

图 9.7.2 局部三维模型平面网格图

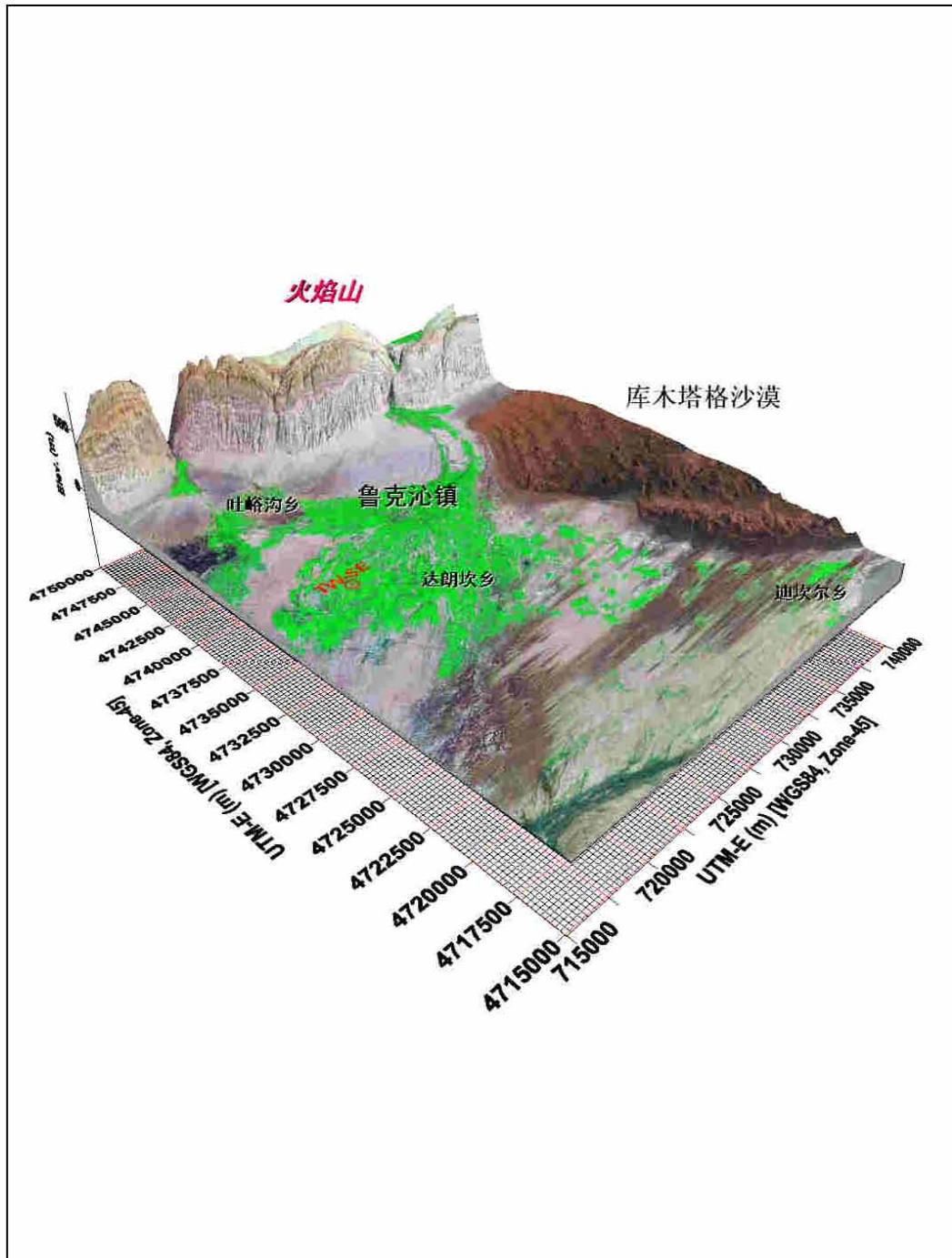


图 9.7.3 局部 3 维模型化区域的鸟瞰图

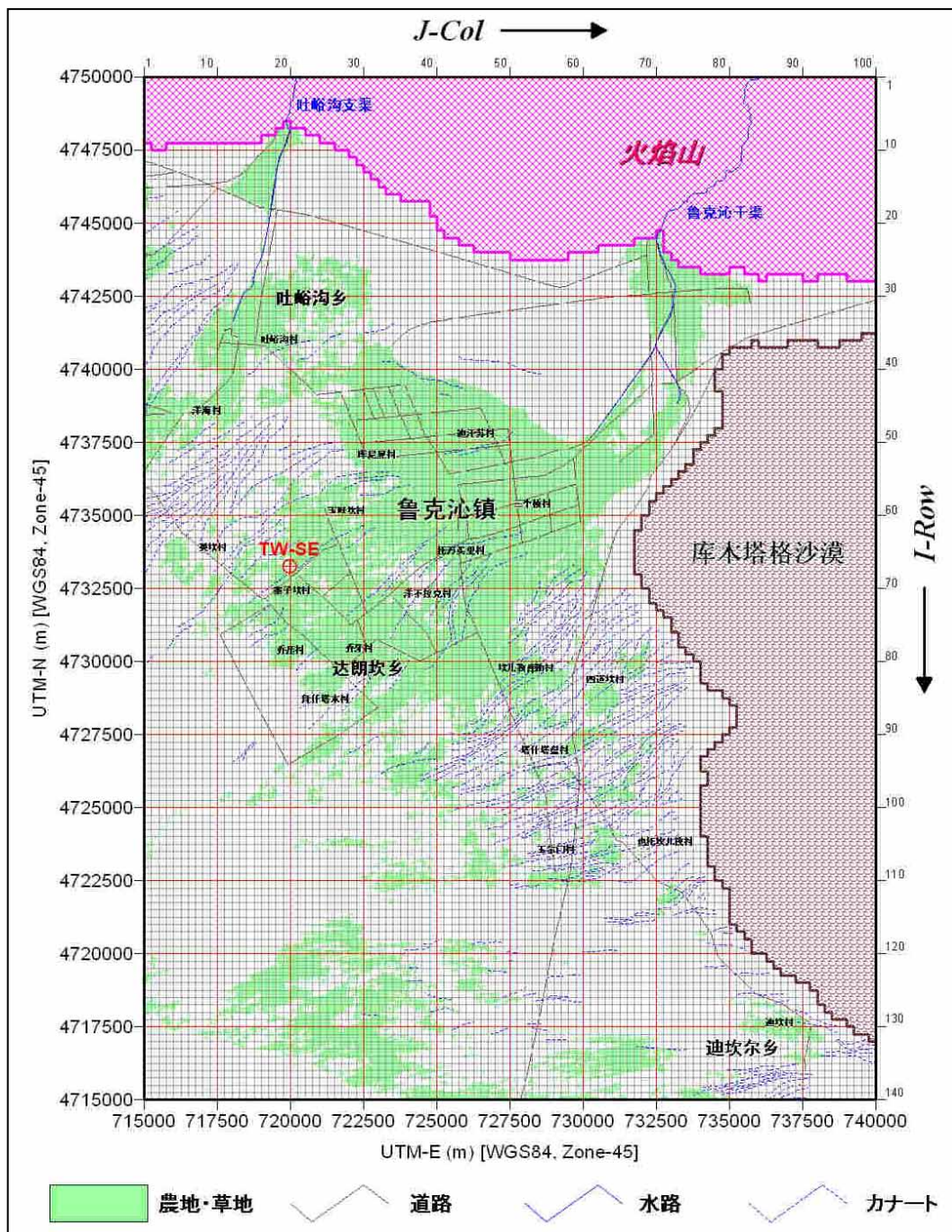


