

宁夏水资源可持续利用的理性思考

王志良, 杨 婷

(华北水利水电学院, 郑州 450011)

摘 要: 宁夏水资源极度短缺, 严重制约经济发展, 依据水资源可持续利用的思想, 从农业用水、工业用水、生活用水和水务管理四个方面分析了宁夏的水资源现状, 对其现状进行理性思考并提出了对策, 即实体水和虚拟水策略的联合运用、节水型社会构建及水务科学管理模式构建, 其中实体水和虚拟水的联合调度包括“四水”的联合调度和虚拟水战略在宁夏的运用。

关键词: 水资源; 可持续利用; 理性思考; 宁夏

中图分类号: P344

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006) 06-0278-04

Rational Thought of Sustainable Utilization of Water Resources in Ningxia

WANG Zhi-liang, YANG Ting

(North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: There is a serious shortage of water resources in Ningxia, which exercises its restraints upon the economic growth heavily. In accordance with the sustainable utilization ideas of water resources, the existing water resources status in Ningxia was analyzed from four aspects such as agricultural water use, industrial water use, domestic water use and water management. Countermeasures were taken by rational thinking to solve these problems, that is, the combined use of physical water resources strategy and virtual water strategy, the building of water-saving society, the construction of scientific modes in water management. And the combined regulation of four types of water and use of virtual water strategy in Ningxia are included in the combined use of physical water resources strategy and virtual water strategy.

Key words: water resources; sustainable utilization; rational thought; Ningxia

水资源是人类赖以生存的最重要的物质基础,也是人类文明的源泉。早在公元前 2000 多年前水资源即已被人类开发利用于农业灌溉。在漫长的人类社会里,人类已经积累了丰富的用水、管水的知识和经验。近半个世纪,特别是在当今的后工业时代,随着人口的迅猛增长,城市化进程的加快,社会经济迅猛发展,水资源开发利用规模的不断扩大,水资源的严重被污染以及开采、利用、管理的不科学化使得水资源的可持续利用问题成为全球瞩目的焦点。水资源严重短缺已经成为人类社会经济发展的“瓶颈”,据联合国教科文组织公布的《世界水资源开发报告》中指出,全球用水量在 20 世纪增加了 6 倍,并将以人口增速 2 倍的速度增长。未来世界大战已不是“地盘”之战,而是世界各国为“水”的争夺战争。本文试图就宁夏的水资源可持续利用问题作一些理性思考,以飨其读者。

1 宁夏水资源现状

1.1 宁夏水资源概况

宁夏位于西北部,黄河中上游,处在东经 $104^{\circ}17' \sim 107^{\circ}39'$,北纬 $35^{\circ}14' \sim 39^{\circ}23'$ 之间,东西宽 50~250 km,南北长约 456 km,国土面积 6.64 万 km^2 , 2005 年宁夏总人口为 596 万人。黄河过境宁夏,故曾有“天下黄河富宁夏”之说。宁夏水资源贫乏且严重分布不均,根据《宁夏节水型社会建设规划纲要(2004~2020 年)》可知宁夏地区水资源总量为 10.91 亿 m^3 ,人均占有量 197 m^3 ,为全国平均值的 1/12 和黄河流域的

1/3; 1 hm^2 平均占有量 720 m^3 ,为全国平均值的 1/28 和黄河流域的 1/6,多年平均年降雨量 289 mm。宁夏降水量地区分布差异大,自南向北递减,且年际年内变化大。南部固原地区多在 400 mm 以上,中部为 300 mm 左右,北部宁夏平原在 200 mm 上下,贺兰山、六盘山是宁夏南北两个多雨中心,年降水量分别为 421.9 mm 和 680.3 mm。宁夏地下水资源量少、质差且地区分布差异大,宁夏平原和六盘山地区地下水储藏相对丰富且水质较好,其它地区水资源稀缺且水质较差。南部山区水质矿化度较高,以微咸和苦水居多。

