

地球信息科学及其应用

地球信息科学及其应用

陈 述 彭

中国科学院遥感应用研究所

中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室

一九九七年四月

地球信息科学及其应用

陈 述 彭

中国科学院遥感应用研究所
中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室

一九九七年四月

地球信息科学及其应用

陈 述 彭*

一、社会信息化的挑战

21 世纪，人类将进入信息社会。地球上的时间和空间尺度明显地缩小了。信息网络，深入到千家万户，改变着人们的生产、生活和交往的方式。知己知彼，百战不殆，“知”的现代化涵义就是信息。掌握信息资源，国家将更加富有，失去信息这一战略技术的主动权，就难以控制和调度人流、物流和能流；甚至陷入被动挨打的局面。

如果说：冷战时期的威慑力量曾经是 A 、 B 、 C ，即原子的 (Atomic-)，生物的 (Biological-)、和化学的 (Chemical-) 武器；那么冷战后的今天，可能是 D 、 E ，即数据的 (Digital-)、和电子的 (Electronic-) 武器。

邓小平同志指出：“如果 60 年代以来中国没有原子弹、氢弹，没有发射卫星，中国就不能叫有重要影响的大国，就没有现在这样的国

* 中国科学院院士，国际欧亚科学院院士，第三世界科学院院士。国务院环境委员会顾问，中国遥感中心顾问，中国航天工业总公司高级顾问，中国科学院遥感应用研究所名誉所长，资源与环境信息系统国家重点实验室学术委员会主任。

际地位。这些东西反映一个民族的能力，也是一个民族，一个国家兴旺发达的标志。”

上月访华美国副总统戈尔，继承他父辈的遗志，倡导建立全球信息网络，俗称信息高速公路。以国际互连网络(Internet)为刍型，作为美国经济复苏的一项重大措施，也是替代星球大战的全球新战略。法国总统希拉克，仿效美国总统克林顿，在中学普及电脑，号召开展电脑扫盲，他希望在任的 2002 年以前，所有的中学与国际互连网络连接，以改变法国当前 18—25 岁年轻人失业率高达 25% 的状态。希拉克强调：“一个国家只有使年轻人变得完善，才能成为伟大的国家。”新加坡计划在 2000 年之前，建成为信息化的现代国家，让光纤数字通信进入千家万户，并以通信卫星沟通世界。叶利钦总统的专机上，通信设备总重达 11 吨，可保障与世界任何地方通讯。新型的汽车上自动化的办公室，装备有电脑、电传等电子通讯设备，以弥补塞车造成的时间延误。

信息网络建设由两个主要部分组成：一是基础设施 (Infrastructure)，包括卫星通信、光缆数字通信和视频信息网络等信息传输设施。我国已经在铺设光缆干线、发射通信卫星等方面，取得了举世瞩目的高速进展；另一部分是信息资源 (Info-structure)，我国近年已开展“金桥”、“金税”等 10 大信息工程，并在《中国 21 世纪议程》中提出了 42 项优先建设的信息系统计划，为迎接 21 世纪信息社会的挑战，及时作出了快速反应和认真准备。前者好比是高速公路，后者好比是组织运输货源的集装箱，相辅相成，缺一不可。

地球信息资源是构成社会、经济信息流的重要组成部分，涉及有关人口、资源与环境的各种数据库的建设、更新、管理和应用。特别是与水、土、海洋、生物、矿产资源，以及与环境污染、自然保护、灾害防治等有关的动态监测、分析、模拟与预测，不仅是为综合国力评估和社会经济可持续发展能力建设，提供信息服务与决策支持系统，同时也是国防现代化建设不可缺少的高新技术系统。

地球信息科学(Geo-informatics)是以地球为舞台，以研究人/地关系为主题的新兴交叉科学领域之一。20世纪以来，随着航空、航天和电脑技术的日新月异，逐步形成了以卫星应用、遥感技术、地理信息系统、电脑辅助设计与制图、互联信息网络为主体的高速、全数字化集成的科学体系。它们各自蓬勃发展而又相互渗透，相互嫁接，形成能对人流、物流、能流进行时/空分析与宏观调控的战略技术系统。

