第 1 章　水资源可持续利用：西北地区农业可持续发展的关键

“水利是农业的命脉”，由光、热、水、气、土所构成的最基本的农业资源，是实现农业发展最重要的条件保障。在其他资源变异较小的情况下（尤其是气候资源中的光、热），对农业发展形成制约的将更多的是水土资源的约束。在我国西北地区，土地资源相对丰富，水资源的短缺使其成为农业发展的最大制约因子。可以说，没有水资源的可持续利用，就不会有农业的可持续发展。

1.1　可持续发展是西北地区农业发展的根本途径

1.1.1　世界农业发展的必然选择

可持续发展是自 20 世纪以来，人类在认真总结自己的发展历程，重新审视自己的社会经济活动与发展行为的基础上所提出的一种全新的发展思想和理想的发展模式，它是 21 世纪发达国家和发展中国家正确处理和协调人口、资源、环境、经济与社会之间相互关系的共同发展战略，是人类生存与发展的必由之路。

关于“可持续发展”的定义，不同学科因其研究角度的不同，使得在阐述的重点上亦相互有别。本文以关系到人类社会未来发展的挑战与策略的划时代的纲领性文件《我们共同的未来》中的定义“既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”，以及 1992 年世界银行在《世界发展报告》中的定义“把发展建立在成本效益比较和审慎的宏观分析基础上，它能加强环境保护，并导致福利水平的提高和维系”为依

需要全本请访问 www.ertongbook.com

据，将可持续发展界定为：在人类与自然和谐相处的前提下，满足当代人的需求又不损害后代人满足其需求的能力，以较少的资源损耗实现社会福利增加的发展。

可持续发展思想是人类追求的一个理想的发展模式，对各行各业具有普遍的指导意义。但是，由于行业之间差异性的存在，使得这一思想在应用于不同行业或领域时，便出现了一定的特性，其内涵也发生了相应的变化。当可持续发展思想应用于农业领域时，就形成了农业可持续发展的概念，尽管此时它并不会背离可持续发展的原意，但在内涵上却有了一定的缩减。一般来说，农业可持续发展是一种可持续的农业发展模式。由于可持续的农业发展模式在内涵上必须包含具有密切联系的两个方面的内容，其一是农业产出的不断增加，以不断满足社会经济发展和人口增加对食物和纤维消费需要在数量上的持续扩大，其二是在实现农产品增长的过程中，杜绝那种以牺牲有限资源和以破坏环境为代价的不良增长行为，以保持资源的供需平衡和环境的良性循环，并确保后代人发展能力的不降低。因此，本文将农业可持续发展定义为：在资源可承载的前提下，满足当代人的农产品需求又不损害后代人满足其需求的能力，以较少的成本不断增加农产品的数量并且质量有所提高的发展。

据此发展思路，在发展农业的过程中，应充分考虑治理环境与发展经济之间的相互补偿，但这并不硬性要求为达到一个目标而限制另一个目标，所追求的仅是一种宏观意义上的平衡。从本质上讲，农业可持续发展追求的就是一种动态的均衡，它既不会造成农产品的匮乏，又不致通过过多地耗竭资源或破坏环境来取得足够的农产品，满足人类的即时所需。

世界农业已有 7 000 年以上的历史，其发展大体经历了原始农业、传统农业、近代农业和现代农业等 4 个阶段。在传统农业阶段，其发展历史较长，大约占据了人类发展的 2/3 的时间长度。在该阶段，农业主要依靠自我的内部循环取得发展，外部系

统的投入较少，在这种情况下，其产出水平较为低下。但是自近代农业和现代农业产生以来（从18世纪末19世纪初产生，一直到20世纪中期为近代农业，从第二次世界大战结束以后，为现代农业发展阶段），农业发展的方式则发生了巨大的变化。伴随着工业的发展、人口的增加和科学技术水平的提高，人类对农业的干预水平和能力日渐增大，对农业产品的需求量不断增加，并打破了农业生产的原有均衡，而不得不通过增加大量外部的投入，尤其是化石能源的投入来获得农产品的增加以满足人类的需要。如化肥、农药、农用薄膜以及农业机械等在农业生产过程中的不断追加，使得农业的产出得以持续增长，单从20世纪50年代到80年代中期的这段时间来看，农业生产的投入与产出就表现出一种非常显著的特征。1950—1985年期间，谷物总产量从7亿吨增至18亿吨；世界肉类贸易量从2 00万吨增至1 100万吨。与此同时，全球拖拉机总台数增加了3.6倍，化肥施用量增加了9倍，农药用量增加了32倍，灌溉面积增加了2.5倍。而我国的情况也大体相似。20世纪80年代以来，我国的化肥施用量迅速增长，从1980年的544万吨增加到2000年的1 189万吨，翻了一番多。与此同时，粮食的生产也呈现出较大的增长，从1980年的32 056万吨1999年的50 839万吨，增长了59%；其他农产品也有了超速的增长，如食用植物油由1980年的222万吨增长至2000年的835万吨，糖料由2 911万吨增长至7 635万吨，……这些使得自20世纪90年代后期以来出现了农产品的结构性过剩，并进入到了农业发展的新阶段。