1.2 宁夏水资源利用现状

1.2.1 农业用水方面

宁夏水资源利用一直以地表水为主,其中地表水大部分直接引自黄河,国家每年分配给宁夏地区可用水量为 40 亿 m^3 。根据《2004 年黄河水资源公报》可知 2004 年黄河总取水量为 444.75 亿 m^3 (含跨流域调出的地表水量),其中地表水取水量 312.02 亿 m^3 ,地下水取水量 132.73 亿 m^3 ,黄河总耗水量为 342.30 亿 m^3 ,其中地表水耗水量 248.97 亿 m^3 ,地下水耗水量 93.33 亿 m^3 。宁夏总取水量为 74.35 亿 m^3 ,其中地表水为 68.98 亿 m^3 ,地下水为 5.37 亿 m^3 ,总耗水量为 40.46 亿 m^3 ,其中地表水耗水量为 37.67 亿 m^3 ,地下水耗水量为 2.79 亿 m^3 。农业用水基本全部取自地表水,地下水利用的很少,雨水利用只占 0.09%^[1]。

宁夏的水资源利用结构呈现出明显的“一头沉”现象,农业

* 收稿日期: 2006-06-12

作者简介: 王志良(1966-),男,河南舞阳人,副教授,博士,主要从事水文、水资源及水环境建模与优化等方面的研究。

用水占了绝大部分,而农业用水的效率不高,使大量水资源浪费掉。宁夏引黄灌溉历史悠久,目前引黄灌区的水利工程设施老化、灌区配套工程差以及渠系渗漏极其严重,根据《宁夏节水型社会建设规划纲要(2004~2020年)》可知灌溉水利用系数只有0.35左右,低于全国平均水平9个百分点,水分生产率 0.6 kg/m^3 ,是全国平均水平的 $2/3$ 。宁夏的种植结构以粮食作物为主,经济作物为辅。该地区种植水稻具有近2000年的历史,水稻是耗水大户,仅种植水稻一项,年引水量近30亿 m^3 ,占宁夏农业引黄河水量的34%。宁夏很多地方用水、管水形式粗放,“大水漫灌”的古老灌溉方式仍然存在,这致使土壤次生盐碱化严重,引黄灌区中低产田约占农田的40%左右。

1.2.2 工业用水方面

宁夏地区能源丰富,冶金、电力、石化、造纸为其主要耗水行业。该地区工业用水总量不多,1998~2002年,工业用水占总耗水量的2.8%,低于全国平均水平17个百分点。有些地区工业生产中超采地下水严重,出现较大面积的地下水降落漏斗,银川新市区和石嘴山市大武口等地都出现了这样的问题。宁夏地区污水处理系统的不完善,使得有些工业污水不经处理直接排入河道,造成水体污染严重。工业废水排放以造纸和化学原料工业为主。该区工业用水重复利用率为45%,低于全国平均水平10个百分点,显著低于发达国家75%~85%的水平。

1.2.3 生活用水方面

在宁夏,水资源的极度短缺与人们生活中浪费水的现象形成了鲜明的对比。

洗车行业中,还存在着高压水枪洗车和手提水桶往车上浇水的这种传统洗车方式;绿化中,还存在直接将水龙头放入草地中漫灌的现象;家庭生活中,国家已经宣布淘汰的耗水抽水马桶还在不少家庭中使用。在宁夏,私打井取水的现象还时有发生,这造成了城区自备井密度过大的局面。同时,城市供水管网中跑、冒、漏、滴的现象还比较严重。

1.2.4 水务管理方面

宁夏实行《取水许可证》制度,全区已换发《取水许可证》816本,核准年取水量3.4亿 m^3 ^[2];成立了农民用水者协会,发挥农民在收缴水费,节水灌溉中的主人翁作用;收取水资源费,目前对水资源费的收取作了适当调整,按照2004年公布的《宁夏回族自治区水资源费征收使用管理办法》征收水资源费。2005年黄委批复了宁夏申报的水权转换试点项目,宁夏开创了“农业节水支持工业,工业发展反哺农业”的水权转换的新思路。大坝电厂(三期)和宁东马莲台电厂对青铜峡河东、河西两个灌区进行节水改造,节约出来的农业用水有偿转让给这两家电厂,解决其用水问题。因为水务是个新兴事物,宁夏在水务管理方面取得一定成绩的同时,还存在一些问题。宁夏有关水资源管理方面的地方性法规尚不健全,除了2006年5月1日刚开始实施的《银川市水资源管理条例》外,有关节水、排污、水权管理方面的地方性法律法规尚未出台。宁夏2004年才开始水资源有偿使用制度,应缴纳的水资源费只占应收水费的10%。宁夏灌区的水费收缴未反映水资源的稀缺程度,水费常年远远小于供水成本,使得老化设备的更换进程受到严重影响。在水权交易、水权转换中,水权价格的制定及一些具体工作还存在不少问题。