图 9.7.4 局部 3 维模型的平面条件图

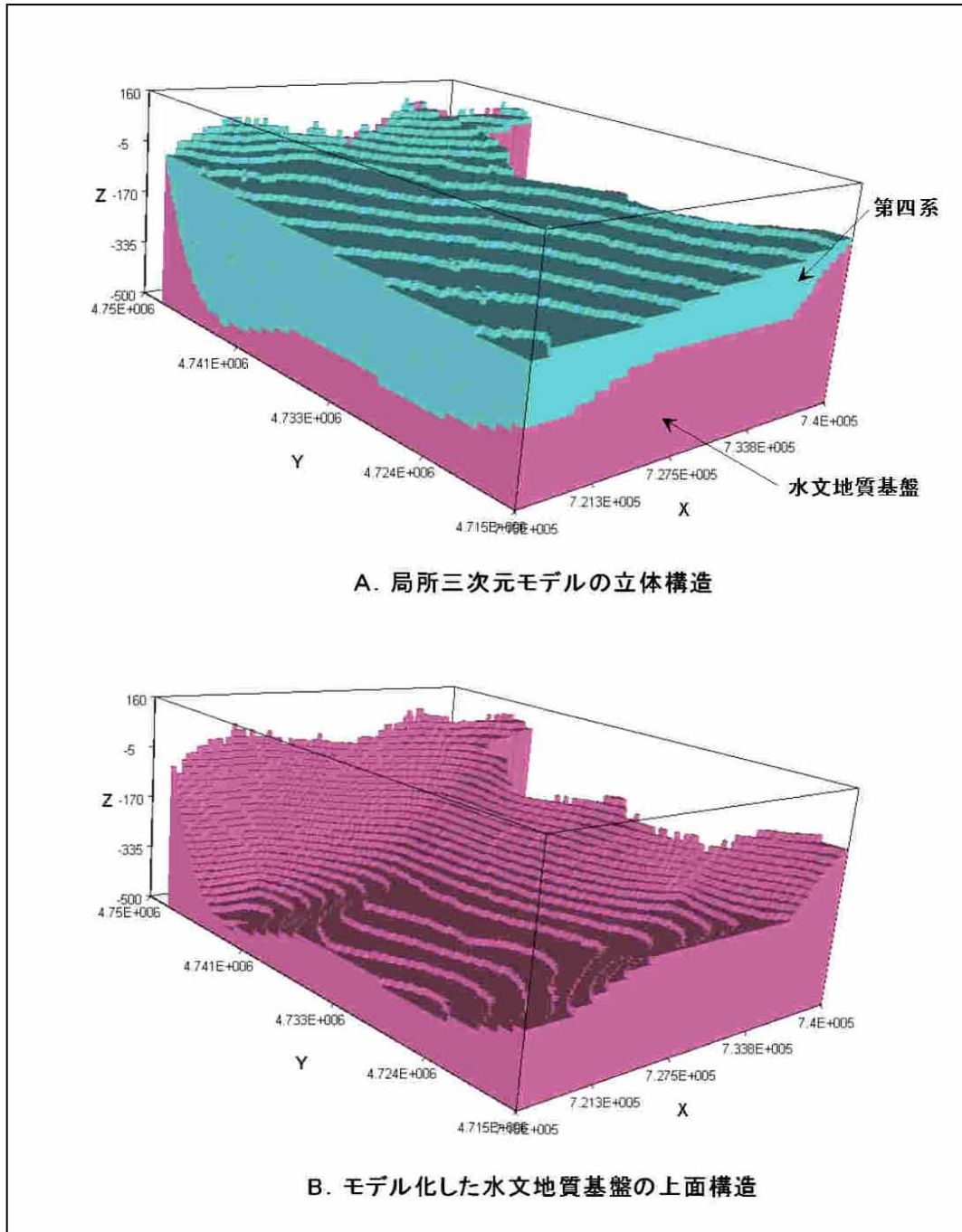


图 9.7.6 局部 3 维模型的立体构造

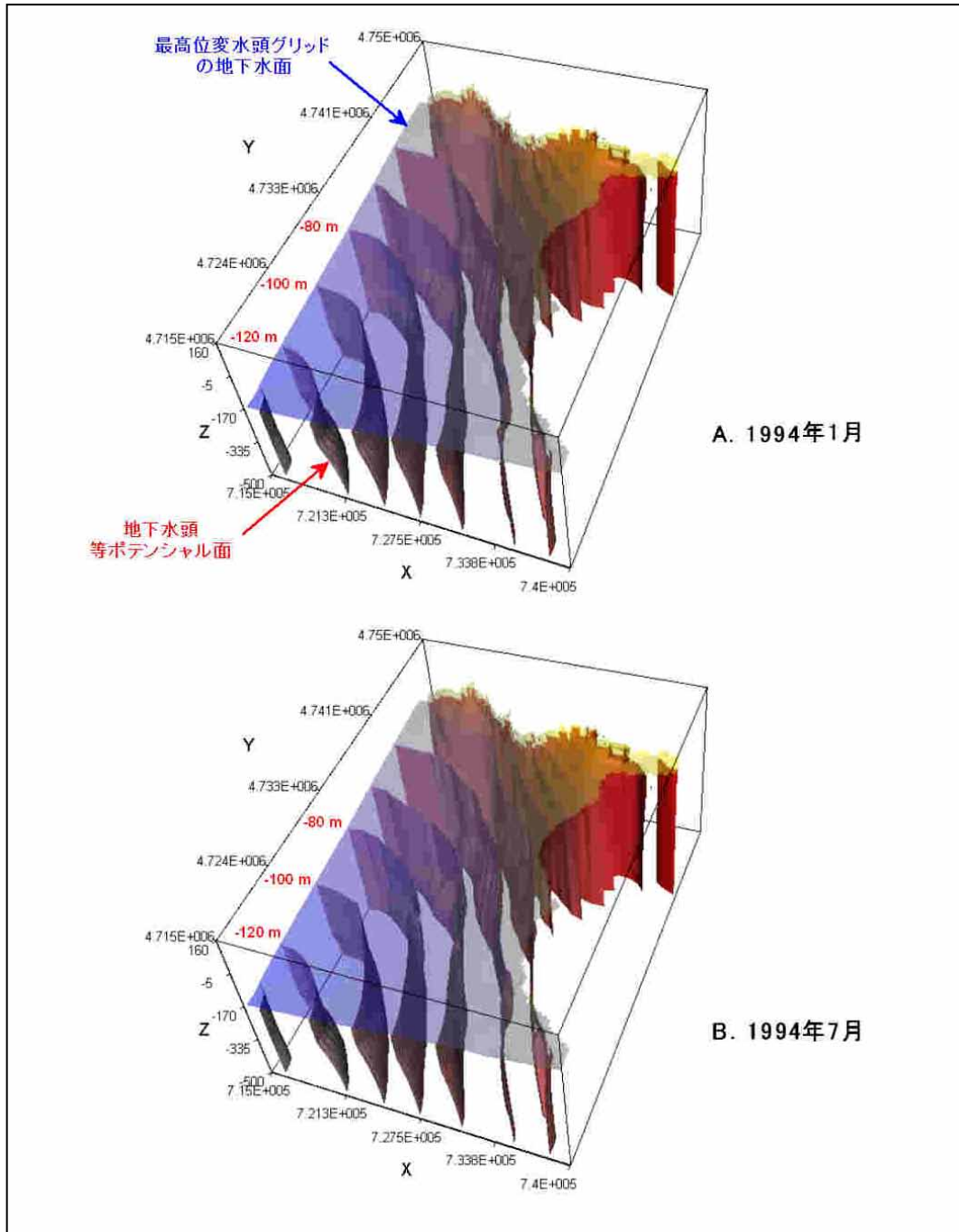