纵观世界农业发展进程，伴随着人口数量的不断增加和人们需求欲望及其水平的不断提升，虽然依靠科技进步的巨大动力实现了农产品的增长，但是，由于认识上的问题，或者行为方式上的欠佳，因而在农业发展的过程中所付出的资源和环境的代价也达到了令人心怵的地步，出现了许多对人类进一步发展形成一定障碍的负面影响。主要表现为：①主要灌溉农业地区往往因过量

抽取地下水而面临水位下降、出现地下漏斗而导致的地下水资源枯竭的威胁，此外，因灌溉失当造成大面积的次生盐渍化，形成了对农业发展的双重不利影响，即水资源的浪费和土地质量的降低；②日益严重的滥垦滥伐、超载过牧造成了严重的水土流失和土壤劣化、沙化。在立地条件较差的地区，由于人口数量的增长和对粮食需求的增加，不得不扩大耕地面积以实现对消费需求的满足，出现对林地的垦殖或者草地的过量索取。目前，全球因滥垦滥伐以及超载过牧等原因而每年损失的耕层表土逾百亿吨，导致毁田的水土流失 1 100 万公顷，35％的耕地土壤侵蚀速度超过了土壤形成的速度，每 10 年就会丧失 7％的表土；③由于过度施用氮素化肥，以及集约化饲养场的巨量厩肥处理不适，加上未被动植物吸收利用的化肥氮和蛋白氮转化成的硝酸盐，以及难以分解的农药残留等，日益严重地污染着大气、土壤、地表水和地下水。目前，在发达国家，因大量施用氮素化肥而使作物难以全面吸收，导致施用量的 1/4 进入地下水。美、英和德国等西欧国家都已出现了饮用的地下水中硝酸盐含量的超标而不得不封闭水井的问题。目前已有 20 余种农药残留物在一些国家的地下水中被检测出。发展中国家每年因农药中毒而死亡的人数达 1 万人以上，受到严重伤害的则达 40 万人以上。

一方面是农业生产的发展和农产品数量的增加，另一方面是农产品增加对外来物质投入的依靠，在这种矛盾的统一体中，如果不改变传统的做法，单纯地依靠高投入来实现高产出，则外来不可更新资源的农业投入将必然呈现出快速的增长。而按照常规农业对工业能源的利用率，一次能源生产的增长绝对满足不了农业增长的需要。据 Pimentel（1975）的估计，如果世界各国都达到美国目前的生活水平并按美国的方式进行农业生产，则世界所储存的全部燃油和天然气至多只能维持 30 年。另一种计算表明：要使发展中国家到 2050 年都达到发达国家目前的农业生产水平，全球商品能源生产至少需增加 5 倍。那么，其结果不单是能源本

身的严重短缺，而且会导致对环境的极大破坏，甚至会反过来形成对农业发展的严重制约。

由此可见，农业现代化过程中种种问题的出现，使得未来农业的发展将面对着一系列巨大的挑战，而这些挑战将成为实现农业可持续发展所必须解决的重要问题。即人们不得不重新审视自己所走过的或者正在走的农业发展路程及其发展方式，探索和寻找新的既能满足当代人的需求，又不对后代人的发展带来危害的，且能够维护人口、资源、环境和社会、经济和谐统一的更为理想的农业发展模式。

