共同利益有承诺而连接起来的各组织之间的网络；消除在建立协商一致结构的过程中，法规和管理上的障碍；为数据生产、集成和维护寻找新的资源；鉴别和支持有利于发展 NSDI 的各种个人、机构及经济的行为、技术、政策和法律框架；促进国际地理数据信息社团一起，参与全球空间数据基础设施的发展。

## 1.2 数据共享

地球空间数据的收集在美国是一个高达数十亿美元的产业，往往会出现许多单位和个人正在同一个地区重复地收集着相同数据的情况。从理论上讲，网络化的通信技术使数据共享成为可能。但是，真正做到数据共享还是很困难的。这里不仅仅有技术上的问题，还有许多非技术的问题存在。在 NII 建设过程中，美国如何妥善地解决数据共享问题？有哪些经验值得借鉴？

### 1.2.1 领导重视，从国家发展战略高度抓 NII 建设

从上述国家信息基础设施建设的历史回顾可以清楚地看出，美国克林顿总统和戈尔副总

统都先后直接出面来抓 NII 建设的有关事宜。他们不仅对 NII 建设的关键问题抓得准确、解决措施实在，而且能够根据 NII 建设形势的发展不断提出新的目标和口号。12906 号总统令的发布和数字地球计划的提出就是很好的说明。在总统令中，确定了发展和协调国家空间数据基础设施的领导机构，即联邦地理数据委员会（FGDC）的职责、组成和相互关系；对国家地球空间数据交换中心、数据标准制定活动、国家数字地球空间数据框架、数据获取的伙伴关系等方面的任务、要求和进度也作了规定。这些都有力地推动了地球空间数据共享在美国的发展。在此基础上，数字地球计划强调了多种、已有数据的集成和应用，将把 NII 的建设推向一个新的阶段。美国最高层领导为何如此不遗余力地来抓 NII 和 NSDI 的建设与发展？对此，在“为信息时代的冲突作好准备”（1998）一文中，阿尔文·托夫勒和海蒂·托夫勒道出了其真正的原因：“美国的力量既依赖单纯的军事能力，也依赖民用通信和信息基础设施。没有这种设施，美国的经济将很快陷入停滞”<sup>[10]</sup>。因此，美国最高层领导从国家发展战略的高度来抓 NII，既是美国发展 NII 和实现数据共享成功的经验，也是它们显著的特点。

### 1.2.2 法规要求，各部门必须保证数据共享的实现

在对美国一些单位，尤其是有关的数据生产和持有单位，如 CEISIN、NASA/GSFC 等进行考察的过程中，发现：在他们的工作人员思想里都有一个非常明确的概念，即根据美国法律，用纳税人的钱所获得的数据，必须无偿地提供给非赢利的其他政府部门、大学、研究机构和纳税人使用。尽管他们说不出所依据的具体法律名称或法律条文，但这种法律意识却格外清晰、深刻。因此，他们以“用户满意为荣，数据多用为好”为原则，想方设法做好自己的服务工作，其敬业精神令人十分感动。通过 Internet 上的查询，找到了一些有关数据共享和数据政策方面的文件。它们主要是美国总统令和美国总统办公厅管理预算办公室发布的一些通告：

(1) 1959 年 9 月 23 日美国总统办公厅管理预算办公室颁布了关于联邦政府服务、使用或出售政府物品或资源定价收费政策的 A-25 号通告<sup>[11]</sup>。它提出了需要收费的活动范围和类型、确定收费的依据以及团体收费实施、物品抵押等方面的指南。信息资源也包括在政府资源范畴之中。

(2) 1990 年 10 月 19 日美国总统办公厅管理预算办公室再次颁布了关于协调测量、制图和相关空间数据活动的 A-16 号通告，以替代在 1967 年 5 月 6 日颁布的版本<sup>[12]</sup>。新的通告说明了有关联邦政府机构在协调联邦范围内测量、制图和相关空间数据活动的职责。它旨在推动国家空间信息资源的发展。它们涉及到联邦、州和地方政府以及私人企业等许多方面。这种空间信息资源可以为大家共享，在数据的生产者和用户之间也能够有效地加以转换。加强协调将在政府机构和公众团体、私人企业之间建立起伙伴关系，以避免重复浪费，确保信息资源管理高效经济、满足用户的各种基本需求。

(3) 1993 年 10 月 20 日美国总统办公厅管理预算办公室颁布了关于联邦机构参与开发利用自发趋同标准及适用性评价活动的 A-119 号通告<sup>[13]</sup>。由于联邦机构参与开发利用自发趋同标准及适用性评价活动具有多方面的好处，如能降低政府在制定标准方面的开支、推动符合国家需要的标准发展、通过标准的协调增强美国企业的竞争能力等。为此，这个通告经过修改，于 1998 年 2 月 10 日再次得以颁布。其目标就是要制定与此有关且较为完善的政策。这个通告对标准，尤其是自发趋同标准的定义、联邦机构利用标准进行标准实用性评价的政

策、标准开发利用的管理、报告制度及程序以及有关机构的职责都有具体的说明。

(4) 1994年7月15日美国总统办公厅管理预算办公室正式颁布了关于联邦信息资源管理的A-130号通告<sup>[14]</sup>。通告提出了联邦信息资源管理的有关政策以及执行这些政策具体方面的程序和解指南。在通告中体现了一些重要的思想：促进对信息技术的投资，改进对公众的服务传递，减轻公众的负担，降低政府计划管理的费用；鼓励使用信息技术，把它们作为推动对联邦机构工作过程、组织结构以及和公众打交道的方式进行再评估的一种战略资源使用；在进行信息技术管理时，要时刻认识到在面对的技术、法律和运行环境里所发生的各种变化。在通告的附录中，对“联邦机构维护个人档案记录的责任”、“信息技术设施的费用计算、成本回收以及跨部门共用”、“联邦信息系统的保密”等专题有进一步的说明。