图 9.7.14 用局部三维模型计算的地下水头分布 (1)

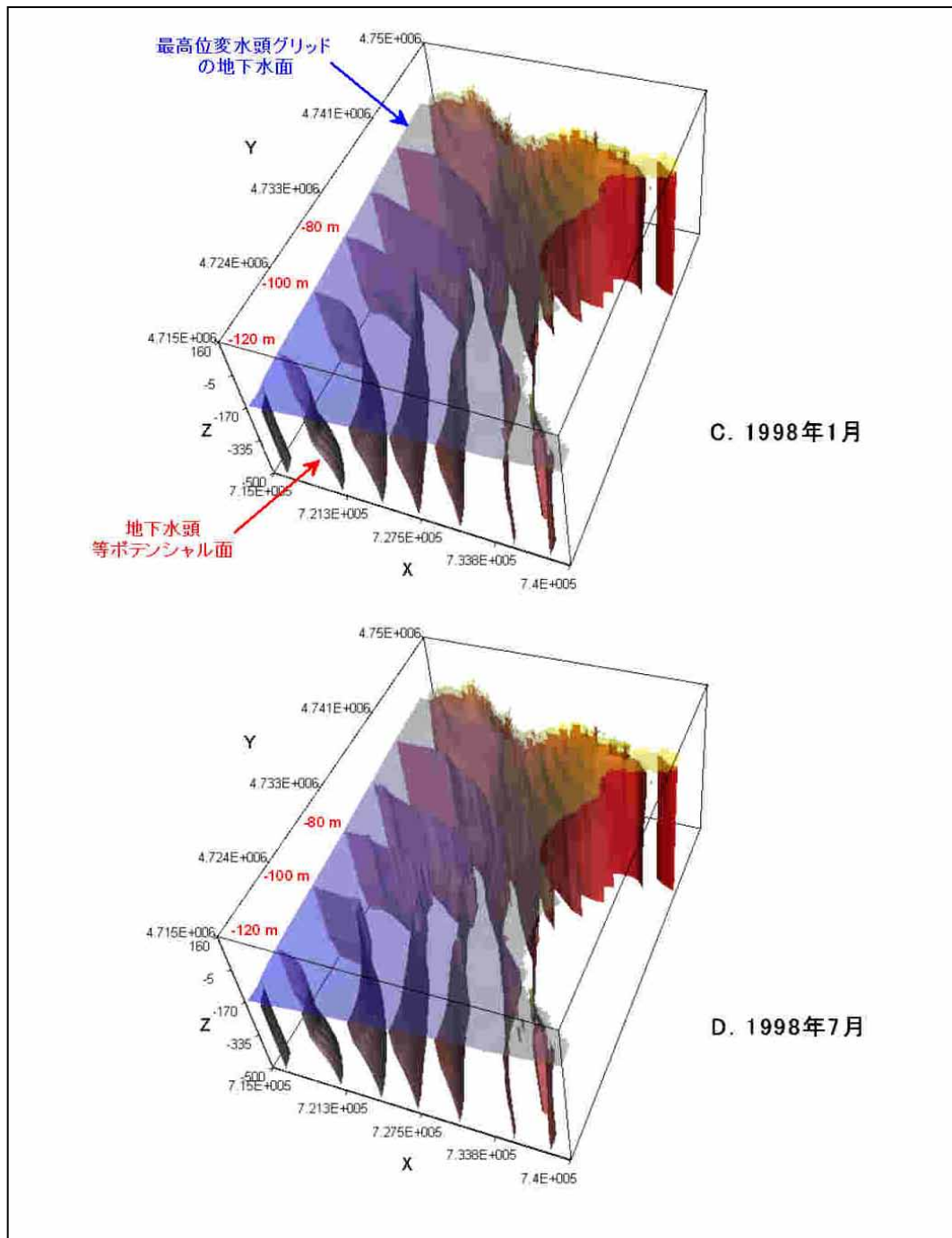


图 9.7.15 用局部三维模型计算的地下水头分布 (2)

