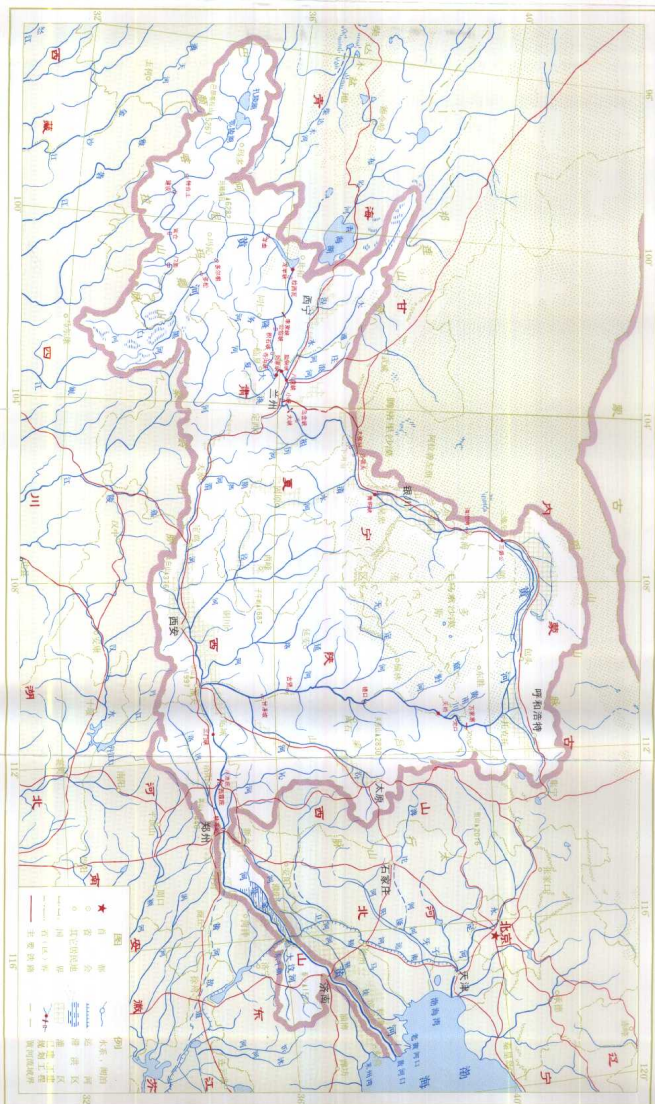


黄河流域简图



目 录

序.....	钮茂生(1)
前 言.....	(1)
总 论.....	(1)

环境与水土流失

黄土高原的形成发育与演化	(41)
1 黄土高原的地形与地质主要特征	(41)
2 高原黄土的起源、成因、物质组成与分布特点	(45)
3 高原古气候变迁对黄土发育的影响	(52)
4 高原黄土地貌的形成发育与演化	(56)
5 黄土高原的形成发展与黄河发育及古黄土文化演进的 相关性	(60)
黄土高原地区的自然地理环境与水土流失	(68)
1 关于黄土高原侵蚀产沙原因及过程的认识	(68)
2 自然地理环境的形成及其特点	(71)
3 水土流失空间分异与自然地理环境	(75)
历史时期黄土高原地区的植被	(85)
1 对黄土高原历史植被研究的评述	(85)
2 西周至战国时期的植被	(87)
3 秦汉至宋元时期的植被	(95)
4 明清以来的植被	(100)
5 黄土高原植被与环境变迁	(109)
黄土高原地区人口和土地利用的演变	(119)
1 史前期黄土高原的人类活动及环境	(119)

2 历史时期人口和土地利用的演变	(124)
3 人口和土地利用的演变对黄土高原环境的影响 ...	(142)
黄土高原地区土壤侵蚀	(148)
1 土壤侵蚀的主要特点	(148)
2 影响因素分析	(156)
3 小流域土壤侵蚀特点	(162)
4 土壤侵蚀的环境后效	(171)
水土流失与泥沙输移	(178)
1 水土流失类型及其分区	(178)
2 汇流及输沙特性	(200)
3 泥沙输移比	(207)
黄土高原地区流域侵蚀产沙模型研究	(213)
1 流域侵蚀产沙模型的发展	(213)
2 小流域侵蚀产沙模型	(215)
3 大、中流域侵蚀产沙模型	(219)
4 流域侵蚀产沙模型的应用	(225)
黄土高原的土壤水分研究	(230)
1 黄土高原土壤水分的物理特征	(230)
2 黄土高原的土壤水分与有效利用	(246)
3 黄土高原土壤水分对降雨产流的影响	(259)
径流小区试验研究	(269)
1 径流小区研究的发展历程	(269)
2 小区研究的总体布设与观测设施	(272)
3 主要研究成果	(276)
4 径流小区试验成果的应用及今后深化研究的设想 与构思	(288)