(5) 1994年4月11日美国总统克林顿签署，在白宫发布了关于协调地理数据获取和访问：国家空间数据基础设施（NSDI）的12906号总统令<sup>[1]</sup>。在总统令中，首先简要说明了国家空间数据基础设施、地球空间数据和国家地球空间数据交换中心的概念；确定了发展和协调的国家空间数据基础设施的领导机构，即联邦地理数据委员会（FGDC）的职责、组成和相互关系；接着，对国家地球空间数据交换中心、数据标准活动、国家数字地球空间数据框架、数据获取的伙伴关系等方面的任务、要求和进度作了规定；最后，还对命令的适用范围以及涉及到国防保密等事宜的处理办法作了交代。由于这个命令是在总结上述通告内容的基础上，由总统亲自签署发布的，因此它具有更大的权威性和指导意义，在执行过程中也发挥了更大的作用。

### 1.2.3 组织协调，最大限度地调动各方面积极性

美国联邦地理数据委员会（FGDC）是一个在国家层次上促进地球空间数据协调发展、使用、共享和分发的综合委员会<sup>[15,16]</sup>。它的目标明确、结构简单、机制灵活、富有成效。

#### (1) 由来

FGDC是根据美国总统办公厅管理预算办公室1990年颁布的A-16号通告“测量制图和相关空间数据活动的协调”的要求而建立的。通过12906号总统令，进一步明确和扩大了它的职责范围。目前，FGDC由农业、商业、国防、能源、住房城市发展、内政、司法、州务、交通部以及环保局、联邦紧急事务管理局、国会图书馆、国家档案和记录管理局、宇航局、国家科学基金会和田纳西流域管理局等16个内阁部级和独立联邦机构组成。内政部长Bruce Babbitt主动担任了FGDC的主席，使整个委员会的层次和作用大为提高，对各项工作的开展极为有利。美国的经验表明，任何专业部门或单位企图把自己的业务范围，与FGDC或NSDI的范围等同起来的做法，都是十分错误而有害的。

#### (2) 结构

FGDC的组织结构在图1.2-1中给出。在图的上部是联邦地理数据委员会及其下的协调工作组，图的最下部是由10人组成的秘书组，负责完成委员会各种日常工作。而在图的中部则是委员会工作的主体构成部分。它具有在诸专题分委员会和不同工作组纵横之间、相互交叉而形成的矩阵结构。纵向是由各主管部门或某适宜单位负责的专题分委员会，体现了管理预算办公室在通告中赋予某些专门联邦机构的协调职责，有利于他们积极性的发挥。目前，分委员会有基础地图、浅海测量、地籍、人文和人口、大地测量、地质、地面交通、国际边界、土壤、植被、水和湿地等分委员会，负责协调所辖专业范围内的有关数据事宜。各

分委员会面临的共同技术问题或跨越多个分委员会的事务，则由相应领域专家组成的横向工作组来处理。目前，FGDC 已成立了数据存档、数据交换中心、地球覆盖、技术设施、数据框架、采样清查和自然资源环境监测、数据标准等工作组。他们提出的各种技术方案和标准，要经过反复讨论、修改，并征得有关分委员会和协调工作组的同意，才能以 FGDC 的名义正式推出供大家使用。

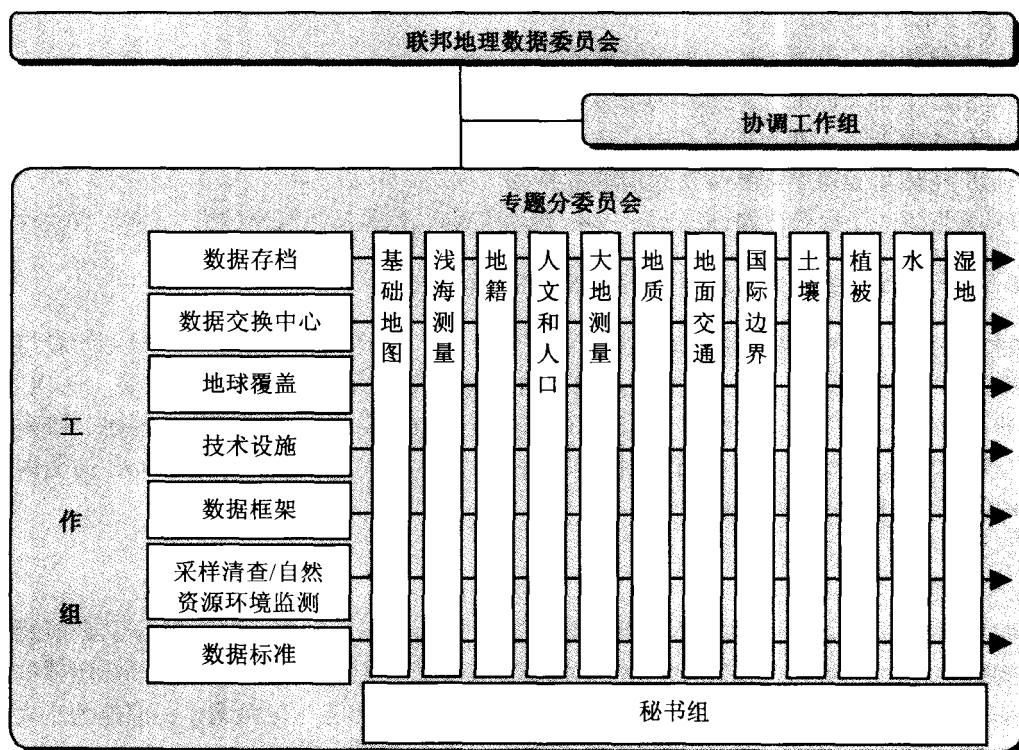


图 1.2-1 FGDC 的组织结构

### (3) 职责

根据 A-16 号通告赋予 FGDC 如下方面的具体协调职责：

- 1) 在全国范围里，推动地理空间数据分布式数据库的开发、维护和管理；
- 2) 鼓励各种数据标准和交换格式的发展与使用；
- 3) 促进有关技术的发展、转让和交换；
- 4) 与其他有关地球空间数据的联邦协调机构进行交流、协调；
- 5) 出版各种技术和管理方面的报告。