今天，只着重对其中卫星应用、遥感技术和地理信息系统三个部分，就其国际动向、应用前景和我国对策，汇报一些粗浅的理解和想法。

二、卫星应用

江泽民主席指出：“科学技术的发展，使人类实现了遨游太空的梦想，获得了认识自然、认识宇宙的新基点和新条件。这是人类文明史上的又一次飞跃。”

“航天技术的飞速进步及其广泛应用，对解决信息、生态、环境、资源以及其他经济和社会发展方面的问题，已经并将继续发挥积极作用。”

李鹏总理指出：发展应用卫星与卫星应用，应是我国当前发展空间科学技术的重点。这是符合世界潮流和我国国情的英明决策。美国由于发射陆地卫星(Landsat-5)和气象卫星(NOAA-7)以及航天飞机的连续失败，引起了议会的责难。国家航天航空局(NASA)的经费预算一再削减，进行重大的计划调整。例如位于密西西比州的约翰·斯梯尔航天实验中心，原有16个研究所被裁减兼并为6个。Landsat-7号的后续计划被撤销。但其全球战略的思想并未中止，而是花样翻新，更加隐讳。NASA投资20亿美元资助地球系统科学的研究计划，以各种形式通过国际组织推行全球变化研究计划，组织全球对地观测计划(EOS)。1996年末统计，全球遥感卫星地面接收站共达30个。其中东南亚布局格外密集，占全球总数的一半，地面复盖重复率达250%以上。司马昭之心，昭然若揭！在海湾战争中，美国曾利用30多颗卫星收集地球观测数据，其中临战补充发射的军事侦察卫星只有3颗。显而易见，美国的全球战略思想和全球监测计划，实质上深深渗透于地球观测计划、地球系统科学、全球变化与各种太空计划的国际合作活动之中。决不可掉以轻心，等闲视之。

在世界趋向区域分化与重新组合的新形势下，西欧国家组成欧洲空间局(ESA)，发射了地球资源卫星(ERS-I, II)，公开提供雷达图

像。法国发射资源卫星 (SPOT-1 ~ 5)，并制订了系列发射计划。SPOT-4，5 已在研制中。所提供的阵列扫描 (CCD) 图像，地面分辨率达 10 米，并能以前后推扫描或侧扫描方式，构成三维地形数字模型 (DEM)。其多光谱图像的分辨率也略高于美国陆地卫星，达 20 米。包括北京在内，SPOT 卫星已在全球建成 18 个地面接收站，成为欧洲、非洲国家和其他地区又一遥感卫星信息源。与美国航天航空局，日本国家宇宙事业开发团 (NASDA) 形成鼎足三分的形势。

亚太地区空间势力的角逐并不太平！卫星应用形势也日益严峻。日本先后连续成功地发射了包括日本海洋观测卫星 (MOS)、日本地球资源卫星 (JERS-1) 和改进型对地观测卫星 (ADEOS-1) 三颗卫星，并提供相当可观的国际合作资金，扩充发放数据信息的服务系统，独力举办了 4 次亚太地区空间组织论坛，资助泰国、印度尼西亚建立地面接收站，竭力扩大其在亚太地区的影响；俄罗斯，印度和以色列，先后发射了资源遥感卫星。迄今亚洲已有 5 个国家具有提供卫星信息数据的能力。但大都尚未成为信息商品，更不转让其他国家直接接收。日本 ADEOS-1 号卫星上的 8 种遥感仪器，个别来自美国和法国。美、法不让日本提供给其他国家。它的国际合作应用项目，也受美国控制。1996 年以前，优先安排在夏威夷和阿拉斯加，对亚太地区并未完全开放。环顾亚太周边国家—俄罗斯、印度、日本、以色列、美国和加拿大的遥感卫星，都能飞越我国太空，昼夜获取图像数据。台湾新竹的遥感地面接收站，也能接收法国 SPOT 卫星，并准备接收印度卫星的图像数据，覆盖大陆国土 50%—80% 的面积。

当然，以子之矛，攻子之盾。北京遥感卫星地面站目前已能接收美国陆地卫星、加拿大雷达卫星、法国 SPOT 卫星、日本 JERS-1 等多种国际卫星的图像数据，洋为中用，暂时填补了我国目前长寿命遥感卫星图像数据不足的缺陷。为国民经济建设提供了宏观遥感图像数据，在抗旱防洪、森林保育、水土保持、城乡规划、矿产勘测、环境保护等多方面作了巨大的贡献。但居安思危，还是应该争取早日摆脱对外国卫星信息资源的依赖，独立自主，发射我国自己的系列遥感卫星，及时为资源、环境、海洋、气象、农业的科学规划、决策与管理，提供图像数据，自立于世界民族之林。在空间卫星应用领域，占领应有的一席之地。