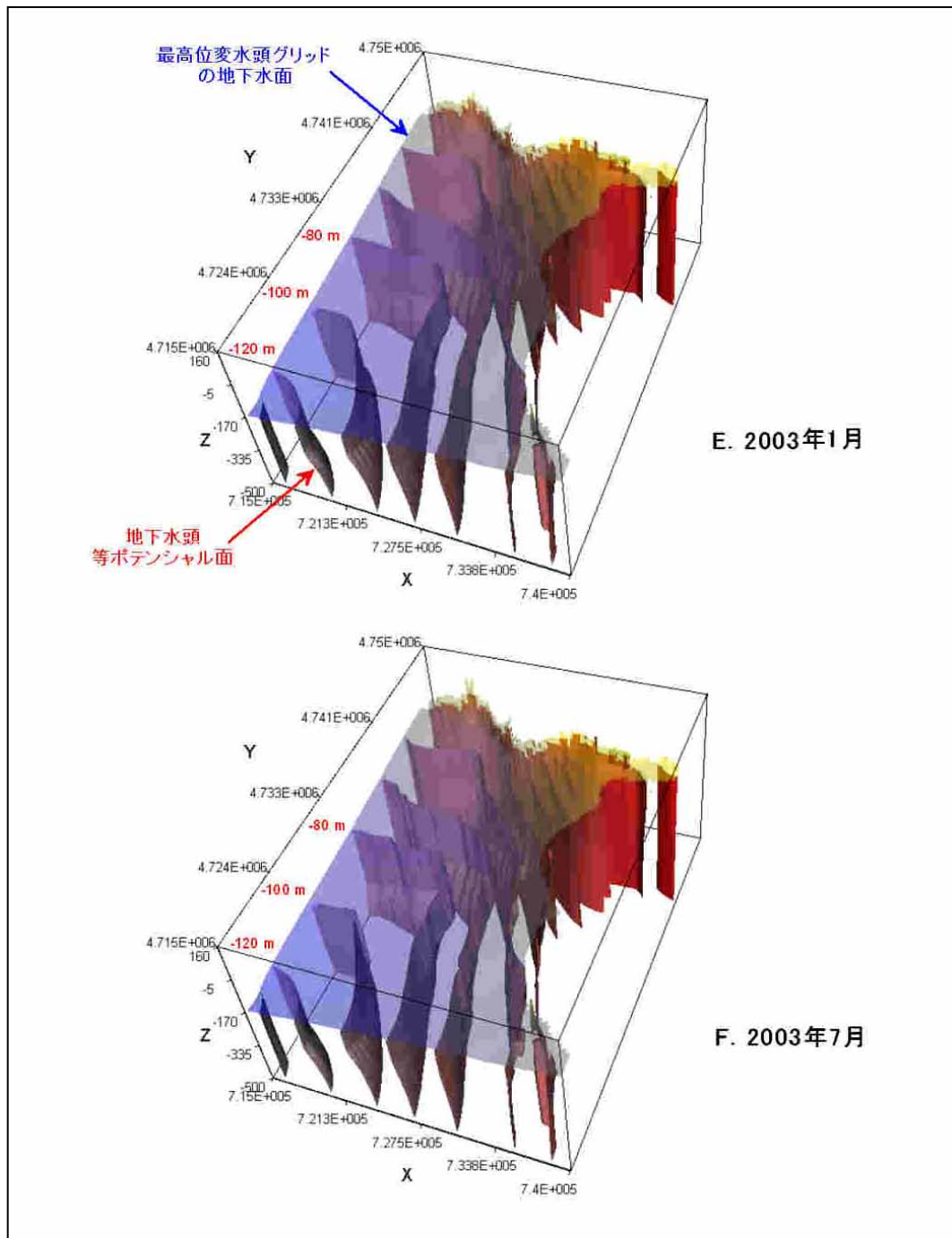


图 9.7.16 用局部三维模型计算的地下水头分布 (3)