克林顿总统签署的 12906 号总统令，授权 FGDC 协调国家空间数据基础设施 (NSDI) 的有关问题。它们包括了获取、处理、存储、分发和改善地球空间数据使用，所必须的技术、政策、标准及人力资源等方面的内容，涉及到州、地方和基层政府、科研机构 and 私人企业等不同的部门和单位。这就使 FGDC 得以发挥更广泛的作用，如开发空间数据的国家交换中心、研制共享地球空间数据的各种标准、建立各种基本数据集合的国家数字地球空间数据框架、推动在非联邦机构的伙伴中签订进行合作探索及成本分摊的协议等。

#### (4) 活动

FGDC 各分委员会及工作组，为不同单位和个人走到一起，就 NSDI 的有关问题进行讨论和工作，提供了一种基本的结构与机制。近年来，FGDC 开展了如下活动：

- 1) 负责召开地球空间数据国家论坛；
- 2) 设立支持与来自州、地方政府及科研机构人员进行数据交换中心、元数据和框架开发合作协议的经费计划；
- 3) 开发和推广数字地球空间元数据的内容标准；
- 4) 发展了定义标准开发过程的参考模式；
- 5) 在元数据标准和数据交换中心方面，编写了用户培训教材，举办了多次全国研讨班；
- 6) 支持国家地球空间数据交换中心的持续发展；
- 7) 开发了一个框架计划，确定了一些框架示范项目，以检验所提出的概念、修改有关计划。

#### 1.2.4 统一标准，数据共享成为全国规范化的行动

制定各种地球空间数据标准是 FGDC 的重要任务。它们不仅要保证在数据生产者与用户之间空间数据能够共享，而且还要支持国家空间数据基础设施（NSDI）的发展。FGDC 的标准活动主要由标准工作组（SWG）负责。SWG 提出 FGDC 的标准政策、制定程序、协调其内部以及和其他标准团体，如美国国家标准研究所（ANSI）、国际标准组织（ISO）的美国技术指导组（TAG）间的合作项目。

##### (1) 空间数据标准制定

###### 1) 原则

FGDC 制定标准是在一些基本原则指导下进行的。这些原则是：标准的开发必须经过一个结构化的过程；应尽可能广泛地把已有的标准集成在一起；能得到现标准制定团体的后续支持而独立于某些专门技术之外，这样它们能随技术和机构的变化而调整；应能为广大公众所使用。

###### 2) 过程

FGDC 标准制定要经过 5 个研制和批准阶段。它们将保证这些标准能够以一种对外开放和公众舆论驱动的方式建立，有尽可能多的非联邦社团参与，和 FGDC 的其他标准衔接起来。这些阶段是：建议阶段，SWG 审议和批准由 FGDC 及其他组织提出的修改现有标准或建立新标准的各种建议；项目阶段，建立一个相应的标准研制工作组，确定标准研制的方法和时间表；草稿阶段，吸引尽可能多的有关团体参与，形成供评审用的标准草稿。先是标准的工作草稿，通过提意见、修改再形成委员会草稿；评审阶段，SWG、FGDC 协调组以及公众进行一系列内部和公开的标准评审活动。在评审意见的基础上，产生标准的不同版本以及供最后批准时用的文件；最后阶段，标准得到 FGDC 指导委员会的正式批准。

