

区域可持续发展 SD 规划模型的试验优控 ——以干旱区柴达木盆地为例

方创琳¹, 余丹林²

(1. 北京大学城市与环境学系, 北京, 100871; 2. 中国科学院地理研究所, 北京, 100101)

摘要:柴达木盆地作为我国下世纪重点开发地区之一, 对其资源合理开发利用不仅对青海省经济发展有着举足轻重的作用, 而且对缩小东西部发展差距、支援西藏、巩固国防有着不可估量的作用。以对盆地的实地考察为基础, 运用 SD 模型对盆地资源开发和经济同生态环境协调发展弹性方案进行试验调控, 得出追求经济发展为主目标的发展型方案、追求资源与生态环境保护为主目标的保护型方案和追求人口、资源、环境和经济社会协调发展为主目标的协调型发展方案。经过多方案比较, 认为协调型发展方案为盆地未来发展的相对最佳方案。

关键词:可持续发展, SD 模型, 试验调控, 柴达木盆地, 资源开发

Study on optimal-control experiment of the resources development and corresponding development between economy and eco-environment in the Qiadam Basin

FANG Chuang-Lin¹, YU Dan-Lin² (1. Department of Urban & Environmental Sciences, Beijing University, Beijing 100871; 2. Institute of Geography, Chinese Academy of Science, Beijing, 100101)

Abstract: As a significant needing development region of China in the next century, it not only holds the balance to the economic development of Qinghai Province, but has very important function on shortening the difference among the east and west China, supporting Tibet and solidifying the national defence. After reviewing the basin on the spot in July, 1997, the authors of this paper carried out an optimal-control experiment of the stretch project on the resources development and corresponding development between economy and eco-environment using the SD model, and got three future developing projects: (1) project characteristics of development which takes the economic development as the dominant aim; (2) project characteristics of protecting resources and eco-environment and (3) project characteristics of corresponding development which take the corresponding development among population, resources, environment and social-economy as the dominant aim. Balancing the three projects, the authors thought the last one of them is the best projects comparatively.

Key words: corresponding development; SD model; experimental control; the Qiadam Basin

文章编号: 1000-0933(1999)06-0767-08 中图分类号: X22 文献标识码: A

柴达木盆地位于青藏高原东北部, 行政区划上隶属青海省海西蒙古族藏族自治州, 辖乌兰(不包括茶卡镇)、都兰两县、格尔木(不包括唐古拉地区)及德令哈两个县级市, 以及大柴旦、冷湖、茫崖 3 个县级镇, 土地总面积 24.91 万 km², 1995 年底总人口为 39.81 万人, 现价 GDP 为 24.78 亿元, 人均 GDP 6224.57 元(按总用水人口算), 分别高于同期全国, 甚至江苏、山东等东部发达省份的平均水平, 但从其总体发展阶段看, 尚处资源大规模开发的前期阶段, 盐矿等矿产资源极为丰富, 资源潜在优势和进一步大规模开发与发

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号 49871035)

收稿日期: 1999-05-23

展的潜力大。无论何时何种形式和何种程度的大规模资源开发,绝不能沿袭以往靠掠夺式过量开发资源寻求超高速增长,而导致严重环境污染和生态破坏的粗放型经济增长方式,必须保证人口、资源、环境、经济与社会发展之间的持续协调发展,这是柴达木盆地未来长期奋斗的重要目标。本文采用系统动力学(SD)模型^[1-3]模拟柴达木盆地资源开发和经济同生态环境协调发展试验调控的弹性方案。

1 盆地可持续发展试验调控的反馈结构

在柴达木盆地资源开发和经济同生态环境协调发展系统 SD 模型的时间边界定为 1990~2050 年,主要历史数据涉及到 1986~1995 年,系统要素涉及经济、社会、资源、环境、科技等,具体包括人口、水资源、农业、工业及第三产业、环境污染和国内生产总值共六大子系统,根据系统分解协调原理,分为人口、水资源、耕地、粮食单产、工业、建筑业、商业、交通运输业、工业废气污染、工业废水污染、工业废渣污染和 GDP 共 12 个子模块,他们之间相互联系、相互影响,构成了具有多重反馈的因果关系回路结构图,如图 1 所示。