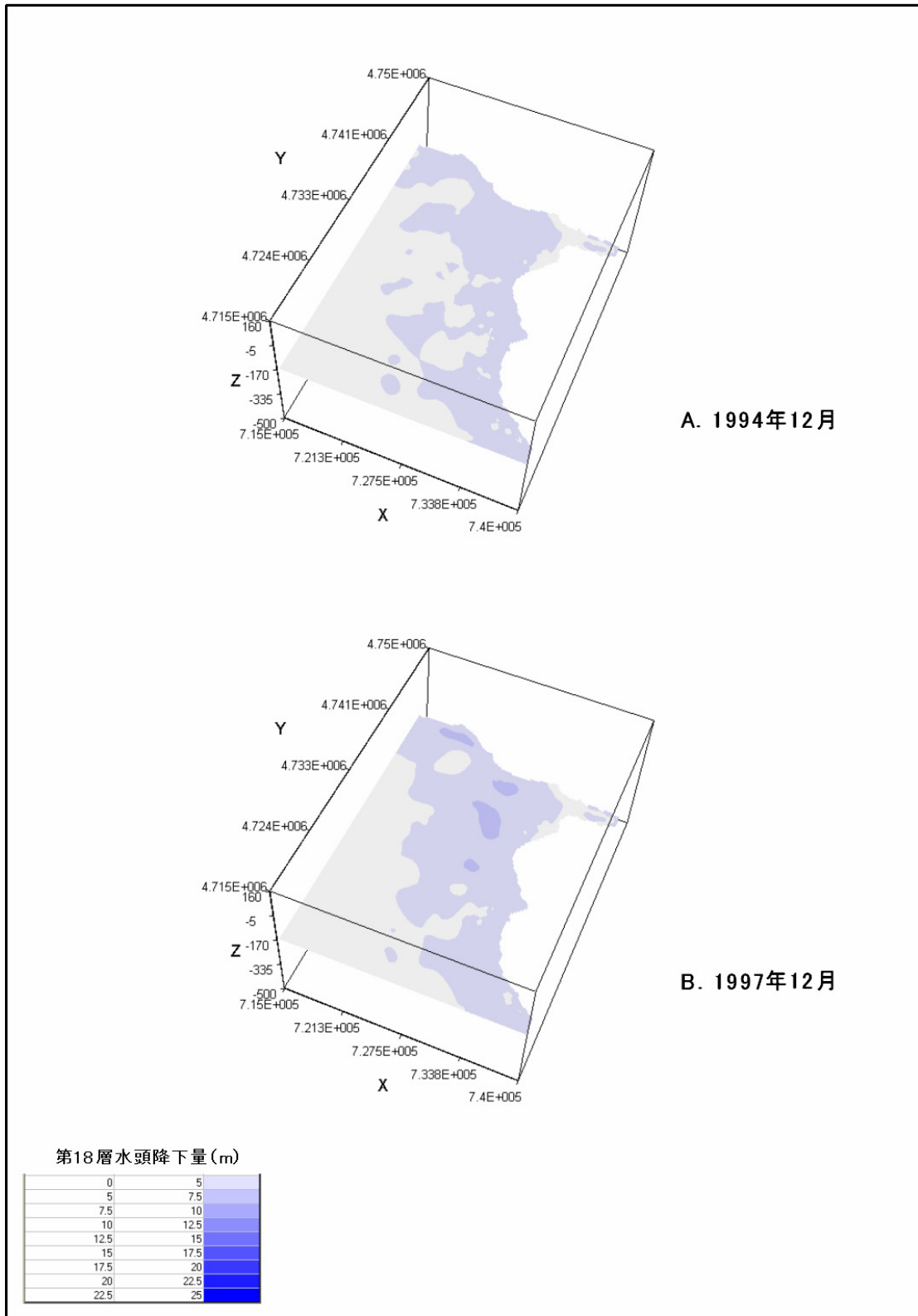


图 9.7.17 用局部三维模型计算的水头下降量分布 (1)

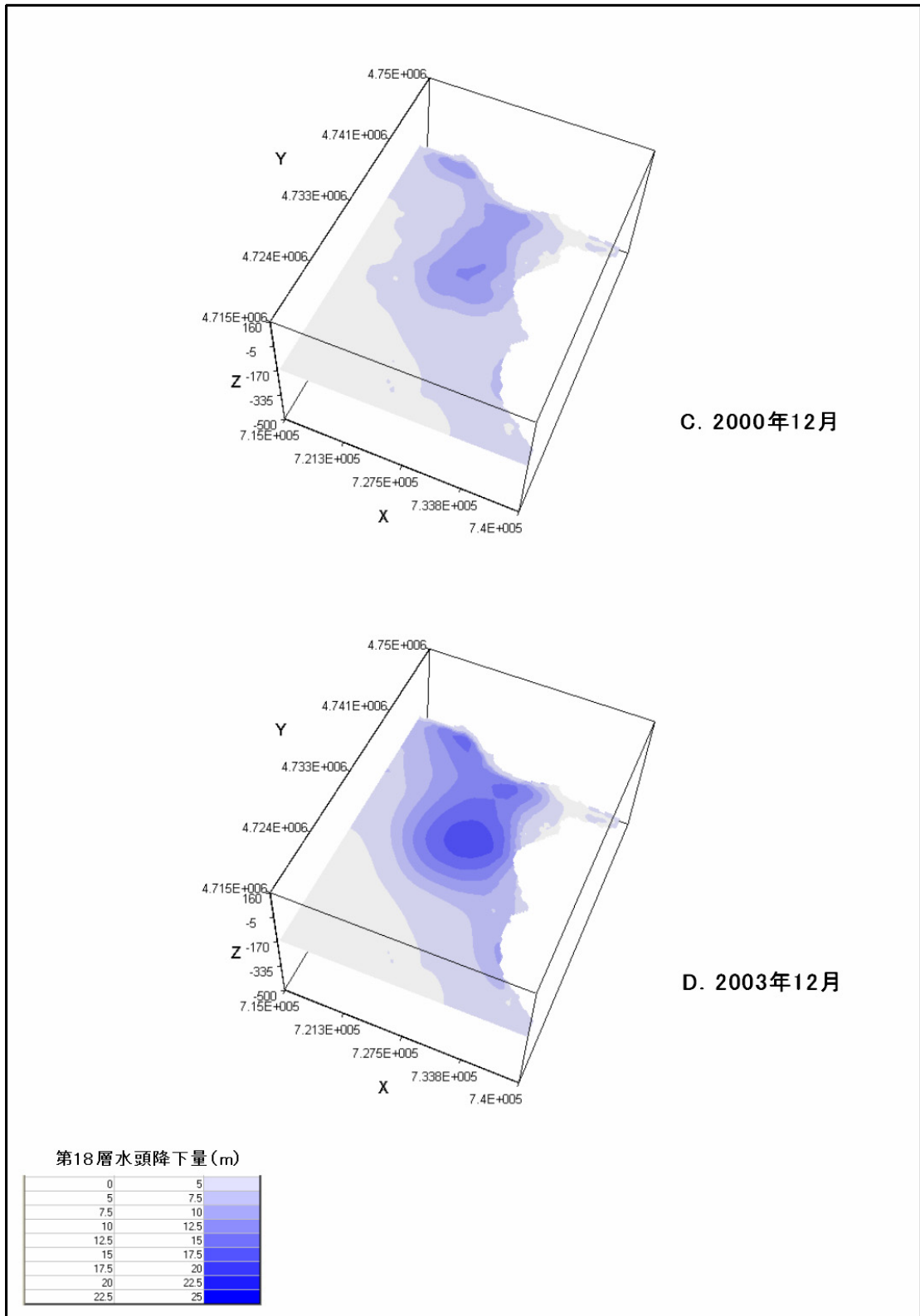


图 9.7.18 用局部三维模型计算的水头下降量分布 (2)