###### 3) 现状

目前，FGDC 已正式批准了 4 个地球空间数据标准，即空间数据转换标准（SDTS）、数字地球空间数据内容标准、地籍数据内容标准以及美国湿地和深水栖息物分类。

##### (2) 元数据及其标准

在国家空间数据基础设施（NSDI）中，元数据及其标准居重要地位和起特殊作用，如图 1.1-1 所示。元数据的内容构成在图 1.2-2 中给出。

## 标准组成

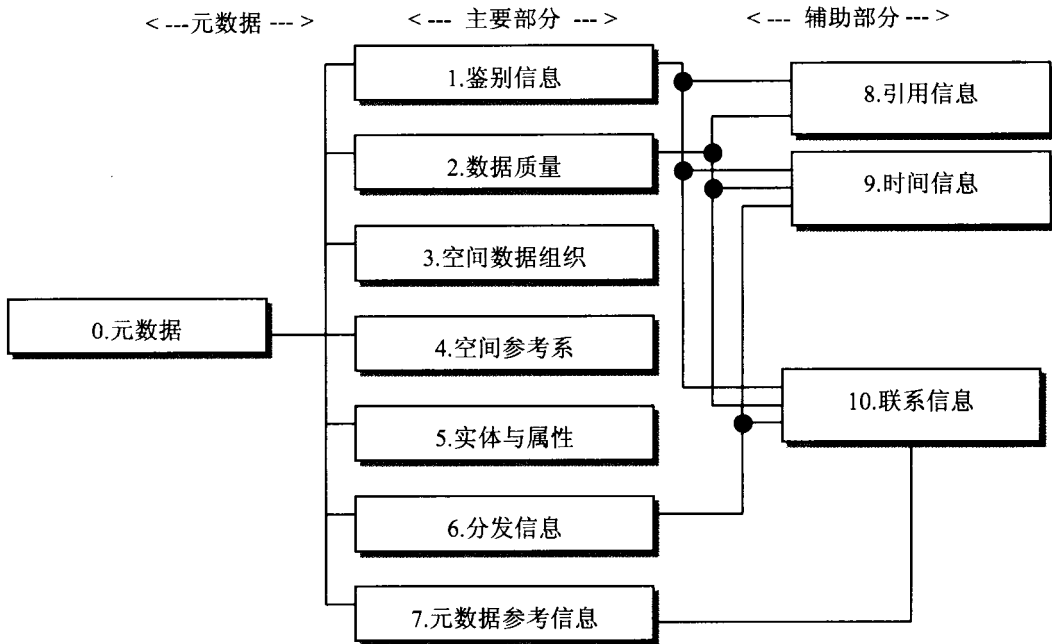


图 1.2-2 元数据的内容构成

### 1) 元数据内容

元数据作为关于数据的数据，主要包括如下说明数据的信息：数据质量信息，如定位和属性精度、数据完整性和一致性、信息来源及生产数据使用的方法；空间数据组织信息，即在数据集中表示空间数据的机制，如表示空间位置的直接方法（栅格或矢量）、间接方法（街道地址或县编码）以及在数据集中空间对象的数量；空间参考信息，说明数据集中的参考框架、编码和坐标的含义，如地图投影或网格坐标系统参数的名称、水平和垂直基准以及坐标系统的分辨率；实体和属性信息，关于数据集内容的信息，包括实体类型、属性及其取值范围等；数据分发信息，关于获得数据集的信息，包括如何与分发者联系、可用格式、如何联机或在物理介质上获取数据集以及数据价格等；元数据参考信息，关于元数据现势性以及负责定位的信息。

### 2) 元数据标准

1994年6月8日FGDC批准了数字地球空间元数据内容标准版本I（FGDC-STD-001），为元数据的有关活动提供了基本框架。1998年6月19日FGDC批准了该标准的版本2（FGDC-STD-001-1998），在版本I的基础上增加了专用子标准和用户对标准扩充的能力。FGDC的标准及其配套的软件可以从该组织的网页上免费下载。目前，它们在美国的许多数据网络服务系统中得到了很好的应用。在97-759项目研制的地球空间信息共享网络中，也部分地参考、使用了FGDC的标准和软件，并根据中国的实际情况，对它们作了适当的修改和汉化。从1996年起，国际标准组织211委员会（ISO/TC211）开始元数据标准制定方面的工作，预计1999年或更晚一些时候推出。FGDC将利用ISO的国际元数据标准草案，在1999年春初完成美国自己的专用子标准。当ISO标准正式批准后，它将取代FGDC数字地球空间

元数据内容标准版本 II。为了在美国现有标准广泛应用的情况下，能够更好地实现向国际标准转换，有大量艰巨的准备工作要做。例如，要研制将 FGDC 元数据记录转换为 ISO 记录的软件、ISO 元数据输入、查错、编辑等的软件工具，进行培训、编写培训教材等以及完成现有元数据记录的转换、新元数据记录的扩充等。

### 1.2.5 抓住关键，国家空间数据交换中心作用显著

美国联邦政府每年大约要花费 40 亿美元，来生产、管理和分发各种地球空间数据。其中，相当多的经费花费在收集现存，但无法确定其可利用程度的数据上。国家地球空间数据交换中心（National Geospatial Data Clearinghouse）就是为了寻找地球空间数据、确定其应用适宜程度以及获得或订购它们，而建立的一种经济和有效的技术手段。它实际上是分布式的、连接地球空间数据生产者、管理者和用户的一种电子网络。因此，选择国家空间数据交换中心作为具体推动美国数据共享实施和发展的关键，其效果是十分明显和巨大的。

#### (1) 活动概况

许多联邦政府机构正在开始将关于自己所拥有的空间数据的信息，放在 Internet 网上供大家使用，作为他们参加 NSDI 的一种行动。12906 号总统令要求：所有联邦机构在 1995 年 1 月以后生成的、新的地球空间数据集，都必须按照 FGDC 数字地球空间元数据的内容标准提供说明文件。该总统令要求通过数据交换中心提供这些元数据，使公众能确定有什么空间数据、知道获得这些数据的条件以及如何访问它们的方法。尽管该总统令仅适用于联邦机构，但全国众多的数据生产者和用户，包括州、地方和基层政府以及学术团体、私人企业等也都积极参与了数据交换中心的活动。

#### (2) 运作机制

迅速变化是当今信息社会的一个标志。数据交换中心要随着技术的可能而快速演进。每个数据的生产者或维护者都期待着用电子格式来说明他们所有的数据，用各种软件工具把这些说明信息（元数据）提供给 Internet。然后，各个数据交换中心网站通过 Internet 连在一起。目前，许多交换中心使用 WWW 技术，支持诸如 Mosaic 和 Netscape 之类的客户端浏览器使用。远程数据用户可以访问和阅读这些基于文本的元数据说明。在此基础上，用户可以确定数据集是否符合其应用的需要。在很多情况下，尽管交换中心没有要求，数据生产者也会提供联机直接访问数据集的功能。与元数据一起在不同服务器上存储的数据集，可以通过超文本技术加以连接和访问。如果数据集不能联机得到的话，元数据将提供帮助用户订购它们的各种信息。对数据交换中心的一个基本要求是：它必须具有通过 Internet 查找地球空间数据的能力。Z39.50 协议是当前空间数据领域研究的焦点，与远距离数据搜索密切相关。元数据可以用运行 Z39.50 协议的服务器建立索引。用户可以根据元数据的不同要素，如地理位置、建立日期、来源资料等远程搜索自己需要的数据集。浏览器软件，如 Mosaic 等，可以在能够进行图形或表格方式查询的不同服务器之间，提供自动化的转换接口（Gateways）。