治理开发与效益

黄土高原地区水土保持的发展历程与基本认识·····	(293)
1 水土保持的发展历程与主要成就·····	(293)
2 深化基本认识、强化总体布局·····	(303)
人类活动造成的新的水土流失及其防治·····	(328)
1 新的水土流失产生的原因及其危害·····	(328)
2 人为的新的水土流失量的估算·····	(332)
3 新的水土流失的防治·····	(347)
黄土高原地区植被建设·····	(356)
1 黄土高原地区植被建设的目标与任务·····	(356)
2 黄土高原地区生态经济型防护林体系建设的理论与实践·····	(358)
3 黄土高原地区抗旱造林技术·····	(369)
4 黄土高原地区植被建设的生态效益·····	(373)
黄土高原坡耕地治理与开发·····	(377)
1 坡耕地改造在黄土高原治理与农业发展中的作用·····	(377)
2 坡耕地治理措施·····	(382)
3 坡耕地改造蓄水增产效益与优化设计·····	(390)
黄土高原地区沟道坝系建设·····	(403)
1 沟道坝系建设的现状及评价·····	(403)
2 坝系建设规划·····	(410)
3 沟道坝系相对稳定的研究·····	(422)
4 沟道坝系的发展前景及需要研究的问题·····	(425)
小流域综合治理与开发·····	(429)
1 黄土高原小流域治理开发现状与发展趋势·····	(429)
2 小流域治理规划方法研究·····	(435)

3 小流域综合治理开发与生态经济系统建设评价 …	(443)
黄河流域水土保持综合效益分析……………	(464)
1 水土保持效益的分类及其内容 ……………	(464)
2 水土保持效益计算方法及评价指标体系 ……………	(468)
3 水土保持综合治理效益分析 ……………	(473)
黄河上中游水利水土保持减沙作用分析……………	(484)
1 分析采用的水保措施面积 ……………	(484)
2 分析采用的计算方法和减沙指标 ……………	(489)
3 计算方法评述 ……………	(494)
4 减沙计算成果比较 ……………	(502)
5 中游减沙的成因分析 ……………	(506)
水土保持在黄上高原地区经济发展中的地位与作用……………	(509)
1 黄土高原地区经济发展的有利条件和制约因素 ……	(509)
2 水土流失的治理成就及其在黄土高原地区经济发展 中的作用 ……………	(516)
3 前景展望 ……………	(523)
附录 黄河基本数据……………	(526)
后记……………	(531)

总 论

黄河流域的水土保持事业,其核心内容可以归结为黄土高原的水土流失防治与水、土、生物资源的保护与开发利用。在经历了近半个世纪的艰难探索、曲折发展后,终于进入持续、稳定、协调发展的成熟阶段,取得了举世瞩目的成就。长期实践令我们确信:黄河流域的水土保持事业,对黄河治理开发、黄土高原国土整治、促进当地群众脱贫致富及发展流域经济意义重大,是黄河的治本措施之一。

治黄水土保持事业和全国水土保持一样,是伟大的、长期的、群众性的事业。在过去漫长的历程中,治黄水保事业凝聚了高层决策人员的远见卓识与各级管理人员的组织协调才干;广大科技人员和专家学者们的博大精深与洞察入微的科学实践;而最重要的是作为治理开发主体的千百万农民群众为迫切改变贫穷面貌的强大驱动力所激励的创造性劳动。从某种意义上说,无论是管理决策智慧或是科技创新都是来源于千百万群众的创造性实践,才能像今天这样根深叶茂。而这正是水保科技的最大特点。

认识自然,并在认识自然过程中不断深化对黄土高原环境与水土流失规律的整体认识;改造自然与顺应环境,在反复实践中不断提高黄土高原治理开发的水平。这就是治黄水保事业的两大主线;也是本卷“论丛”中各篇论文论述内容所围绕的两大主题。“总论”就是撷取和荟萃了以下 18 篇论文的精华,并力求加以综合集成,为读者勾绘一个治黄水保科技的概貌。

