

2000 年新疆粮棉协调发展的种植业线性规划^{*}

邱建军

肖 荧南 辛 德惠

(中国农科院资源区划所山区室, 北京 100081)

(中国农业大学生态环境系, 北京 100094)

摘 要: 根据自治区九·五计划要求, 在棉、粮协调和保持棉区持续发展的原则上, 用线性规划方法对新疆 2000 年种植业结构进行了规划, 结果表明: 即在其他作物稳定在 1995 年的播种情况下, 到 2000 年需在棉产区累计开荒净增耕地 $35.33 \times 10^4 \text{hm}^2$, 使总耕地达到 $348.16 \times 10^4 \text{hm}^2$, 作物播种面积达到 $342.94 \times 10^4 \text{hm}^2$; 其中粮食作物 $160 \times 10^4 \text{hm}^2$, 棉花面积 $105.2 \times 10^4 \text{hm}^2$; 甜菜 $13.32 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。开荒主要集中在南疆, 占 72.8%。

关 键 词: 新疆; 粮棉协调发展; 线性规划

中图分类号: G304(45) 文献标识码: A 文章编号: 1007-7588(2000)01-0050-05

STUDY ON LINEAR PROGRAM OF PLANTING FOR THE YEAR 2000 ACCORDING TO THE PRINCIPLE OF COORDINATED DEVELOPMENT OF COTTON AND GRAIN IN XINJIANG

QIU Jian-jun¹ XIAO Ying-nan² XIN De-hui²

(1 Upland Research Center, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081, China)

(2 Dept. of Eco-environment, Chinese Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: A rational planting plan for the new task was put forward according to the principle of coordinated development of cotton and grain production and meeting the requirements of the 9th—Five—Year Plan of Xinjiang. Planting scheme in 2000 obtained by linear program shows that it is necessary to increase $35.33 \times 10^4 \text{hm}^2$ of net cultivated land by reclaiming wasteland in the end of 2000. Then the total cultivated land will reach $348.16 \times 10^4 \text{hm}^2$ and the planting area will reach $342.94 \times 10^4 \text{hm}^2$, with which $160 \times 10^4 \text{hm}^2$ for grain, $105.2 \times 10^4 \text{hm}^2$ for cotton, and $13.32 \times 10^4 \text{hm}^2$ for beet.

Key words: Coordinated development; Cotton and grain production; Linear program; Xinjiang

“九五”期间国家要把新疆建成我国最大的棉花生产基地, 实现棉花生产的战略西北倾斜, 具体目标是: 新疆棉花生产到 2000 年要达到 $150 \times 10^4 \text{t}$ 。新疆棉区如何来完成这个任务? 如何协调发展新疆的粮棉生产? 如何充分利用新疆的资源优势、合理地安排和布局全区的棉区生产? 进而确保棉花生产战略北倾的成功和棉花生产的持续稳定发展。本文根据自治区九·五计划要求, 在棉、粮协调和保持棉区持续发展的原则上, 用线性规划方法对新疆 2000 年种植业结构进行了规划。

1 规划的范围、原则、方法和特点

- (1) 规划范围: 在整个自治区范围内规划作物种植, 但明确棉花产区范围, 棉花生产规划落实到棉产区(分地区)。
- (2) 规划原则: 以自治区九·五计划为依据, 以粮、棉协调, 粮、棉、甜菜均衡发展为前提, 调整作物种植结构; 提高单产和开荒扩大耕地面积同步, 努力实现总产, 完成国家战略布局; 以节水、增水相结合, 降低毛灌量, 以水定地, 节水开荒, 提倡种地养地相结合, 实行合理轮作、倒茬, 实现棉花生产持续稳定发展。
- (3) 方法: 线性规划方法^[1]。
- (4) 本规划的几大特点: ①遵照《自治区九·五计划和 2010 年远景目标纲要》, 与自治区九·五计划同步实施; ②本规划具体到各行政区(地、州、市、师、局), 可操作性强; ③把棉产区和非棉产区分开, 加强分内区约束, 相互制约, 现

收稿日期: 1998-01-05; 收到修改稿日期: 1998-08-01

^{*} 国家重点科技攻关专题“棉花高产生模拟模型和栽培管理计算机辅助决策系统的研制与应用”资助(编号: 85722-24-01-07)

