

第一章 生态环境辨识

黄河流域黄土高原地区水土保持生态环境辨识主要包括：对黄土高原地区的范围、自然环境、人文环境、土壤侵蚀状况的辨识，为水土保持和生态环境建设工作的顺利开展提供依据。

第一节 范围与面积

关于黄土高原的范围，各家意见不尽一致^[1~6]。以学科而论，地质学家主要以黄土分布的连续性与厚度作为区划的基本依据，一般认为黄土高原西起日月山，东至太行山，南靠秦岭，北抵鄂尔多斯高原，海拔 800~3 000m，是世界上最大的黄土分布地区，大部分在黄河中游，总面积为 41.56 万 km²^[7]。

关于黄土高原地区的范围，水利部黄河水利委员会 1990 年完成的《黄河治理开发规划报告》中，将龙羊峡到桃花峪之间的流域面积及鄂尔多斯内流区，通称为黄土高原地区，见黄河流域黄土高原行政区划图（见本书最后插页），该地区西起日月山，东到太行山，南靠秦岭，北抵阴山，涉及青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南 7 省（区），46 个地（盟州、市），306 个县（旗、市、区），总面积 64 万 km²，其中水土流失面积 45.4 万 km²，年均输入黄河下游泥沙 16 亿 t，是我国乃至世界上水土流失最严重、生态环境最脆弱的地区。

我们着眼于水系流域与产水产沙过程的完整性，在本书中采用了《黄河治理开发规划报告》中黄土高原地区的界线范围。

第二节 战略地位

黄土高原地区地域辽阔，具有发展农林牧业的有利条件。其矿产资源非常丰富，煤、石油、铝土、有色金属等都居全国重要地位，这里有我国和世界上罕见的特大煤田，煤炭总储量约占全国的 2/3，在黄河的上、中游地区，特别是上游河段，水能资源也很丰富。这里将是我国重要的能源重化工基地，对国家的能源结构调整影响很大。

黄土高原地区位于我国中部偏北地区，在国家经济开发中处于东、西部地带的过渡区。本区西部是我国经济欠发达的西北、西南地区。东部、南部是我国经济比较发达、人口稠密而能源严重短缺的东北、华东、中南等地区。黄土高原地区地理位置居中、交通发达的优越区位条件，在全国地区经济发展中起着承东启西的纽带作用。一方面，将为全国经济战略西移，为西部地带经济的起飞提供技术和动力；另一方面，本区作为全国最重要的能源基地，将以量大、质优的煤、电及其他原材料源源不断地输入东部沿海地区，对保证国民经济持续、稳定的发展有着十分重要的意义。

第三节 自然环境辨识

自然环境，这里主要指与水土保持生态环境密切相关的地质地貌、气候、植物和土壤。自然环境是制约区域社会经济发展和国土整治的最重要因素之一。在水土流失严重、经济发展水平低下的黄土高原地区，这种制约作用显得非常突出。黄土高原地区所处的地理位置和广阔的流域面积决定了黄土高原地区资源环境的特性：在自然区位上的过渡与不稳定性；生态环境脆弱，地区差异明显等基本特征和结构上的复杂性。

一、地质地貌

（一）地面组成物质

该地区除石质山岭和沙漠外，地面大部分为黄土覆盖。土层厚度一般为 100~200m，最厚达 300m 以上。黄土是从沙漠、戈壁吹扬来的粉尘物，颗粒粒径多在 0.001~0.05mm 结构松散 富含碳酸盐 遇水易溶 暴雨中极易被冲刷而流失。

（二）黄土剖面构造

黄土具有明显的不同地质层次的剖面构造，最下层为午城黄土（ Q_1 ）厚 100m 夹有 17~18 层红色古土壤层和一层沙质黄土层；其上为离石黄土（ Q_2 ），厚 50~80m 夹有 13~14 层红褐色古土壤层和两层沙质黄土层；再上为马兰黄土（ Q_3 ）淡灰黄色 疏松，一般厚为 10~15m 最上层为现代沉积物（ Q_4 ）厚度 2~3m 已不属黄土范畴 见图 1-1）。

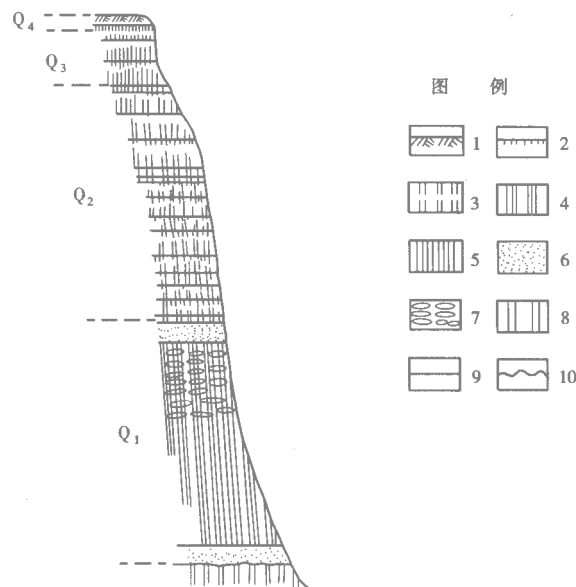


图 1-1 黄河中游黄土剖面示意图

1—全新世黄土；2—古土壤；3—中更新世黄土；4—早更新世黄土；5—晚更新世黄土；
6—砂层；7—钙质结核层；8—上新世红黏土；9—整合接触；10—不整合接触

(三) 地貌特征

黄土高原地区四周为恒山、五台山、太行山、秦岭、日月山、贺兰山和阴山等高山环绕，是一个盆式高地，总的地势是西北高、东南低。自西到东大致可分为三个台阶^①。第一个台阶是六盘山以西的陇中地区，海拔 1 200~1 800m。第二个台阶是六盘山以东、吕梁山以西的陇东、陕北、晋西地区，海拔 1 000~1 500m。第三个台阶是吕梁山以东、太行山以西的晋中和晋东北地区，由一系列的山岭盆地构成，一般海拔 1 000m 左右，盆地海拔 700~800m。