1.1 总用水人口子系统

柴达木盆地 1995 年底总人口按统计资料为 28.53 万人,但经实地调研后发现实际用水人口远高于统计数字,因此本文以总用水人口(ZYSRK)作为人口子系统的状态变量,其计算公式为:总用水人口=统计人口+驻格部队人口+西藏驻格尔木人口+常住一年以上流动人口+0.5×暂驻一年以下流动人口=39.81 万人。盆地人口发展模式受制于资源开发和政策性因素的双重影响,以机械增长占主导地位,自然增长率很小,总和生育率呈减少趋势。正由于如此,SD 模型对人口的迁出迁入给予了更多的关注,充分考虑了国家政策对人口迁入(GCQR)、迁出(GCQC)、生活用水供需比对人口迁入(SBQRR)、迁出(SBQCR)和污染对出生(WRS)、死亡(WRW)的影响。

1.2 可利用水资源子系统

柴达木盆地水资源量为 47.76 亿 m³^[3]。由于地广人稀,自然条件较差,所以人均水资源拥有量(18181m³)分别相当于世界和中国平均水平的 1.668 倍和 1.73 倍,亩均耕地水资源量分别相当于世界和中国平均水平的 3.48 倍和 4.64 倍。总体来看,人均和亩均水资源相对丰富,但地域分布不平衡。根据柴达木盆地资源开发“九五”计划和 2010 年发展规划,盆地近中期可利用水资源量为 30.13 亿 m³,而 1995 年盆地社会经济各领域实际用水量为 7.22 亿 m³,分别仅占水资源总量和可利用水资源总量的 14.72%和 23.96%,水资源开发利用程度低,进一步开发潜力大。考虑到盆地宜农荒地资源和矿产资源大规模开发及生态环境保护对水资源的巨量需求,盆地水资源必须坚持优化配置、节约高效、持续利用的原则,模型为此将可利用水量(KYSZL)作为状态变量,通过多种辅助变量与各经济和人口子块接口,以表达水资源与经济发展和生态环境保护之间的动态制约关系。

1.3 农林牧业子系统

农林牧业是柴达木盆地传统的基础产业,其发展长期停滞不前乃至呈萎缩趋势,具体反映在耕地面积、粮食总产量、大牲畜头数、种植业产值、牧业产值及农业总产值的递减上,1991~1995 年上述 6 项指标年均递减速度分别为 0.35%、7.69%、3.27%、3.90%、1.45%和 1.76%,而且种植业萎缩程度甚于畜牧业,目前畜牧业产值比重(52.4%)已超过种植业占农业子系统主导地位。本模型将耕地面积(GDMJ)和粮食单产(LSDC)作为状态变量,借助宜农荒地垦殖率(NNDKL)、农业投资(NYTZ)、肥料(FLTRL)、农业机械总动力(NYJDL)、灌溉用水(GGYS)、农业劳动力(NYLDL)等辅助变量与各子系统相接口,来分析农业内部各产业及与其他产业之间的协调发展关系与变化趋势。

1.4 工业等非农业子系统

该子系统主要包括工业、建筑业、商业、交通运输业四大子模块,分别以工业总产值(GYZCZ)、建筑业产值(JZCZ)、商业产值(SYCZ)和交通运输业产值(JTYCZ)作为状态变量,重点将投资、劳动力、广义科技进步因子作为辅助变量与其他各子模块接口,借助柯本-道格拉斯生产函数模型,把资金作为内部循环作用因素,将劳动力作为外部投入因素来表示投入与产出的转换机制。这里,工业是柴达木盆地经济的主导部门,其创造的净产值占盆地 GDP 的 55.65%以上,因而也是盆地国民经济发展的主要驱动部门。在工业产业中,立足于盆地矿产资源优势的石油天然气开采业、铅锌等有色金属开采业、钾肥工业和采盐工业