作者简介: 邱建军(1968~), 男, 浙江建德市人。土壤学专业博士后, 主要从事农业生态、作物生长模拟和区域发展研究。

实性、针对性强; ④本规划内容上体现了粮、棉协调, 粮、棉、甜菜均衡发展, 同时考虑到了农区的持续、稳定发展(注重棉耕比例)。

2 规划的总体思路和所研究系统变量间的相互制约说明

种植业的线性规划是比较成熟的方法, 省级种植业规划涉及面广、因素多, 如何精简突出重点是关键, 并且在约束条件上体现特色。本规划围绕自治区九·五计划要求, 把粮食、棉花、甜菜三大作物生产作为主要的规划变量, 并且体现在主要的约束条件(目标产量)中; 其他作物(包括油料、瓜菜)以稳定 1995 年的种植规模, 不再重新规划, 在规划时减去这部分生产的耕地数量; 因为在现有的耕地上不可能完成生产任务, 必须开荒净增耕地, 这是第 4 项重要的规划变量。考虑到新疆农业的实际情况, 粮食种植规划布置在全疆耕地上, 各行政单位基本保持自给有余; 甜菜生产主要安排在非棉产区, 遵照目前(历史)生产情况, 主要集中在北疆; 棉花生产就落实在棉花产区, 实现地区间优势互补。因此在变量设置上直接体现出来(见表 1)。

由于棉花生产有地区限制, 规划时涉及棉产区和非棉产区, 又要考虑开荒, 无形中增加了基础数据收集的难度和规划的复杂性; 本规划直接把开荒落实在棉产区, 以 1995 年净耕地为基础, 直接求算到 2000 年由于生产需要累积开荒净增耕地面积, 而省去各类耕地增减预测。

同时按照棉区生产持续稳定的原则, 即在规划时能考虑到棉花生产能实现轮作、倒茬, 这就要求棉产区棉花播种面积要控制在一定的比例, 因此把开荒直接落实在棉产区以增加棉区耕地是符合实际的, 在约束条件中用棉产区可供水资源和宜农荒地数量来限制开荒, 体现以水定地, 加上对棉产区棉花生产有一个棉耕比例的限制, 以保证棉区实现轮作、倒茬, 持续发展。

在约束条件设置上体现棉产区和非棉产区相互制约, 是本规划的一大特色。规划在全区范围内进行, 用棉产区的耕地资源、供水能力作为产区内部限制, 来规划棉产区的生产和开荒规模; 同时加上全区耕地限制。根据多方测算, 新疆棉区只要降低灌溉定额, 在棉区适当开荒, 加上提高粮食、棉花单产, 在现有的水资源下能够完成三大作物的生产任务, 这也保证本规划能有合理的数学解。规划以 1995 年为基础年, 兼顾 1990 年~1995 年的生产发展情况。

3 模型设计

3.1 确立目标:

①自治区九·五计划要求: 2000 年产皮棉 $150 \times 10^4 \text{t}$; 人均综合用粮 460kg , 粮食总产达 $850 \times 10^4 \text{t}$; 甜菜产量 $600 \times 10^4 \text{t}$ 。 ②符合农业生态发展规律, 棉区持续稳定发展。 ③有较好的经济效益。在模型中以①、②目标作为约束条件, 以经济效益作为直接目标。

3.2 设置变量

表 1 变量设置表(28 个单位共 96 个变量, 参见表 2)($\times 10^4 \text{hm}^2$)				
Table 1 Setting up of variables (total 96 variables in 28 units)				
类别	粮食面积	棉花面积	甜菜面积	开荒净增地
地区				
阿勒泰地区	$A1$	—	$A3$	—
伊犁地区	$yi1$	$yi2$	$yi3$	$yi4$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

以自治区各地、州、市(地方)和师、局(兵团)为单位, 分别按 2000 年应达到的粮食种植面积、棉花种植面积、甜菜面积和棉区开荒净增地设置变量, 不考虑正复播情况, 耕地制度(少数地方可一年两熟)以及旱地(比例很小)、水浇地的区别等在约束条件中加以考虑。

林方主面, 新疆属灌溉农区, 良好的农用耕地, 很少发展成片林(在山地、荒地上), 四旁林、零星果树不占耕地, 亦未设变量, 因此只在耕地中扣除农区成片林和果园面积。

