

第一章 自然资源问题

自然资源问题 简单说来就是自然资源稀缺。自然资源稀缺是随着人口数量、人类科学技术水平和生产力，以及人类生活质量等的发展而出现和变化的。当代世界人口已超过 60 亿，而且增长的势头仍然很猛；技术水平方面，虽然信息社会和知识经济已初见端倪，但发达国家仍处在工业社会阶段，广大发展中国家甚至还处在向工业社会过渡的阶段，自然资源仍然是人类社会生存和发展的物质基础，人类社会基本上还是与自然对抗、向自然界夺取的社会；就生活水平而言，占世界人口大多数的发展中国家人民仍然贫困，生活水平亟待提高。在这样的情况下 人们普遍认识到 当代社会人口膨胀、资源稀缺、环境恶化、发展受阻 已成为全世界共同的危机。

第一节 全球视野

如果说资源和环境问题在历史上就已出现，但毕竟是局部的。在当代社会，除局部性问题更加恶化以外，人类又面临全球性的困扰。世界环境与发展委员会 1987 年发表的著名报告《我们共同的未来》这样描述人类的变化：“我们这个星球正在经历一个惊人发展和重大变化的时期。我们这个拥有 50 亿人口的世界必须在有限的生存环境内为另一个人类世界留下生存空间。据联合国预测，全球人口将在下一个世纪的某个期间稳定在 80—140 亿之间……经济活动成倍增长，在下一个 50 年 全球经济将增长 5—10 倍。”

目前全球资源、环境正陷入困境，尽管自然资源消耗和废物产生的规模已经十分庞大，但许多穷国的工业化和经济发展仍未实现，他们需要拼命地从工业化和经济发展中取得利益。农业和工业发展的压力高速排挤着其他物种，使它们濒临灭绝；同时也明显地侵蚀我们这个星球的土壤、森林、水域 降低了地球的承载能力 改变了地球大气的质量。如果人口继续倍增，经济活动继续迅猛发展，这些压力只会有增无减。全球面临一系列重大的资源、环境问题 例如温室气体排放引起的全球增暖、平流层臭氧耗损、土地退化、淡水资源短缺、森林锐减和物种灭绝等。如何摆脱这些困境很可能决定我们这个星球在 21 世纪的前途。

1. 大气圈——全球共同的资源

地球大气犹如一层屏蔽，保护着我们的星球，使之免遭太阳紫外线直接辐射的损害；同时大气圈又作为一个巨大的热容体，维持着地球表层的温度。工业革命以来，大规模的化石燃料消耗等人类活动不断将各种气体排放入大气层中，已经明显地危及大气圈的上述两种功能。这些气体不仅破坏了屏蔽紫外线的臭氧层，而且加强了大气圈作为一个整体的吸热特性 造成一种温室效应 所以称为温室气体。

臭氧保护层一旦遭破坏 无疑将使进入地球表层的紫外线辐射增加 从而危及生态系统。如果目前的趋势继续下去,那么大气中温室气体的积累量在 40 年内将增加到工业化前的 2 倍 到 21 世纪后期,温室气体的排放量还要再翻一番。按照目前所建立的全球气候系统模型,对这种温室气体倍增的效应尚有争论,但最近的一致看法似乎是,温室气体增加一倍将使地表平均气温上升 1.5—4.5℃,热带气温增加较少,而高纬度地区增温较多。这种气候变化足以明显地改变世界上大部分地区的降雨格局和气温模式,对农业和林业产生重大影响,实际上对一切生命都有影响。

全球变暖的具体影响在许多方面仍然是未知数,原因之一是目前用以模拟气候变化的计算机模型还不能可靠地预测区域变化。然而在今后 50 年中全球变暖的后果很可能包括如下方面:

海平面可能升高 30—100 cm 同时伴随风、洋流、两极冰盖的冰雪积累、强风暴出现的频率等要素的变化;带病生物分布区的变化及其对人类健康的影响;降水分布的变化,将影响水资源的利用和农业产量;沼泽、森林和其他自然生态系统的变化,很可能导致更多的植物和动物物种的灭绝。

2. 世界人口趋势——对自然资源的压力

世界各国都认识到了人口问题的严重性并采取措施控制人口,因此大多数国家每个妇女的平均生育率不断下降。然而由于生育率超过死亡率,世界人口仍不能达到稳定。按照联合国人口处的预测,1990—2025年期间 世界人口将增加 32 亿 其中 30 亿将发生在非洲、亚洲和拉丁美洲的发展中国家 而在现在的发达国家 将只增加 1.66 亿人口。发展中国家近年来人口的迅速增长,已形成了年轻人占主导地位的人口结构。随着这些年轻人达到其生育年龄,人口无疑还将进一步增加。这一人口统计分布的势头使得全球人口更难稳定,这也意味着在今后几十年内自然资源和粮食供给的压力将会继续加剧。

世界人口的另一主要趋势是城市人口迅速增长。据估计,未来增加人口中的 90%将是城市人口,这是大多数发展中国家必然要经历的城市化的结果。这一发展趋势必将加剧城市地区的供需矛盾以及提供基本服务设施和基础设施的困难。

由此看来 人口危机主要是发展国家的事,“挣扎在生存边缘上的人们 必然把凡能找到的耕地、牧场和燃料都利用起来 而不顾对世界资源的影响。”实际上发达国家虽然人口增长率较低,但其每增加一个人所耗费的自然资源,远比第三世界每增加一个人所耗费的多。有人估计,若全世界人口都享有美国人的生活水平,那么在当前的生产力和技术水平下 地球所能供养的人口最多仅为 10 亿左右。因此 人口对世界自然资源的压力 并非仅仅是发展国家的问题。

3. 粮食和农业

过去 20 多年中 发展中国家的粮食大幅度增产 这使 60 年代普遍流行的新马尔萨斯论一度销声匿迹。取得这一成就的原因是多方面的:种植面积扩大,选用高产新品种,化肥和农药的大量使用等等。然而这一成就的环境和资源代价也是明显的,而且这些代价在很长时期内是无法偿还的。目前世界农业所面临的挑战是,一方面要使农业增产,同时又要推行既在经济上合算又在资源和环境方面可接受的方法。

全球粮食和农业当前的主要趋势可以概括如下：

全球谷物产量持续增加 但从 1983 年开始，增长速度已经放慢。绿色革命带来的收益可能已经到了极限，虽然还可指望进一步增产，但已不大可能达到过去 20 多年的增产水平。而且绿色革命的资源、环境代价已开始对农业生产显露出负效应。

就人均产量而言，亚洲和发达国家较高，而其他地区尤其是非洲，人均产量很低。人均占有量也很不均衡。

世界谷物的库存已降到 30 年代以来的最低水平。

许多地区增加耕地面积的潜力已接近极限，按目前的人口预测，第三世界所有地区人均占有耕地将减少，供养日益增多的人口对农业用地的压力越来越大，而且面临土地普遍退化的威胁。