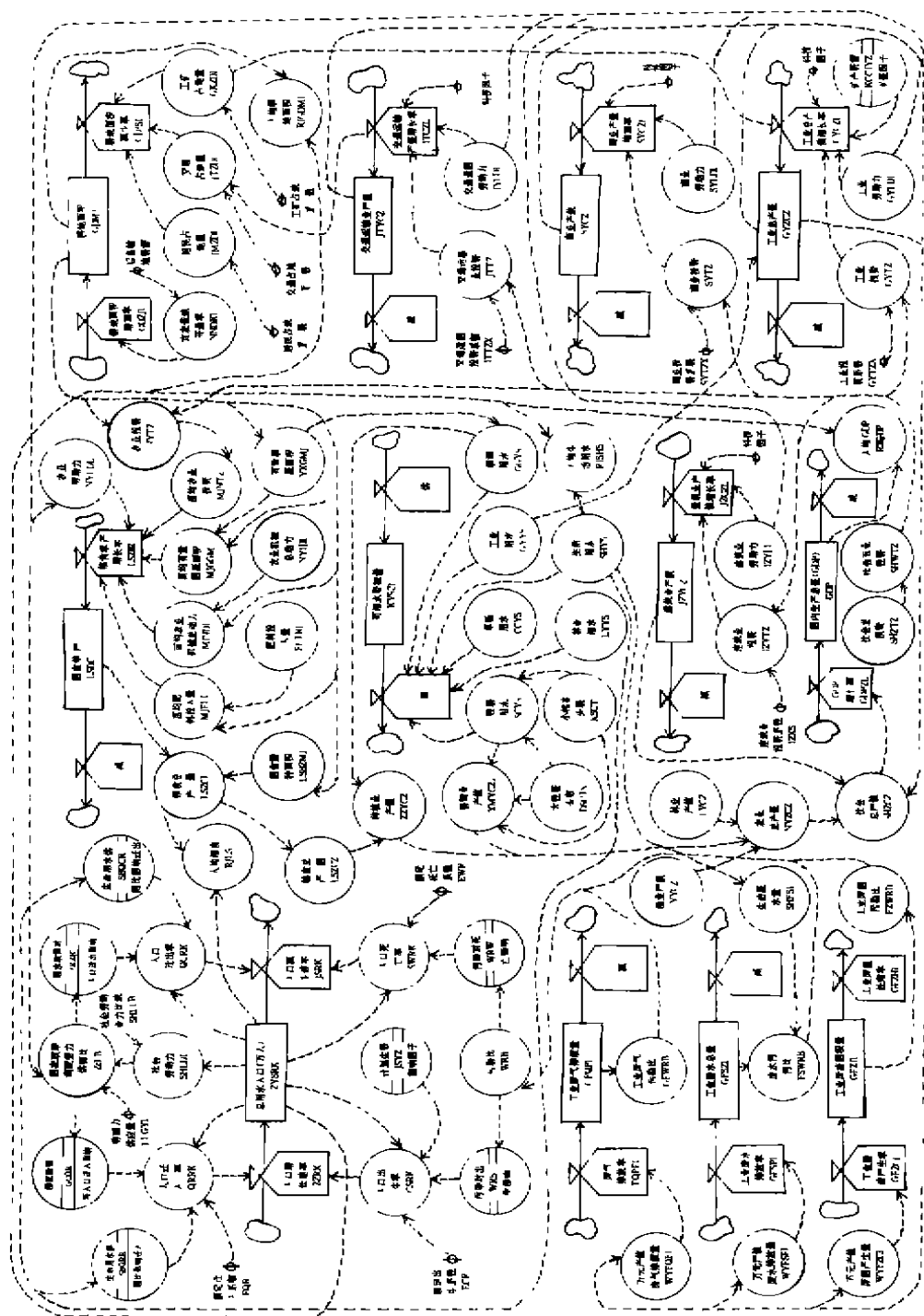


图 1 柴达木盆地可持续发展因果回路结构图
Fig. 1 A cause-result relationship for the sustainable development of Qidam Basin

是盆地工业主导行业,模型为此引入了矿产资源采掘因子(KCJYZ)对工业生产的影响。

1.5 经济总量子系统

柴达木盆地经济总量子系统主要通过GDP、社会总产值和社会总投资等变量反映,1995年上述3个变量的产值分别为24.78亿元(现价)、35.9亿元和9.07亿元,1991~1995年历年平均递增速度分别为15.75%(1990年不变价)、18.64%和12.19%。本模型将GDP作为状态变量,将多个子模块界面联系密切的社会总产值(SHZCZ)和社会投资(SHZTZ)作为辅助变量,并将社会总投资作为社会总产值中的一部分,分别投入到经济社会和环境各领域,成为连接和影响各子块的重要控制因子。只要投资结构和总量发生变化,就会导致整个经济总量子系统发生变化,进而影响新的投资结构和投资水平及产出效益。

1.6 环境污染与保护子系统

柴达木盆地经济发展因尚处在资源大规模开发前期阶段,环境污染尚且不很严重,但人们的环境意识极其淡漠,工业三废几乎未经处理就排放于环境之中,今后随着资源大规模开发和经济的进一步发展,环境污染问题将日渐突出。为此,本模型将工业废气排放量(QFQPL)、工业废水排放量(GFSZL)和工业废渣积累量(GFZJL)作为状态变量,借助万元工业产值废气排放系数(WYFQFL)、废水排放系数(WYFSFL)和废渣产生系数(WYFZCL)等辅助变量反映工业生产与环境污染的相互变化趋势。