3.3 参数选定(见表 2)^[2~7]

(1)人口: 按照自治区九·五规划纲要要求, 人口自然增长率控制在 2‰ 以下, 本研究选用自然增长法和灰色预测 GM(1, 1)模型两种方法预测新疆各地、州、市、师、局 2000 年人口, 以两者平均为 2000 年人口数(略); 据预测 2000 年新疆人口将达到 $1\,842.13 \times 10^4$ 人。

表 2 参数值表
Table 2 Value of parameters

项目	粮食单产 (kg/hm ²)		棉花单产 (kg/hm ²)		甜菜单产 (kg/hm ²)		毛灌定额 (m ³ /hm ²)		棉产区年可 供灌溉水 (×10 ⁸ m ³)	年净耕地 (×10 ⁴ hm ²)		年复种指数 (%)
年份	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1994	2000	2000	1995	2000(全区)	2000(棉产区)
全 区	4 689	5 325	1 259	1 428	40 526	45 226	11 850	10 500	281. 504	246. 902	98. 5	105
一、地方	4 605	5 274	1 161	1 386	40 976	45 463	12 630	10 955	230. 648	177. 352	103. 1	111. 3
乌市	4 367	5 001	—	—	31 669	35 137	—	—	—	1. 878	75. 5	—
克拉玛依	4 607	5 276	1 110	1 325	—	—	13 560	11 790	0. 4884	0. 1944	57. 3	57. 8
昌吉自治州	5 253	5 692	1 195	1 389	45 925	50 954	7 755	7 500	11. 4274	21. 443	89. 3	90. 6
伊犁地区	5 043	5 501	883	1 026	48 512	53 824	13 170	11 475	15. 8899	20. 536	101. 7	104. 3
塔城地区	4 085	4 962	1 216	1 404	34 166	37 907	8 025	7 050	7. 0128	18. 330	88. 6	94. 9
阿勒泰地区	3 433	3 922	—	—	31 650	35 116	—	—	—	6. 184	81. 8	—
博尔塔拉州	5 095	5 522	1 237	1 408	34 768	38 575	7 470	6 750	4. 6901	5. 00	101. 7	103. 1
吐鲁番	3 965	4 541	1 437	1 591	—	—	16 470	14 325	8. 8610	3. 977	110. 6	111. 5
哈密	4 170	4 776	1 309	1 500	—	—	13 980	12 150	3. 5735	3. 476	77. 8	115. 2
巴州	5 050	5 509	1 330	1 415	38 716	42 955	10 875	9 240	19. 912	9. 091	107. 0	108. 0
阿克苏地区	4 424	5 066	1 447	1 469	24 814	36 850	14 355	12 525	46. 9786	29. 323	105. 0	108. 9
克孜勒苏州	4 212	4 823	938	1 090	—	—	11 280	9 810	5. 7839	3. 484	112. 2	119. 3
喀什地区	4 937	5 338	1 274	1 402	—	—	12 900	11 250	73. 1861	36. 027	124. 5	126. 0
和田地区	5 056	5 590	965	1 121	—	—	15 645	13 650	32. 8443	14. 354	121. 6	122. 5
二、兵团	4 875	5 537	1 435	1 515	39 979	44 747	9 195	8 850	50. 8562	69. 564	88	91. 0
农一师	5 944	6 751	1 721	1 817	34 800	38 952	12 990	11 700	11. 6466	9. 451	100. 3	99. 9
农二师	5 545	6 298	1 539	1 625	47 990	53 716	11 910	11 550	6. 9769	4. 374	106. 1	107. 1
农三师	4 369	4 962	1 579	1 667	—	45 849	12 240	11 400	6. 9209	4. 814	96. 9	97. 2
和管局	4 916	5 583	991	1 046	—	—	11 595	10 950	0. 5923	0. 309	118. 7	118. 6
农四师	5 248	5 960	1 028	1 085	49 673	55 600	7 305	6 900	2. 3345	5. 445	99. 0	100. 3
农五师	4 866	5 527	1 358	1 433	35 981	40 274	9 300	8 850	3. 5961	3. 673	86. 8	89. 0
农六师	5 017	5 698	1 266	1 337	52 605	58 365	7 485	7 125	3. 7535	11. 758	66. 6	76. 8
农七师	4 757	5 403	1 234	1 383	14 250	34 933	5 970	6 000	3. 9788	6. 054	90. 5	91. 2
农八师	5 192	5 897	1 209	1 340	35 310	39 523	6 150	6 000	7. 8815	14. 567	86. 1	86. 7
农九师	1 991	2 261	—	—	22 147	37 769	—	—	—	4. 215	87. 0	—
农十师	5 254	5 967	—	—	43 179	48 331	—	—	—	1. 410	94. 1	—
其他	5 806	6 597	1 300	1 372	48 228	53 982	8 775	8 325	0. 3261	1. 689	73. 3	80. 1
哈管局	4 033	4 581	1 478	1 560	—	—	13 185	12 525	2. 5554	1. 644	75. 6	82. 8
兵直 221 团	—	—	1 238	1 307	—	—	13 200	12 540	0. 2939	0. 176	41. 0	41. 2