在大多数地区 虽然营养不良人口的相对百分数可能下降 (非洲除外) 但绝对数量将增加。在相当一部分地区，温饱仍然是一个严重的问题；粮食分配不平等，穷人无法获得足够粮食 更加剧了这一问题。

未来世界人口的增长和人均消费需求提高将使粮食和农业生产面临巨大的压力。有人作过计算，若要满足未来的全球人口的需求，必须生产出与农业历史上过去 8 000 年总产量相等的食物。未来的粮食和农业资源提供能够保证吗？根本问题有两个，一是人均耕地面积的进一步减少，二是全球气候变化对农业的影响。

在许多发展中国家，耕地已显不足。若一个国家的潜在可耕地有 70% 已在耕作中，通常就称这个国家“土地资源不足”。而在亚洲 估计目前已有 82% 的可耕地投入耕作生产。在拉丁美洲和撒哈拉以南的非洲，虽然可耕地还有很大的储备，但这些保留地中大部分土壤条件较差 或者降水很不可靠 或受其他自然条件如土壤结构、地形坡度、土壤酸碱度等的限制。扩大耕地往往还要牺牲草地、林地、湿地和其他土地，而这些土地一般都在经济上很有价值，或者在生态上比较脆弱，开垦为农地会付出很大代价。因此，扩大耕地的前景未可乐观。相反 随着城市用地的不断扩大 荒漠化、盐碱化、涝渍和土壤侵蚀不断毁损土地，耕地会变得越来越少。可是如前所说，人口还会有较大增加，因此人均耕地将会显著减少 预计到 2025 年 全球人均耕地面积将从目前的 0.37 hm^2 下降到 0.17 hm^2 ；在亚洲 则将降到 0.09 hm^2 。

大气中二氧化碳含量增加，会使作物光合作用强度增加，因此有可能使农业增产。但温室气体增加的其他后果，例如作为世界粮食主产区的广大中纬度地带降水量的减少，作物生长关键期土壤水分的亏缺，全球变暖促使作物病虫害增加等，将会抵消这种所谓“二氧化碳施肥”的效果 甚至会导致全球粮食产量的明显下降。

4. 生物资源

据国际环境与发展研究所 (1987) 的资料 在人类活动干扰以前 全世界有森林和林地 60 亿 hm^2 到 1954 年世界森林和林地面积减少为 40 亿 hm^2 其中温带森林减少了 32%—33% 热带森林减少了 15%—20%。中美洲森林由 1950 年的 1.15 亿 hm^2 减少到 1983 年的 0.71 亿 hm^2 。非洲森林减少更快 从 1950 年的 9.01 亿 hm^2 减至 1983 年的 6.9 亿 hm^2 。近 30 年来 世界森林 特别是热带森林的减少速度明显加快 平均每年减少 80 万 hm^2 (相当于一个奥地利的国土面积)

滥伐热带森林的直接原因有三个，它们经常同时发生作用。第一，贫穷国家为了发展农业，安置穷人，不得不把森林变为耕地或种植园，以生产粮食满足食物需求，或生产橡胶、咖啡、可可、柚木等经济作物出口换取外汇。第二个原因是这些地区的人民需要直接出售木材赖以为生。森林消失的第三个原因是很多地区的人民对薪柴、饲料等的索取造成了严重的林地退化。

砍伐森林所损失的不仅是树木和这些树木为无数物种所提供的生长环境，并且造成土地的严重退化；而现在更为引起人们关注的是森林大面积消失对全球气候的影响。森林被砍伐后，从大气中吸收碳的能力就会丧失；而且林木燃烧、分解还会向大气排放大量二氧化碳。滥伐森林是大气二氧化碳人为增加中仅次于燃烧化石燃料的第二大根源。

据文献确证 过去 5 亿年中世界经历了五个重要的动植物灭绝时期，最近的一次事件是 6 500 万年前的恐龙绝种。目前世界正处在重要物种灭绝的又一个时期。与以往的物种灭绝归咎于气候、地质和其他自然现象不同，目前事件是由人为因素造成的，这些人为因素包括人类利用导致的生境急剧变换和退化，偶然或故意引进怪异的物种，过度获取动物和植物 污染环境 人类引起的全球气候变化 农业和林业的工业化 以及其他损害或破坏自然生态系统及其物种的活动。尤其是森林消失、土地退化及其他形式的环境退化大大加速了天然生境的损失和物种的灭绝，这种破坏程度是 6 500 万年以来地球上从未有过的，一个宇宙中很可能是独一无二的生命支持系统历经亿万年演化才形成的生物多样性正在丧失。

在以前每次物种灭绝事件后 需要 1 000 万年或更长的时间物种数量才能恢复到有关事件前的多样性水平。所以目前对物种灭绝的趋势如果继续不加以制止，也许在人类后代子孙生存期内，人类活动造成生物多样性减少的影响将是无法弥补的。

世界森林的不断减少直接导致生物多样性的消失和物种灭绝。据估计，地球上曾经有 5 亿个物种 目前尚有 500 万—1 000 万个物种。在 1990 年 约 12% 的哺乳动物物种和 11% 的鸟类物种被划入受威胁之列。其他群体——例如爬行动物、两栖动物、鱼类和昆虫受威胁的物种比例较小，极可能反映了人们对这类群体可获得的信息不完全。

目前热带生境破坏的趋势预测表明，在 1975—2015 年间 世界物种每 10 年将灭绝 1%—11%。一种中度的预测认为，如果目前的森林砍伐继续下去，今后 25 年中 4%—8% 的郁闭热带森林中物种将绝灭。如果砍伐率升级或物种丰富地区的生境减少，这一数字可能会更大。

世界自然资源保护联合会的一项 1 600 年以来动物绝灭分析发现，已知其原因的动物绝灭有 39% 是由于物种的引进，36% 由于生境的破坏，23% 由于狩猎和有意捕杀。尽管这项分析集中于岛屿的物种，这些原因尤其是物种引进和生境破坏，一般被认为是任何地区生物多样性的主要威胁。

物种灭绝的记载实际上还低估了物种丧失的形势，这至少有三个原因。第一，这些数字仅代表已知的物种绝灭。根据对哺乳动物和鸟类的不完全认识，几乎可以确定有些已消失的物种从来就未被描述过。第二，这些数字没有包括过去几十年的物种绝灭。根据国际公认的标准，一个物种只有在消失 50 年之后才能被划入绝灭范围内。第三，许多热带地区——大多数物种的发现地，生物生境和种群的大范围破坏是近期才发生的。受到影响的种群可能继续存活几代，但当它们的数量降低到可以从干旱、疾病、被其他动物的