世纪之交，应用卫星的前沿热点之一，则是小型卫星群的开发与应用。小型对地观测卫星成本低、效率高，大都是简便、快速的新型专业卫星。以色列优先发射高分辨率的资源卫星，韩国准备投资 60 亿美元，以发展小型遥感、通信卫星为起点。南非、泰国、智利和巴基斯坦也跃跃欲试。美国正准备发射地面分辨率高达 1-5 米的小型遥感卫星。英国萨里大学为葡萄牙设计的小型重力梯度观测卫星，重 50kg，载有二台 CCD 相机，地面分辨率 2km ~ 200m，GPS 精度 130m，还有太阳能传感器，红外地平仪和三轴磁强计，测量精度为 1° ，三轴姿态控制，对地指向为 $\pm 2^\circ$ 。由 66 颗低轨卫星组成的“铱” (Iridium) 卫星星座，也将成为小型通信卫星群的杰作：每颗重约 500kg。第一批 3 颗，第二、三批各 5 颗，将在美国范登堡空军基地由德尔他 2 号火箭发射；第四批 12 颗将于 1998 年底由俄罗斯拜科努

尔基地用联盟-U 火箭发射。我国“长征”火箭也将参加“铱”卫星的发射。

欧洲航天局(ESA)计划于1999年发射 Proba(Project for on Board Autonomy)小卫星,用于对星上资源管理、数据管理、卫星运行与控制以及科学数据分配等自主技术,包括实现这些功能的硬件和软件,进行检验和验证。它的另一项任务是空间环境研究和地球观测。卫星携带一台用于测量太空辐射德图制造的标准辐射环境监测仪(SREM);一台碎片在轨评价仪(DEBIS)。Proba 卫星重 95kg,有效载荷 5kg,将在 1200km 高度运行,倾角 83° ,非太阳同步轨道。可见对于保障航天技术的成功率,小型卫星也可作为未雨绸缪的先行实验工具。

组建小型遥感卫星星座,又是缩短重复观测周期的技术途径。例如意大利提出的“地中海周边地区小卫星星座(COSMO),包括 3 颗光学遥感卫星,均匀分布在 500km 高空的近中午太阳同步轨道上,5 天覆盖全球,区域重访时间每天一次。全色相机地面分辨率 2 米,像幅宽 12km;还有 4 颗合成孔径雷达卫星,均匀分布于 480km 晨昏太阳同步轨道,4 天覆盖全球,区域重访时间每天 2 次。合成孔径雷达为 X 波段,分辨率 3-10 米,像幅宽 40-90km。还有另一种缩短重复周期的途径,是改变遥感器观测角度,如美国的“晨鸟”、“快鸟”轨道观测一号小型卫星,相机能在前后左右 $\pm 30^\circ \sim \pm 45^\circ$ 转动,使重访周期缩短到 2-3 天。“快鸟”卫星同时采用 52.5° 低倾角倾斜轨道,可使纬度 35° 左右地区的重复观测时间为 1 天。美国监测热带生态

环境和传染病的医学卫星(MEDSAT)选择 21° 小倾角轨道，每天观测早、中、晚的生态变化。美日合作的热带降雨卫星(TRMM-Tropical Rainfall Measuring Mission)，轨道高 350 km，倾角 35° ，不仅是针对热带和亚热带群发、频发的自然灾害，同时也可关注局部战争的多发地区。