2 盆地可持续发展试验调控动力学模型

根据图1的反馈结构,实地调查并搜集了以1986~1995年10年为主的相关资料,然后利用系统动力学专用模拟语言Professional DYNAMO Plus软件建立盆地可持续发展模型,该模型由12个状态变量、16个速率变量、242个辅助变量和常量、约268个系统动力学方程组成。其中系统参数采用以下几种方法确定:①采用算术平均值法确定额定出生系数ECR(0.01782)、额定死亡系数EWR(0.00316)、额定迁入系数EQR(0.132)、额定迁出系数EQC(0.0213)、城镇居民用水定额CZRYSE($73\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{a}$)、农村居民用水定额NCRYSE($38.33\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{a}$)、有效灌溉面积系数YXGGXS(0.9893)、农业投资系数NYTZXS、农业劳动力系数NYLDLXS等。②采用发展趋势推算法确定计划生育影响因子JSYZ(0.8841)^[4]、宜农荒地垦殖率NNDKL($1500\text{hm}^2/\text{a}$)、种植业产值增长率系数ZYL(0.0491)、林业产值增长率系数LYL(0.0695)、工业产值增长率系数GYZZXS(0.1233)、工业产值增长率转换系数GYZZHS(0.8305)、建筑业产值增长率系数JJCZXS(0.0828)和增长率转换系数JJCZHS(1.0636)、商业产值增长率系数SYCZXS(0.0739)和增长率转换系数SYCZHS(0.8744)、交通运输业产值增长率系数JTYCZXS(0.0843)和增长率转换系数JTYZHS(0.8955)、GDP增长率系数GDPZZXS(0.0755)和增长率转换系数GDPZHS(0.9041)、循环用水系数SX-HXS(0.95),等等。③采用表函数法确定污染对出生的影响WPS、生活用水供需比对人口迁入的影响SBQRR、国家政策对人口迁入的影响QCQR、矿产资源剩余对工业生产的影响KCJYZ等。④在MINITAB软件支持下,采用一元回归分析模型确定社会总投资SHZTZ、采用多元回归分析模型确定社会总产值SHZCZ、GDP增长率GDPL、农业总产值NYZCZ、畜牧业产值XMZCZ、粮食单产增长率LSZL、草场灌溉面积CCGMJ等。⑤采用柯本-道格拉斯生产函数模型求算工业、商业、建筑业和交通运输业的资金弹性系数PK、SYT、JZT、TZT,劳动力弹性系数PL、SDT、JDT、TDT,广义科技进步因子GKJBYZ、SYKJYZ、JZKJYZ、JTKJYZ等。⑥采用灰色预测模型校正农业产值、工业产值、粮食总产量、商业总产值、社会总产值、总用水人口、GDP等预测值。

系统参数确定后,将盆地协调发展的动力学方程输入PC586微机进行编译模拟和仿真运行,并对模型的真实性和有效性检验,认为模型能较为圆满地解决所要提出的问题,因而是一个具有较低行为灵敏度、数值灵敏度和政策灵敏度的模型和强壮性较好的模型,可以选择合理的控制变量对盆地资源开发和经济社会环境协调发展方案进行试验调控。

3 盆地可持续发展弹性方案的试验调控

根据控制参量的确定原则和盆地协调发展的现状区情,将位于主反馈回路与局部反馈回路交叉点上起主导作用的人口迁入系数(EQR)、投资结构、劳动力结构、农灌定额衰减系数GGL、林灌定额衰减系数LML、草灌定额衰减系数CCL、万元工业产值用水定额衰减系数WJL、宜农荒地垦殖率NNDKL和工业废

水排放达标率 FSPDL 共九大参量作为控制参量进行,由此得出经济发展型(高方案)、资源与生态环境保护型(低方案)和协调发展型(中方案)3种调控试验方案,其调控试验结果见表1。

3.1 追求经济发展主目标的发展型方案

当人口迁入系数、工业投资比重、工业劳动力比重、宜农荒地垦殖率、工业废水排放达标率分别取值为13.2%、85%、27.5%、0.15万hm²/a、69.5%、农田、林地、草地和工业用水定额衰减系数分别取值0.85%、2.20%、1.00%和2.00%时,仿真生成经济发展型方案,计为方案1。此方案的突出特点为:

表1 柴达木盆地可持续发展弹性方案试验调控的主要指标预测值

Table 1 Prospected index for the sustainable development for Qidam Basin

指标名称 Index	单位 Unit	1990 年	2000年			2010年			2020年			2050年		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
GDP	亿元	8.66	23.91	22.60	22.32	56.29	53.94	50.5	107.6	97.14	87.29	839.9	783.8	498.3
GYZCZ	亿元	4.91	27.58	21.27	19.33	57.86	41.55	36.95	148.9	100.2	84.99	674.2	625.5	475.2
NYZCZ	亿元	1.17	1.83	1.82	1.81	3.20	3.17	3.13	6.09	5.99	5.85	53.8	51.6	48.6
ZYSRK	万人	34.8	40.8	40.6	40.5	53.6	52.4	51.9	77.5	75.3	74.1	153.5	131.3	115.9
LSZCL	万吨	7.42	11.04	10.77	10.35	15.05	14.45	13.56	19.24	18.29	16.88	30.62	28.66	25.53
KYSZL	亿m ³	30.1	27.34	27.41	27.47	23.68	23.97	21.49	18.79	19.67	20.21	-0.56	2.33	4.99
SXQL	亿m ³	6.79	9.19	8.86	8.62	11.42	10.71	10.25	14.57	13.08	12.27	21.26	20.25	17.64
GGYS	亿m ³	4.85	6.19	6.03	5.81	7.27	6.98	6.58	8.13	7.72	7.18	9.58	8.93	8.16
LYYS	亿m ³	0.25	0.42	0.39	0.38	0.70	0.61	0.57	1.16	0.96	0.86	1.24	1.62	1.38
CCYS	亿m ³	1.21	1.44	1.48	1.53	1.66	1.74	1.83	1.87	1.97	2.11	2.39	2.57	2.84
GYYS	亿m ³	0.17	0.77	0.59	0.53	1.33	0.94	0.81	2.79	1.83	1.49	6.88	6.08	4.29
SHYS	亿m ³	0.23	0.27	0.26	0.26	0.35	0.34	0.33	0.50	0.49	0.48	1.00	0.85	0.75
SCYS	亿m ³	0.09	0.10	0.10	0.10	0.12	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.19	0.20	0.21
GDMJ	万hm ²	3.85	5.35	5.22	5.02	6.85	6.58	6.18	8.34	7.94	7.34	12.67	11.91	10.74
CCGMJ	万hm ²	1.33	1.77	1.83	1.91	2.25	2.39	2.58	2.79	3.03	3.36	4.82	5.52	6.49
LGMJ	万hm ²	0.24	0.50	0.45	0.46	1.03	0.85	0.87	2.14	1.61	1.66	4.47	5.01	5.46
DSCTS	万头	15.6	17.51	17.69	17.77	19.63	20.03	20.22	22.01	22.67	23.01	31.02	32.91	33.91
XSCTS	万只	124	148.1	150.6	154.1	165.2	170.8	178.7	184.3	193.8	207.4	255.8	282.9	324.4
NGDE	m ³ /666.7m ²	849	779	778	780	716	714	717	657	655	659	509	505	512
LGDE	m ³ /666.7m ²	702	562	577	553	450	473	436	360	389	344	185	215	169
CGDE	m ³ /666.7m ²	603	545	539	534	493	483	473	446	434	419	330	311	292
GYSDE	m ³ /万元	343	280	278	275	229	225	220	187	183	176	102	97	90
GFSZL	万吨	496	898.3	815.8	789.6	1149	1020	978.8	1583	1372	1295	3216	3144	2904
GFQPL	万m ³	30	180	140	130	390	280	250	990	670	570	4500	4100	3100
GFZJL	万吨	91.5	513.4	394.1	359.7	1077	773	688	2771	1866	1582	12550	11640	8643

注:本表各指标代码含义见图1注释。

(1)经济总量大,经济发展速度快。由表1看出,到2010年、2020年、2030年、2040年和2050年,盆地GDP(按1990年不变价)将分别达到56.29亿元、107.6亿元、153.1亿元、280.3亿元和839.9亿元,其绝对量分别比同期方案2、方案3高出1.2~3倍左右。1991~2050年历年平均增长速度为7.88%,分别比同期方案2、方案3快0.13%和0.94%,各时段的递增速度也快于方案2、方案3。与此同时,资源开发型工业

和农业亦在以历年平均 8.55% 和 6.58% 的速度递增,其增长幅度是 3 种方案中最快的,增长总量也是 3 种方案中最高的,如图 2 所示。但受制于盆地经济发展条件的种种限制,无论采取何种手段进行仿真调控,盆地历年平均经济增长速度都不超过 8% 的速度,受市场经济本身及经济发展外部推动的双重影响,盆地经济发展呈现出一定的波动性特点。