1 黄土高原地区的环境

黄河流域的水土流失区,在上中游为严重土壤侵蚀的黄土高原和风沙区;在下游为支流大汶河流域的泰沂山区。但主体则无疑是黄土高原地区。

1.1 自然环境

1.1.1 自然地理范围

该地区西为祁连山余脉,西北为贺兰山,北为阴山,东为管涔山及太行山,南为秦岭。

1.1.2 地势

该区四周高山环绕,中部为海拔 1 200~2 000m 的高原。地势总趋势是西高东低,北高南低。中部大致以长城为界,北为鄂尔多斯高原,南为黄土高原。突出于黄土高原中的六盘山和吕梁山,把黄土高原从西到东分割为陇西、陕北及山西三部分。平原主要沿黄河及其支流分布,有宁蒙河套、汾渭河谷平原。

1.1.3 地质结构与区域地质构造

黄土高原基底构造复杂,以六盘山板块俯冲带为界划分为东西两个大陆板块(简称陆块),其东为华北陆块,其西为西域陆块。

展布于黄土高原中东部的华北陆块,其南北两侧分别以板块俯冲带与秦岭及内蒙微陆块分隔。该板块系太古代太行运动及早元古代五台及吕梁运动先后褶皱回返,成为稳定的刚性陆块,但后期中生代断块运动,使该陆块基底分裂成阴山、鄂尔多斯、吕梁、太行等断裂块体,多数呈正向运动隆起成山,如阴山、吕梁、太行山等;也有不均匀裂隙而成为湖盆,如鄂尔多斯盆地;特别是沿深断裂张裂而形成应力集中带,并扩张成裂谷,如河套与汾渭裂谷。至于黄土高原的西部仅涉及西域陆块北部边缘构造带,该陆块固结硬化程度不高,活动性强,该构造带山系至今仍快速隆升,地壳急剧增厚。

1.1.4 地貌

地貌的形成与发展多受构造控制。由于黄土高原地质结构复杂,基底构造活动差异性大,所以黄土地貌类型复杂,总起来说可以分为两大类:一类是宏观地貌(区域地貌),它受区域大地构造控制,可分为三大类型即黄土高原、黄土盆地及黄土冲积平原;另一类是微观地貌(局部地貌),它受局部小构造支配,就其成因而言,主要为流水侵蚀地貌,次为风蚀与重力侵蚀地貌。流水侵蚀形成的微地貌为黄土塬、黄土梁峁、黄土壕地、峁地以及切沟、冲沟、河沟等。

1.1.5 黄土地层与黄土成因

根据高原黄土堆积层序、接触关系、土体特性、生物群落化石及年龄材料等,黄土可划分为古黄土、老黄土、新黄土及最新黄土四组。

古黄土为石质黄土,时代属早更新世。主要分布于太岳山、崤山之西,长城以南地带,夹多层棕红色古土壤,一般厚10~40m,底界古地磁年龄距今243万年。老黄土,时代属中更新世,可分为上下两段:下段老黄土,广泛分布于伊洛河以西黄土高原,一般厚25~72m,古土壤层发育良好(层数4~12层),底界古地磁年龄距今约120万年;上段老黄土分布极为广泛,一般厚26~68m,夹古土壤4~8层,底界古地磁年龄距今47万年。新黄土,属晚更新世,分布范围更广,一般厚10~30m,底部有古土壤1~2层,热释光测定其距今年龄8.8~9.8万年。最新黄土,为近代黄土,时代属全新世。全区广泛分布,厚5~10m,底部三层黑垆土据 ^{14}C 测定,底界年龄分别为9 900、7 400、3 000年。

对于黄土成因,地学界长期存在争议,有冰成、水成、风成说。从黄土的物质来源、黄土的沉积构造与结构及黄土的地球化学特性、黄土的风成说论据比较充分。

1.1.6 土壤地带性分布

土壤是在一定的综合自然条件和人为作用下经过长期发育形成的。该地区由东向西和由南向北,土壤地带性变化均较明显,依次分布有褐土、黑垆土、灰钙土、栗钙土和棕钙土等类型。黄土高原覆盖的黄土,在黄土母质上直接发育的有黄绵土,且常与黑垆土交错存在。鄂尔多斯高原分布有风沙土,后套及银川平原分布有灌淤土和盐土。河源区分布有高山草甸土、亚高山草甸土和高山草原土。