捕食和其他稀有现象中振作起来的最低点之下时，就注定要绝灭。据估计，从长远看，一个物种必须至少有几千个个体，其种群才能在这些现象发生后长期幸存；虽然这个数字（可以生存下去的种群的最小规模 由于物种的不同而不同。

生物多样性被破坏，特别是热带雨林植被的被大量破坏，除使人类失去宝贵的生物资源和生态功能外 还将大大改变碳、氮等营养元素和微量元素的源、汇分布 使营养元素和微量元素在地球系统中的循环遭到破坏，从而给自然生态系统和人类社会带来巨大影响。

生物多样性是地球上全部生命形式组成的宝贵资源，既包括野生的，也包括人工驯化的。生物多样性减少的代价的确是昂贵的，除了一些物种的直接经济价值永远消失以外，生物多样性所提供的、人类社会赖以存在的各种“生态服务”也在逐渐丧失。因此 保护生物多样性刻不容缓。此外，从伦理上看，生命的所有形式都应受到尊重，人类必须考虑其他物种的健康。但最重要的或许是，科学正在不断地发现生物多样性能够缓和人类面临的许多困境和环境的破坏。

5. 能源与矿物原料

世界能源利用一直呈螺旋上升的趋势，化石燃料消费的增长率在 1986 年是 2.4%，1987 年是 3.1% 而 1988 年达到 3.7%，以后的每年都在加速。若以世界储量寿命指数（即当前探明储量与年产量之比 来衡量化石燃料的可利用期限 那么石油为 41 年 天然气是 58 年 煤是 218 年。化石燃料消耗量的持续增长将引发一系列的经济和环境问题。与此同时 薪柴——穷人的“石油”预计将比今天更难获取 这意味着贫困地区满足基本生活需要的燃料将更紧缺，被砍伐的森林面积将进一步扩大，更多的畜粪和作物秸秆将用于炊事而不是用作有机肥。以上预测未考虑日益增加的全球变暖效应，也未考虑目前正在积极寻求制定国际协定的种种可能性，这些国际协定企图稳定甚至减少二氧化碳的排放量，由此而降低化石燃料的消耗量。

对最主要非燃料矿物的需求量和消费量，预计未来每年增加 3%—5%。就世界储量寿命指数来看 铝是 224 年 铜是 41 年 铅是 22 年 汞也是 22 年 镍是 65 年 锡是 21 年，锌也是 21 年 铁矿是 167 年。可见很多主要矿物资源不久即将枯竭。

6. 水资源

在一些地区，水资源的数量已感不足。虽然在全球范围内，水基本上是一种可更新的资源，但一些流域中被引走的淡水量已接近可更新供应的数量，而从某些地下含水层抽取的水量超过了天然补给量。随着人口的增加，农业、工业和城市用水的数量也要增加，预计今后取水量的年增长率为 2%—3%。目前人类每年从自然界取走的 3 500 km³ 淡水中 约 2 100 km³ 用于消耗（例如灌溉系统和工业冷却塔的蒸发）余下的 1 400 km³ 变成废水又回归到河流和其他水体中，并常常是处于被污染的状况。

这就带来了水资源的另一大问题，即水污染。其主要来源：一是不断扩展的城市化造成的生活污水；二是工业生产过程中不断产生的废水；三是现代农业中大量使用化肥、农药所造成的化学物质径流，特别是氮肥，是产生所有水质问题中最广泛、最严重的问题之一。此外，农业灌溉使一些河流的含盐量增加，土壤侵蚀导致河道淤积等等。所有这些水污染问题，不仅导致可利用水资源的减少，而且还严重地影响自然界生态系统，例如造成

水域富营养化，导致有害元素通过水生生物食物链的积累。

全球变暖很可能通过水文循环对水的流动，进而对淡水资源产生重大影响。就全球而言，较暖的气候将导致海洋蒸发的增加，因此可能增加河川径流和淡水资源；但各区域的变化将是非常不同和非常不确定的。据大气环流模型预测，全球表面大气温度平均每增加 0.5℃ 大气年降水将增加 10% 之多。但据分析，降水很可能主要在北半球大陆的高纬度地区和全球低纬度地带增加，而中纬度地区将减少。因此，温度升高和降水减少将使北半球农业生产高度发达、集中了全世界大部分人口和城市的广大地区土壤水分和河川径流减少，水资源进一步紧张。

7. 海洋和海岸带资源

自 1950 年以来，世界海洋和淡水鱼类的总捕获量增加了近 4 倍 由 1 980 万 t 增加到 1988 年的 9 740 万 t。其中海洋鱼获量由 1 760 万 t 上升到 8 400 万 t 世界捕鱼量的绝大部分是在海洋中获得的。世界海洋和淡水渔场的捕获量正在接近可持续产量的极限，联合国粮农组织曾估计这个极限为每年 1 亿 t。当渔场接近这个极限时，诸如富营养化作用、化学制品污染和养育场所的破坏等环境压力，将对其资源的生产力产生越来越大的影响。巨大的捕鱼压力和污染相交织的恶果已经在某些海域出现。一些处于重捕区和污染区的渔场，其捕捞量正在不断下降。四分之一的海洋渔场捕捞量已超过可维持再生产的资源量。

海岸带富营养化作用是全球普遍的现象，并且正在加剧。在富营养化过程中，过分丰富的养分（主要是氮和磷）引起藻类和其他水生植物迅速生长，当这些生物死亡时，分解出来的细菌要大量消耗水中的氧，导致鱼类和其他海洋生物大量死亡。养分来源主要是陆地的废物，特别是污水。此外，海洋中被抛弃的鱼网、海滩上的废弃物、石油在海洋运输过程中的溢漏以及钻井平台事故的泄漏等，都导致海洋生物的灭绝和其他海洋资源的破坏。

因全球变暖而使海水膨胀并使高山冰川和极地冰原融化，这将加速最近 100 年来一直在继续的海面上升。如果在下一个 100 年内全球海平面平均上升 100cm 则将淹没由现在海岸线向内陆推进到 20 km 远的土地，并严重影响世界上人口最稠密的大河三角洲地区，位置低下的一些岛国也将受到威胁。在过去几十年里，世界上约 70% 的砂质海岸已经受到侵蚀。海面上升肯定会加剧这种损失，这对世界上极有经济价值、高度发达的海边胜地尤其重要。此外，可以预料，一个较高的海面将使风暴潮加剧，使陆地排水受阻，使海水倒灌强化，使沿海洪水泛滥增加。

第二节 中国态势

从国家尺度上看，各国的情况大相径庭，所面临的自然资源问题也不一样。美国、加拿大、澳大利亚、俄罗斯这样的资源大国，人口相对较少，经济较发达，资源问题不是那么危急；而我国和许多发展中国家情况相反，资源问题比较严重。