除上述山岭外，常见的地貌类型还有丘陵、高原、平原、阶地、沙漠、干旱草原、高地草原等。其中黄土丘陵分布最广，各省区都有，面积约 23 万 km²。地面坡度 15° 以上的占 50%~70%。沟壑密度大部分在 3~6km/km²，有的甚至达 6~8km/km²。高原主要分布在陇东、陕西延安地区南部和关中地区北部，以董志塬和洛川塬最大。山西临汾地区有少量残塬，地面坡度 1°~3°，沟壑面积占 2/3 左右。平原有银川平原，河套平原，汾渭平原，地面平坦，土地肥沃。阶地主要分布在渭河两岸，有 2~3 级，介于平原和高原之间，地面比较广阔，有少量侵蚀沟。沙漠主要分布在长城沿线，有毛乌素沙漠与库布齐沙漠，海拔 1 000~1 400m，地面略有起伏，沙丘密布，沙丘间有大小不同的碱滩地零星分布。干旱草原紧连上述沙漠，不断受沙漠南侵威胁，地面有稀疏草类，一旦被破坏，土地沙化就成沙漠。流域境内有 4.2 万 km² 的闭流区。高地草原主要分布在甘肃省南部和青海省东部，海拔 2 000~3 000m。高山、丘陵间有滩地，地面坡度 15° 以上的占 60%。

另外，靖边、定边、环县、固原、海原、定西等地的黄土丘陵，在发展历史过程中形成了塬地、塬地、壕地、箐地貌类型，再发生新的破碎、塬、壕、侵蚀，形成了黄土高原中、北部区域的独特现代地貌侵蚀过程。

(四) 地貌分带规律

黄土高原地区虽然地貌形态类型多样，但从每一座石质山地到河谷地区，往往有相同的地貌分带规律性表现（见图 1-2）。

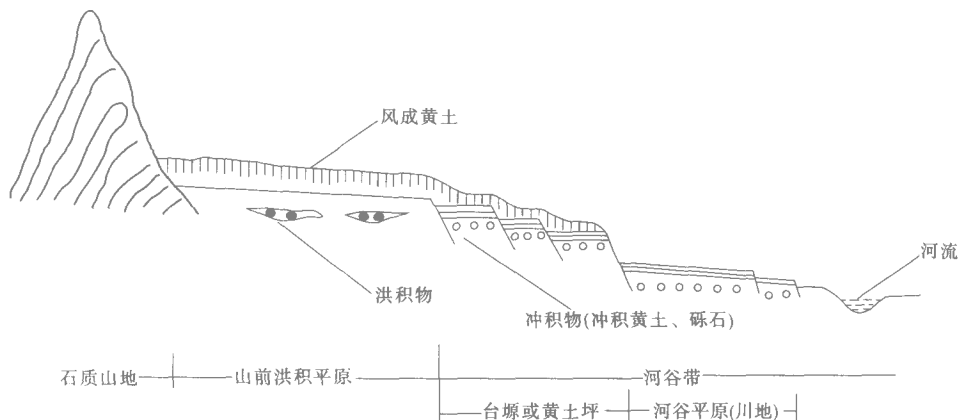


图 1-2 石质山地—大河河谷地貌示意剖面

① 水利部黄河水利委员会. 黄河治理开发规划报告. 1990

二、气候

(一 气候资源特征

黄土高原地区地处中纬内陆，四周高山环绕，属大陆性季风气候类型。冬季干燥寒冷 夏季温暖湿润 雨热同步。按中国科学院《中国自然地理》编辑委员会提出的中国气候区划（1984 年）全区分为三个气候区，即南部和东部为暖温带亚湿润气候区，北部为中温带亚干旱气候区，西部为中温带干旱气候区。区内年总辐射量 $50.2\sim 67.0$ $\times 10^4 \text{J}/\text{cm}^2$ ，年平均气温 $3.6\sim 14.3^\circ\text{C}$ 。区内年降水量 $150\sim 750\text{mm}$ 。东南部的汾渭盆地和晋西、豫西黄土丘陵区 年降水量 $600\sim 750\text{mm}$ 是区内降水量最丰沛的地区 西部和西北部的宁夏、内蒙古黄河沿岸地带鄂尔多斯高原西部 甘肃靖远—景泰—永登一线 年降水量为 $150\sim 250\text{mm}$ ，是区内降水量稀少的地区。区内降水量具有年际和季节分布不均、变率大的特点。降水量的年相对变率均为 $20\%\sim 30\%$ 季节相对变率为 $50\%\sim 90\%$ 。丰水年降水量是枯水年降水量的几倍甚至十几倍^[2]。降水集中期具有以准十年的周期提前或滞后（ $15\sim 30$ 天）的波动推移特征^[3] 以及大风、沙漠日数多 蒸发量大等。全年大风日数 $10\sim 20$ 天 西北部多达 25 天。大部分地区年蒸发量为 $1500\sim 2000\text{mm}$ 超过年降水量的 $2\sim 8$ 倍。

(二 气候资源结构

黄土高原地区由于缺乏足够的降水资源与光温资源匹配，加剧了区域生态不稳定性，降低了绿色植物对光温的转化利用率，从而限制了资源潜力的发挥。

我们依据日照时间的长短 将黄土高原地区不同类型区的光气候资源分为两级 光强（日照时间 $\geq 2800\text{h}$ ）、光中（日照时间 $< 2800\text{h}$ ）依据年平均气温的大小 并参照年平均最高气温与年平均最低气温将其温度气候资源分为三级，温高（年均气温 $\geq 10^\circ\text{C}$ ）、温中（年均气温 $8\sim 10^\circ\text{C}$ ）、温低（年均气温 $\leq 8^\circ\text{C}$ ）依据年平均降水量的多少 将其降水气候资源分为三级 水多（年均降水量 $\geq 600\text{mm}$ ）、水中（年均降水量 $400\sim 600\text{mm}$ ）、水少（年均降水量 $\leq 400\text{mm}$ ）。并根据排列、组合的乘法原理 将这些光、温、水气候资源指标配比为 18 种气候结构类型。其中上述水土流失占 6 种类型（见表 1-1）。