1.1.2 可持续发展是西北地区农业发展的根本途径

西北地区地处我国内陆腹地，由于各种各样的原因，这一地区是我国经济发展最为缓慢和最为落后的地区。在农业增长的方式上，主要依靠增加要素的投入数量，如土地等自然资源和劳动力投入以及农用机械、农药、化肥及灌溉等外部投入追加来获得产品总量的增长。可以说，粗放经营和外延扩大再生产的传统发展模式占据了主要地位。与以前相比，西北地区的农业有了较大的发展，但在农业增长的同时也带来了严重的后果。一方面是对自然资源的掠夺性使用，以至资源质量退化和数量日渐衰竭；另一方面，促使农业劳动力数量不断增加，导致人口总量的膨胀和人口素质的下降，使农业劳动生产率和生产效率难以提高，又迫使人们对资源进一步索取，从而使资源、环境和生态日益恶化，极大地制约了农业的可持续发展。这些问题集中表现在：

（1）环境恶化，资源退化，使农业可持续发展缺乏良好的环境支持。由于受自然地理和气候条件的影响，西北地区的自然生态环境本身就脆弱，加上人为的因素，致使这一地区的生态环境恶化和资源退化问题日趋严重。目前，在我国大陆地区的沙漠、戈壁及荒漠化面积已达 168.9 万平方公里，大部分分布在西北地区。西北地区的森林覆盖率为 5%，仅为全国平均水平的 1/3，由于缺乏森林对水土的涵养作用，使该地区成为全国水土流失最

需要全本请访问 www.ertongbook.com

严重的地区。

在甘肃，由于发源于祁连山河流出山径流量的减少，河西走廊北部的沙漠步步进逼，风沙线平均每年前移 8～10 米，近 30 年来，河西地区沙漠前沿的绿洲，因水源枯竭和风沙危害而弃耕的农田约有 12.7 万公顷，40 多万公顷耕地遭到风蚀沙害，风沙线上尚有 679 个村镇受到流沙埋压的威胁。在陕北的榆林市，由于年降雨量少，干旱高温加上全区所有市县都是贫困县，使农民对土地的依赖达到最高程度，从而不顾后果地大量开垦，使这里的土地荒漠化现象相当突出。榆林北部的毛乌素沙漠边缘，成为该地区沙漠化威胁最严重的地区。在青海，恶劣的生存环境、对草地的粗放经营、超载放牧以及人为的破坏，导致土地沙化面积亦呈不断扩大之势，由新中国成立初期的 533 万公顷，发展到 1994 年普查时的 1 252 万公顷，近年来，还在以每年 13.3 万公顷的速度扩大。同时草原也在不断地处于严重退化的状态，草地动植物的种类不断减少和消失。黄河源头第一县——玛多县，在 60 年代以后草地明显退化，1998 年达到 1.61 万平方公里，占全县草地面积的 70%，其严重程度触目惊心，其沙漠化的速度以年均 20%的速度在增加。在新疆，截止到 1994 年底，沙漠面积已达 43.04 万平方公里。自 1949 年以来，全区沙漠面积平均以 84.2 平方公里／年的速度增加，其扩大速度是人类历史上沙漠扩大速度的 2.44 倍。目前，全区草场退化面积已达 800 万公顷，可有效利用的 4 800 万公顷草场中，正常利用的面积为 2 700 万公顷，仅占 56%。

与荒漠化相联系的是严重的水土流失。据统计，我国有 368 万平方公里的国土遭受水土流失的威胁，其中主要分布在中西部地区，特别是黄河和长江中上游地区。陕西是我国水土流失最严重的省份，其北部丘陵沟壑区每年流入黄河的泥沙量达 8 亿吨，水土流失面积 13.75 万平方公里，占全省土地面积的 2/3，每 年因水土流失损失的氮、磷、钾养分达 500 多万吨。青海省也是全

国水土流失最严重的省份之一，水土流失面积达 33.4 万平方公里，占全省土地面积的 46.3%。水土流失导致农田养分降低、蓄水保墒能力变弱，草场退化、土地沙化日益严重，农作物产出减少和居民贫困程度加剧，使农业经济损失严重，农业可持续发展能力受到极大影响。