#### (3) 参与方式

数据交换中心能够提供更加经济地寻找、共享和使用地球空间数据的许多信息。它们吸引了越来越多的部门、单位、团体和私人企业参与其中。参与者将和 FGDC 联络，列入其 Internet 邮寄名单 NSDI-L。在参与数据交换中心有关活动时，对数据的生产者和用户分别有不同的要求。对数据的生产者而言，要求他们学习和使用元数据标准；在 Internet 上建立提

供元数据的数据交换中心节点；将已建好的节点通知 FGDC；通过 Internet 邮寄名单 NSDI - L 参与有关数据交换中心事宜的讨论；鼓励数据生产者或卖主提供参与数据交换中心所需的各种工具。对数据的用户而言，要求他们向数据生产者反馈什么数据对他重要的信息；调研访问 Internet 的各种方法；通过 Internet 邮寄名单 NSDI - L 参与有关数据交换中心事宜的讨论；鼓励数据生产者或卖主作为其产品的一部分，向用户提供使用数据交换中心所需要的各种工具。

### 1.2.6 公众支持，多种途径实现全社会的数据共享

美国在发展 NSII 过程中，实现数据共享除了上面介绍的自上而下的政府机制及有关领导重视、法规要求、组织协调、统一标准等方面的经验而外，还有两种不同的机制，即共识机制和市场机制在起作用。

#### (1) 共识机制

在笔者访问美国科学基金会时，东道主介绍了在美国的一些学术领域里，长期以来形成的一些数据共享风气与习惯。例如，论文作者想要发表一篇论文的话，条件是你必须同时发表写论文所依据的实验数据。这样，别人不仅能重复或验证作者的研究工作成果，而且还可以利用其实验数据和成果。如果文中实验数据被别人使用得越多，那么就证明作者的工作价值就越大。这种共识和做法及其在全社会里的有效推广，必然会为全社会数据共享的实现创造一种良好的气氛和环境。

#### (2) 市场机制

通过市场机制实现数据共享是美国数据共享的重要特色。能够对外公开的各种数据作为有价商品，在发育十分成熟的美国市场里广泛流通，是一件天经地义和有利可图的事情。因此，许多私人企业或企业集团都在大力推动 NSII，特别是数据共享及其产业化发展。近年来，美国和有关国家的私人企业自愿联合，组成了 OPENGIS 集团。他们在地球空间数据工业标准制定以及互操作等技术发展方面做了大量工作。对推动美国，乃至全球数据共享作出了积极贡献。对此，美国政府是给予大力支持和鼓励的。

## 1.3 框架构建<sup>[16]</sup>

尽管在 1994 年 4 月发布的 12906 号总统令里，给 NSDI 所下的定义未将地球空间数据资源包括在内，但这并不意味着美国不重视数据、不重视解决数据方面的问题。事实上，在同一个总统令中还明确地要求 FGDC 在 9 个月之内向 OMB 提出一个计划和时间表，以便在 2000 年 1 月以前初步建立国家数字地球空间数据框架，确立一种能够不断进行数据维护的程序。这个框架将包括对全国各地、各领域的广大用户而言，都是经常使用且极为重要的地球空间数据在内。该计划至少要说明：在 1998 年 1 月以前如何完成框架中的交通、水文和政区界线数据部分，以支持在 2000 年进行的十年一度的人口普查工作<sup>[1]</sup>。由此可见，美国选择了建设“NSDI 框架”的技术途径，来解决如何提高地球空间数据开发、共享和应用效率、降低成本、避免各单位重复浪费等方面的问题，以给不同类型的机构、组织和企事业单位带来多方面的好处。美国在这方面的经验是值得借鉴的。为此，本节将主要介绍美国 NSDI 框架发展的基本思路、组成部分、合作机制、构建过程、数据调查等方面的情况。

### 1.3.1 基本思路

#### (1) 框架内涵

NSDI 框架是建立用户能够广泛可得到和使用的基础地理数据源的一种共同努力。或者说，框架是使地理数据生产者能够作出自己的贡献，以不断增长、扩大其数据供应来源，同时使参与者能够建造、集成、维护、分发和应用这种框架数据的一种综合环境。一般来说，NSDI 框架有 4 个主要方面。它们分别是 7 个最常用或最通用的数字地理数据集合；开发、集成、共享和应用这些数据的规程、技术与指南；激励数据维护与应用的运作环境以及事务保证。实际上，框架建造和应用的过程，就是数据共建共享的过程。

NSDI 框架给地理数据用户提供了大家最普遍和共同需要的数据集合以及支持这些数据开发和应用的環境。换言之，这种框架形成了 NSDI 的数据基干，代表了“你能信赖的数据”，即在一个地区里最好使用、经过共同标准认证、标准化和有说明的数据。它们为不同用户在其上添加自己的数据、编辑其他来源的数据，提供了一个统一、规范化的公共基础。