一、我国自然资源的基本特点

1. 自然资源总量大 类型齐全

我国陆地面积 960 万 km^2 居世界第三位 耕地面积约 20 亿亩 居世界第四位 森林面积 18.7 亿亩 居世界第六位 草地约 60 亿亩 居世界第二位 地表水资源 26 000 亿 m^3 居世界第六位 按 45 种主要矿产资源的潜在价值计算 居世界第三位 水能、太阳能、煤炭资源分别居世界第一、第二、第三位。我国是世界上少数几个资源大国之一。

我国地形多样，气候复杂，形成多种多样的可更新自然资源，我国生物多样性居世界前列。我国是世界上植物种类最丰富的国家之一，所有种数仅次于马来西亚和巴西。据统计，我国现有种子植物约 301 科、2 980 属、24 500 多种。其中 被子植物有 291 科、约 2 940 属、24 300 多种，相当于全世界被子植物科数的 53.3%、属数的 23.6%、种数的 10.8% 在世界上现存的裸子植物中，我国除南洋杉外都有分布。我国的陆栖脊椎动物约有 2 000 多种 约占全世界总数的 10%。在我国所产的 2 000 多种陆栖脊椎动物中 有不少种类为我国所特有 或主要产于我国 如鸟类中的丹顶鹤、马鸡 兽类中的金丝猴、羚牛。还有一些属于第四纪冰期后残留的子遗种类 如大熊猫、野马、双峰驼 而产于长江下游一带的白暨豚是世界仅有的两种淡水鲸类之一。两栖类中的大鲵、爬行类中的扬子鳄，都是举世闻名的珍贵种类。

迄 1995 年 我国已发现矿产 168 种、矿产地点 20 万处 已探明储量的 151 种 其中有 20 多种矿产储量居世界前列。有 10 种矿产（钨、铋、锑、钽、稀土、硫铁矿、砷、石棉、石膏、石墨）居世界首位 有 13 种矿产（锌、钴、锡、钼、汞、钡、钨、锂、煤、菱铁矿、萤石、磷矿、重晶石）居世界第二或第三位。据有关部门对 45 种矿产探明储量的潜在价值所作的估算 我国有 130 000 亿美元 仅次于俄罗斯（250 000 亿美元）和美国（220 000 亿美元），我国还是世界上少数几个矿种配套较为齐全、资源自给程度较高的国家之一。

一国的经济发展规模在很大程度上取决于该国的自然资源总量和类型。目前除日本外，世界上的经济大国都是自然资源大国。自然资源总量大、类型多是我国综合国力的重要方面，表明我国有较大的综合开发利用优势。

2. 人均资源量少

我国各类资源人均占有量都低于世界平均水平。我国人均值与世界平均水平的比值 矿产资源是二分之一 土地资源为三分之一 森林资源是六分之一 草地资源是三分之一。尤其是耕地和水资源，前者我国人均 1.6 亩 约为世界平均水平的三分之一 后者我国人均 2 600 m^3 是世界平均水平 11 000 m^3 的四分之一。水土资源是难以增加也无法从国外进口的，它们已成为我国的稀缺资源。我国稀缺的耕地资源不仅人均数量少，而且后备资源也不足，据查净面积只有一亿多亩。与人口大国印度相比，其不仅耕地总面积（约 25 亿亩）和人均占有量（约 3 亩）皆大于我国 而且还有后备耕地资源 15 亿亩 远比我国丰富。我国主要自然资源的人均占有水平低，并将继续降低，这一难以改变的事实表明我

① 1 亩 = 666.6 m^2 。

国人口对资源的压力过大。

3. 资源空间分布不均衡,资源组合结构不匹配

我国自然资源分布的东西差异极其明显,南北资源组合的差异也很大。耕地资源、森林资源、水资源的90%以上集中分布在东半部,而能源、矿产等地下资源和天然草地相对集中于西部。长江以北平原广耕地多,占全国总量的63.9%,但水资源少,仅占全国总量的17.2%。而长江以南则相反,山地面积大,耕地面积少,仅占全国耕地总量的36.1%,但水资源丰沛,占全国总量的82.8%。长江以北煤炭占全国的90%,仅山西、内蒙古、新疆、陕西、宁夏五省区就占全国总储量的70%;而长江以南则严重缺乏能源。磷矿绝大部分储量集中分布在西南,铝土矿集中分布在华北、西南。

4. 资源质量不一

在地表资源方面,我国耕地质量不够好,一等耕地约占40%,中下等地和有限制因素的地占60%。草地资源主要分布在半干旱、干旱地区与山区,资源质量较差,有林地资源则较好,一等有林地约占65%。

在地下矿产资源方面,除煤炭以外,多数矿产资源贫矿多而富矿少,共生矿多而单一矿少,中小型矿多而大型矿少。在铁矿的保有储量中含铁量大于80%的富矿只占总储量的7.1%,90%以上为贫矿。在能源中,优质能源石油、天然气只占探明能源储量的20%。我国有些矿种虽然储量大,但矿石品位低、杂质多、产地分散,开发难度大。有的矿种计算储量的标准较低,如富铁矿石以含铁量30%为标准,而很多国家要大于50%才算富铁矿石。因此与国外相比,我国实际储量还要低,开发难度更大。

二、我国面临自然资源稀缺的挑战

1. 粮食安全

人口数量的增长是粮食需求增加的重要因素。我国人口基数已经很大,今后20—30年内还将保持较高的增长速度,对粮食的需求将持续增长。但增加粮食供给的前景并不乐观,这是由于增加粮食生产受到严重限制。第一,随着社会经济的发展,耕地不可避免地还要继续被占用,而我国后备耕地资源不足,因此耕地面积逐年下降。再加上人口增加的因素,人均耕地减少的趋势更加明显。第二,水资源不足,尤其是土地增产潜力较大的北方地区水资源紧缺,成为粮食增产的严重限制因素。第三,化肥投入的报酬递减趋势已经出现,今后靠化肥提高粮食生产的潜力有限。因此,我国将长期面临粮食安全的挑战。

据估计,我国历史上人均耕地最多时,1724年曾达到31亩,本世纪最高水平也曾为3.53亩(1910年)。随着人口的不断增长,人均占有耕地面积不断下降(图1-1)。尤其是1985—1995年10年间,我国因各种非农建设、农业结构调整及灾害毁损累计减少耕地10 215.8万亩,同期开发复垦耕地7 366.5万亩,净减2 899.3万亩,平均每年减少289.9万亩^①。

^① 1986—1995年间,统计的非农业建设占用耕地为2 960万亩。由于土地管理体制和统计口径原因,这个数字远远低于实际占用的耕地面积。据对一些省抽样和典型调查,非农业建设实际占用耕地数一般是统计数的2.5倍左右。