(2)耕地: 2000年自治区各地区耕地面积以1995年净耕地为基础, 用到2000年由于生产需要累积开荒净增耕地补齐, 而省去各类耕地增减预测。

(3)水资源: 据《新疆国土资源》中预测, 2000年可供农田用水将占75%。本规划以棉产区单位2000年75%保证率下

1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

可供水量, 乘以 75% 作为棉产区 2000 年可供农田灌溉用水。

(4) 毛灌定额: 自治区九五计划明确规定九五期间使灌溉定额下降到 $10\ 500\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。以 1994 年为基础, 按比例降低灌溉定额。

(5) 复种指数: 1995 年新疆全区平均复种指数为 97.5%, 其中棉产区复种指数为 103.7%, 2000 年全区平均复种指数规划为 98.5%, 其中地方为 103.1%, 兵团为 88%; 棉产区复种指数为 105%, 其中地方为 111.3%, 兵团为 91%。各地区按相应比例增加。

(6) 人均综合用粮数: 自治区九五计划要求 2000 年人均 460kg。

(7) 农产品价格: 与自治区九五计划统一, 取 1995 年收购价, 每百公斤粮食平均收购价 147.1 元, 皮棉 1 284.0 元, 甜菜 27.01 元。

(8) 棉耕比例: 为减轻病虫危害, 做到合理轮作倒茬, 新疆合理的种植比例应该为 4:4:1:1 (粮:棉:油料:甜菜:绿肥及其他), 考虑到生产需要, 地方棉耕比例应小于 45%, 兵团不应超过 50%, 个别高产单位, 可以保持原有高的棉耕比例。

(9) 粮食单产: 根据自治区九五计划要求以后每年单产递增量为 $127.5\text{kg}/\text{hm}^2$, 即以 1995 年为基准年, 年递增率为 2.58%, 以此推算 2000 年粮食单产将达 $5\ 325\text{kg}/\text{hm}^2$, 粮食生产地方比兵团水平略差, 增长比例略大点 (年递增率 2.75%, 兵团 2.57%)。

(10) 棉花单产: 用 GM(1, 1) 模型对 1988 年~1994 年历史资料进行预测, 到 2000 年单产水平将达到 $1428\text{kg}/\text{hm}^2$ (年增单产 $33.8\text{kg}/\text{hm}^2$), 以 1995 年为基准年, 年递增率为 2.55%, 而地方的单产水平远低于兵团水平, 根据 1995 年地方、兵团的种植面积比例把递增率分别调整为 3.61%、1.1%。

(11) 甜菜单产: 根据自治区九五计划, 2000 年需完成 $600 \times 10^4\text{t}$ 甜菜, 播种近 $13.33 \times 10^4\text{hm}^2$ 左右, 按此计算以 1995 年为基准年, 单产年递增率为 2.22%, 甜菜生产地方的水平略高于兵团, 按 1995 年地方与兵团的种植面积比例将递增率调整为地方 2.1%, 兵团 2.28%。

4 目标方程建立:

本规划选取粮食、棉花和甜菜三大作物的总产值作为总目标, 为与自治区九五计划具有可比性, 同样选取 1995 年各类作物市场平均收购价作为价格系数来计算总产值 ($\times 10^4$ 元)。

目标方程如下:

$\text{Max } Z = \sum \text{各单位棉花价格系数} \times \text{棉花面积} + \sum \text{粮食价格系数} \times \text{粮食面积} + \sum \text{甜菜价格系数} \times \text{甜菜面积}$ (具体方程省略)