(2) 经济发展的投资拉动效应和劳动力的外部推动效应极为显著。长期以来,柴达木盆地经济发展就有着强烈的外部推动性^[3],这一方面体现在投资拉动上,伴随盆地经济发展总量的提高,盆地社会总投资将以年平均 7.55% 的速度递增,至 2030 年总投资将超过 50 亿元,至 2050 年将高达 393 亿元,即使最低的方案 3 至 2050 年也将达到 283 亿元,可见高速度高产出主要靠高投资来支撑。另一方面体现在劳动力的外部推动上,柴达木盆地人口增长以机械增长为主,自然增长为辅,所以人口迁入系数成了人口规模调控的最灵敏因子,为了满足盆地未来经济增长速度,人口迁入系数必须保持在 13.2% 以上,这样到 2020 年盆地人口将达到 77.53 万人,到 2050 年将达到 153.51 万人,人口发展规模渐趋承载极限,势必将衍生出一系列社会环境与生态问题。

(3) 水土资源与矿产资源开发强度大,耗竭多。从土地资源看,3 种模拟方案下盆地耕地、林地和草地面积均呈增加趋势,但增长速度与总量以方案 1 为最大。以耕地面积为例,到 2050 年,盆地净增耕地面积 8.8 万 hm^2 ,分别比方案 2 和方案 3 多净增 0.78 万 hm^2 和 2 万 hm^2 ,相应的粮食总产量分别比方案 2 和方案 3 多净增 1.96 万 t 和 5.09 万 t。从可利用水资源看,受盆地高原降效影响,盆地社会经济各领域需水定额高于同纬度其他地区,但用水量最大的方案仍为方案 1,到 2000 年、2010 年、2020 年、2030 年、2040 年和 2050 年,盆地需水量将分别达到 9.19 亿 m^3 、11.42 亿 m^3 、14.57 亿 m^3 、15.95 亿 m^3 、17.64 亿 m^3 和 21.26 亿 m^3 ,到 2050 年,需水量将分别比方案 2、方案 3 净多 1.01 亿 m^3 和 3.62 亿 m^3 。相反,可利用水资源量却比方案 2、方案 3 减少得更快,到 2050 年,方案 1 的可利用水资源量出现负值,说明缺水 0.56 亿 m^3 ,而方案 2、方案 3 仍盈余 2.33 亿 m^3 和 4.99 亿 m^3 。正由于如此,方案 1 的需水量曲线与可利用水量曲线的交叉点 A 最先到来(2026 年)。与此同时,工业用水、农田灌溉用水和生活用水都比其他两种方案高。从矿产资源来看,本模型中引入了矿产资源采掘因子 KCJYZ 和矿产资源剩余因子 KCSSZ,由模拟结果可知,3 种方案中的 KCJYZ 和 KCSSZ 均呈下降趋势,但以方案 1 下降幅度最大,到 2050 年分别降至 0.9263 和 0.7526,分别比方案 3 净减少 0.0313 和 0.073,说明伴随资源型工业发展步伐的加快,矿产资源拥有量呈减少趋势,但以方案 1 减少最多。

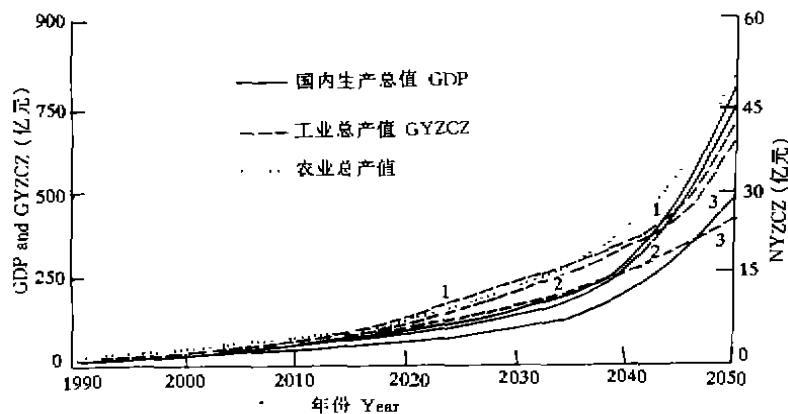


图 2 柴达木盆地可持续协调发展弹性方案中经济发展趋势比较分析图

Fig. 2 A changing pattern of sustainable development for Qaidam Basin

(4) 环境污染加剧趋势相对最为严重。柴达木盆地环境污染主要以三废污染为主,其中废水污染较为突出。从模拟结果看出,方案 1 在获得经济高速增长的同时,向环境排出的废水、废气、废渣亦最多,到 2050