10. 水资源利用管理 基本规划

10 水资源利用管理基本规划

10.1 吐鲁番盆地的水收支

吐鲁番盆地是封闭性盆地、盆地内的降雨量年平均仅为 16 mm 非常少、水资源补给全部由山区部的降雨而形成的河流流入量和从山区基底的浸透量构成。在盆地内、水资源一面在以农业灌溉为中心的生活用水、工业用水及其他目的中利用一面沿地形、向盆地中心部的艾丁湖流、最终在艾丁湖及其周围蒸发消耗。水资源利用中、特是灌溉用水的一部分又回渗地下、经地下水抽水而反复利用。吐鲁番盆地的现状水收支如下图所示。

省略各种中间过程、比较全体流入量和全体流出量即可清除、在现状条件下流入量(河流流入量+地下水流入量)为 12.7 亿 m^3 、而流出量(水利用蒸发量(主要为灌溉用水蒸发量)+引水渠蒸发量+地下水蒸发量)为 15.1 亿 m^3 、有 2.4 亿 m^3 的赤字。吐鲁番地区的水资源利用·管理综合规划需要考虑这一整体的水收支而制定。

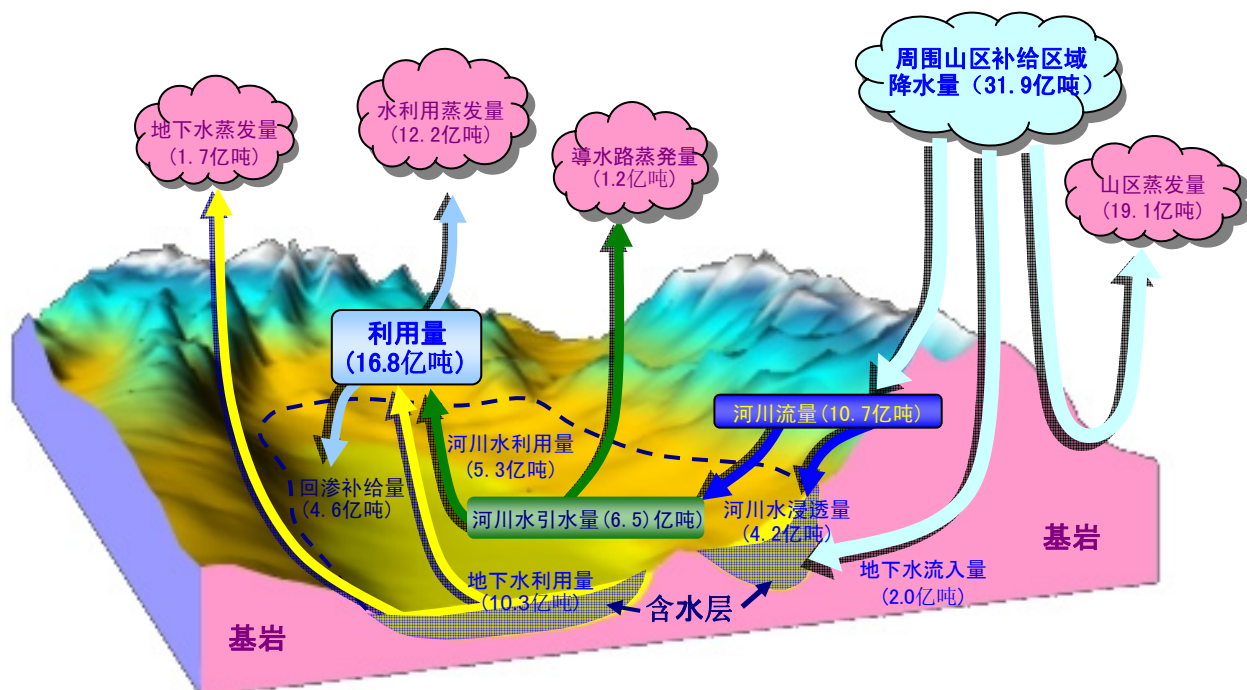


图 10.1.1 吐鲁番盆地的现状水收支

各量的说明:

- 降水量 31.8 亿 m^3 : 水文解析结果
- 河流流量 10.7 亿 m^3 : 水文解析结果。14 条常年河流 9.9 亿 m^3 、不可能引水的季节河流 0.8 亿 m^3 。
- 河流引水量 6.5 亿 m^3 : 水文解析的调查结果。
- 河流山前浸透量 4.2 亿 m^3 : 河流流量(10.7) - 河流引水量(6.5)。
- 山区的蒸发量 19.1 亿 m^3 : 降水量(31.8) - 河流流量(10.7) - 地下水流量(2.0)
- 地下水流入量 2.0 亿 m^3 : 基岩流入量(1.6) + 潜流水 (0.4)
- 引水渠蒸发量 1.2 亿 m^3 : 引水渠面积 × 蒸发能 × 引水时间。
- 地下水利用量 10.6 亿 m^3 : 机井抽水(6.4) + 坎儿井(2.7) + 泉 (1.5) = 10.6 亿 m^3
- 利用量 16.8 亿 m^3 : 河流水 (6.5) + 地下水利用量 (10.3) = 16.8 亿 m^3 。
- 回渗利用量 4.6 亿 m^3 : 经模型修正的水文解析的结果 (参照 10.6.6 节)
- 水利用蒸发量 12.2 亿 m^3 : 利用量(16.8) - 回渗利用量(4.6) = 12.2 亿 m^3
- 地下水蒸发量 1.7 亿 m^3 : 艾丁湖面积 × 蒸发能

10.2 水资源利用管理的课题

10.2.1 地表水资源的开发及区域分配

2003 年中吐鲁番地区的水资源利用状况如表 10.2.1 所示，全年总利用量大约为 16.7 亿 m^3 。其中、大约 86 % 为农业用水所占、占 10 % 左右的其他用水中包括有林业和牧畜用水、所以水资源利用可以说基本上是农业以及相关的用水。即使考虑吐鲁番地区今后的经济成长、也很难想象工业用水和生活用水在水资源利用量全体中所占比例会飞跃式地增加。很明显、吐鲁番地区的水资源问题的核心归结为农业用水的开发和利用将如何变化的问题。

从不同水源的利用状况看、河水为大约 6.5 亿 m^3 占利用量 38.6 %。另外、地下水利用包括机井、泉、坎儿井合计大约为 10.3 亿 m^3 (61.4 %)、其中通过机井的地下水利用量与地表水大致相同为大约 6.4 亿 m^3 占全部水源利用量的 38.3 %。如此、在现在吐鲁番地区的水源方面对地下水的依存比例已经高于对河水的依存。通过机井的地下水利用量从 1990 年代开始一直呈增加趋势，也说明了地表水资源的开发已经接近其界限。