约束条件:

(1) 粮食产量目标约束:

规划时以南、北疆粮食自给为原则: 北疆人口集中, 耕地少, 同时又集中甜菜、棉花生产、粮食生产以自给为主; 而南疆耕地多, 人口相对较少, 且又是开荒重点区, 加上甜菜生产任务少, 故粮食生产应自给有余, 多余部分补给东疆, 保证东疆长绒棉和瓜果基地的生产发展。

全 区: $\sum (\text{粮食面积} \times \text{单产}) \geq \text{总人口} \times \text{人均综合用粮}$ (即 $\geq 850 \times 10^4\text{t}$)

北 疆: $\sum (\text{北疆各单位粮食面积} \times \text{单产}) \geq \text{北疆总人口} \times \text{人均综合用粮}$

南疆和东疆: $\sum (\text{南、东疆各单位粮食面积} \times \text{单产}) \geq \text{南、东疆总人口} \times \text{人均综合用粮}$

传统产粮区: 本区粮食总面积 $\times$ 单产 $\geq$ 本区 2000 年总人口 $\times$ 人均综合用粮

如昌吉自治区: $0.5692\text{Cang1} \geq 127.1429 \times 460 \times 10^{-3}$ (这类方程共有 16 个)

(2) 棉花产量目标约束: $\sum (\text{各产棉区单位棉花面积} \times \text{单产}) \geq 150 \times 10^4\text{t}$

(3) 甜菜产量目标约束: $\sum (\text{各单位甜菜面积} \times \text{单产}) \geq 600 \times 10^4\text{t}$

主产甜菜区甜菜种植面积不应小于 1995 年的水平, 如伊犁地区: $\text{Cang3} \geq 1.34 \times 10^4\text{hm}^2$ 。(这类方程共有 10 个)

(4) 各地区总耕地约束: 这类方程共有 28 个。

如伊犁地区 $(y_{i1} + y_{i2} + y_{i3} + y_{i4}) \leq (205.36 + y_{i4}) \times \text{复种指数}$; 即: $y_{i1} + y_{i2} + y_{i3} - 0.017y_{i4} \leq 208.85$

(5) 棉产区荒地资源约束: 棉产区各地区开荒面积 $\leq$ 棉产区各地区宜农荒地总量; 但荒地资源数量丰富, 没有限制, 而主要是通过水资源来限制开荒数量。

(6) 棉产区水资源限制: 共 24 个方程

(棉产区 1995 年耕地面积+开荒净增地) $\times$ 复种指数 $\times$ 毛灌定额 $\leq$ 产区供水量

如伊犁地区: $(140.07+yi4)\times 1.043\times 0.075\leq 15.8899(\times 10^8\text{m}^3)$; 即 $yi4\leq 6.31\times 10^4\text{hm}^2$

(7)棉产区棉耕比例约束(共 23 个方程): 棉产区棉花面积/棉产区总耕地 ≤ 0.45

如伊犁地区: $(yi2+yi4)/(140.07+yi4)\leq 0.45$; 即 $yi2+0.5yi4\leq 64.032$

5 计算结果分析

经上机运算, 并将结果归类整理成新疆 2000 年种植业结构表(略), 归纳出以下几点结论:

(1)2000 年新疆种植业结构: 要完成三大作物的生产任务, 到 2000 年需累计开荒净增耕地 $35.33\times 10^4\text{hm}^2$, 使总耕地达到 $348.16\times 10^4\text{hm}^2$, 作物播种面积为 $342.94\times 10^4\text{hm}^2$, 其中粮食作物 $160\times 10^4\text{hm}^2$, 棉花 $105.2\times 10^4\text{hm}^2$, 甜菜 $13.32\times 10^4\text{hm}^2$, 其他作物 $64.42\times 10^4\text{hm}^2$ 。2000 年各类作物种植比例是: 粮食作物占 46%、棉花 31%、甜菜 4%、其它作物 19%。