年分别高达 3216.4 万 t、44840000 万 m^3 和 12550 万 t, 分别比方案 3 高 313 万 t、13240000 万 m^3 和 3707 万 t, 由此造成的盆地环境质量下降趋势比其他两种方案更为明显。

3.2 追求资源与生态环境保护为主目标的保护型方案

当人口迁入系数、工业投资比重、工业劳动力比重、宜农荒地垦殖率分别降至 11.8%、79%、25.8% 和 0.12 万 hm^2/a 、工业废水排放达标率提高至 75.5%、农田、林地、草地和工业用水定额衰减系数分别调整为 0.84%、2.35%、1.20% 和 2.20% 时, 仿真生成资源与生态环境保护型方案, 记为方案 3。其特点为:

(1) 自然资源在保护中缓慢耗竭。其表现一是宜农荒地垦殖率和耕地面积是三种方案中最低的, 到 2050 年其值分别为 0.12 万 hm^2/a 和 10.8 万 hm^2 , 比高方案少垦 2 万 hm^2 左右; 二是可利用水资源量是三种方案中最少的, 需求水量是最少的, 到 2050 年, 盆地可利用水资源量尚有 4.99 亿 m^3 (除需水量 17.64 亿 m^3 后), 比方案 1 和方案 2 净多 5.55 亿 m^3 和 2.89 亿 m^3 ; 三是矿产资源采掘因子 KCJYZ 和矿产资源剩余因子 KCSSZ 下降幅度最小, 到 2050 年分别降至 0.9576, 分别比方案 1 净高出 0.0313 和 0.073, 说明方案 3 剩余的矿产资源潜在储量价值最多。

(2) 生态环境状况相对最好。由于投入了 283.1 亿元 (2050 年) 的社会总投资主要用于改善生态环境状况, 所以盆地的生态环境将得到明显改善。主要表现一是生态用水量在总用水量有利于占据重要地位。生态用水可看作是林地用水和草地用水之和, 出于对盆地生态环境保护的考虑, 盆地草场灌溉面积和林地灌溉面积到 2050 年将分别达到 6.5 万 hm^2 和 5.5 万 hm^2 , 分别比方案 1 净增 2.4 万 hm^2 和 1 万 hm^2 , 分别比方案 2 净增 1 万 hm^2 和 0.44 万 hm^2 , 生态用水量到 2020 年、2050 年分别达到 2.97 亿 m^3 和 4.22 亿 m^3 , 占需水量的比重分别高达 24.21% 和 23.92%, 而创造的林牧业产值到 2050 年分别仅为 2.04 亿元和 1.37 亿元, 分别仅占 GDP 的 0.41% 和 0.28%。二是林灌面积和草灌面积历年平均递增速度达到 5.35% 和 2.67%, 均快于方案 1 和方案 2, 大牲畜和小牲畜头数到 2050 年分别达到 33.91 万头和 324.24 万只, 均比其他两种方案多, 三是工业废水排放达标率高, 三废污染最轻。

(3) 人口与经济发展规模最小、速度最慢。从人口发展状况分析, 由于缓慢的经济增长无法吸引更多的劳动力迁入, 致使人口迁入系数降至 11.8%, 到 2020 年、2030 年、2040 年和 2050 年, 盆地人口将分别达到 74.09 万人、86.10 万人、99.01 万人和 115.96 万人, 分别比同期其他两种方案的人口规模要小。从经济发展状况分析, 由于经济发展目标不是盆地追求的主目标, 所以无论是经济总量目标还是经济增长指标, 均是 3 种方案中最低的, 其中 GDP 到 2050 年比方案 1 整整低了 342 亿元、工业总产值低了 199 亿元、农业总产值低了 5.2 亿元, 因而方案 3 纯粹是一种低效益的保守型方案。

3.3 追求 PRED 协调发展为主目标的协调型方案

从经济发展为主目标的高方案和资源与生态环境保护为主目标的低方案的分析中可看出, 作为高方案的方案 1 片面追求经济高速增长和盆地自然资源大规模开发利用, 而不给予应有的保护和合理利用, 虽然经济取得了暂时性快速发展, 但却以资源的掠夺式开发利用和生态环境破坏为代价, 由此造成的生态损失和环境污染严重程度远远超过了方案 2 和方案 3, 这是一种传统粗放型经济发展方式影响下的“高投入、高产出、高污染、高风险、高报复性”方案, 从盆地 PRED 协调发展角度考虑是一种不可取的扩张型方案。作为低方案的方案 3 虽然把资源与生态环境的保护摆在首位, 对维持盆地生态环境的良性循环起到了不可估量的作用, 但由于重保护轻开发, 不论是 GDP, 还是工农业发展总量和速度均是 3 种方案中最低的, 这种保守型方案对于处在资源大规模开发前期准备阶段的柴达木盆地是不可取的。