1.1.7 植被地带性分布

该地区自东向西共跨越4个植被带。

(1)落叶阔叶林地带 包括延河、渭河中下游。太行山西麓和吕梁山地植被,有明显的垂直分异;秦岭及其东部支脉伏牛山也类似。本地带的黄土高原原始植被已被破坏殆尽。

(2)草原地带 包括内蒙古草原及苦水河、清水河、祖厉河等下游。该地带的山地,自北而南有阴山、贺兰山、白于山、六盘山、屈吴山等。其沙地植被主要分布于毛乌素沙地与库布齐沙漠。

(3)荒漠地带 位于流域西北部,仅包括伊克昭盟西端桌子山附近及贺兰山以南地区。

(4)青藏高原植被地带 兰州以西地势骤然升高,气候与植被条件与东部截然不同,除湟水谷地分布有温带草原外,绝大部分地区皆为高寒草甸、灌丛和高寒草原。

现简略阐述历史时期黄土高原地区的植被。研究者有侯学煜、朱志诚、史念海、王宁春等。研究方法有孢粉法、现代地植物法、地名法、历史地理学法。历史时期的黄土高原植被很复杂,不能笼统地将其称为森林或草原或森林草原。据论证,在原始天然植被保存较好的西周战国时期,在黄土高原的主体部分黄土塬上既有广大的草地,也有广泛分布的灌丛,还有长势不好矮小的灌木化乔木与成片的草地与灌木林相间分布。这样的植被实属疏林灌丛草原。至

于河谷低地及山地上的植被以乔木为主或可称之为森林植被,但它不能作为黄土高原的代表植被。

1.1.8 气候与降水

该地区属大陆性季风气候。冬季在强盛的极地干冷气团控制下,雨雪稀少;夏季蒙古高压北移,受西太平洋副热带高压和印度洋低压影响,盛行东南、西南季风,雨水增多。

流域年降水量的地区分布,总的趋势是由东南向西北递减。年降水量 400mm 等值线的走向是:自河口镇以南,经榆林、靖边、环县、定西、兰州,绕祁连山过循化、贵南、同德、玛多。此线西北一侧为干旱、半干旱区,东南一侧为湿润、半湿润区。

(1)湿润区 年降水量 $>800\text{mm}$,大致相当于落叶和常绿阔叶混合林带。主要分布于秦岭石山林区及太子山区,面积约 1.3万 km^2 。

(2)半湿润区 年降水量 $400\sim 800\text{mm}$,相当于落叶阔叶林和森林草原带。分布于除河源区外的兰州以上和河口镇以下的广大地区,面积 48.9万 km^2 。

(3)半干旱区 年降水量 $200\sim 400\text{mm}$,相当于草原和半荒漠地带。分布于河源区和唐乃亥至循化区间,以及兰州至河口镇黄河右岸地区,面积 20.9万 km^2 。

(4)干旱区 年降水量小于 200mm ,分布于青海共和、甘肃景泰、宁夏上宁、内蒙古乌海以及宁蒙河套灌区等,面积 4.1万 km^2 。

黄土高原暴雨:每年夏秋之际,由于高空东亚西风带纬向环流盛行,短波槽活动较多,当与有利的中、低空暴雨天气系统配合,特别是当暴雨期副高边缘的偏南低空急流提供有利水汽和动力条件时,往往形成大面积暴雨,24 小时暴雨笼罩面积可达 $5\sim 7\text{万 km}^2$ 。北部河龙区间的暴雨,以 7、8 月份频次较多,强度较大。如晋陕蒙地区,1977 年 7、8 月曾出现了安塞(7 月 5 日, 225mm)、子洲(7 月 27 日, 210mm)、乌审旗(8 月 1 日, 1400mm)、平遥(8 月 5

日, 365mm) 4 次大暴雨。

1.2 黄土高原地区的水、土及植被等资源

1.2.1 土地资源

黄考队利用 TM、MSS 及国上资源卫片等最新遥感信息, 求得全地区总土地面积为 62.37 万 km^2 (黄河规划的习用数据是 64 万 km^2)。全区以黄土丘陵沟壑区面积为最大, 占全区土地总面积的 39.6%; 全区平地 ($<3^\circ$) 面积占 29.6%; 全区土石山地面积占 22.3%; 全区沙地面积占 7.8%。