2 对策与思考

2.1 实体水和虚拟水策略在宁夏的联合运用

2.1.1 “四水”的联合调度

“四水”是指大气水、地表水、土壤水和地下水。根据水

文循环理论,地球上的水通过陆地和陆地之间,海洋和海洋之间的两个小循环,以及海陆之间的大循环,在自然界周而复始的循环运动。大气降水直接影响着地表水、土壤水和地下水量的大小,海洋和陆地的蒸发又是大气水的基本来源。大气水以液态(雨)和固态(雪、霜、冰雹等)形式降落地面,降落的雨水一部分被植物拦截吸收,最终以叶面蒸发的形式返回大气层;一部分在地表形成径流,最后沿江河汇入海洋;一部分渗入土壤,而渗入土壤的水一部分被土壤吸收成为土壤水,最终以植物蒸散发或直接蒸发的形式返回大气,另一部分则补给地下水,最终以地下径流的形式汇入海洋,有些时候地下水还会以泉等形式出露地面,形成地表水。

实体水策略是指通过“四水”的联合调度等人为措施来改变水资源天然分布不均的现状,解决水资源供需矛盾问题,缓解水资源短缺造成的压力。“四水”的联合调度可通过下面的措施来实现。

(1) 人工影响大气,云水资源化。张学文、杨青、杨莲梅等人提出“地球的水科学”中存在一个学科空白——大气水文学^[3]。随着科技的发展,人们越来越多地认识到大气水资源对解决水资源短缺问题的重要作用。人们通过雷达、气象卫星、观测网等先进手段观测大气水分的运动及分布规律,并通过人工影响天气作业,试图使云水资源化。目前常用的是通过人工增雨的方式向天空这个大水库要水。要形成降水需要三个必需条件,即水汽、上升运动和凝结核。人工降雨的核心是对层状云和积状云打雨弹,来给饱和的水汽增加凝结核。通常是用高炮将携带着催化剂的火箭打入五六千米的云层中进行作业。

人类在小范围内进行人工干预天气作业,能在干旱的年份有效的缓解旱情,保证农作物的产量。在国务院刚刚公布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中,人工增雨技术被确定为优先发展的技术。“十一五”期间,我国将建设全国人工影响降雨系统工程,从而使云水资源化工程规模化,使其在促进经济发展,减轻水资源压力方面做出更大的贡献。但因为人工降雨涉及很多方面的利益,比如可以促进农业生产,但有可能影响交通,同时有可能对炮台附近的养蜂户等动物饲养者造成经济损失,所以一定要遵从我国2002年颁布的《人工影响天气工作条例》来进行人工干预天气作业。

在宁夏地区要充分利用雨水资源,尤其在南部山区应当进行以坡改梯,建设水平梯田,从而含蓄水源,争取做到汛期洪水不出沟。现在南部山区已经实施了“窖井节水灌溉脱贫工程”,即采用窑窖集雨微灌模式,汛期用窖井蓄积雨水资源,在干旱时节,采用点灌、穴灌、膜上沟灌等优推的节水灌溉方式进行灌溉以提高农作物产量,这项工程进展很顺利,应当继续推广之^[2,4]。

(2) 地表水、土壤水、地下水的联合调度。一般情况水资源利用的大原则是优先利用地表水,通常将性能好的地下水作为后备水源,用以承担“峰荷”^[5]。但黄河流域的地表水利用潜力已经很小,所以宁夏地区为了促进水资源的可持续发展,应当在有效的利用地表水的同时,合理的开采浅部地下水,同时可对宁夏平原地区的深部地下水进行勘查并在允许的情况下适当开采。要在干旱时大力开采地下水,以便在积极抗旱的同时,腾空地下水库库容,为汛期的大量蓄水做好准备。目前宁夏地区有青铜峡水库等一些水资源利用工程,应当在黄河支流地区多建一些具有调蓄作用的水库,还要尽量实现水库从平原向山区的转移。平原水库因水量蒸发大,使得很多水分白白浪费掉,同时使水库附近地区盐碱化^[6]。对地下水的利用,要使地下水

位保持在适当的水位,水位过高则容易引起土壤盐渍化,水位过低则会加大抽取水的机动费用。在调度地表水和地下水的同时不可忽略土壤水,土壤水资源直接影响地表水和地下水资源的形成,土壤水既约束地表产流又是浅层地下水补给量的决定因素。土壤水与农林生产休戚相关,可通过工程措施调控达到保证粮食生产目的^[7]。