在这种情况下, 重新调整九大控制变量, 当人口迁入系数调试至 12%、工业投资比重、工业劳动力比重、宜农荒地垦殖率、工业废水排放达标率分别调试至 83%、26.2%、1.95%、1.10% 和 2.10% 时, 仿真生产 PRED 协调发展型方案, 记为方案 2。作为中方案的方案 2 从经济发展状况看, 其 GDP 的总量在各时段始终介于方案 1 和方案 3 中间, 到 2030 年和 2050 年分别达到 141.2 亿元和 783.8 亿元, GDP 历年平均增长速度为 7.75%, 也介于二者之间, 工农业总产值及增长速度不高不低, 恰位其中; 从自然资源开发利用状况看, 到 2050 年耕地面积将达到 11.91 万 hm^2 , 可利用水资源量将降至 2.33 亿 m^3 , 需求水量将达到 20.25 亿 m^3 , 矿产资源采掘因子与剩余因子分别降至 0.9352 和 0.7704, 上述指标均介于方案 1 和方案 3 之间; 从

人口发展状况看,到 2050 年,总人口将达到 131.29 万人,介于高方案(152.51 万人)和低方案(115.96 万人)之间,充分考虑盆地水资源开发对人口影响、国家政策对人口迁入迁出影响、盆地经济发展和修建青藏铁路对劳动力需求影响以及盆地环境污染和自然条件对人口出生死亡影响等因素,认为方案 2 的人口预测指标为最佳方案;从生态环境保护状况看,方案 2 的生态需水量、林草灌溉面积、工业废水排放量到 2050 年分别为 4.19 亿 m^3 、10.5 万 hm^2 和 3244.2 万 t,均介于方案 1 和方案 3 之间。由此可见,方案 2 既考虑到了盆地国民经济的持续稳定增长,又兼顾了自然资源的合理开发利用与保护;既保证了经济发展的总量水平与速度水平,又考虑到了经济发展造成的环境污染与生态破坏限度;既照顾了工业与第三产业的发展,又给盆地农业发展以充分的关注,并把人口迁移规模控制在经济发展与生态环境许可的范围内;从盆地可持续发展的长远目标综合权衡和层层优选,作者认为中方案作为盆地 PRED 协调发展型方案,是 3 种方案中相对最优的方案。

参考文献

- [1] 国务院发展研究中心编. 中国经济的发展与展望. 北京:中国财政经济出版社,1990. 140~185.
- [2] 王其藩. 系统动力学. 北京:清华大学出版社,1994. 409~418.
- [3] 海西州国土办. 柴达木地区国土资源. 西宁:青海人民出版社,1994. 5~12.
- [4] 秦耀辰,等. 河南省持续发展系统动力学模拟与调控. 系统工程理论与实践,1997,7:124~129.
- [5] 伍光和,等. 柴达木盆地. 兰州:兰州大学出版社,1992. 173~197.
- [6] 方创琳. 河西走廊绿洲生态系统的动态模拟研究. 生态学报,1996,16(4):389~396.

本刊加入 ChinaInfo 网络信息服务系统

为了实现科技期刊编辑、出版发行工作的电子化,推进科技信息交流的网络化进程,本刊现已入网“ChinaInfo(中国信息)网络资源系统《电子期刊》”,所以,向本刊投稿并录用的稿件文章,将一律由编辑部统一纳入 ChinaInfo 信息服务系统,进入因特网提供信息服务。凡有不同意见将自己稿件纳入因特网传送交流的作者,请另投它刊。本刊所付稿酬包含刊物内容上网服务报酬,不再另付。

ChinaInfo 系统是由国家科技部立项、中国科技信息研究所组织实施,万方数据网络中心编辑制作的开放式因特网络信息资源系统。《电子期刊》作为国家“九五”科技攻关项目,是 ChinaInfo 系统中的重要信息服务栏目,截止 1998 年 10 月已有 120 种期刊的全文内容同步制作上网(网址:<http://www.chinainfo.gov.cn/periodical>),将在近 1~2 年内增加至 500 种科技期刊。本刊内容将按照统一格式显示,制作编入 ChinaInfo 系统电子期刊,读者可上因特网进入 ChinaInfo 系统免费(一年后开始酌情收费)查询检索本刊内容,也欢迎各界朋友通过 ChinaInfo 系统向我刊提出宝贵意见、建议或征订本刊。