各级坡度的土地资源状况如下: $<3^\circ$ (平地) 的土地资源, 包括川平地、高平地 and 土石山地三部分, 全区川平地占平地面积的 71.5%; 高平地占 28.4%; 土石山地中的平地仅占 1.1%。 $3^\circ \sim 7^\circ$ (平坡地) 的土地资源占全区总土地的 6.77%; 其中 95% 分布于黄土丘陵, 5% 分布于土石山区。 $7^\circ \sim 15^\circ$ (缓坡地) 的土地资源占全区总土地的 16.2%; 其中 66.9% 分布于黄土丘陵, 33.1% 分布于土石山区。 $15^\circ \sim 25^\circ$ (斜坡地) 的土地资源占全区总土地的 21.39%; 其中 61.2% 分布于黄土丘陵。 $>25^\circ$ (陡坡地) 的土地资源占全区总土地的 17.54%; 其中分布于黄土丘陵的占 52.8%。

全地区的人口与土地, 大致可分以下 4 种情况:

(1) 人口稀少地区 包括土石山区、风沙区、干旱草原区、高地草原区和林区, 共有土地面积 31.7 万 km^2 , 人口密度 10~80 人/ km^2 , 平均 33 人/ km^2 。

(2) 人口居中地区 主要在黄土丘陵沟壑区的 5 个副区, 土地面积 21.7 万 km^2 , 人口密度 50~100 人/ km^2 , 平均 96 人/ km^2 。

(3) 人口较密地区 主要在黄土高原沟壑区, 土地面积 3.3 万 km^2 , 人口密度 160 人/ km^2 。

(4) 人口稠密地区, 主要在平原和阶地区, 土地面积 7.3 万 km^2 , 人口密度 100~733 人/ km^2 , 平均 333 人/ km^2 。

1.2.2 土壤资源

全区共划分出褐土、钙土、黑垆土等 28 个土类,又细分为 85 个亚类,211 个土属。人为活动对土壤形成与演变有重大的影响。一方面人工培育了独特的肥沃的农业土壤——淤土和灌淤土;另一方面,由于土壤利用不合理,退化严重,形成大面积的初育土壤——黄绵土、风沙土、粗骨土和石质土等。而退化、低产土壤占总土壤面积的 50% 以上。

(1) 土壤养分资源与分区 全区土壤 pH 值变化在 6.7~8.7 之间,耕种土壤平均 8.2;土壤碳酸钙变幅 0.1%~30%,平均为 10.2%;100g 土壤的阳离子代换量变化在 2~76 毫克当量之间,平均 10.1 毫克当量。

根据有关指标,以土壤图为基础,可划分为 7 个土壤养分资源分区:其中极低养分分区为鄂尔多斯高原区及晋陕蒙黄丘区;低、中低养分区为甘宁丘陵区及陕甘晋黄丘区;中、中高及高养分区为晋东豫西山丘区、河谷平原区及山地区。

(2) 土壤水分资源及分区 中科院、水利部水土保持研究所对土壤水分曾进行了长期深入研究,所提出的“黄土高原土壤水分生态分区”对旱作农业与林草植被建设有重要意义。他们在拟定分区时,以《中国综合自然区划》的热量带和自然地区为基础,突出区域性土壤水分循环补偿特征和乔灌木树种的生态特性,采用逐步判别法与经验定性相结合,将黄土高原划分为 6 个土壤水分生态区。黄土高原综合考察队也进行了类似的工作,将黄土高原划分为 4 个土壤水分分区和 11 个亚区。

1.2.3 水资源

黄河流域的水资源(1919~1975 年系列资料),花园口站天然径流量为 560 亿 m^3 。扣除入境水量 210 亿 m^3 ,黄土高原地区自产径流量为 350 亿 m^3 。按该地区 1990 年人口计算,人均水量 390 m^3 ;按水保规划中改正后耕地面积 1 866.6 万 hm^2 计,每公顷