框架建设与发展的目标是通过提供一组可以使用的基础地理数据，以改进每个用户的运作方式，降低成本，促进新分析方法发展，提高决策能力。具体来说，这些目标主要是：

1) 框架应该是一个完善的数据源。它应该提供一个区域最有用的数据，即最新、最完整、最精确的数据。

2) 框架应该得到广泛应用，而且是十分有用的。用户必须能够很容易地把自己的数据集集成到框架数据上去，给框架数据提供反馈和改正意见。

3) 访问框架数据应该把费用减少到尽可能低的程度，数据的使用和分发不应该受任何限制。框架是一种公共资源。

4) 各部门与单位之间重复性的数据工作应该减少到最低限度。共同负担框架数据的开发与维护，降低单个用户生产数据的成本。

5) 框架应该建立在合作基础上。框架通过把许多参与者的努力组合在一起而建立。这些参与者一起工作，设计和开发框架，并把自己的数据贡献给框架。

#### (2) 需求状况

在美国，每年有成千上万的组织机构花费数十亿美元去生产和应用地理数据，大量资源花费在地理信息系统建设、重复其他组织数据收集的努力上。一个地区相同的地理数据集合被一次次重复收集，付出的代价相当高昂。即使如此，在很多情况下，他们仍然得不到自己解决关键问题所需要的各种信息。这种情况的出现，原因是多方面的：

1) 大多数组织需要的数据要比他们自己能够提供的数据为多。大量资金往往花费在基础地理数据上，留给数据应用与开发工作的只是很少一部分。这样，经费的使用就出现了本末倒置的情况。此外，还有些组织机构根本就没有能力自己去收集他们所需要的基础信息。

2) 许多组织机构往往需要收集和使用超出他们权限或管辖范围的有关数据。他们自己无法直接去收集这些数据。但是，其他一些组织机构却可以做到。

3) 不同组织收集到的数据，往往不能相互兼容或配准。其原因在于：生产这些覆盖相同地理区域的数据时，不同组织可能采用了不同的地理底图和制作标准所致。

不言而喻，框架的发展将极大地改善上述情况。它使地理数据的收集活动趋于单一化。一家收集的数据，大家都能共享。因为，框架提供具有通用格式的基础地理数据和一种任何

人都能使用、任何人都能做贡献的访问环境。在这种环境里，用户可以进行跨领域、跨组织的分析和运作。许多组织就可能把自己的有限资源集中用于自己最需要完成的数据应用任务上，而无须用于重复生产基础数据的各个环节与各种努力之上。

### (3) 基本概念

长期以来，指导 NSDI 框架建设与发展的基本概念或思想，一直为地理数据领域的有关组织与专家们所讨论。尽管这些概念尚未得到系统的探索与评价，但在实践中逐渐形成的一些基本概念，对 NSDI 及其框架的建设与发展，还是很有参考价值的。这些概念可以简要说明如下：

1) 大地控制、正射影像、高程、交通、水文、行政单元和地籍等 7 个框架数据集合，是有关数字地理数据的诸多组织机构最需要，且建造、使用和处理最为广泛的数据集合。

2) 框架数据的特征随地理区域而变化。各组织与社团以满足自己的需要为目标，来设计其框架数据的内容和要求。因此，框架的发展在全国是不会完全相同或统一的，尤其是在框架发展的初期阶段尤为如此。

3) 框架随时间的演进而发展和变化。框架的建设与发展不可能通过一个大项目一次就能完成。当各有关组织机构对框架出现需要的时候，框架数据为满足这些需要就会得到发展。因此，框架的发展是分块进行的，只有经过多年之后才能全部完成。这些分块的框架数据将逐步拼接在一起。

4) 框架的发展是不同组织机构相互合作的一种共同努力。它涉及到许多不同类型的组织机构，并通过不同的协调模式，主要以网络安排模式把大家联系在一起开展工作。

5) 当激励机制使数据共享最大化，而对各种数据活动的限制降到最低的时候，框架发展的目标，即促进地理数据的生产与应用、降低各种数据作业的成本和改善数据服务与决策等目标，才能得到最大的满足。

### (4) 实际效益

地理数据的自动化、共享和增益给人们提供了如图 1.3-1 所示的一个效益扩大连续体系 (continuum of benefits)：使用一个 GIS 可以提供许多效益，共享地理数据又可以增添一些附加效益，参与框架建设与发展可以再增加更多的效益。也就是说，参与层次的每次提升都会带来一组降低成本、改进操作和推进决策的新机会。

#### 1) GIS 的效益

GIS 使地理数据的处理由手工进入自动化阶段，极大地提高了完成许多任务，如地图编制、数据访问、数据操作与分析的效率，工具和作业规程也得到显著的改进。数据对一些组织而言，是一种生命攸关的资源。GIS 可以管理地理数据，保护获取数据的投资，通过认证、交叉检查、连接等措施改善数据的质量。其中，一个最大的好处是减少数据收集的重复劳动，维护数据所付出的代价。数据只要一次收集和部分人维护，就能提供给许多人使用而不必重复做同样的工作。这样就使一个单位能够用较少资源做更多工作，降低成本，提供更好服务，提高决策的能力。

#### 2) 数据共享的效益

GIS 的效益通过在各组织之间的数据共享而显著提高。许多机构建立和使用 GIS 需要大量现势和准确的数据。当他们和其他单位分担数据收集与维护的支出，无疑会大大节省时间、金钱和多方面的努力。地理底图的变换需要花费几百万美元，但是它们通过伙伴关系获

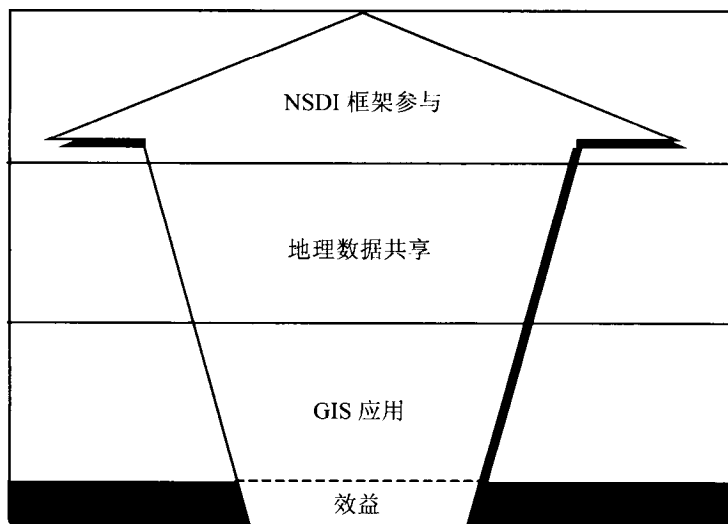


图 1.3-1 地理数据应用的效益扩大连续体系

取，一个组织的单独花费就会降到总花费的一部分。伙伴越多，花费节省越多，工作效率就越高。数据转换的费用很高，以致单个组织很难承受得起。费用的分担使原来单独无法做的一些工作和任务，现在可以开展了。与此同时，数据共享使数据的质量也得到了改善。因为，在这种情况下，发现和改正数据中错误的人多了。