综上所述，小卫星应用于对地观测，可以专业化，机动灵活，易于适应对地面分辨率、覆盖面积、重复观测周期等不同的技术指标要求，易于联网；同时研制小型卫星，转产周期较短、见效快。一般成本仅有常规卫星的 $1/10$ ，研制周期可缩短 2-3 年；辅助设备要求低，直径 1-2 米的真空实验室， 30m^2 的超净室，2 吨的震动台，即可满足；如果搭载长征四号，或一箭多星发射，则环境模拟试验、总装车间、发射场地都比较简易。为此，早在 1992 年，陈芳允院士等就提出了发展我国小型卫星群的设想：以风云气象卫星为前导，采用轻型材料和 CCD 面阵可见光、近红外相机，可以大幅度缩短重复观测周期，适应灾害监测评估，海洋观测及军事预警的部分急需，并作为后续大型雷达卫星和资源、环境卫星的补充。例如，采用双模态方案，7 颗卫星网，轨道高 772 公里，太阳同步，安装 0.5-0.9 微米光谱段的 CCD 面阵相机，象元 $8\text{k} \times 8\text{k}$ ，幅宽 $400 \times 400\text{km}$ ，则观测频度每天 2 次，地面分辨率 20 ~ 50 米，三次组合就可以覆盖全国。小型卫星群特有的快速反应能力和它在遥感、通信和军事领域等多方面的专业优势，就不言而喻了。正如江泽民主席所指出：“航天技术和空间资源开发利用的进一步发展，必将使人们对地球的认识和对宇宙的认识，升华

到一个崭新的阶段。”

三、遥感技术

遥感技术起源于军事应用。早在二次大战期间，为诺曼底登陆，设计假彩色红外(False Infrared Color)摄影，用于对海岸带、滩涂和浅水地形侦察。可以作为遥感的序幕。70年代来，根据我国国情、国力，制订“六五”遥感规划，决定两条腿走路：一面引进美国陆地卫星 MSS 和气象卫星 NOAA-AVHRR 等卫星遥感图像数据；同时另一方面自力更生，设计研制 14 种航空遥感仪器，包括可见光及近红外多光谱扫描仪、微波辐射、散射计和合成孔径侧视雷达。殊途同归，建立起我国对地立体观测技术系统，从而获得了多源的航空遥感图像和数据。并通过军民合作进行的 10 余次航空遥感实验，广泛地开拓了遥感应用新领域，有力地打破了发达国家对我国的遥感技术垄断，也为发射风云、资源和海洋遥感卫星的检验校正和地面系统建设，提供了前期技术准备。

“七五”期间，组织了在黄土高原水土保持、江河洪涝灾害预警、三北防护林监测以及土地、森林、矿产资源勘探等多方面的示范工程。现在遥感技术应用已组建了近 140 多个法人单位，广泛应用于 90 多个城市的规划与管理。“八五”期间，着重集成若干技术系统，包括灾害监测快速反应评估系统，森林、草场、资源调查系统，主要农作物估产系统，城市规划与管理系统等；同时也加强了遥感信息机理研

研究和尖端技术的攻关，把我国航空遥感技术推进到国际先进行列。成功地进入国际市场，超额完成了在亚马逊河热带雨林的招标合同，出色完成在澳大利亚北部荒漠勘探黄金矿、监测城市热能损耗，即其一例。

我国航空遥感技术的进步，体现在近年来若干高技术的突破：例如高光谱成像技术，国产高光谱扫描仪的实验装置已由 71 波段再细分为 128 波段，其中 36 波段已进入实用型号研制阶段。应用于岩石蚀变的识别、烃类微渗漏和放射性探测获得初步成功；导数图像处理技术在湿地植被分类方面的成果，预示着对水稻及滩涂、沼泽资源开发利用的潜力。日本为此邀请中国合作，进行鄱阳湖和琵琶湖的对比实验，开展 ADEOS 卫星图像分析的示范研究。

又如多波段、多极化的合成孔径侧视雷达成像技术，国产的 3 波段，4 极化航空遥感实验装置，成功地获得了凌晨暴雨天气下的 14 种土地利用分类地图；发现风沙漠埋下的隋、唐古长城，能识别陨石坑、古河道、古火山结构和隐伏地层或构造；成功地利用相干雷达拟构三维数字地形模型 (DEM)，能向防汛指挥部快速传输洪涝淹没范围的雷达图像。为此与加拿大积极合作，在广东肇庆等地开展 SIR-C/X-SAR 的卫星与航空遥感联合实验，接受邀请参加 Radarsat 的应用研究。

再如超低空的、无人驾驶的微型航空遥感系统 (MAPRSS) 的设计实验，显著提高了姿态三轴控制的精度。全球定位系统与多光谱扫描仪 (CCD) 在刚性平台上的组合，实现了几何纠正不再仰赖地面控制、同