表 1-1 黄土高原地区不同类型区光、温、水气候资源配比结构

类型区	光、温、水						配比结构类型
	年均日照时数 (h)	年均气温 ($^\circ\text{C}$)	年均最高气温 ($^\circ\text{C}$)	年均最低气温 ($^\circ\text{C}$)	年均降水 (mm)	年均汛期降水 (mm)	
黄土丘陵沟壑一副区	2 858.2	8.5	38.9	-31.4	448.6	315.3	D
黄土丘陵沟壑二副区	2 414.4	8.5	39.7	-28.6	534.3	415.1	C
黄土丘陵沟壑三副区	2 163.6	10.2	40.5	-19.9	565.7	332.7	B
黄土丘陵沟壑四副区	2 500.0	3.3	29.0	-24.5	450.0	275.0	E
黄土丘陵沟壑五副区	2 444.3	5.6	39.0	-28.1	383.0	247.8	F
土石山区	2 295.8	11.6	38.0	-22.0	583.0	375.9	B
黄土高原沟壑区	2 484.0	9.8	40.0	-25.4	572.5	359.7	C
风沙区	2 903.0	6.9	36.5	-31.4	355.2	280.8	G

注：B 光中—温高—水中型 C 光中—温中—水中型 D 光强—温中—水中型

E 光中—温低—水中型 F 光中—温低—水少型 G 光强—温低—水少型

三、植被

(一) 植被地带

黄土原地区由于受气候过渡性特征所制约 植被分布具有明显的过渡性特征 自东南向西北, 依次从森林带—森林草原带—草原带—荒漠草原与荒漠带过渡。

1. 森林地带

森林地带位于黄土高原的东南端。其北界始于蒲县 向西南经过吉县、黄龙、黄陵、麟游、陇县北部 至天水南部。该地带包括黄龙山大部和关山南部。

该地带主要地貌类型为高原沟壑、土石山地和小部分黄土丘陵。全区海拔 800~1 200m。平均年降水量 550~650mm 年平均气温 9~12℃ 不小于 10 的活动积温大于 3 200℃,干燥度 1.3~1.5。地带性土壤为褐色土。

该地带以落叶阔叶林为主 优势树种和建群种有辽东栎、山杨、白桦 针叶树有油松、侧柏 此外还有构树、栎树等乔木 灌木有黄栌、连翘、丁香、荆条、胡棒子、二色胡枝子等。

由于本区海拔适中,气候温和、湿润,是优质苹果基地。此外 还有柿子、核桃、枣、桃、梨、杏、山楂、葡萄等各类果树。

主要造林树种有油松、刺槐、杨、泡桐、臭椿、榆、桑、白蜡、楸、栎、侧柏等。

2. 森林草原地带

森林草原地带南接森林地带 其北界由兴县沿绥德、志丹、固原、西吉、会宁南部到定西南部终止。区内包括黄龙山北部、子午岭和六盘山。

该地带海拔 1 100~1 900m 主要地貌类型有黄土丘陵、黄土残塬和土石山地。子午岭为黄土覆盖的低山丘陵。该区黄土丘陵面积最大。气候为半湿润、半干旱气候;年平均降水量 450~550mm 年平均气温 6~9℃ 不小于 10 的活动积温 2 800~3 100℃ 干燥度为 1.4~1.8 地带性土壤为黑垆土和灰褐土。

该地带属于森林地带和草原地带之间的过渡地带 森林主要发育在较高的山地、丘陵及阴湿的沟谷中 优势树种和建群种主要有辽东栎、山杨、白桦、油松、侧柏等。在六盘山有箭竹、华山松、红桦等组成的天然林。在沟谷和阴坡分布有中生灌丛 有丁香、沙棘、绣线菊、黄刺玫、虎棒子等。黄土丘陵沟壑区由于水土流失严重 生态环境趋向旱化 草原植被占据优势,主要有白羊草草原、长芒草—白羊草—兴安胡枝子草原、芨蒿—长芒草草原等。

果树有苹果、梨、杏、枣、核桃等。

该地带常见的造林树种有油松、刺槐、杨、榆、侧柏等 灌木树种有沙棘、紫穗槐、柠条、山杏、山桃等。

3. 典型草原地带

典型草原地带南界与森林草原地带相毗邻,其北界始于黄土高原北界向西经过定边、同心 至兰州以南。

该地带海拔 1 200~1 800m 主要地貌为黄土丘陵 靠北部有部分盖沙黄土丘陵、滩地和沙地。多年平均降水量 300~450mm 多年平均气温 6~9℃ 不小于 10℃的活动积温为 2 300~3 000℃ 干燥度 1.82~2.2 地带性土壤为黑垆土、淡栗钙土、风沙土等。

该地带植被的主要特征是草原植被占优势，主要有长芒草草原、芨芨草原、大针茅草原、小灌木百里香草原以及冷蒿、星毛萎陵菜、针茅组成的草原类型。其多分布于显性地段或梁峁顶部。该区的灌木种类较多，分布地域也广，往往形成灌丛草原景观，常见的灌木种类有柠条、小叶锦鸡儿、酸枣、文冠果、白苕梢等。乔木树种少，除零星分布的侧柏、油松、小片杜松林外，在沟道中有小叶杨等。

由于该区干旱少雨，果品生产受到制约，除黄河峡谷区的红枣外，还有海红、杏、梨、葡萄等。近年来苹果面积有较大发展，但有时有冻害。

该区造林以灌木为主，灌木有沙棘、柠条、紫穗槐、柺柳等。北部沙区沙蒿、踏郎、花棒占有较大比重。只在河谷平原、沟道等处营造乔木林，常采用的树种有杨、榆、旱柳等。近年来油松有扩大的趋势。适宜草种有沙打旺、草木樨、苜蓿等。

4 荒漠草原地带

荒漠草原地带位于黄土高原西北端，其南界与典型草原相接，从六盘山的北端延伸到该区。

该区处于黄土丘陵边缘地带，丘陵平缓，谷地开阔，全区海拔 1 400~1 900m，气候属暖温干旱—半干旱气候，多年平均年降水量 300mm 左右，多年平均气温 6~9℃，不小于 10℃ 的活动积温 2 200~2 600℃，干燥度 2~3.5。地带性土壤为灰钙土，土壤沙性较大。

该区的植被地带特征是短花针茅草原广为分布。以六盘山为界，分成东西两部分，西部除短花针茅草原外，还有灌木亚菊、驴驴蒿为建群种的各类草原。并且，草原中还有中亚紫宛木等荒漠草原成分和草霸王、盐生草等荒漠成分伴生。东部则常伴有长芒草、阿尔泰狗娃花、小旋花等成分，在较高的地形部位分布着长芒草草原等。