另一方面 人口在不断增加 致使我国目前人均耕地按统计数据仅为 1.19 亩 按详查数据是 1.6 亩, 大大低于世界平均水平 4.17 亩) 更低于加拿大(26 亩) 美国(11.43 亩), 甚至低于印度 2.97 亩) 我国各地人均耕地不足 1 亩的有 3 个直辖市和南方 4 个省 全国已有 666 个县人均耕地低于 0.8 亩 其中有 463 个县低于 0.5 亩。

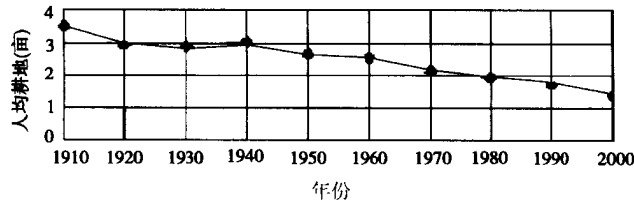


图 1-1 我国人均耕地的历史变化

我国每公顷耕地占有径流量为 $28\ 320\text{m}^3$ 合每亩 $1\ 888\text{m}^3$ 仅为世界平均水平的 80%。北方耕地面积占全国总量的五分之三, 而水资源仅占五分之一; 南方耕地面积占全国的五分之二 水资源却占五分之四。每公顷耕地拥有的水量 南方为 $28\ 695\text{m}^3$ 北方为 $9\ 465\text{m}^3$, 前者是后者的 3 倍。从大区看每公顷耕地的水资源量, 最多的西南区是 $92\ 292\text{m}^3$ 最少的华北区是 $5\ 626\text{m}^3$ 前者是后者的 16 倍多。华北区目前的水资源利用程度已超过 70%, 可见进一步利用的潜力也有限。水资源不足成为华北地区提高耕地生产力的主要制约因素。此外 我国约 5 亿亩可耕荒地主要集中在东北尤其是西北, 受水资源的制约 开垦难度较大。

随着农业技术和投入的增加, 我国粮食单位面积产量有了极大提高, 尤其是化肥投入对粮食增产的贡献很大。但化肥投入的报酬递减趋势已经出现 (表 1-1) 今后靠增加化肥投入提高粮食生产的潜力有限。

表 1-1 中国化肥投入与粮食产量的关系

年份	粮食产量(kg/hm^2)	化肥投入(kg/hm^2)	粮食产量/化肥投入
1952	1 320	3	440
1957	1 463	16	93
1960	1 170	30	39
1966	1 770	122	15
1970	2 010	156	13
1975	2 348	266	9
1979	2 783	527	5.3
1985	3 480	736	4.7

资料来源: 中国农业年鉴编辑委员会, 中国农业年鉴:1980—1987. 中国农业出版社, 1988。

2. 矿产资源短缺的危机

我国矿产资源的人均占有量不到世界人均水平的一半, 居世界第 80 位 而且后备探明储量不足, 矿产资源短缺的形势将日趋严峻。

我国煤炭资源丰富, 但煤炭储量的地域分布极不平衡, 煤炭运距不断增加, 成为煤炭

供给的一大限制因素。石油、天然气资源探明储量有限，且近期还看不出大量增加探明储量的可能性。水电、核电成本昂贵，很难大量开发。我国主要矿产品已经供不应求，铁矿、锰矿、铬矿的进口量逐年上升，铜、铝、铅、锌、锡等有色金属也早就开始进口。近年来矿产品进出口的逆差都在 31 亿美元以上。可以说，我国已成为矿产资源进口大国，是世界上最大的钢材、有色金属和矿物化肥进口国之一。预计在 21 世纪初，我国现有铁矿的生产能力将消失 10%—20%，铜、铅、锌的生产能力将消失 40%。如果地质勘探无重大突破，则 45 种主要矿产中有一半在 21 世纪初不能满足需要，到 2020 年，绝大多数矿产的探明储量均不能满足需要，我国矿产资源将出现全面紧张的局面。

由于矿产资源紧缺，导致能源、钢铁、有色金属、化工等原材料供给紧张，许多工厂开工不足，使四分之一的生产能力得不到发挥，损失的潜在工业产值 4 000 亿元。我国生产 1 美元产值所消耗的能源是印度的 2.3 倍，韩国的 2.1 倍，日本的 5 倍，法国的 4.74 倍；每生产 1 美元产值所消耗的钢材是韩国的 3.4 倍，日本的 2.32 倍，法国的 3.71 倍，美国的 2.5 倍。我国能源和矿产资源消耗率高，加剧了矿产资源的危机。

3. 生物多样性减少

我国生态系统多样性受破坏的形式主要表现为森林减少、草原退化、土地退化、水域缩小和恶化、自然灾害加剧等，这里主要陈述我国物种和遗传多样性所受的威胁。

虽然我国具有高度丰富的物种多样性，但由于人口的快速增长和经济的高度发展，增大了对资源及环境的需求，这种极大的压力致使许多动物和植物濒临灭绝。据近年来的初步统计，大约有 398 种脊椎动物濒危，占我国脊椎动物总数的 7.7%；有 1 009 种高等植物濒危，占全国高等植物种数的 3.4%（表 1-2）。

表 1-2 我国主要生物类群种数及濒危物种数

类群	物种总数	濒危物种数	濒危物种比率(%)
脊椎动物			
哺乳类	499	94	18.8
鸟类	1 186	183	15.4
爬行类	376	17	4.5
两栖类	279	7	2.5
鱼类	2 804	97	3.5
小计	5 144	398	7.7
高等植物			
苔藓植物	2 200	28	1.3
蕨类植物	2 600	80	3.1
裸子植物	200	75	37.5
被子植物	25 000	826	3.3
小计	30 000	1 009	3.4
合计	35 144	1 431	4.1

资料来源：中国自然保护纲要编写委员会《中国自然保护纲要》，中国环境科学出版社，1987年。

导致我国物种濒危的原因主要有森林砍伐、荒地开垦、草原过牧、捕猎及捕捞过度等，此外，兴修大型水利工程破坏水生生物的栖息生境和洄游通道，过度采挖野生经济植物，环境污染等，也是造成生物多样性受威胁的重要原因。

由于各农业区的生态环境遭到不同程度的破坏，我国栽培植物遗传资源正面临严重威胁。例如，1964年在云南省景洪县发现两种野生稻 24 处，因开垦农田和种植橡胶，至 80 年代末只剩下 1 处。黄河三角洲和三江平原过去遍地长满野生大豆，现在只在少数地区有零星分布。由于推广优良品种，许多古老的名贵品种正被遗忘进而绝迹。例如，上海郊区 1959 年有蔬菜品种 318 个，到 1991 年只剩下 178 个，丢失了 44.8%。动物遗传资源所受到的威胁也不容忽视，我国的优良畜禽如九斤黄鸡、定县猪已经灭绝，北京油鸡数量剧减，特有的海南岛蜂牛、上海荡脚牛也所剩无几。遗传基因丧失的后果是无法估量的。