（2）水资源短缺，使农业可持续发展缺少最基本的资源支撑。在全球化气候变迁的情况下，地处内陆的西北地区近几年来也出现了降雨量的减少。在宁夏、甘肃河西走廊、青海柴达木盆地、新疆塔里木盆地等广大地区，年降雨量均在 200 毫米以下。河西走廊近 30年来因缺水灌溉，已弃耕农田 12 万公顷。而黄河上游地区的降水减少使黄河下游地区出现了断流现象（黄河上游来水减少是黄河断流的重要原因之一），其中在 1997 年出现断流 226 天，断流河道长达 700 多公里的稀有现象。据统计， 1995、1996 年因黄河断流给下游农业造成减产、绝收的经济损失分别高达 31.7 亿元和 25.4 亿元。两年的损失相当于 20 世纪 70～80 年代农业经济损失总和的 2.26 倍。青海省是我国主要草原畜牧业生产基地之一，有可利用天然草场面积 2 980 万公顷，但由于各种各样的原因，绝大多数草场缺少灌溉，使草原退化、沙化、盐碱化面积达 22万平方公里。陕西省因缺水，每年粮食减产数十亿吨。在水资源严重匮乏的同时，西北地区农业用水的浪费却十分惊人。西北地区灌溉用水最高的达到 1 200 米³／亩，是全国平均水平的 3 倍。这种情况的产生，进一步加剧了水短缺，造成水危机，这使得高度依赖水的农业生产由于缺少最基本的资源支撑而难以实现可持续发展。

（3）人口膨胀、素质低下，使农业发展难与现代科技接轨。西北地区农业生产 0 由 0 基

中部地区，呈现出人口数量膨胀的状况。 1983—1998 年的 15 年间，东、中、西部地区总人口的增幅分别为 18.3%、19.6% 和 19.25%，农业人口的增幅分别为 3.9%、9.3% 和 12.6%。从人口素质上看，西北地区农业人口平均受教育年限较短，文盲、半文盲人口的比例高于全国平均水平及东、中部地区。 1998 年农业劳动力中文盲、半文盲的比例，全国为 9.56%，东、中、西部地区分别为 6.01%、7.66% 和 14.38%，其中甘肃、宁夏、青海等省区均超过 20 。与此同时，西北地区农民的科学技术水平，经营管理能力以及改革开放的意识等都普遍弱于东中部地区，这样的人口状况决定了农业的发展很难与现代科技接轨。

(4) 收入低下，贫困面大，影响了农业可持续发展的进程。1998 年西部农民收入仅及东部地区农民收入的 53.7% ；从反映生活水平的恩格尔系数看，东部地区农民已进入小康（49%），而西北地区仍在整体上处于贫困状态（59.4%）。2000 年底，全国还有 3 209 万的贫困人口，其中的绝大多数集中在西部地区，在西北的黄土高原地区，则是贫困人口最为集中的地区之一。在甘肃，按人均 636 元／年的标准，目前尚未脱贫的人口还有 5% 左右。由于环境条件较差的原因，在许多贫困地区，返贫的问题还十分严重。据在青海省某村的调查，全村人均收入在 600 元／年左右，这个村所在的乡有 80% 的家庭靠卖血收入支付学费、医疗费等大额支出。这种低下的收入和较大的贫困面的存在，使人们的发展层次只能定位于为温饱解决而奋斗的低层次状态，而对于较高水平的可持续发展，则由于近期问题的解决尚需时日而可能难以提到第一位的日程。

(5) 投入乏力，基础设施薄弱，使农业可持续发展缺乏必要的财力支持。由于农业生产力水平和农民收入水平低，农村乡镇企业等非农产业发展滞后，使西北地区农民和集体对农业的投入乏力。从财政支农资金看，西北地区地方财政收入少，许多地方的财政尚属“吃饭财政”，无支农的能力。从中央财政来看，其

过去的投资重点在东部，虽然近年来用于西部的支农资金的比重不断提高，但与西北地区的实际需要相比，仍然相差很远。此外，由于西北地区投资的软硬环境都不理想，外部资金对该地区的农业投入很少。农业投入的不足，使西北地区农业生产基础条件十分薄弱，导致农业发展的后劲严重不足。

农业发展的实质上是农业生态系统的良好运转和高效产出。要实现农业的可持续发展，就必须推进优质的农业生态系统的形成。而良好的农业生态系统则要靠自然生态系统提供稳定的气候条件、优质的土地、充分的水分、丰富的养分以及抑制病虫害、防止旱涝灾害、维持农业正常运行和提供更新换代的物质资源。但西北地区现有的生产方式和及其所造成的一系列后果却是不利于农业生态系统的。如为了给更多的人口提供粮食，从而破坏森林和开垦耕地，便在根本上破坏了农业生产所依赖的自然保障；收获和输出产品是将营养物质移出生产系统之外的一种行为，如果没有追加性的投入以及对这种投入的合理使用，则会切断农业生态环境良性循环的物流链环。而事实上的农业投入的缺少和对土地的只用不养以及农业基础设施的缺乏，加之水资源短缺得不到缓解，便整体上形成了西北地区农业发展状况与发展环境的不容乐观的局面。因此，在未来的发展过程中，只有彻底转变传统的农业发展战略，从认识、政策和具体措施上将农业真正纳入到与人口、资源、环境、经济、社会相协调的可持续发展的轨道上来，西北地区的农业可持续发展的格局才能够最终得以形成。