此区栽培乔木明显减少，仅有枣、榆、旱柳等。灌木有柺柳、沙柳、柠条等。主要草种有沙打旺等。

(二) 植被垂直分布

黄土高原山地随海拔高度的上升而更替着不同的植被带，这是由于在同一地区，海拔高度的不同使造林种草的主要制约因素——水、热因子也发生了较大变化。一般海拔高度每上升 100m，气温降低 1℃。同样在不同海拔高度无论是植被类型、树种等都有明显的差异，呈现有规律的更替。一般随海拔高度的上升，植被的分布为阔叶林—针阔叶混交林—针叶林—高山草甸。各山地垂直带谱的结构和每垂直带的群落组合，一方面受该山所在的水平地带的制约，另一方面受山体高度、山脉走向、坡向、地形和局部气候的影响。因而，每一个山体都具有其特有的植被垂直带系列。但是，由于在大致相同的生物—气候的条件下，地形所引起的水、热因子变化的效应也是基本一致的，所以每个水平植被地带的山地植被，一般均具有相同或相似的垂直带谱。黄土高原地区四个植被地带中的垂直分布情况，以典型山体的植被分布为代表（见图 1-3）。其中，植灌种草受制约地区以贺兰山东坡为代表，造林局部适宜、灌草适宜地区以六盘山为代表，种树种草适宜地区以秦岭、太白山为代表。

(三) 植被资源

黄土高原植被分为森林、草场、经济林果及野生植物四类资源。

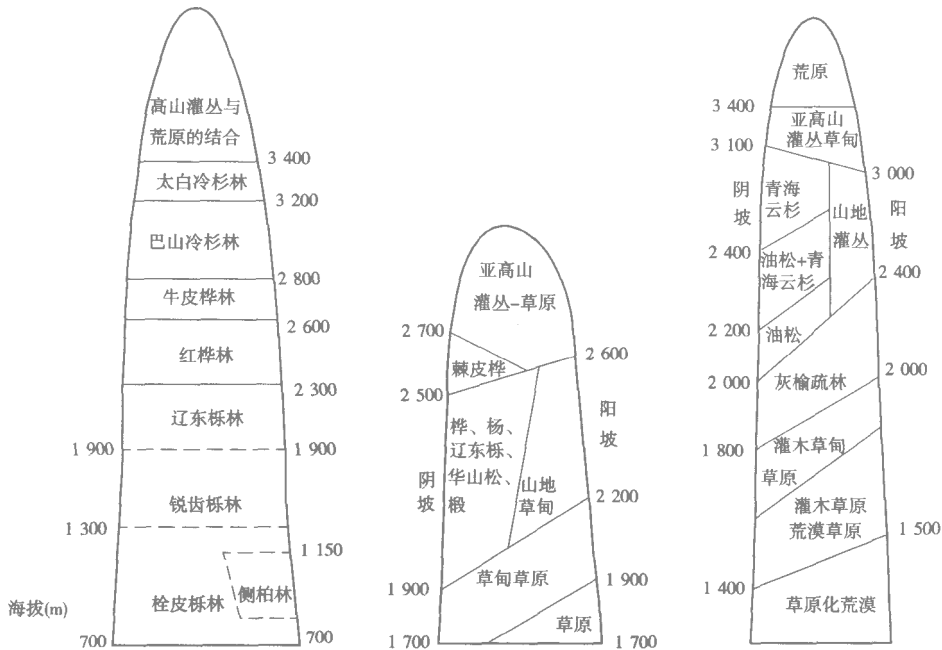


图 1-3 黄土高原典型山地植被垂直带示意图

1. 森林资源

黄土高原森林资源贫乏 树种单一 常见树种有油松、侧柏、刺槐、杨、栎、桦、落叶松、榆、椿等 数量分布不均匀 天然林集中分布于黄龙山、子午岭、关山、六盘山等地 全区各县的森林覆盖率因自然条件差异而差别甚大，如宁夏同心县森林覆盖率不足 1% 而陕西黄龙县为 65.8% 林分质量低 天然林多为多代萌生的阔叶林 林相残败 生长不良 质量低劣 工业用材比重小 有相当数量的人工林与天然林长成“小老树” 林种结构不合理 人均占有资源数量低 人均有林地 0.1hm^2 人均灌木林地 0.065hm^2 。综上所述 现有森林资源难以满足国土整治、环境保护、工农业生产和群众生活之需要。

2. 草场资源

全区草场面积 842.23hm^2 占总面积的 31.54%。其中可利用草场占总草场面积的 93.72% 在总草场面积中，天然草场占 91.19% 人工草场与改良草场占 8.81%。由于过度放牧、人为破坏等原因 草场退化严重 单位面积产量低 全区平均单位面积产干草量为 $4.11\text{t}/\text{hm}^2$ 。因为改良草场与人工草场所占比例过小，当前草场过载问题仍是制约畜牧业发展的关键。

3. 果树与经济林资源

黄土高原气候地貌的复杂多样性决定其适宜栽培多种果树和经济林，目前栽培的种类有：苹果、梨、杏、桃、葡萄、猕猴桃、梅、李、海红、楸子、柿、石榴、樱桃、山楂、枣、核桃、毛栗、花椒、桑等。近年来 由于大力发展果品生产 以渭北旱塬为主要产区的优质苹果销往全国，充分显示了黄土高原在果树栽培上的环境优势，出现了总产过 5 000 万 kg 的县和地区，种植果树成为农民奔小康的致富之路。

4. 野生植物资源

黄土高原共有维管束植物 3 000 余种，有利用价值的野生植物甚多。据资料统计，淀粉糖类植物 80 余种 油料植物 100 余种 色素植物 20 余种 饲用植物 50 余种 药用植物 900 余种。沙棘是黄土高原开发利用的重要植物之一，沙棘面积占全国沙棘总面积的 2/3 其种子可以榨油。沙棘油具有抗辐射、修复创伤组织的功能 果实可以做保健性沙棘饮料。沙棘属非豆科固氮植物 据测定 1hm² 沙棘每年可固氮 180kg 是大豆的 2 倍。虽然有丰富的野生资源 但由于技术、资金等原因 开发利用的很少。

(四) 类型结构

据有关部门调查，黄土高原地区现有草本植物 530 多种 木本植物 260 多种(其中乔木近 100 种、灌木 130 多种、藤本 30 多种)在目前经济技术水平下 在水土保持生态环境建设和发展商品经济中，可利用的植物主要类型见表 1-2。