4. 资源承载力

我国在相当长时期内都将处于人口负荷过重的临界状态，并有可能超过资源承载极限。据一些学者研究，我国目前土地资源生产力的合理承载量为 11.5 亿人，超载约 1.5 亿。若按温饱标准计算，我国土地资源的最大承载能力为 15 亿—16 亿人口。若严格控制人口的目标能实现，2030 年人口将达到资源承载极限。若按目前的人口增长率，2015 年就会突破这一极限。面对着人口的膨胀与经济高速增长对资源的需求日益增加的压力，中国正处于历史上最严峻的资源状况、承载着历史上最大人口数的危急时刻。

5. 资源开发的环境影响

我国资源开发的强度越来越大，所引起的生态环境问题长期积累，至今环境污染已迅速蔓延，自然生态已日趋恶化。部分地区土地长期集约经营，重用轻养，不适当地使用化肥和农药，造成土壤板结和污染，土地肥力下降。城市工业高速增长，乡镇企业大发展，相当程度上是以拼资源和环境为代价。此外，城乡基本建设大量占用本来已很有限的耕地，使十分紧张的人地关系随人口压力的不断增加而更加严峻。水土流失面积由 50 年代初的 116 万 km^2 增加到现在的 153 万 km^2 ，每年流失表土 50 亿 t 左右，带走氮、磷、钾约 4 000 多万 t，相当于我国化肥的全年总产量。森林面积减少，目前覆盖率仅 13.92%。草原退化面积达 7.7 亿亩，估计主要牧业省区可利用草原单位面积牧草产量，到 21 世纪初将比 20 世纪 80 年代末下降 30%。沙漠化土地不断扩展，平均每年达 1 500 km^2 。环境污染已从城市向农村蔓延。工业三废和农药污染的耕地近 3 亿亩。估计 21 世纪初的情况将更加严重，70% 的淡水资源将因污染而不能直接利用。

工业化国家在发展历史中都经历了“先污染，后治理”的过程，即不顾资源与环境代价促进经济增长，达到相当的发展阶段，有了一定的能力后，再进行大规模的资源保护和环境治理。例如开始大规模治理环境污染时，美国的人均 GNP、国民生产总值已达 11 000 美元，日本亦超过了 4 000 美元。而我国目前人均 GNP 仅 300 多美元，社会尚无力量集中更多资金进行大规模的资源与环境治理，也很难指望在近期内跨越发展与治理的门槛。因此，社会经济发展与资源、环境保护的两难选择，将是长期困扰我们的矛盾。

第三节 关于自然资源问题的论争

1. 悲观派与乐观派

资源问题如此严重，又如此复杂，因此引起了很多人的关注和兴趣。很多学科的学者都在研究这个问题 形成了很多学派、理论和方法。就观点而论 大致可分为两派 即悲观派与乐观派。

悲观派以新马尔萨斯主义者为代表，其对立派称之为杞人忧天式的悲观主义者 (gloom-and-doom pessimists)。罗马俱乐部 1972 年发表的《增长的极限》集中表达了新马尔萨斯主义者的观点 (Meadows *et al.*, 1972)。该派认为，如果目前这种趋势继续下去，世界将变得更为拥挤，污染会更加严重，更多资源将耗竭或退化；他们还认为由于富者愈富，穷者愈穷，这将引起严重的政治和经济骚乱；战争的威胁亦会增加。很多新马尔萨斯主义者都是环境保护论者，也多为自然科学家。之所以称为新马尔萨斯主义者，是因为他们更新和发挥了马尔萨斯 1789 年提出的一个假设：人口呈几何级数增长，超过呈算术级数增长的食物供给，最后只有由饥荒、瘟疫和战争来减少人口。

反对新马尔萨斯主义的一派称为丰饶论者 (cornucopians) 其对立派称之为不现实的技术乐观主义者 (unrealistic technological optimists)，多数丰饶论者都是经济学家或历史学家 代表作有西蒙的《没有极限的增长》(Simon, 1981)。他们认为 如果目前这种趋势继续下去 经济增长和技术进步将造成一个并不拥挤 污染较少 资源更富有的世界 在这个世界中 大多数人都会更加健康 寿命更长 物质财富也更多。

丰饶论者与新马尔萨斯主义者对各种问题的见解几乎都是针锋相对的，表 1-3 罗列了他们对一些问题的不同看法。

表 1-3 新马尔萨斯主义与丰饶论者对主要资源、环境问题的不同观点

问题	丰饶论者	新马尔萨斯主义者
人对地球的作用	征服自然以促进经济增长	与自然协调,在维持地球生命支持系统持续性前提下促进经济增长
环境问题的严重性	被夸大了;可通过增进经济增长和技术进步来解决	现在已很严重;若不转变为持续形式的经济增长,则会更加严重
人口增长与控制	不该控制;人是解决世界上一切问题最有活力的源泉 人们想要多少子女就自由生多少子女	应该控制,以防止地方、区域或全球生命支持系统的崩溃 人们想要多少子女,就自由生多少子女;但这种自由不能侵犯他人生存的权利
资源耗竭与退化	由于管理改善和转用替代品,潜在可更新资源不会耗尽	很多地区的潜在可更新资源已经严重退化。对于地球上的表土、草地、森林、渔场和野生生物这些使人类得以生存并支撑着多数经济活动的资源来说,没有替代品
	由于可以找到更多矿藏或发现替代品,非可更新资源不会枯竭	某些非可更新资源是找不到替代品的,或者要费很多时间才能逐步采用而不造成经济上的困难
	经济增长和技术革新可将资源耗损、污染和环境退化减少到可接受的水平	由于高度的资源消费和不必要的浪费,较发达国家正造成不可接受的区域和全球资源耗竭、污染和环境退化