表 10.2.1 吐鲁番地区中水资源利用量 (2003 年)

单位: 百万 m^3

	农业	工业	生活	其他	合计
河水	631.9	0.5	5.2	8.8	646.4
泉	80.7	--	8.1	59.0	147.8
坎儿井	135.2	--	2.0	102.4	239.6
机井水	601.4	12.7	19.8	7.6	641.5
合计	1449.2	13.2	35.0	177.9	1675.3
比例	86.5%	0.8%	2.1%	10.6%	100%

注：其他的大部分为冬季(11月~3月)的坎儿井和泉的放流水、还包括一部分水库的损失、林业、牧畜业、养鱼、旅游等用水。

而且、如表 10.2.2 所示，从不同县·市的农业用水看、吐鲁番市和鄯善县大致用水量相同，分别为大约 5.55 亿 m^3 和 5.53 亿 m^3 、而托克逊县则为大约 3.41 亿 m^3 、比较少。从不同水源的利用情况看，在吐鲁番市和鄯善县河水利用量两市县均为大约 2.0 亿 m^3 、而通过泉、坎儿井和机井的地下水利用量较多、分别为大约 3.5 亿 m^3 。与之相比、托克逊县的河水利用量为大约 2.3 亿 m^3 、比吐鲁番市和鄯善县略多、而地下水利用量则为大约 1.1 亿 m^3 比较少。

表 10.2.2 不同县市农业用水状况 (2003 年)

单位: 百万 m^3

	托克逊	吐鲁番	鄯善	合计
河流水	226.3	211.2	194.3	631.9
泉	4.3	71.1	5.3	80.7
坎儿井	28.4	60.8	46.0	135.2
水井水	82.0	211.9	307.6	601.4
合计	341.1	555.0	553.1	1449.2
比例	23.5%	38.3%	38.2%	100%

表 10.2.3 给出了吐鲁番地区不同大流域的地表水资源的现状利用率。从中可见、吐鲁番地区今后可开发的地表水资源很有限。托克逊 2 河流域还有进一步提高地表水利用率的潜力，而在吐鲁番·鄯善 7 河流域地区，地表水资源的可进一步开发的潜力则很有限。

表 10.2.3 不同大流域水资源量、流量和现状利用量

单位: 10^8m^3

流域	地表水资源量	河流流量	利用可能河流流量	现状利用量	利用率
托克逊2河流域	0.666	3.858	3.910	2.263	65.5%
卜·鄯善7河流域	4.873	5.110	4.976	3.912	78.6%
坎尔其河流域	0.545	0.545	0.289	0.289	100%
庫木塔格沙漠地域	0.053	0.053	0	0	0%
全区	6.137	9.566	9.175	6.464	74.1%

4 大流域内、托克逊 2 河流域的河流利用率为大约 65.5 %、从整体看尚存一些水资源开发潜力。2 河流域之中，阿拉沟河的年平均流量为大约 1.26 亿 m^3 。该河上游虽然位于吐鲁番地区以外的和静县、但因为是山区，几乎无人居住，也没有河水利用。但是、2 河之中的白杨河的上游区域属于乌鲁木齐市、虽然平均年流量为 1.36 亿 m^3 、但作为下游区域的吐鲁番地区进行该河的水资源开发则需要行政区之间的调整。

有建设规划在托克逊 2 河流域的阿拉沟河建阿拉沟水库、在吐鲁番·鄯善 7 河流域建大河沿水库以及二塘水库。通过这些水库建设可以增加若干新开发的水量。但是、就新开发水量的分配需要根据吐鲁番地区全体的社会经济发展的动向合理进行。而且、就水库建设对下游地下水补给量的变化和生态环境等方面的影响也必须慎重探讨。

从地下水资源看、在吐鲁番地区西部地下水位浅，还有自流区域。而且现状的地下水利用量小，所以有开发潜力。与之相比，盆地中部以及东部地区由于地下水利用量的快速增加，已经发生了地下水位下降、坎儿井干枯等有关方面的环境问题。因此，今后充分有必要进行地表水与地下水一体化的合理的水资源管理。在保护贵重的地下水资源的同时进行地下水资源的持续而且有效的利用。

10.2.2 地下水资源的保护和适当利用

现在，通过机井的地下水利用量（地下水抽水量）大约为 6.4 亿 m^3 ，其中 6 亿 m^3 为农业用水。地下水抽水量的区域分布为鄯善县最多，大约 3.3 亿 m^3 /年，吐鲁番市其次大约 2.2 亿 m^3 /年。因此、吐鲁番市和鄯善县的南部区域发生了连年的地下水位下降、坎儿井的大半干枯。而且、由于地下水位下降和水质恶化而不得不进行移民，造成沙漠化等社会环境问题。

过去 10 年内的地下水抽水量按不同县·市统计计算的结果如表 10.2.4所示。从 1994 年的 3.16 亿 m^3 到 2003 年的 6.41 亿 m^3 增加了 1 倍以上。特别是在鄯善县的增加幅度最大、从 1994 年的 1.28 亿 m^3 到 2003 年的 3.25 亿 m^3 大致增加了 2 倍。鄯善县的山区流入河流仅为吐鲁番·鄯善 7 河流域的柯柯亚河、二塘沟以及坎尔其河、3 河的合计年流量为 2.23 亿 m^3 、而且在柯柯亚河和坎尔其河已经建设了水库、二塘沟流量 9 成以上也已经引水利用。但在二塘沟仍然规划了新的水库。

表 10.2.4 不同县市过去 10 年的机井抽水量

单位：百万 m³/年

县市	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
托克逊	69.6	75.0	64.8	85.3	84.9	93.0	80.3	141.4	89.9	91.4
吐鲁番	118.5	134.6	152.6	173.9	198.0	209.7	217.8	261.5	213.0	224.6
鄯善	128.1	152.0	187.4	216.0	247.0	284.6	285.8	336.4	323.1	325.5
合计	316.2	361.6	404.8	475.2	529.9	587.3	584.0	739.3	626.0	641.5