1.2 水资源可持续利用是西北农业可持续发展的关键

“水是人类生存的生命线，也是农业和整个经济建设的生命线”。农业是人类利用自然环境条件，依靠生物的生理机能，通过劳动，控制或强化生物体的生命活动过程，以取得所需的物质产品的社会生产部门。农业生产以一定的生态和资源为基础，水作为农业生产及生态环境维持中所不可缺少的重要资源，在农业

的发展及可持续发展中居于重要地位，发挥着不可替代的作用。

1.2.1 水作为农业生产中的自然资源支撑农业的发展

农业是自然再生产与经济再生产相交织的一个特殊的产业部门，农业的经济再生产离不开自然再生产，是以自然再生产为基础的。而农业的自然再生产又依托于农业的基本自然资源，依托于光、热、水、气、土的组合与匹配。良好的光、热、水、气、土匹配与组合条件可以带来农业的良好发展，但若缺乏其一，或者数量有限，则必然受到“木桶效应”的影响而使农业发展低效化，甚至由此而严重影响农业发展。

毫无疑问，作为农业自然资源的光、热、水、气、土是农业赖以生存与可持续发展的“固定资本”，如果一个区域所拥有的农业自然资源数量越丰富，质量水平越高，那么该区域农业可持续发展的潜力就越大，支撑能力就越强；反之则相反。可见农业资源是农业生产的物质基础系统，对农业发展提供着最基本的保障，其中的水资源就是如此，承担着对农业发展的强力支撑。我国近 50 年的资料表明：粮食总产量与灌溉用水变化趋于一致。在 20 世纪 50～80 年代 34 年间，灌溉用水增加了 2.5 倍，粮食总产量增加了两倍。1980—1993 年的 14 年间，灌溉用水增加了 10%，粮食总产量增加了 8%。

农业可持续发展的本质是农业发展（包括农业资源利用）不能只顾及当代人的利益，还必须关注后代人的需要。而农业资源作为农业发展的资源支撑，其承载力大小既预示着农业产出的数量和质量，也预示着人类社会经济所可能实现的结构和达到的规模。离开了农业资源的可持续利用，农业可持续发展就失去了物质基础。在农业可持续发展的基础支持系统中，光、热、气是人力不可改变的要素，水和土地不可创造，但人类不同的行为方式会对其产生不同的影响，从而发挥不同的作用。伴随着现代科技的发展，诸如无土栽培技术的应用，可以在一定程度上缓解土地紧缺的矛盾。水分在作物生长发育过程中占据的重要地位，决定

了它是农业生产的一种最重要的自然资源。因为它不仅是作物本身的主要组成部分，也是作物生命活动所不可缺少和必须的物质，是联系作物有机体与外界环境的重要环节。水分对农作物的生命活动和外界环境的作用主要表现在：①水是作物体的重要组成部分。一般作物体都含有 60%～80% 的水，瓜果、蔬菜的含水量高达 90%，处于休眠状态的种子，含水量也达 3%～15%。可见，作物的生命活动是以水为基础的。充分的水供给，可以保证作物生命活动的正常进行，持续缺水，农作物就会死亡。②水是光合作用的原料，作物依靠叶片吸收水分，养分和空气中的二氧化碳，并在阳光的照射下，进行光合作用，制造出它所需要的碳水化合物，再通过水分的运转，输送到作物周身，从而形成有机物质。水分不足，就会影响光合作用的进行，使有机物的制造受到限制，作物发育不良。水肥充足，作物枝叶茂盛，光合作用就强，产量就高。③水可以调节作物的体温。作物进行各种生命活动，需要太阳供给必要的热量，但作物体温过高是有害的。茂密的枝叶，在阳光的照射下，从叶面的气孔蒸发掉大量的水分，为补充水分，作物根系又从土壤中源源不断地吸收水分。在这一过程中，不但将溶解在水中的养料输送给作物周身应用，而且又带走了部分热量，从而调节了作物体温，保护叶面免受太阳“烫伤”。④水是调节作物生育环境的重要因素。土壤中的水分、养分、空气和热状态等环境条件对农作物的生长发育有着决定性的影响。而这些条件又是互相影响互相制约的。通过调节土壤中的水分，可使土壤中的养分、空气和热状况向有利于农作物生长发育的方向发展，以保证农作物的高产稳产。而土壤中的有机物养料在土壤微生物的作用下，转化为能被作物吸收利用的养料，然后溶解于水中，并与水一起被作物吸收于体内。土壤微生物的活动受着水分、空气和热状态的制约。土壤中水分过少，不仅作物受旱，而且养分也得不到溶解，不能为作物吸收利用。反之水分过多，又会使分解有机物养料的微生物活动受到抑制，有机物养