续表 1-3

问题	丰饶论者	新马尔萨斯主义者
能源	强调利用核能及不可更新的石油、煤和天然气	强调能源保护,利用恒定的太阳能、风能、水力,持续地利用潜在可更新生物能(木材,作物秸秆)
资源保护	减少不必要的资源浪费,重复利用和循环利用都是可取的;但如果它们使当代经济增长降低,则是不可取的	减少不必要的资源浪费对于维持地球生命支持系统和长期经济生产率是至关重要的,它可延长非可更新资源的供给,使可更新资源的供给持续,并减少资源开发利用的环境影响
	我们可以发现任何稀缺资源的替代品,所以资源保护没有必要,除非它能促进经济增长	并非任何资源都能找到替代品,有些即使能找到也可能质量差,成本高
野生生物	地球上的野生植物和动物物种的存在是为了满足人类需要	由于人类活动而导致任何野生物种的灭绝都是错误的。这些潜在可更新资源的利用要以持续性为基础,只能满足必要的需求,而不应满足轻浮的要求
污染控制	不能以短期经济增长的代价来强化污染控制,因为经济增长了才能提供资金来控制污染	污染控制不力会危害人和其他生命形式,并降低长期经济生产率
	应予污染者政府津贴和税收减免,使之能装备污染控制设备	污染者应付把污染减少到可接受水平的费用。商品和服务都应包括污染控制和成本,以使消费者知道其消费的环境代价
	强调控制排放来减少已进入环境的污染	强调控制输入以防止污染进入环境
	废物处理方式是焚烧、堆放或掩埋	把废物看作资源,努力循环利用、重复利用或转化为有用形式

2. 新马尔萨斯主义与丰饶论之争

从表 1-3 中可见,新马尔萨斯主义者与丰饶论者在资源、环境的主要问题上都存在严重分歧。

新马尔萨斯主义者与丰饶论者之间的争论已经进行了十几年,人们从同样的资料数据或趋势中常常得出极不相同的结论,为什么?因为不同学派在这个世界如何运转,人类在世界上应起什么作用,这些涉及世界观的问题上尖锐地对立着,分析问题的方法也不一样。

丰饶论者常常具有一种“旧的不去、新的不来”(throw away)的态度。他们把地球看成是一个具有无限资源的地方,任何妨碍短期经济增长的资源保护都是不可取的。他们认为,如果一个地区的资源被污染了或耗竭了,人们总能通过技术进步找到替代品并控制污染。如果资源稀缺或者找不到替代品,人类也是会从月亮上或其他星球上取得资源,太空中有的是“新处女地”。这种态度基于两个信仰:

人类比任何其他物种更重要;

通过科学和技术我们可以征服、控制并改造自然,以满足我们当前和未来的需求和需要。

丰饶论者采用的分析方法往往是历史(外推)对比法,西蒙就指出,现代人的健康水平、生活质量比历史上任何时期都好,怎么能说是资源危机呢?从历史上看,资源稀缺问

题的趋势是逐步缓解而不是越来越严重的。正是英国 17 世纪的薪柴短缺促进了煤炭的开发利用；尔后鲸油和煤的短缺又促进了石油的开采；石油危机又刺激了很多新能源和节能技术，所以由于人口增加和收入改善导致的资源短缺使人类生活越来越好。

相反，新马尔萨斯主义者的世界观是持续地球 (sustainable earth) 世界观 不仅人类社会应持续，地球上所有的生命以及生命支持系统都应持续。他们认为，地球资源是有限的 无限度的增加生产和消费将会给自然过程强加上严重的负担 使空气、水、土壤的更新和自我维护不能正常进行，也影响地球对生物多样性的支持。他们还认为，现在和将来的资源问题和环境问题都导因于我们对自然界如何运作缺乏认识，我们企图支配自然，不能真正认识到人类是自然的一部分，而不是与自然分离的，更不是超于自然的。

应该承认，资源问题及其解决是非常复杂的，我们仅仅刚开始认识它们，要彻底认识还有漫长的路要走。为此，我们要学习和研究自然资源学。

第二章 自然资源学

第一节 资源问题的关联域

1. 人口过剩

我们在上一章概括地阐述了当代自然资源问题，这些问题是如何产生的呢？最直接的原因是人口过剩，可以提出一个公式来表达自然资源问题：

资源问题 = 人口数量 × 人均资源消费 × 单位资源利用的环境后果

其中的人均资源消费包括直接消费和间接消费；单位资源利用的环境后果，例如环境污染、环境退化、资源存量的减少等，这与资源利用的方式有关。

由此看来，资源问题与人口过剩 (overpopulation) 问题密切联系。当一个国家或一个地区或全世界的人口对自然资源的压力过大，致使资源基础退化或耗损，并污染水、空气、土地，从而损害着人们生存环境、生命支持系统，人口过剩问题就产生了。从前面的论述中可见，当今世界，尤其是中国，人口已经过剩。人口数量过多或人均消费过多，都会引起人口过剩问题，学术界分别称之为人口数量过剩 (people overpopulation) 和人口消费过剩 (consumption overpopulation)。

人口数量过剩是指一个地区或国家的人口数量多到超过了当地提供食物、水和其他重要资源以支持这些人生存的程度；当人口增长速度超过经济增长速度，或由于财富分配不平等，致使一部分人贫穷到无力生产或购买足够的粮食、燃料等生活必需资料时，也被认为是人口数量过剩。在此类人口过剩问题上，资源问题的关键因子是人口规模及其产生的土壤、草原、森林、野生生物等可更新资源的退化。在世界上一些最穷的欠发达国家，人口数量过剩导致每年死亡未成年人至少 1 200 万，加上成年人约 4 000 万，不得温饱的人更达好几亿。很多分析家认为，除非有效地控制人口增长，并改善资源管理以使被破坏了的可更新资源得以恢复，否则这种困境将会愈演愈烈。

在发达国家，如美国、英国、德国和日本，也有人认为有人口过剩问题，但是另一种人口过剩，称为人口消费过剩。这是指人口数量虽然不多，但人均资源消费过高以致引起显著的污染、环境退化和资源基础耗损。在此类人口过剩问题上，资源问题的关键是人均高消费及其带来的资源、环境问题。从这个角度看，富人比穷人对资源问题应负更多的责任。

2. 其他因素

再深入思考资源问题，可以发现它并不是像上述公式那么简单的。这是很多因素相互纠缠在一起形成的复杂综合体，可概括地简化为图 2-1 的表达形式。例如，人口过剩问

题不仅指人口数量和人均消费水平，人口的分布也对资源问题有显著影响。当众多人口聚集于城市时，通常发生严重的空气污染和水污染问题，发生水源紧张、废物堆积问题。农村人口比较分散 资源问题往往表现为土地退化 森林、草原、旅游资源、水生资源等的破坏。又如战争也会对资源和环境发生灾难性的影响。