步获取三维遥感图像数据的新概念。他们的原理样机，显示出在海岸带环境变迁、城市化与荒漠化动态监测中的技术优势和应用潜力。为我国开展超低空无人驾驶遥感技术系统，打开了一个突破口。

通过航空与卫星、地面对地观测的综合实验与对比分析，在遥感信息传输与成像机理这一应用基础领域，近年获取了举世瞩目的理论成果。例如机载多角度遥感图像(POLDER)、二向性反射分布(BRDF)在植被覆盖度、植被结构参数方面的应用；太阳耀斑作为波浪分析有效信息而又干扰海洋水色卫星观测时间；利用微波测高数据反演海平面高程；通过小波及分形分维研究波浪……等应用基础研究理论成果，将使我国新一代的航空、航天遥感技术；从概念设计上别树一帜，形成中国特色。

无论从民用或军用的需求来看，我国亟须建立新一代的航空遥感技术集成系统，实现全数字化集成的快速规模生产流程。每年覆盖国土面积60%以上，即每年提供一次全国耕地、草场、森林面积的图件和数据；对重大突发事件或自然灾害具备实时监测与评估的能力。采用空一地定位，生成DEM与地学编码图像，能在一次飞行中获取多种空间分辨率多光谱或微波图像数据，依托地理信息系统的支持，形成自校、互校和多元、多维复合分析能力，提高效率、缩短工期，实时作大比例尺土地详查与评估；满足城市规划、管理及地质矿产填图以及农业物估产、草场、森林资源调查等的精度要求，在技术上是可行的。可以设想：利用图-154类型的喷气飞机，航高10,000米，巡航速度800-900km/h，续航能力大于7小时，具备全天候导航设备和刚

性平台等集成技术，装备精度 1 米的全球定位系统、激光测高仪和三行线阵的 CCD 扫描相机，15000 元线阵为一维、宽视场角 90° ，在 10,000 米航高时覆盖地面宽 20km，空间分辨率可达 1.0—1.5 米。必要时可切换 30-40 波段的高光谱成像仪(模块)，瞬时视角 1 毫弧，地面分辨率仍可达到 10 米；或切换全色面阵 CCD 数字摄影相机(4096 × 4096)，作为画幅式数字相机，可以获取常规航测的立体摄影测量数据；还有可能在同一架飞机上安装合成孔径成像雷达(SAR)或干涉雷达系统，以适应我国南方多雨、多云气候。

美国、加拿大、俄罗斯、德国和日本均有国家级的航空遥感系统。美国国家航天局的 ER-2 超高空飞机(升限 23,000 米)、C-130，DC-8 除执行国家航天局的实验任务外，同时还承担商业遥感任务。俄罗斯以图-134 型飞机作平台。我国现有双水獭遥感实验飞机二架，航高 10,000 米，巡航速度 800km/h，续航时间 5 小时，初期可以作为各种单项遥感技术系统集成实验平台。

总之，经过 3 个五年计划的资金投入和技术攻关，我国航空遥感技术在国际上已占有一席之地，成像光谱与雷达成像技术已跻身国际前列。机—星—地数据传输系统已在实际中应用。在此基础上，独立自主，建立国家级航空遥感集成技术系统，是大有可为的，也是切实可行的。

四、地理信息系统

地理信息系统好像是个“水库”，对社会信息起着缓冲、调节和净化的作用。或者说，它象是信息高速公路上的“保税区”、“集装箱”，高速铁路上的“驼峰编组站”。它能兼蓄并容来自多方面的信息资源，按地理空间(Geo-spatial)坐标体系进行数据管理、查询和检索；通过地学分析、模拟和预报等软件系统进行科学深加工，然后输送到信息网络与各种媒体中去，为现代化的科学规划、管理与决策，提供多层次的、多功能的信息服务。

我国目前已建成各种数据库和信息系统近 2000 个，其中绝大部分是以社会、经济统计为主体的，包括全国人口、农业、工业和第三产业的普查资料和数据，其中具有明显区域数据结构特征的约 200 多种。除国土基础地理信息系统之外，还有土地、森林、农业、水利、气象、海洋、矿产、城市、灾害等专业部门的信息系统或数据库。在《中国 21 世纪议程》中，列为优先建设项目的就有 42 项。广泛地为国家或地区的资源合理利用、物流、能流调控、工程规划设计、工农业环境适应性评价……等可持续发展能力建设，提供决策的科学依据。