表 1-2 黄土高原地区主要植物类型

植物		常见可利用种类	
类型	种数	分类	名称
乔 灌 木	260	用材	青杠、云杉、松、椿、侧柏、栎、椴、桦、杨、桐、柳、刺槐、榆、槐、楸、泡桐、沙枣、楝、杜梨、白蜡、槭等
		果品	苹果、梨、桃、杏、枣、柿、山楂、葡萄、核桃、石榴、板栗、海棠、文冠果等
		药材	枸杞、连翘、五味子、五加皮、金银花、女贞子、桃仁、杏仁、酸枣仁等
		编织原料	沙柳、柠条、荆条、桑条、紫穗槐等
		纤维原料	木槿、柠条等
草 类	503	药材	甘草、麻黄、黄芩、党参、黄岭、知母、大黄、冬花、苍术、香薷、薄荷、菊花、茵陈、柴胡、远志等
		纤维原料	亚麻、白草、马兰、芨芨草、草木樨等
		其他	果品有草莓等，编织原料有芦苇等
农 作 物		粮食	小麦、玉米、谷子、高粱、马铃薯、红薯、豆类
		油经	油料：油菜、胡麻、向日葵、大麻、籽麻 经济作物：棉花、烤烟、甜菜等

(五) 数量结构

以试点小流域资料为依据 对黄土高原地区不同类型不同气候资源配比的乔、灌、草

数量结构进行了分析。其数量结构主要包括生长分布面积、覆盖度等(见表 1-3)。

表 1-3 不同气候资源配比的乔灌草数量结构

类型区	配比结构类型代号	乔木林		灌木林		草类		合计		适宜植物	覆盖度(%)
		面积(hm ²)	%	面积(hm ²)	%	面积(hm ²)	%	面积(hm ²)	%		
黄丘一副区	D	9 870.0	32.6	15 797.5	52.2	4 606.1	15.2	30 273.6	100	灌木林为主	10~15
黄丘二副区	C	1 768.9	42.5	1 355.2	32.5	1 039.7	258.0	4 163.8	100	过渡区	15~20
黄丘三副区	B	2 210.3	68.6	158.7	5.0	851.0	26.4	3 220.0	100	乔木林为主	20~25
黄丘四副区	E	669.8	52.0	119.6	9.3	498.5	38.7	1 287.9	100	乔木林为主	25~35
黄丘五副区	F	943.6	14.5	2 401.6	36.8	3 180.2	48.7	6 525.4	100	过渡区	10~20
土石山区	B	939.1	67.0	462.7	33.0	—	—	1 401.8	100	乔木林为主	20~40
黄土阶地区	A	3 013.4	93.2	114.4	3.5	107.1	3.3	3 234.9	100	乔木林为主	3~6
高塬沟壑区	C	13 703.6	82.1	635.2	3.8	2 353.3	14.1	16 692.1	100	乔木林为主	20~30
风沙区	G	288.34	14.7	676.4	34.5	995.9	50.8	1 960.6	100	牧草类为主	20~30

四、土壤

(一) 土壤分布规律

土壤是各种环境因素综合作用形成的历史自然体,自然综合体中的所有要素都深刻地影响着土壤的形成、演变、属性以及改良利用,作为自然综合体的土壤要素也必然反映了环境条件的各种特点。黄土高原地区地域辽阔,由于受地势变化和经纬度的综合影响,引起水热条件和生物气候条件分异,所以土壤也呈现相应的水平地带性分布:由东南向西北依次分布有褐土、黑垆土、栗钙土、灰钙土(华空岭以西)和灰漠土。

在水平地带内,由于地形、母质、水文地质条件、人为耕种等影响,镶嵌了许多非地带性土壤^[9]。在高塬沟壑区的塬面、梁峁坡、沟谷、河川等不同地形部位分布有黑垆土、黄绵土、红土、潮土和新积土。在银川平原,从贺兰山麓至黄河岸,依次分布有灰钙土、风沙土、灌淤草甸土、草甸土、沼泽土、盐土、碱土与草甸土组成复区。在鄂尔多斯高原东部形成大面积的紫色土、紫色粗骨土及其与黄绵土、栗钙土、黑钙土、风沙土组成复区。

在不同纬度和基带土壤条件下,由于海拔高度的变化,引起生物气候变化,土壤亦呈现垂直地带性分布。

(二) 土壤养分资源分级

根据各地土壤普查资料,我们选择与作物产量关系最密切的土壤有机质、全氮、有效磷含量等为主要指标,并参照中国科学院水土保持研究所制定的“土壤养分资源分级标准”^[2](见表 1-4)对不同水土保持类型区土壤养分资源进行了分级(见表 1-5)。

表 1-4 土壤养分资源分级标准 *

养分	1	2	3	4	5
有机质	<0.6	0.6~1.0	1~1.2	1.2~1.5	>1.5
全氮	<0.035	0.035~0.05	0.05~0.075	0.075~0.10	>0.10
有效磷	<3	3~7	7~10	10~15	>15
速效 K ₂ O	<50	50~70	70~100	100~150	>150
Zn	<0.3	0.3~0.5	0.5~1.0	1~3	>3
Mn	<4	4~7	7~9	9~15	>15
B	<0.25	0.25~0.5	0.5~1	1~2	>2

注：* 引自中科院水土保持研究所《黄土高原地区土壤资源及其合理利用》。土壤有机质、全氮单位为 % 其他为 mg/kg。

表 1-5 不同水土流失类型区土壤养分资源结构分区

水土流失类型区	土壤养分资源结构分区
风沙区	M ₁ N ₁ P ₁ 极低养分区
黄丘一副区	M ₂ N ₂ P ₁ 极低养分区
黄丘二副区	M ₃ N ₃ P ₂ 低养分区
黄丘三副区	M ₃ N ₃ P ₂ 低养分区
黄丘五副区	M ₂ N ₃ P ₂ 低养分区
黄土高塬沟壑区	M ₃ N ₄ P ₂ 中养分区
土石山区	M ₅ N ₅ P ₃ 中养分区