### 3) 框架参与的效益

参与者可以利用框架给广大用户提供的基础数据、位置控制、标准、指南以及地理数据用户的通信网络等条件，获得自己所需要的数据、贡献和注册自己产生的数据，建立和使用各种 GIS 事实上，随着参与框架的组织越多，能够共享的数据就越多，在资源和操作上的节省也就越多。框架参与给参与者带来的具体效益如下：

通过共享数据生产费用、减少重复劳动而节省资金；

利用现有的数据和数据开发标准使应用任务的完成更快、更容易；

为决策提供更多、更好的数据；

利用框架数据标准、标准化的数据、指南和工具，能够节省许多不同类型的开发工作及其相应的工作量；

通过使用共同的格式和访问方法，利用其他人生产的数据更快；

⑥解决了由数据矛盾引起的许多问题；

⑦重新安排与数据重复生产、维护有关的资源，用到主要的业务活动上去；

⑧进行跨管辖区域的分析、决策及运作；

⑨通过框架直接访问数据，减少来自数据要求的各种负担；

⑩吸引需要数据的客户在框架登记注册，扩大框架范围；

⑪利用框架参与的认可和信用，增加市场潜力与小额的资助；

⑫给厂商提供用户所需技术的特征与方向等。

### (5) 成功标志

地球空间信息领域的不同组织有着不同的需求，框架必须满足它们的利益和需求才算成

功。然而，具体衡量框架是否成功，则需要从以下方面考量：

- 1) 标准；
- 2) 对参与的激励；
- 3) 元数据；
- 4) 数据质量与可靠性；
- 5) 数据集成；
- 6) 数据可访问程度；
- 7) 参与者之间的合作与协调；
- 8) 数据和框架管理；
- 9) 软件工具；
- 10) 技术缺陷的解决。

### 1.3.2 组成部分

NSDI 框架有 4 个组成部分：信息内容、技术支持、运作环境和事务保证。信息内容是框架里的数据要素，由 7 个公用地理数据集合组成。技术支持涉及到框架建设与运作所需要的各种技术规定，包括空间数据模型、永久特征鉴别码、多分辨率与规范化、坐标参照系、跨空间的一致性、专题之间的一致性、历史数据和元数据等。运作环境包括框架的层次、数据的集成、框架数据的位置等。事务保证是确保框架数据应用所需要的各种条件，包括数据收费、数据访问、数据限制信息、保存格式、遵从标准和数据认证。

#### (1) 信息内容

框架包括大多数组织经常、共同使用的地理数据集合。它们是大地控制、正射影像、高程、交通、水文、行政单元和地籍数据集合。在这些集合里的数据也是最常生产的数据。在许多地区，它们或许已是产品，或许就是计划要生产的产品。很多与 GIS 有关的组织已经在建造潜在的框架数据，以此作为他们发展 GIS 努力的一个组成部分。尽管框架数据作为解决许多问题、进行各种操作的基础，通常它们并不能提供完成这些应用任务所需要的全部或所有数据。事实上，建造框架的本意也非如此。一般而言，框架数据要由用户的专门数据加以补充，包括属性和图形数据两个方面，才能完成一定的应用任务。框架数据只是提供了用户能够把自己的数据加载到其上的一个基础，或用户能把其数据置入的一个框架。因此，框架数据致力于提供有共同格式、能访问的基础地理数据，以使用户组织能够集中精力在自己的数据应用和其他活动上。这种使用最多、每个人都能共享、按照一种公用标准维护的框架数据，可称为核心数据。而由用户添加和应用，不需要广泛地共享，不必拘泥于共同标准的数据，可以称为应用数据。下面，笔者将分别简要地介绍最使用的 7 个框架数据集合。

#### 1) 大地控制

大地控制为建立所有地理数据的坐标位置提供了一个共同的参照系统，为把所有地理特征连接到全国统一的水平与垂直坐标系里去，提供了一种强有力的技术手段。大地控制数据主要是大地控制站点的信息。这些山头点具有精确的水平和垂直位置，用来作为确定其他点位置的基准。它们的具体内容包括大地控制站点及其相关信息，即名称、特征鉴别码、经纬度、海拔高度、椭球体高度和每个站的元数据。每个大地控制站点的元数据包括其说明数据、位置精度、状况以及其他有关特征。大地控制数据在开发框架数据与用户的应用数据过

程中起关键作用，因为它们提供了把所有其他空间数据配准在一起的空间参考源。此外，大地控制信息可以用来规划测量任务，评价数据质量，安排数据收集与转换计划，将新地区的数据加到已有的数据层上去。