城市是经济、文化、政治活动的中心，也是最重要的军事目标。城市地理信息系统发展最为迅速。我国大约已有 30 多个大中城市建立了城市地理信息系统，而以东南沿海较多。即将回归的香港耗资 2700 万美元，由美国公司夺标，建成了以 1：500 地籍图为基础的数据库，应用于地籍管理时可以查明各层楼房房间的住户；应用于规划基础设施时，可以计算过街天桥、高架公路、地铁以及滑坡、填海工

程所重叠占用的海域和地面投影空间；应用于交通管理时，可以根据全球定位系统的报警，追查到被盗汽车所在的位置。美国首都华盛顿拥有 34 个分系统，分别管理各种基础设施的运行状况，包括道路、通信设施及地下管网状况，每天向市民发布可能阻车的地段，和路面施工的预报以及交通事故。巴格达曾由美国建成 1:1 万地籍图为基础的城市地理信息系统，海湾战争期间，美国的巡航导弹从航空母舰上起飞，进入巴格达市区之后，立即按图索骥，命中轰炸目标。1979 年 3 月 28 日，美国宾州三哩岛(Three Mile Island, Harrisburg, Pennsylvania)核电站可能发生核泄漏事故，纽约、费城和华盛顿人心惶惶，美国地质调查所在 24 小时之内，利用地理信息系统，公开发布以三哩岛核电站为中心，分别按 50 哩、100 哩和 200 哩半径的扩散范围内的风向频率和城市人口，制成地图，作出统计，说明即使发生泄漏，也不致影响到上述三大都市，及时起了安抚作用。美国五角大楼曾经表彰该所是：“能经受战争考验的科研机构”。后来俄罗斯切尔诺贝利核电站发生泄漏事故时，由于缺乏地理信息系统的本底数据库的支持，就无法对核扩散的范围作出预警，对东欧和波罗的海沿岸造成的损失就大得多。

地区或流域的地理信息系统，不仅应用于区域现代化生产布局和产业结构调整，也能对自然灾害防治或突发事件处理，作出快速的反应。例为 1991 年太湖流域和淮河流域遭受特大洪涝灾害，依据卫星遥感影象划定淹没范围，通过地理信息系统核实淹没耕地约 860 万亩，纠正了地方政府统计的申报数字；查明灾情最严重的地方，主要是城

郊乡镇企业填塞的太湖泄洪河道和洼地，为太湖流域制订综合治理方案所采用。同年，在淮河干流王家坝分洪时，由于采用雷达图像全天候监测和地理信息系统仿真模拟，制订了周密的住户撤离方案，及时疏散灾民，保障了人民生命安全，死伤人数比往年或世界其他地区要少得多。

加拿大、澳大利亚、日本和印度，先后建立了国家土地信息系统，应用于水土农林等再生资源的开发、规划和管理，并且每年、甚至分季节通过卫星更新图件和数据，从而及时、有效地掌握土地利用的地区差异和资源变化。欧洲不仅在法、意、英、德等许多国家建成了地理信息系统，而且欧共体的地理信息系统(CORIN 计划)也正在组建之中。这些国家级的地理信息系统，对于政府的宏观调控和战略决策，确实是良好的参谋。以我国贫困县的统计分析为例，按照人均年收入低于 400 元(人民币)和人均占有粮食低于 300kg 的指标为依据，显而易见，我国 80%以上的贫穷县集中分布在中部地带。大致沿大兴安岭经山、陕黄土高原到云贵岩溶山地，也就是我国降水变率最大，水土流失最为严重的生态脆弱地带和农收交错地带。而我国东部地带至今尚未脱贫的，主要分布在沂蒙、大别、赣南和五指山区这几个革命老根据地。这幅地图对于制订扶贫政策无疑是很有帮助的。又如我国粮食产量平均亩产低于千斤的县份，连绵分布在一起的，一是集中在淮河—秦岭西延至川西、滇北一带；另一是长城迤北，燕山—大青山一线。都是耕作熟制和复种指数变化不定的气候过渡带。除此之外，发人深省的是：以鱼米之乡著称的长江和珠江三角洲平原，竟然也出现