从表 1-5 可以看出 黄土高原地区土壤养分资源由北向南 依次从风沙区 → 黄土丘陵沟壑区 → 黄土高塬沟壑区 → 土石山区逐渐递增趋势明显。

第四节 人文环境辨识

随着人口增加 迫于对资源需求量的增加 起坡开荒 毁林毁草 破坏了植被 过度放牧 造成草场退化 土地“沙化、石化”。

在修路、开矿等开发建设项目中 不重视水土保持 随意弃土弃渣等 造成新的水土流失。

由于长期自然因素和人为因素的共同作用，使黄土高原地区成为目前我国水土流失最为严重、生态环境最为脆弱的地区。

人文环境 这里主要指与农业生态系统密切相关的土地利用、土地生产力与土地资源人口承载力、农村产业结构、人口等。

一、土地利用

(一) 土地利用特征

土地利用是人类活动对土壤侵蚀加速和减缓的核心反映,黄土高原地区土地利用总体特征是以种植业为主 荒地及裸土石地较多 林地覆盖度低 对土壤侵蚀具有加速作用。

土地利用中存在的问题是:

(1)土地经营粗放,浪费严重。土地经营粗放主要表现在对土地的管理和投入方面,特别是对坡耕地的经营十分粗放,天然草地随意放牧。由南向北。粗放程度逐渐增加。土地浪费问题主要表现为土地撂荒 群落内空闲地多 沟坝地被毁弃耕 裸地不改造利用以及大面积荒草地没有得到有效利用等。

(2)土地利用结构不合理。集中表现在农耕地比重过大 林地、人工草地比重偏小 荒地和裸地等未利用土地比重过大 利用率低 生产力低。

(3)土地退化严重。土地退化类型有水土流失、风蚀沙化、草场退化、岩化和裸土化等。土地退化范围广 区域分化明显 北部以风蚀沙化为主 水土流失、裸土化普遍 沿河区域水土流失和岩化突出 广大丘陵沟壑区、高原沟壑区水土流失剧烈。全区域都有草场退化现象。

(二) 土地利用结构分析

根据不同类型土地利用情况的研究分析(见表 1-6)可以看出以下特点。

1. 风沙区

总土地面积 651.4 万 hm^2 其中农地、林地、草地分别占 3.4%、13.4%、8.2% 三者的面积比为 1:3.94:2.41 明显以林、草地为主 农地为副 从农地结构看 坡耕地占总土地面积的 1.6%，“三田”(梯田、坝地、水地)占总土地面积的 1.89%，两者的面积比为 1:1.18 坡耕地比例不大 从林地结构看 天然林占总土地面积的 1.9% 人工林占总土地面积的 11.5% 两者面积比为 1:6.05 明显以人工林为主 缺少天然林 从草地结构看 天然草地占总土地面积的 6.1% 人工草地占总土地面积的 2.1% 两者的面积比为 2.9:1，明显以天然草地为主。

2. 黄土丘陵沟壑区

总土地面积 2 187.9 万 hm^2 其中农地、林地、草地分别占 30.69%、13.40%、5.8%，三者的面积比为 5.29:2.31:1 明显农耕地偏大 林地、草地偏小 从农地结构看 坡耕地占总土地面积的 22.3%，“三田”占总土地面积的 8.42% 两者的面积比为 2.65:1，明显坡耕地面积偏大；从林地结构看，天然林占总土地面积的 2.85%，人工林占总土地面积的 6.7%，两者的面积比为 1:2.35 明显天然林保存面积偏低 说明林地破坏严重 从草地结构看，天然草地占总土地面积的 1.44%，人工草地占总土地面积的 4.36% 两者均不高，说明滥垦滥牧现象严重。

3. 黄土高原沟壑区

总土地面积 327.3 万 hm^2 其中农地、林地、草地分别占 40.18%、12.95%、7.82%，三者的面积比为 5.14:1.66:1 明显农耕地偏高 草地偏低 从农耕地结构看 坡耕地占总土地面积的 22.7%，“三田”占总土地面积的 17.45% 两者的面积比为 1.3:1 明显还有较大

表 1-6 不同类型区土地利用结构

类型区	农地										林地					
	坡地		梯田		坝地		水地		小计		天然林		人工林		小计	
	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)
黄丘一副区	156.7	22.1	30.5	4.3	7.5	1.1	8.6	1.2	203.3	28.7	8.2	1.2	114	16.1	112.1	17.3
黄丘二副区	61.0	22.4	11.3	4.1	1.0	0.4	2.9	1.1	76.2	28.0	32.3	11.9	24.4	9.0	56.7	20.9
黄丘三副区	102.4	28.8	40.0	11.3	1.5	0.4	10.8	3.0	154.7	43.5	10.3	2.9	36.0	10.1	46.3	13.0
黄丘四副区	39.4	16.8	9.1	3.9	0.3	0.1	12.1	5.2	60.9	26.0	5.9	2.5	14.7	6.3	20.6	8.8
黄丘五副区	127.8	20.7	29.3	4.7	3.8	0.6	15.5	2.5	176.4	28.5	5.7	0.9	41.6	6.7	47.3	7.6
黄土高原沟壑区	74.4	22.7	41.1	12.6	1.4	0.4	14.6	4.5	131.5	40.1	3.3	1.0	39.1	11.9	42.4	13.0
土石山区	143.1	10.3	29.6	2.1	7.7	0.6	7.3	0.5	187.7	13.5	306.5	22.1	121.1	8.7	427.6	30.8
风沙区	10.1	1.6	0.2	0.03	0.2	0.03	11.9	1.8	22.4	3.4	12.3	1.9	75.2	11.5	87.5	13.4

续表 1-6

类型区	草地						果园		水域		荒地		非生产用地		总面积
	天然		人工		小计		面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	
	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)	面积 (万 hm ²)	比例 (%)									
黄丘一副区	9.6	1.4	31	4.4	40.6	5.8	6.6	0.9	7.7	1.1	213.5	30.2	113.6	16.1	707.5
黄丘二副区	0.7	0.3	14.7	5.4	15.4	5.7	1.6	0.6	1.0	0.4	84.4	31.0	36.7	13.5	272.0
黄丘三副区	7.6	2.1	22.8	6.4	30.4	8.5	1.8	0.5	10.5	3.0	63.7	17.9	48.0	13.5	355.4
黄丘四副区	10.8	4.6	2.3	1.0	13.0	5.6	0.3	0.1	1.3	0.6	109.8	46.9	28.3	12.1	234.2
黄丘五副区	2.9	0.5	24.6	4.0	27.6	4.5	1.7	0.3	5.3	0.9	258.7	41.8	101.8	16.4	618.8
黄土高原沟壑区	8.3	2.5	17.3	5.3	25.6	7.8	5.5	1.7	2.7	0.8	69.8	21.2	49.8	15.2	327.3
土石山区	175.4	12.6	19.4	1.4	194.7	14.0	3.7	0.3	9.7	0.7	420.1	30.3	143.4	10.3	1 387.0
风沙区	40.1	6.1	13.7	2.1	53.8	8.3	0.4	0.1	6.3	1.0	328.7	50.4	152.3	23.4	651.4