宁夏地区的地表水、土壤水和地下水要做到统一规划,统一管理,使水资源可持续发展,不仅满足当代人的需求,还要满足代际间的需求。在本地水流域矛盾不能有效解决时,可考虑外部调水,尽快实施南水北调西线工程来化解黄河流域的水危机^[6]。

2.1.2 虚拟水战略的运用

20 世纪 90 年代 Tony Allan^[8] 提出了虚拟水的概念,虚拟水是指生产商品和服务所需要的水资源数量,它是看不见的以虚拟形式存在的水,又被称为“外生水”和“嵌入水”。虚拟水战略是指贫水国家或地区通过贸易的方式从富水国家或地区购买水密集型农产品(粮食)来获得水和粮食安全^[9]。对水资源严重稀缺地区,仅仅通过实体水策略,已经在缓解水压力方面显得力不从心。虚拟水战略的提出给解决水问题提供了一个新思路,我们应从系统的角度出发,从问题发生的区域外来寻找解决问题的办法^[9]。保证粮食安全和化解水危机是虚拟水战略实施的内在原因。生产中应该使水资源得到最有效的利用,即从耗水高、经济效益低的农业向耗水少、经济效益高的工业转移。

在实际操作中不能盲目的毫无原则的抑制农业的发展,因为这涉及到很多问题。宁夏是以农业为主的省份,如果一味的压制农业,则可能带来大量的剩余农村劳动力及其再就业等的社会问题。

在运用虚拟水战略前,应做好产品虚拟水含量的量化工作,虽然目前这方面的工作刚开始不久,很多估计都较粗略,但大体上能反映生产的实际情况。农产品的虚拟水含量和大气因素、农作物下垫面条件、作物品种、生长环境等很多因素有关,它的虚拟水含量的计算方法有很多种,比如分类计算和投入产出法等。农产品虚拟水的计算可按照世界粮农组织推荐的彭曼公式进行^[10]。

$$V_{cn} = W_{cn} / Y_{cn}$$

式中: V_{cn} ——区域 n 作物 c 单位质量的虚拟水含量(m^3/t), W_{cn} ——区域 n 作物 c 的需水量(m^3/hm^2), Y_{cn} ——区域 n 作物 c 的产量(t/hm^2)。作物的需水量 W_{cn} 可以由作物的累积蒸散发量 ET_c 来计算的。

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

式中: K_c ——作物系数; ET_0 ——参考作物的蒸散发量。紫花苜蓿和短草都曾经被指定为参考作物。 ET_0 的具体计算可按照世界粮农组织推荐的修正后的标准彭曼公式计算,此处不再详述。

因为动物具有储水功能,动物产品的虚拟水计算稍显复杂。动物的虚拟水含量指动物从脱离母体开始到生命结束时所消耗的水量总和,其中包括饮用水、饲料中的虚拟水和打扫饲养舍所用的水^[10]。工业产品的虚拟水含量因为计算很复杂,与工艺流程等许多因素有关,所以目前还不能很精确的计算。

虚拟水含量的多少与地区水资源的稀缺程度有关,水资源丰富地区,生产单位农作物所需的虚拟水含量要比水资源紧缺地区生产同样单位农作物的虚拟水含量低^[9],正是这种差异性,为虚拟水战略的实施提供了条件。根据黄晓荣,裴

源生,梁川用投入产出法计算得的宁夏虚拟水值可知,1998 年至 2002 年宁夏净虚拟水输出量由 3.0 亿 m^3 增至 11.94 亿 m^3 ,宁夏是虚拟水净输出省区,且输出量逐年增加^[11]。为此政府应当采取措施,如减少水稻种植面积,调整种植结构,多种植蔬菜、水果等低耗水、高产值的经济作物,最终使宁夏由虚拟水净输出区变为净输入区,缓解水压力。虚拟水战略的实施受地区的经济水平、城市化进程等诸多因素影响。该战略的实施需要财政的大力支持,宁夏地区经济落后,低于全国平均经济水平,所以在整个自治区范围内使用虚拟水战略是不现实的,但可在银川、石嘴山等经济较发达的大城市优先试点。国家和自治区政府都应该给实施虚拟水战略的地区实行一定的政策倾斜,确保该战略的顺利实施,从而保证粮食安全,化解水危机。