平均水量 $1\,875\text{m}^3$ 。水资源十分贫乏。

黄河流域水资源地区分布不均,总的情况是南多北少,大致可分为3个区。南部:西起青海吉道,过积石山,经大夏河、洮河,沿渭河至洛河、沁河一线的南侧,年径流深为 $150\sim 200\text{mm}$;北部:由甘肃景泰、皋兰县,过宁夏海原、同心县至内蒙古包头市一线以北,年径流深 10mm 以下;中部:上述两条线之间的地区,是黄土高原的主体,年径流深 $20\sim 50\text{mm}$ 。

1.2.4 光热资源

该地区属温带大陆性季风气候,云量少,光照充足,光热资源可利用的潜力很大。年日照数 $2\,000\sim 3\,000$ 小时,年总辐射量 $502.416\sim 669.888\text{kJ}/\text{cm}^2$,较同纬度华北平原为高,是我国辐射能源高值区之一。日平均气温 $>10^\circ\text{C}$ 的作物生长活跃期 $150\sim 210$ 天,积温 $2\,800\sim 4\,500^\circ\text{C}$,从东南向西北递减。

1.2.5 植被资源

黄土高原的植被资源是一个十分宝贵的绿色宝库,也是发展绿色产业的基础。

天然林主要集中在几个山地,如小陇山、六盘山、黄龙山、子午岭、秦岭、吕梁山、太行山等,对涵养水源、提供用材均很重要。用材树种主要有:青冈、油松、华山松、侧柏、柳、刺槐等。

适宜种植的野生与栽培牧草十分丰富。初估,全区可供饲用的植物有 $1\,300$ 余种,优良牧草达 100 多种,几乎包含了我国北方所有的优良牧草。该区已有几百年种植的紫花苜蓿,近年又广种红豆草、沙打旺、草木樨等。

果树栽培历史悠久,早在公元前 $1\,000$ 多年,就有栽培果树的记载。据统计,该区果树的原产种、引入种和主要野生种共有 117 种。重要的果品资源有:苹果类、梨类、杏类、枣类、葡萄类。

全区共有维管植物 $3\,275$ 种。其中可供利用的资源近 $2\,000$ 种,包括淀粉及含糖植物 90 种,油脂植物 118 种,植物色素原料植

物 27 种,饲用植物 1 300 种,蜜源植物 171 种,药用植物 956 种,芳香油植物 54 种等。

黄土高原是沙棘分布最广、产量最高的地区。这是一种生长迅速、保持水土、改良土壤并具有很高开发利用价值的灌木。此外,如甘肃、青海半荒漠地带的发菜、宁夏的甘草、青海的蕨麻(人参果)和冬虫夏草等都是名贵资源植物。

1.3 人文与经济社会环境

1.3.1 黄土高原地区人口和土地利用演变

(1)史前期人类活动的遗迹 黄土高原是中华民族古老文明的发祥地,黄土地古人类的诞生和繁衍可追溯到一百多万年之前。具有代表性的人类遗址如下:旧石器早期的“兰田猿人”比“北京猿人”更具有原始特征。距今约 20 万年的“大荔人”,属于早期智人;距今 3~7 万年的“河套人”,处于早期智人向晚期智人过渡的阶段;属新石器早期的“前期文化”,距今 7 000~8 000 年;属新石器中期的“仰韶文化”,尤以西安半坡遗址最为典型,距今约 6 000 年;距今 4 800 年的“龙山文化”、“马家窑文化”,属新石器晚期。

(2)历史时期人口变迁 先秦时期:据考证,在夏代和周朝活动的区域为晋南、豫西、关中和太行山东麓地区,人口密度最高达 30~40 人/km²。春秋战国时期,铁器的使用使生产力达到新的水平。秦国向北扩展到鄂尔多斯,向西推移到宁夏南部;赵国则向北扩展到雁北、河套直至阴山脚下,使人口和农业区逐渐北移。

汉唐时期:汉元始二年(公元 2 年),该区人口达 880 多万人(第一次人口高峰)。人口密度最高的是洛阳,为 132 人/km²;次为关中,为 30~90 人/km²;晋西及陕北为 10~13 人/km²。自东汉后历经三国、魏晋十六国、南北朝,由于长期动乱,人口又急剧下降,如东汉永和五年(公元 140 年)为 415 万人;西晋太康之时(公元 280 年)为 310 万人。隋初人口又突破千万大关,唐天宝元年(公元 742 年),人口又增加为 1 015 万人。