面积的坡耕地需要改造；从林地结构看，天然林占总土地面积的 1.0% 天然草地占总土地面积的 2.54% 两者均不高 说明天然林地、天然草地破坏也是十分严重的。

4. 土石山区

总土地面积 1 387 万 hm^2 其中农地、林地、草地分别占 13.5%、30.8%、14.0% 三者的面积比为 1:2.28:1.04 明显以林、草地为主 农耕地为副 从农耕地结构看 坡耕地占总土地面积的 10.32%，“三田”占 3.22% 两者的面积比为 3.2:1 明显坡耕地面积也是比较大的 从林地结构看 天然林占总土地面积的 22.1% 人工林占总土地面积的 8.7%，两者的面积比为 2.54:1，明显以天然林为主；从草地结构看，天然草地占总土地面积的 12.6% 人工草地占总土地面积的 1.4% 两者的面积比为 9:1 明显以天然草地为主 人工草地偏少。

(三) 人均土地占有量分析

将黄土高原地区不同类型区人均土地占有量列表于表 1-7 从表中可以看出 不同类型区人均“三田”人均林地和人均水面的占有量都是比较少的 均有待于提高。人均难以利用土地比例较大，是未来开发的重点。今后调整的主要方向是增加水平梯田、林地和草地，改造难以利用的土地。

表 1-7 不同类型区人均土地占有量

(单位: hm^2 /人)

类型区	土地	“三田”	坡耕地	林地	草地	水域	难以利用土地
风沙区	6.340	0.087	0.133	0.920	0.167	0.087	4.020
黄丘一副区	1.131	0.093	0.293	0.227	0.060	0.020	2.270
黄丘二副区	1.727	0.107	0.380	0.180	0.107	0.020	0.619
黄丘三副区	0.453	0.067	0.133	0.047	0.033	0.013	0.088
黄丘四副区	0.573	0.060	0.073	0.047	0.007	0.033	0.330
黄丘五副区	1.160	0.120	0.207	0.100	0.060	0.040	0.655
黄土高塬沟壑区	0.553	0.107	0.120	0.073	0.033	0.027	0.132
土石山区	1.593	0.067	0.147	0.167	0.027	0.013	0.555

(四) 土地开发指数

土地利用程度受人口制约；突出地反映在土地开发指数（开发指数系土地利用面积与总土地面积的比值 利用面积系各种用途的土地利用 即农、林、草和村庄、道路、水域、场园等用地）与人口密度的关系（见表 1-8），一般情况下 人口密度愈大 土地开发指数愈高。这反映在同一类型区的试点小流域上，关系更为密切（表 1-9）。

表 1-8 不同类型区土地开发指数与人口密度

类型区	土地开发指数 (%)	人口密度 (人/ km^2)	类型区	土地开发指数 (%)	人口密度 (人/ km^2)
风沙区	49.5	63	黄丘四副区	53.1	174
黄丘一副区	69.8	76	黄丘五副区	58.2	86
黄丘二副区	69.0	58	高塬沟壑区	78.8	180
黄丘三副区	82.0	221	土石山区	69.7	63

表 1-9 黄土高原沟壑区试点小流域土地开发指数与人口密度

小流域名称	面积 (km ²)	人口 (人)	人口密度 (人/km ²)	开发指数 (%)
茜家沟	53.78	12 763	237	96.58
老虎沟	57.12	15 347	269	91.57
柳 沟	77.20	7 212	93	77.26
卫家峪	85.45	3 977	47	50.34

二、土地生产力与土地资源、人口承载能力分析

(一) 土地生产力

土地生产力 即在最适宜的生产条件下 土地能够持续生产人类所需生物产品的内在能力。它是由气候生产潜力、土壤肥力及地形、作物生物学特征和生产条件共同决定的。

结合光、热、水资源计算气候生产潜力 并与现实土地生产水平对比 可以为合理发展生产提供理论依据。

1. 气候生产潜力估算

计算气候生产潜力较为流行的方法有两种：一种是依据温度、降水等条件对光合潜力进行逐级订正。从而得到气候生产潜力；另一种是用迈阿密模型(Miami Model) 直接计算。

由于迈阿密模型所需的参数较少 因此 我们直接选用迈阿密模型估算了黄土高原地区不同类型区的气候的生产潜力(见表 1-10)。迈阿密模型如下：

$$\text{模型 I : } P = 3\,000(1 - e^{0.00644W}) \quad (1-1)$$

$$\text{模型 II : } P = \frac{3\,000}{1 + e^{1.315 - 0.119T}} \quad (1-2)$$

式中 P ——年净生产量, g/m²;

W ——年降水量, mm;

T ——年均温度, ℃;

e ——自然对数的底。

表 1-10 不同类型区年净生产量

类型区	模型 I 计算结果		模型 II 计算结果	
	年均降水 (mm)	年净生产量 (g/m ²)	年均温度 (℃)	年净生产量 (g/m ²)
风沙区	355.2	610.1	6.9	1 136.8
黄丘一副区	448.6	748.7	8.8	1 274.4
黄丘二副区	534.3	868.9	8.5	1 274.4
黄丘三副区	565.7	911.3	10.2	1 424.5
黄丘四副区	450.0	750.7	3.3	853.7
黄丘五副区	383.0	652.2	5.6	1 029.5
黄土高原沟壑区	572.5	920.3	9.8	1 388.2
土石山区	583.0	934.3	11.6	1 548.8
黄土阶地区	628.1	993	13.7	1 734.1