2.2 宁夏节水型社会构建

我国水资源严重短缺,时空分布不均的现状,阻碍了水的可持续发展。要解决水资源瓶颈这一问题,需要积极响应第 19 届中国水周提出的“转变用水观念,创新发展模式”这一口号,努力建设资源节约型和环境友好型社会。目前最有效的措施就是采取各种节水措施,加大环境污染治理力度,健全节水管理机制,普及节水教育,形成节水的消费方式。2006 年 3 月 2 日《宁夏节水型社会建设规划》在京的顺利通过,表明了国家打好节水这场硬仗的决心,通过在宁夏的试点工作,在全国范围内开展有效的节水工作。

曾被誉为“塞上江南”的宁夏,如今却为水问题而苦恼。恢复“塞上江南”昔日风采的惟一出路就是大力发展循环经济,加大环保力度,贯彻“以供定需,以水定发展”的水资源使用政策,量水而行。

农业节水方面:应当进行渠道衬砌,大力推广小畦灌、膜上灌等节水灌溉方式,提高灌溉水利用系数;加大灌区水利工程的配套改造工作,做好日常的维护,以减慢设备的老化进程,同时使古老灌区系统逐步向现代灌区过渡;调整种植结构,改变以粮为纲的路线,压缩水稻种植面积,鼓励农民多种植经济作物,在减少用水量的同时,增加收入。粮食作物中应多种植些地膜玉米这类低耗水、高产量的作物。在农业生产中还可运用微咸水淡化及污水灌溉这些新技术。由松辽水利委员会和吉林大学 1995~1999 年完成了“微咸水及海水淡化新技术研究”,该项新技术在微咸水及海水淡化市场上具有较强的竞争力。由中国水利水电科学研究院在 1998~2000 年完成的“高效、持续性污水灌溉新技术研究”通过了水利部的验收,具有较好的推广应用前景^[12]。

工业节水方面:可在工艺流程中采用先进的节水技术来提高水的工业重复利用率,可用人工回灌的技术解决因为过度利用地下水引起的地下水降落漏斗问题。加大污水厂建设投资,做到工业废水的达标排放,可适当发展污水回用技术,使污水资源化。响应建设环境友好型社会的倡议,在工业生产中建立以循环经济为重要特征的经济发展模式,遵循新 5R 原则,即减量化(Reduce)、再使用(Reuse)、再循环(Recycle)、再思考(Rethink)、再修复(Restore),避免走过去“先污染,后治理”的老路子,做决策时需将经济效益、社会效益、环境效益综合考虑。

生活节水方面:大力推广节水型生活器具,宣传水文化,使节水的理念深入人心。在洗车业,应积极推广无水洗车技术、微水和蒸汽洗车技术;生活中,鼓励使用无污或少污洗涤用品。应当减少城市供水管网的漏失损失,大力发展中水回用技术,将中水广泛应用于城市景观用水,满足生态水的需

求,还要适当关闭私打的自备井。要争取优先将银川和石嘴山建设成为节水优先、治污为本、多渠道开源节水型城市。

2.3 宁夏水务科学管理模式构建

从广义上讲,水务包括原水、供水、节水、排水、环境保护、水权交易等很多工作,狭义的水务只指供水和排水。在宁夏水务管理中,应构建水务管理一体化、现代化、市场化的模式。水务一体化指城乡水务管理一体化,城市水务管理中防洪排涝、节约用水、污水处理、污水回用、生态环境保护一体化,简单的说就是引、供、排、环保一体化。水务现代化是指采用先进的管理技术,建立现代的水资源配置信息系统,促进水信息共享,用现代化的管理手段做好水资源的优化配置工作,促进流域内的水资源统一调度。水务市场化是指充分发挥价格的经济杠杆作用,对水资源配置进行市场化调节,实现从行政管理水资源的方式到市场自发调节,行政辅助监督方式的转变。

水务工作的顺利展开是以熟悉地区的水资源情况为前提的,在“摸清家底”后则可开始水务管理的具体工作。在饮水阶段可采取发放取水许可证和收缴水资源管理费等管理办法;在供水阶段要将先进的技术用于供水管网的测漏等检查工作中,建立实时监测系统,以便于及时补救;在排水阶段要收取排污费,加大污水厂的建设,提高污水处理能力和质量,使污水达标排放;在环保中要加大宣传力度,使群众能够自发的加入到环保的行列中;水权交易的前提是明晰初始水权,承认水的商品属性,水权交易既可增强人们的节水理念,又可促进水务市场化,一定程度上缓解水危机。