(2)2000 年粮食生产: 按规划实施, 2000 年粮食总产将达到 $852.0\times 10^4\text{t}$, 人均占有粮食 462.5kg, 播种面积与 1995 年大致持平; 其中地方将播种 $129.1\times 10^4\text{hm}^2$, 总产 $680.90\times 10^4\text{t}$, 人均占有粮食 428kg; 兵团播种粮食 $30.9\times 10^4\text{hm}^2$, 总产 $161.1\times 10^4\text{t}$, 人均占有粮食 645kg; 而北疆总产 $404.01\times 10^4\text{t}$, 人均占有粮食 460.3kg; 南、东疆总计 $447.99\times 10^4\text{t}$, 人均占有粮食 464.5kg。

(3)2000 年棉花生产: 按规划实施, 2000 年播种棉花 $105.2\times 10^4\text{hm}^2$, 比 1995 年多种 $30.91\times 10^4\text{hm}^2$, 总产 $150.23\times 10^4\text{t}$; 其中地方播种 $71.01\times 10^4\text{hm}^2$ (占 67.5%), 总产 $98.43\times 10^4\text{t}$ (占 65.52%); 兵团播种 $34.19\times 10^4\text{hm}^2$ (占 32.5%), 总产 $51.8\times 10^4\text{t}$ (占 34.48%)。而棉花生产又主要集中在南疆(面积 $70.86\times 10^4\text{hm}^2$, 总产 $104.89\times 10^4\text{t}$), 分别占面积的 67.4%和总产的 67.9%。棉产区 2000 年棉耕比例全区平均为 42.5%, 其中地方为 41%, 兵团为 46%。

(4)2000 年甜菜生产: 按规划实施, 2000 年种植甜菜 $13.32\times 10^4\text{hm}^2$, 比 1995 年增加 $6.21\times 10^4\text{hm}^2$, 总产 $602.5\times 10^4\text{t}$; 其中地方种植 $8.91\times 10^4\text{hm}^2$, 总产 $405.08\times 10^4\text{t}$; 兵团种植 $4.41\times 10^4\text{hm}^2$, 总产 $197.42\times 10^4\text{t}$ 。甜菜生产主要集中在北疆, 分别占面积的 74.8%和总产的 76.5%。

(5)开荒: 2000 年需累计开荒净增耕地 $35.33\times 10^4\text{hm}^2$, 其中地方为 $26.5\times 10^4\text{hm}^2$, 兵团需开荒净增地 $8.83\times 10^4\text{hm}^2$ 。开荒净增地主要集中在南疆($25.71\times 10^4\text{hm}^2$), 占 72.8%。应指出的是开荒净增耕地数量在规划时按棉田面积计算获得, 但在实际布局种植时地可作相互调整。

(6)2000 年分区特点: 综上所述, 到 2000 年北疆粮食自给自足, 同时要完成全疆总产 27.1%的棉花和 76.5%的甜菜生产任务, 为甜菜重点产区, 且北疆集中了全疆主要的工业城市, 油菜、蔬菜等其他作物播种面积也不少; 南疆为粮棉重点产区, 粮食生产自给有余, 多余部分补给东疆, 同时完成全疆 67.9%的棉花 23.4%的甜菜生产任务; 东疆主要为长绒棉生产基地和特色瓜果基地, 由于耕地有限, 粮食不能自给, 由南疆邻近地区(巴州)供给。

参考文献:

[1] 裴鑫德编著. 线性规划、目标规划及农业应用[C]. 北京: 科技文献出版社, 1990. 1~120.
[2] 新疆国土局编. 新疆国土资源[R]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1991. 90~129.
[3] 新疆建设兵团统计局编. 1986~1996 年新疆建设兵团统计年鉴[R]. 北京: 中国统计出版社, 1986~1996.
[4] 新疆维吾尔自治区统计局编. 1988~1996 年新疆维吾尔自治区统计年鉴[R]. 北京: 中国统计出版社, 1988~1996.
[5] 中国科学院新疆资源开发综合考察队. 新疆资源开发综合考察报告集—新疆种植业资源开发与合理布局[R]. 北京: 科学出版社, 1989. 24~52.
[6] 中国科学院新疆资源开发综合考察队. 新疆资源开发综合考察报告集—新疆水资源合理利用与供需平衡[R]. 北京: 科学出版社, 1989. 1~78.
[7] 中国科学院新疆资源开发综合考察队. 新疆资源开发综合考察专著丛书—新疆土地资源[R]. 北京: 中国农业出版社, 1994. 10~62.