比较表 1-10 中的模型 I 与模型 II 计算结果, 前者的年净生产量均比后者低, 可见黄土高原地区不同类型区降水资源是植物生长的主要限制因子。

黄土高原地区, 农田降水转化效率不高, 是农田肥力不足所致。生产实践证明, 即使水分条件好的梯田、坝地、水地, 由于肥力水平不同, 其产量也存在着很大差异。据统计, 黄土高原地区施肥情况以纯氮计, 平均每生产 100kg 粮食氮素耗量较低, 一般为 3~4kg。这些地区的粮食单产长期徘徊在 750~1 875kg/hm²。而在相同降水条件下 施肥水平较高的地区, 产量则成倍增加。这说明农田施肥量与物质循环输入量和输出量是否平衡有密切关系。增施肥料是提高水分利用率、达到以肥调水的重要手段。这一点在旱农地区的农业生产实践中具有重要的现实意义。

2. 土地现实生产力分析

土地现实生产力, 即在现有生产条件下, 土地能够持续生产人类所需生物产品的内在能力。在黄土高原地区现有条件下, 人们难以控制或改变这些因素。因此, 掌握土地现实生产力与这些因素之间的相互联系, 并以此来指导农、林、牧业生产, 制定合理的增产措施, 才能在生产中取得更高的综合效益。根据我们对黄河中游不同水土流失区 40 条试点流域的现实生产力分析, 可以看出:

(1) 农耕地现实生产力: 试点期末 (1988 年) 有粮田面积 6.3 万 hm² 粮食产量 1.33 亿 kg。有“三田”3.8 万 hm² 平均每公顷产粮 2 914.5kg。有坡耕地 2.5 万 hm² 平均每公顷产粮 880.5kg。

“三田”面积虽只占粮田面积的 58.8% 但其粮食产量高达 1.1 亿 kg 占粮田总产量的 83.1% 坡耕地面积占粮田面积的 41.2% 但其粮食产量仅 2 238.4 万 kg 只占粮田产量的 16.9%。

(2) 林地现实生产力: 试点期末有林地 7.3 万 hm² 灌木林 2.4 万 hm² 经济林 0.6hm²。在林地中, 除了经济林外, 均以幼林、中龄林为主。经济效益计算结果表明, 2003 年 40 条试点小流域林地可产生净效益 1.2 亿元, 可见其远期效益是相当大的。

经济林挂果后, 效益增长很快。试点期间新增经济林 0.37 万 hm² 在正常情况下, 2002 年可增加效益 3.6 亿元。说明经济林是小流域治理中期效益的主要来源。

(3) 草地现实生产力: 试点期末有草地 1.4 万 hm² 平均每公顷产草量 13.5t 共计可产草 18.9 万 t 可食量 17.96 万 t (利用率 95% 计) 按每羊单位每年食草 1.5t 计 总可承载量为 11.97 万羊单位。

3. 气候生产潜力与现实生产力对比分析

在农业生产中, 由于受到现有生产技术、投入和管理条件限制, 现实生产力远没有达到气候生产潜力。只有气候潜力利用率才能真正反映气候生产潜力的实际利用状况。气候潜力利用率 (C) 可用实际生产力占气候生产潜力的百分比来反映。即:

$$C = \frac{\text{实际生产力}}{\text{气候生产潜力}} \times 100\% \quad (1-3)$$

我们利用此式计算不同类型区小流域试点始、末气候潜力利用率, “三田”与坡耕地气候潜力利用率的计算结果列于表 1-11、表 1-12。

表 1-11 不同类型区试点小流域始、末气候潜力利用率比较

试点流域 所在类型区	气候生 产潜力 (kg/hm ²)	试点始		试点末		试点期 间增长 (%)
		平均单产 (kg/hm ²)	气候潜力 利用率 (%)	平均单产 (kg/hm ²)	气候潜力 利用率 (%)	
黄丘一副区	7 487.4	727.5	9.7	1 053.8	14.1	4.4
黄丘二副区	8 689.4	387.0	4.5	478.5	5.5	1.0
黄丘三副区	9 113.5	1 284.0	14.1	2 122.5	23.3	9.2
黄丘四副区	7 507.4	2 265.0	30.2	2 835.0	37.8	7.6
黄丘五副区	6 523.3	619.5	9.5	1 081.5	16.6	7.1
黄土高原沟壑区	9 203.5	1 797.0	16.3	2 530.5	27.5	11.2
土石山区	9 343.5	3 258.0	34.9	3 535.5	37.8	2.9
风沙区	6 100.3	1 275.0	20.9	3 985.5	65.3	44.4

表 1-12 不同类型区试点小流域“三田”与坡耕地气候潜力利用率比较

试点流域所 在类型区	气候生 产潜力 (kg/hm ²)	“三田”		坡耕地		“三田”比 坡耕地 增长 (%)
		平均单产 (kg/hm ²)	气候潜力 利用率 (%)	平均单产 (kg/hm ²)	气候潜力 利用率 (%)	
黄丘一副区	7 487.4	1 626.0	21.7	687.0	9.2	12.5
黄丘二副区	8 689.4	1 416.0	16.3	289.5	3.3	13.0
黄丘三副区	9 113.5	2 524.5	27.7	1 120.5	12.3	15.4
黄丘四副区	7 507.4	3 750.0	50.0	1 290.0	17.2	32.8
黄丘五副区	6 523.3	1 521.0	23.3	694.5	10.6	12.7
黄土高原沟壑区	9 203.5	2 818.5	30.6	1 230.5	13.4	17.2
土石山区	9 343.5	4 210.5	45.0	3 579.0	38.3	6.7
风沙区	6 100.3	4 789.5	78.5	1 875.0	30.7	47.8

从表 1-11 可以看出,不同类型区小流域试点期间气候潜力利用率平均增长 12.2%。其中黄丘二副区增加最少为 1% 风沙区增长最多为 44.4%。

从表 1-12 可以看出,不同类型区试点小流域“三田”气候潜力利用率比坡耕地平均增长 20.4% 其中土石山区增长最少为 6.7% 风沙区增长最多为 47.8%。

(二) 土地资源人口承载力分析

土地资源人口承载力,即在一定生产条件下,土地资源的生产力和一定生活水平下所承载的人口限度。而土地资源生产力又是由生产条件决定的。生产条件一般可分为自然条件和技术经济条件。自然条件除在空间分布上有差异外,一般都具有时间上相对稳定的特点;技术经济条件是随着时间延续不断向前发展的。因此,随着科学技术的进步、管理水平的提高而使土地生产力不断提高。从上一节分析可知,黄土高原地区,土地现实生产力远低于农业气候潜力。因此,应立足于改善农业生产设施、合理调整土地利用结构、