这里对宁夏水务管理提出几点建议:

(1) 完善水资源方面的地方性法规法律体系,借鉴《银川

市水资源管理条例》,在自治区其它地方尽早出台相应的管理条例。

(2) 在水资源管理方面要遵循“总量控制”和“微观定额”相结合的政策。

加大取水许可证的发放力度,加强政府的监督职能,对瞒报实际用水量的单位企业进行严肃处理。

(3) 适当提高水费,促进水资源的可持续利用。鉴于南部山区经济落后,群众对水费的经济承受力很弱,所以可采用移民的政策,将部分群众迁至其他地方。

(4) 充分运用水权、水市场理论,水权转让价格应考虑水资源的使用价值、机会成本和持续获得水权的运行成本。

(5) 积极到深圳、上海、西安等水务工作开展比较早的地方取经,促进自治区水务工作一体化、现代化、市场化进程的加速。

3 结 语

水资源短缺及分布不均、水资源利用结构的不合理、水污染严重、重复利用率低等众多因素致使昔日的“塞上江南”如今处于水资源严重不足的窘境。宁夏的社会经济发展也遭受着“瓶颈”的制约。为了缓解水危机,应当将实体水和虚拟水战略联合运用,即做好“四水”的联合调度,将虚拟水战略率先在银川等大城市进行试点;采取各种有效措施,做好节水型社会的试点工作;从政策上,法制上积极推进水务的一体化、现代化、市场化。这些措施的实施将有效的减轻水荒,促进经济的发展。需要强调的是在发展经济的过程中一定要重视生态环境的保护,建立针对环境事故的应急机制,吸取松花江污染和白洋淀死鱼事件的教训,做到经济、社会、生态协调发展。

参考文献:

[1] 熊伟,肖云清.宁夏水资源的分布与污染[J].西部探矿工程,2005,(10): 232- 233.

[2] 李周,等.化解西北地区水资源短缺的研究[M].北京:中国水利水电出版社,2004.161- 184.

[3] 张学文,杨青,杨莲梅.大气水文学初探[J].水科学进展,2004,15(5): 679- 682.

[4] 谢新民,等.宁夏水资源优化配置与可持续利用战略研究[M].郑州:黄河水利出版社,2002.31- 32.

[5] 李佩成.论新时期地下水开发利用与管理的新使命[J].地下水,2001,23(1): 2- 5.

[6] 陈志恺,等.西北地区水资源及其供需发展趋势分析(西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究:水资源卷)[C].北京:科学出版社,2004.231- 237.

[7] 程伍群,王文元,杨路华.土壤水资源概念评价及调控的初步研究[J].河北水利水电技术,2001,(3): 14- 16.

[8] Allan JA. Virtual water: A long term solution for water short Middle Eastern economies[M]. 1997 British Association Festival of Science, University of Leeds, 1997.

[9] 程国栋.虚拟水-中国水资源安全战略的新思路[J].中国科学院院刊,2003,(4): 260- 265.

[10] 龙爱华,徐中民,张志强.虚拟水理论方法与西北 4 省(区)虚拟水实证研究[J].地球科学进展,2004,19(4): 577- 584.

[11] 黄晓荣,裴源生,梁川.宁夏虚拟水贸易计算的投入产出方法[J].水科学进展,2005,16(4): 564- 568.

[12] 水利部国际合作与科技司.1991~ 1998 水利科技重点项目水利技术开发基金项目成果汇编[C].北京:中国计划出版社,2002.6- 7,55- 56.

(上接第 277 页)

参考文献:

[1] 李青丰,胡春元,王明玖.锡林郭勒草原生态环境劣化原因诊断及治理对策[J].内蒙古大学学报(自然科学版),2003,34(2): 166- 172.

[2] 汪诗平,李永宏.内蒙古典型草原退化机理的研究[J].应用生态学报,1999,10(4): 437- 441.

[3] 李艳双,曾珍香,等.主成分分析法在多指标综合评价方法中的应用[J].河北工业大学学报,1999,28(1): 94- 97.

[4] 李青丰,李福生,乌兰.气候变化与内蒙古草地退化初探[J].干旱地区农业研究,2002,20(4): 98- 102.

[5] 李文龙,李自珍.荒漠化针茅草原退化机制与可持续利用放牧对策研究[J].兰州大学学报(自然科学版),2000,36(3): 161- 169.