需要全本请访问 www.ertongbook.com

料得不到释放，还是不能被作物吸收利用，而且土壤板结，通气不良、温度降低，因而农作物的生长发育又受到影响，甚至死亡。可见水分在农作物的生长发育过程中具有不可或缺的作用，在某种程度上说，水是比土地更为重要的因素，水资源的可持续利用是农业可持续发展的最重要的资源支撑。没有水资源的可持续利用，就谈不上农业的可持续发展。

1.2.2 水作为生态环境的基本要素决定着农业的发展

水资源是生态环境的基本要素，是生态环境系统结构和功能的组成部分。水以其存在的形态与生态环境系统内部各要素之间发生着有机的联系，构成生态系统的形态结构；水以其运动形式作为营养物质和能量传递的载体而不停地运转，逐级分配营养和能量，从而形成系统营养结构；水在生态系统中所进行的无止境的运动，形成了系统与外部环境之间的物质循环和能量转换，而构成系统功能。因而水在生态系统结构与功能中的地位和作用，是其他任何要素所无法替代的。

水是一种可恢复再生的自然资源，通过水循环，往复于陆地、海洋、空间之间，支持着物质循环、能量转换和信息传递的运转。在生生不息的生物圈中，生物地质化学循环也是靠水的运动和调节进行的。可以说，生物圈中所有的物质虽以不同的形式进行着无休止的循环运动，但在任何物质循环的过程中，都离不开水的参与，离不开水的独特作用，没有水的存在及其运动，难以想像生物圈里的自然变化，也难以想像自然生态环境和人类生态环境的变迁，更无从谈起人类的发展。这就是水资源的自然属性。

农业生产是生物圈中一种最基本的依赖生态环境完成的能量转换过程，因而，作为生态环境基本要素的水资源的缺失将直接制约着农业生产的发展。作为自然资源的水和作为生态环境基本要素的水在农业生产中所具有的独特功能和特殊作用，反映了水资源对农业发展的极端重要性，说明没有水资源的可持续利用，

农业的可持续发展将会成为一句空话。

1.2.3 水资源可持续利用对西北农业可持续发展具有特别重要的意义

1.2.3.1 水是农业的命脉，水利是改善农业生产条件的基础设施

水利是国民经济和社会发展的命脉，更是农业的命脉。水是一切农作物生长的基本条件，农作物在整体生长期都离不开水，没有水就没有农业。中国能以占世界 7%的耕地养活占全球 22 的人口，其根本条件之一就是有较大比例的耕地是灌溉农田以及建立在灌溉条件下的作物多熟制与高产栽培综合技术做支撑。自建国以来，我国通过大修水利，建造基本农田，发展灌溉事业，使得农作物的产出不断地增长，由此才实现了对国人温饱问题的妥善解决。联合国粮农组织在 1984 年出版的《发展中国家土地潜在供给能力》中估计，在无水利投入的情况下，中国的土地仅能养活 4.12 亿人口。但现在的情况却是实实在在地养活了 12.96 亿人口，并且还出现了农产品的相对过剩，开始实现农业发展由量的增长向质的增长的转变。这种状况的出现，其背后的一个重要因素就是水利事业的长足发展，这充分证明了水利的功不可没和水资源的重要地位，尤其是在西北地区，水资源的利用和水利事业的发展则具有更大的意义。在西北，有水就有农业。新疆是典型的绿洲农业，种植作物靠全程灌溉获得收成。宁夏、甘肃、青海有无灌溉的农作物，其产量差距很大，一般都在 2 倍以上。据有关学者测算，在西北地区的农业增长中，水利的贡献率达到了 60%～70%。80 年代中期由于水利建设滞后，工程老化失修，农业供水不足，使粮食产量徘徊不前。而 90 年代后由于加强了水利建设，粮食产量猛增，效果极为显著。因此在未来实现粮食的持续稳定增长以及 21 世纪农业的持续稳定发展中，必须抓住水利这个“命脉”，大力发展水利，扩大灌溉面积，增强对农业的持续支持能力。