## 2) 正射影像

正射影像提供了一种经过位置改正的地球影像。这是一种消除了航空相片或其他遥感影像上由于遥感器定向及地形高差引起像移或畸变之后得到的地球参考影像。它们和地图具有相同的几何特性，影像上有同一的比例尺。数字正射影像则由一个地球参考像元矩阵，即以地面反射率编码作为其离散数字数值的像元矩阵组成。许多地理特征，包括部分属于框架范畴的特征，都可以从这种影像上判读出来，并加以编辑处理。这种影像还可以作为许多应用结果的参考背景使用。在框架中可以包括分辨率不足 1m 到几十米的影像。精确定位、高分辨率的数据对框架数据的编辑、满足地方的数据需求特别有用。对一些地区而言，较低分辨率的影像也足以支持框架建造和应用。

## 3) 高程数据

高程数据提供了关于地形的信息。高程涉及到在基准面以上或以下的空间参考垂直位置。框架包括陆地地面以上的高程和水面以下的深度。对陆地而言，高程值按 2 弧秒（在北纬 40°，大约为 47.4m）或更小的间距采集，在地形较平坦的地区，1/2 弧秒（在北纬 40°，大约为 11.8m）或更小的间距是合理的。在深度方面，框架由测深和网格水底模型组成。水深是相对于一个指定垂直参考面确定的。该参考面通常由潮汐观测导出。未来，这种垂直参考面可以在地球体或椭球体的一个全球模型基础上确定。

## 4) 交通数据

许多应用任务的完成，都需要用到交通信息。因此，在框架数据中，其交通数据集合包括交通网和设施等最通用的特征：

道路：中心线、特征鉴别码（使用可利用的线参考系统）、功能分类、名称（包括路编号）和街道门牌号码范围。

小道：中心线、特征鉴别码（使用可利用的线参考系统）、名称、类型。

铁路：中心线、特征鉴别码（使用可利用的线参考系统）、类型。

水路：中心线、特征鉴别码（使用可利用的线参考系统）、名称。

⑤机场和港口：特征鉴别码、名称。

⑥桥梁与隧道：特征鉴别码、名称。

## 5) 水文数据

框架水文数据包括地表水特征，如湖泊、水塘、小溪、河流、运河、海洋和岸线。每个特征有其属性名称和特征鉴别码。不少联邦和州机构采用美国环保局开发的 Reach 方案对特征进行编码。很多水文数据的用户在数据中需要完整的关于水网连接以及流向方面的信息。为此，相应的数据也应该包括在框架里。岸线是水陆之间的交界线。它们通常是解析地确定海岸潮汐阶段和河湖水位的参照物。往往在框架里应该有几条岸线的数据，作为不同水情，如“中高水位”和“平均低水位以下”等的参照物。之所以如此，是因为用户的要求不同。这就使得问题复杂化，不同岸线之间的非线性关系，使它们的解析确定更不容易。

## 6) 行政单元数据

框架包括各级政府管辖的地理区域单元。这些单元有：

国家；  
州和从统计上看等效的区域；  
县和从统计上看等效的区域；  
飞地（incorporated places）和联合城市（consolidated cities）；  
功能和法定少数民族群民政区（minor civil divisions）；

- ⑥联邦或州认可的美国印第安人保护区及托管地；
- ⑦阿拉斯加原著区域自治区（Alaska Native Regional Corporations）。

每个特征的属性包括名称、联邦信息处理标准（FIPS）的编码。特征界线信息还包括一些与界线有关的其他特征（如道路、铁路和河流等）以及关连性（如一致、偏离或走廊）说明的信息。

### 7) 地籍数据

地籍数据给出过去、现在和将来房地产产权及利益所覆盖的地理范围方面的信息。此外，下述两方面的地籍信息也要包括在框架里，即：

①地籍参考系统，如公共土地测量系统（Public Land Survey System, PLSS）以及非 PLSS 覆盖区（例如俄亥俄州的 Connecticut 西部保留地）的类似系统。

公共管理地区，如军事保护区、国家森林公园和州立公园等。

地籍特征包括测量角、测量界线和街区。这些特征的每个实例都有名称（或其他通用鉴别符号）和关于数据质量的信息，还有永久性的特征鉴别码。地籍信息是许多分析、决策和实际应用，如选址、土地利用管理和交通规划等的基础。参考系统可以用来使地方生产的信息配准之后纳入框架。公有土地信息可以为土地管理者及对土地感兴趣者服务。这些土地可以通过框架提供给用户有关它们的位置、边界、范围以及它们和其他地理特征、现象的关系等方面的信息。街区在许多公共和私人活动中起重要的作用。它的信息往往是许多应用任务必备的基本信息。因此，框架提供不同详细程度的地籍数据是有益的。但是，确定所需信息的详细程度，则要取决于数据的可得性以及用户的需求。框架提供了把现有街区数据纳入更大地籍网络里去的一种可能途径与技术手段。

### (2) 技术支持

框架技术支持部分的设计，要使人们既易于贡献自己的数据，又易于共享和应用框架里的数据。用户可以参与框架的更新而不会影响到他们自己的数据。在维护已有属性和相应的图形数据完整性的时候，它们和框架数据的连接仍将维持不变。框架的空间数据模型及其支持技术特征的设计，使得对已有数据的更新不会危及现有投资的成果，且能把属性信息添加到空间数据上去。为此，鉴别独立特征、给这些特征赋予惟一的鉴别标志是通用和正在研制之中的一种方法。框架技术支持部分涉及到空间数据模型、永久特征鉴别编码、多分辨率与规范化、坐标参考系统、跨空间连续性或数据无缝连接、数据集合之间的一致性以及历史数据与元数据等问题，都需要妥善解决。

### (3) 运作环境

框架的运作环境涉及到其可访问性和使用的难易程度。框架提供以下运作特点：

框架支持事务性的更新。数据生产者只提供数据有变化的文件，用户只需要处理数据有变化的部分。这种方法减轻了各种变化对用户现有运作环境的影响。

通过信息网络和数字媒体，框架管理要保证用户能对一个框架数据正式版本（目前和