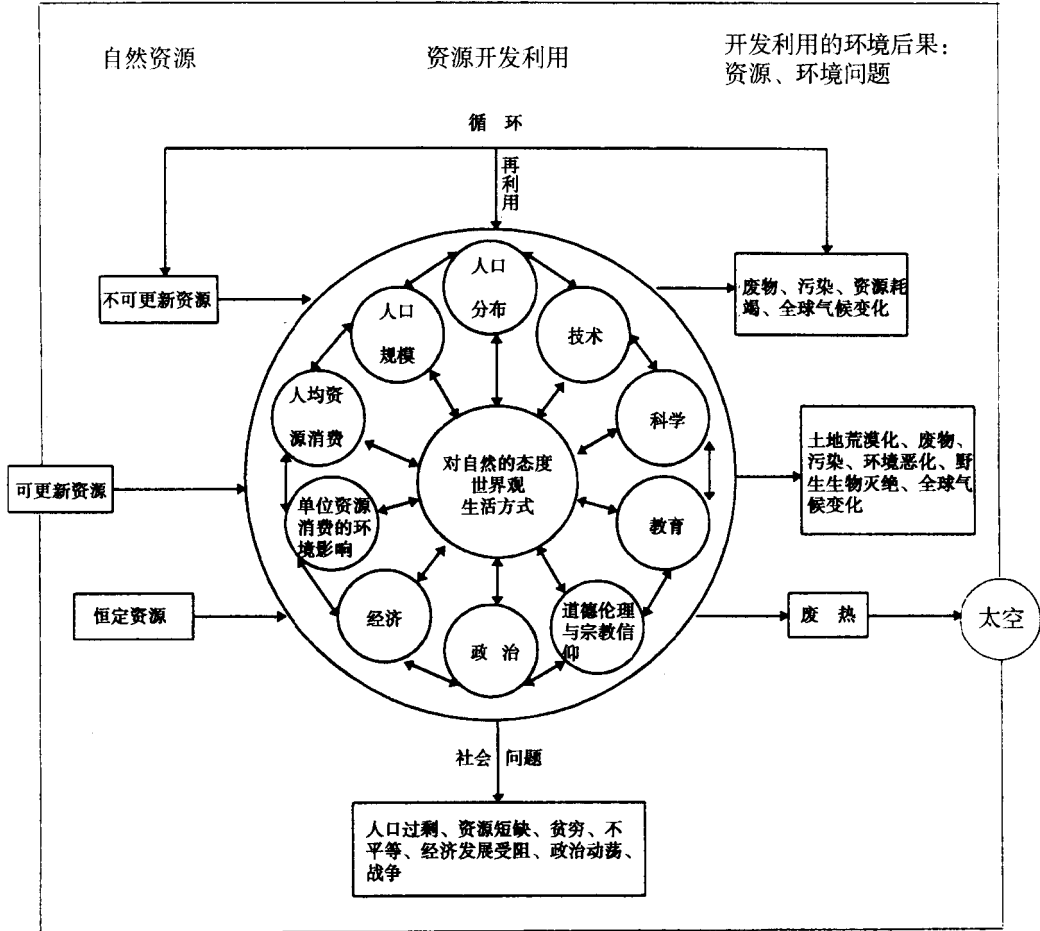


图 2-1 资源问题的关联域

环境、资源和社会问题是由很多复杂因素构成的综合体，目前对这些因素的相互作用知之不多，图中只表现出部分可能的相互作用。认识多种因素的相互作用，正是解决资源问题的关键所在。

科学技术的某些发展会导致新的资源、环境问题，或加剧和扩大已有的问题。例如，煤、石油、天然气的利用都是科学技术发展到一定阶段才出现的，它们为人类的生产、生活提供能量，但也带来空气污染问题。其他形式的污染，如塑料、农药、化肥、氟里昂、放射性废物等，也是科学技术发展使这些物质能够生产、使用后才产生的。

但科学技术也有助于解决资源和环境问题。很多稀缺资源都由于科技发展而找到了替代品，例如电灯代替了点灯的鲸油，这大大有助于保护减少的鲸群从而免遭灭绝。科技发展使资源利用率提高，从而减少资源浪费，例如现在煤燃烧的利用效率已大大高于100年前。70年代以前，大多数洗涤剂都不能生物降解，但现在可以了。科学技术也为控

制和清理多种形式的污染而开发出新的排放方法。因此，问题和挑战在于尽量减少科技发展对环境资源的负效应，增强其正效应。

经济、政治和道德伦理诸因素也与资源问题有关，解决资源问题也应考虑这些因素。现在很多学者和政治家都呼吁改造现有经济体制，而且已逐步在采取经济手段和法律手段，使导致污染、环境退化和资源耗竭的行为无利可图或非法，从而加以控制。经济上的收益可用于开发对资源环境有利（或减少害处）的技术。更重要的是使全体公民都认识到，不能为了眼前的经济利益而损害生命支持系统。因此，教育有着巨大的作用。

第二节 自然资源学的研究内容

一、自然资源学的框架结构与时空尺度

1. 自然资源学的框架结构

既然自然资源问题涉及众多的复杂因素，作为针对这些问题应运而生的自然资源学，当然需要研究所有这些因素。概括说来，自然资源学主要是研究人类与自然界中可转化为生产、生活资料的物质与能量间相互关系的科学。它以单项和整体的自然资源为对象，研究其数量、质量、时空变化、开发利用及其后果、保护和管理等。单项自然资源研究各自从有关学科派生出来，已发展成较为成熟的科学体系，如水资源学、矿产资源学、土地资源学、森林资源学等。

整体或综合的自然资源研究，其发展历史较短，理论与科学体系上还未完全定型，其研究方法也在发展和完善之中。本课程将对综合自然资源学的理论、方法、应用作一些总结和探索。

这里提出一个自然资源学的框架体系，自然资源学的研究内容亦在其中（图 2-2）。

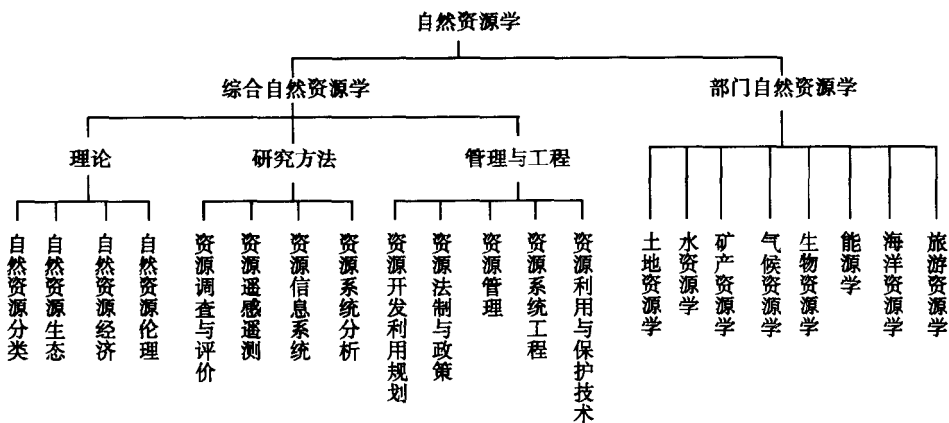


图 2-2 自然资源学的分支结构

B. Mitchell 在“Geography and Resource Analysis”一书中用一个三维图来表示自然资源学的研究范围（图 2-3）可与图 2-2 相互参照，从而对自然资源学有更全面的理解。