1.2.3.2 水资源工程开发为农业可持续发展提供重要的安全保障

水资源首先是自然资源，经过人类开发以后，才能转变为经济资源。但当其作为自然资源时，由于各种原因的存在而使其与人类的需求目标往往存在一定的偏差，甚至在一定情况下可能会阻碍人类需求目标的顺利实现，即所谓“水害”。因此，实现对水资源的有效开发，使之更加有利于人类社会经济的发展，稳定增强其对社会经济与农业发展支援的保障程度，具有积极意义。在农业发展中，水利工程设施担负着极其重要的作用，其基本功能可以分为两类：一是当农作物生长因水分亏缺而产生障碍时，能够及时地予以灌溉补充，确保作物对水分的需要而使其正常生长；二是当发生暴雨或雨量偏大等原因而出现田间积水，从而使作物根系因浸泡而发育受阻时，能及时地予以排涝，以促使其正常生长环境的恢复。这两种水利工程的功能，是农业可持续发展中对水资源支持的内在要求，而农业水资源工程的开发如果偏离或者忽视了这两项功能的赋予，那么农业的发展将因所需要的基本条件环境的未能具备而难以得到良好保障，可持续发展的能力也必趋于弱化。因此，要良好地保障农业发展，增强农业可持续发展能力，农业水资源的工程开发便是其中的非常重要的一环。

1.2.3.3 西北地区水资源的科学利用在其农业可持续发展中具有特殊重要性

在农业基本自然资源（光、热、水、气、土）的配置上，我国西北地区并非达到理想状态，严重的水资源短缺和剧烈的水土流失与土地沙化，对农业的发展形成了极大的制约，其中水资源的严重匮乏成为农业发展中的最大制约因素。

我国西北地区拥有较为丰富的土地资源和十分优越的光热资源，这是农业发展最具优势的条件。其良好的光照条件和较大的昼夜温差，极利于农作物有机质的积累。在该地区，太阳辐射强，日照时间长，日照百分比较大，是我国光能资源高值区。大部分

地区日照百分率在 70%以上，光能辐射在 5.58×10^5 焦耳／厘米^2 以上，日照时数在 2 000小时以上，其中 3 000小时以上的面积占西北地区总面积的 2/3 左右。这种丰富的光能资源，为这一地区农作物光合作用提供了充分的能源。而较大的昼夜温差和相对集中的热量供给，极利于农作物生长，使得农作物籽粒饱满，只要水资源能够得到良好的保证，农作物产量水平往往很高。如在新疆，有水的地方便会成为物产丰富的绿洲；在甘肃的河西走廊，因祁连山积雪水的供给而使之成为甘肃省最为富饶的地区；在宁夏中部，因黄河的抽引灌溉而使之成为“塞上江南”，在陕西渭北旱原，因抽黄工程的开发而使之成为仅次于关中平原的陕西第二大粮仓……。但是，由于水资源的限制，这种高产高质情况的出现却是十分有限的。可以说，在西北地区，只要有水的地方，农业发展水平就高，只要有水资源的良好保障，农业的高产、高质与高效就会得到良好的体现。资料表明，在西北地区，农作物灌溉单产是无灌溉的 2.5 倍左右（见表 1-1）。另据在青海省乐都县马厂乡的实地调查，近 4 年由于连续干旱，春小麦产量只有 45～70 千克／亩，而在雨水充分的年份，其产量则可达到 200～250 千克／亩。可见水资源在西北地区农业发展中的重要性。

表 1-1　灌溉与非灌溉条件下的作物单产比较

单位 千克／公顷，%

省（区）	地　区	旱地单产	灌溉率	平均单产	灌溉地单产	灌溉单产/旱地单产
陕　西	榆林等	1 575	0.37	3 000	5 491.5	2.49
甘　肃	庆阳等	1 455	0.33	2 925	5 901.4	3.05
宁　夏	固原区	869	0.32	1 500	2 842.5	2.27

资料来源：水利部农村水利司，水土资源评价与节水灌溉规划，中国水利电力出版社，1998，5

1.3　水资源可持续利用与农产品产量可持续增长关系的定量分析

农业生产是以自然资源、劳动、技术、设备等为投入，经过

一系列的生物生命活动，最终生产出农产品的自然和经济活动的过程。自然资源作为农业生产的投入要素，其投入数量的大小与农产品的产量有着内在关联性。而水资源作为自然资源投入的一种，亦必然影响着农产品的产量。

设农产品的产量服从柯布—道格拉斯生产函数，则有：

$$Q=AX^{a}Y^{b} \qquad (1)$$

式中：Q—— 农产品最大产出量；

X——水资源量（包括自然降雨及人工灌溉水量）；

Y——水资源以外的要素投入，包括土地、化肥、农药、劳动、设备等；

A——一定的技术条件；

a——水资源对农产品总产出的贡献率；

b—— 水以外资源对农产品总产出的贡献率。

由式(1) 可得：

$$dQ/Q=dA/A+a\ (dX/X)\ +b\ (dY/Y) \qquad (2)$$

式（2）说明实现农产品产量的持续增加或至少不减少（$dQ/Q\geqslant 0$）的途径包括增加 dA/A、dX/X 和 dY/Y。

（1）当不考虑技术进步。即假设 $dA/A=0$ 时，分别增加 dX/X、dY/Y 或同时提高 dX/X、dY/Y 都可实现农产品产量的提高。在农业生产实际中，在一定的范围内增加水投入（$dX/X\geqslant 0$）、增加化肥的投入（$dY/Y\geqslant 0$）或同时提高 dX/X、dY/Y 都是行之有效的。如在西北地区，在其他条件不变的情况下，只要水量充分，农作物的产量就可以大大提高。由于水资源的匮乏使该地区的农作物产量只能达到应有产量的 1/3。

在缺水的地区，水对产量的影响作用大，在丰水区其他的因素更为重要。事实上总量的水分（包括自然降雨及人工灌溉水量）和总的其他要素投入（如土壤的自然肥力和人工施肥的总和）在一定的技术条件下，存在着一定的配比关系。如果社会发展需要的农产品产量为 Q_1，相应投入应为 X_1、Y_1。如果由于水

资源短缺，使水投入实际量只能为 $X_2 < X_1$，相应的其他资源投入为 $Y_2 < Y_1$ 时，则由于水资源短缺而减少的农产品量为 $AX_1^{a}Y_1^{b} - AX_2^{a}Y_2^{b}$。

一定的技术条件反映为农作物单位灌溉需水量一定，当水量增加时，能灌溉的面积增加，从而产量增加。因此，在缺水的条件下，$AX_2^{a}Y_2^{b} - AX_1^{a}Y_1^{b} \leqslant 0$，说明水资源的短缺，阻碍了农产品的产量的增长。

农产品产量地持续增加要求 $(dQ/Q) \geqslant 0$，因而在技术不能提高时，要求 $(dX/X) \geqslant 0$（同时 $dY/Y \geqslant 0$），即水资源的量至少不减少，才能满足农业产量不下降。说明水资源的可持续利用是农产品产量持续提高的基本条件。

(2) 技术进步在农业增长中的积极意义。由式 $dQ/Q = dA/A + a(dX/X) + b(dY/Y)$ 可看出：当投入不变时即 $dX/X = 0$，$dY/Y = 0$ 时，技术进步可使农产品获得 dQ/Q $(= dA/A)$ 的增长率。

如果受自然条件的约束，农业水资源的投入量不能增加即 $dX/X = 0$，为实现农业产量持续提高，就只能是使 $dA/A > 0$，即改变 a、A 的值。提高 a值的实现途径为通过调整农业产业结构、采取节水措施，改变水与其他要素的组合方式，使一定的水能与更多的其他资源匹配；提高 A 值的途径为；通过农业科技的应用，提高技术在农业总产出中的比重，增加 dA/A，从而生产出更多的农产品。

农业可持续发展要求保证当代人及后代人的对农产品的需求，在我国，至少 50年内人口的绝对数是不断增加的，并且随着生活水平的不断提高，人均需求量还会提高，因此农产品的需求量是不断增加的，农业可持续发展在数量上反映为农产品数量的持续增加，在这个意义上也可以说，没有水资源的可持续利用，就没有农业的可持续发展。

需要全本请访问 www.ertongbook.com