地下水的过剩抽水会导致机井间的相互干涉、自流停止、抽水量减少、地下水位异常下降、地面沉降和水质恶化等地下水环境问题、不仅在水资源利用方面，而且对周围环境都产生很大影响。在吐鲁番盆地、过去 10 年内地下水抽水量的快速增加使得吐鲁番市和鄯善县南部的一些地区地下水位大幅下降，甚至有的达到了 20 m 以上。而且下降的范围正在不断扩大。过去，用深度为 70 m 左右的机井开发浅层含水层、而由于地下水位的下降和抽水量的减少、最近的机井深度更深，很多已超过 100 m、深层含水层的开发在逐步扩大。如果放任现状的机井建设和抽水量增加、不久的将来地下水盆整体的地下水位下降就会加剧从而产生地下水资源枯竭的结果。

而且、根据水质调查的结果、吐鲁番地区浅层含水层有 TDS 和硫酸根离子浓度较高的倾向、用 WHO 的标准比较的话、砷浓度也是在浅层含水层问题较多。吐鲁番地区的机井建设中、一般在井壁没有进行止水、所以可以认为挖了深井从深层含水层取地下水的场合、浅层地下水会沿井壁侵入深层含水层、造成深层地下水的污染。如此、将难免发生吐鲁番地下水盆整体的地下水位下降和水质恶化、地下水资源枯竭、或者尽管未枯竭，但由于水质恶化而不能继续利用的结果。

如上所述，地下水资源现在是吐鲁番地区的主要水资源。对地下水资源进行保护，适当而且持续的利用，为确保当地人民的农业用水和生活用水而制定相关的对策已是当务之急。因此、在水资源利用管理基本规划中、将根据「容许界限水位」的概念、进行「容许抽水量」（可持续的地下水抽水量）的目标设定、并为该目标的实现就必要的措施和工作展开提出建议。

1994 年制定的「新疆维吾尔自治区取水许可制度实施细则」中规定的地下水管理制度为：根据地下水资源评价的结果、在各流域或者行政区画制定地下水资源开发利用以及保护规划、按照国家和自治区规定的技术基准划分地下水开发适宜区、限制区、过剩抽水区以及开发禁止区。但是在吐鲁番地区、因为本制度尚未予以适当实行、所以在水资源利用管理基本规划中将根据地下水容许抽水量的评价、探讨地下水管理制度的运用。

10.2.3 普及节水技术

中国国家发展改革委员会和科技部制定了「中国节水技术政策纲要」，以图通过开发和普及节水技术，提高节水效率和利益，促进水资源的可持续利用。特别把在农业用水中发展效率型的节水农业作为国家的基本战略。有关农业用水源积极地发展多水源结合的管理技术、同时大力促进各种农业用水设施的控制和管理方法、地表水的有效利用、地下水的适当开发、水资源的合理分配与利用。而且、还规定在通过高效的输水·分水技术提高水资源的利用效率的同时、把作为引水、输水、分水之基础的田间灌溉技术的改善放在农业节水的重点位置。

如已经说明过的、在吐鲁番地区从地表水、地下水整合在一起的水资源量来看很难保证对今后不断增加的水需要的足够供给。所以、根据国家的方针今后在吐鲁番地区的农

业用水中积极促进节水是极为重要的课题。

在吐鲁番地区、干渠的渠道防渗方面已经取得了很大的进展。而且、为了改善田间灌溉技术、在吐鲁番市和鄯善县实施了低压管道灌和微灌。在吐鲁番市的微灌（滴灌）已经取得了成功。现在虽然还在节水技术的研究、调查设计、设施建设、器材、运营维持管理、费用和效果等方面有问题、将来还是需要多种多样的节水技术进行充分的分析评价，以促进其普及。本项目中将进行包括节水灌溉面积增加条件下的水需要量预测、并将结果反映在水资源管理基本规划之中。

10.2.4 保护生态环境

a. 沙漠化的进行

联合国环境开发会议(1992)以及防止沙漠化条约(1994)中、定义所谓「沙漠化」是指「在干燥、半干燥以及干燥半湿润区域中，由于各种因素(包括气候变动以及人为活动)而产生的土地的劣化」。在这些区域的沙漠化是指农田和牧草地、森林等由于土壤浸食、土壤特质（物理、化学、经济）的恶化、长期丧失自然植被而发生的劣化。

根据 1986 年和 2004 年的 SPOT 画像解析结果，1986 年以来在吐鲁番盆地沙漠的面积在东西方向的变化比南北方向上的变化大、由东向西不断扩大。沙漠的总面积在这段期间内增加了 70~80 km²、年间平均大约为 4~5 km²。另外、同期间内绿洲的面积也扩大了、而且其增加速度比沙漠化的进行还快。

通过 2004 年的 SPOT 画像解析可以看到在鲁番盆地的风蚀区域、在过去数年里由于吐鲁番地区实行的植被保护以及人工植树等植被恢复对策的效果而增加了植被面积。可以认为用于植被保护和植树的水资源就是所谓「生态环境用水」的一部分。在鄯善县的一部区域进行着废水的二次利用。根据沙漠化对策，探讨对应区域中水资源的利用可能性和对策规模就成为一个课题。

b. 土壤盐碱化

土壤盐碱化是沙漠化的重要原因之一和沙漠化最大的影响因子。在地势低、坡度缓的盆地平原区域，灌溉·排水系统会难以正常发挥作用、所以地下水位容易升高。盐碱化会极端降低农耕地和牧草地的土壤生产力、一旦盐类浓度增高之后的改善对策也很困难。在确认了的盐碱化区域中，如不迅速、有效地采取防止措施、危害会深刻化、甚至导致土壤生产能力的完全丧失和植被的退化。在吐鲁番盆地存在有引起上述土壤盐碱化的条件、在广大区域内发生了土壤盐碱化。

根据 SPOT 画像解析、1986 年~2004 年的 18 年里项目区内的土壤盐碱化面积正在扩大、特别是从 1998 年到 2004 年之间、托克逊县的盐碱化面积明显扩大。从托克逊县的中心部向东由于盐碱化的原因使农业生产受到损害、而且有盐碱化面积进一步扩大的倾向。另外、以吐鲁番市为中心的广大地区由于实行了改善·防止盐碱化的对策、特别是对轻度盐碱化土壤改善效果明显、盐碱化面积已经大幅度缩小。

浅层地下水的地下水位较浅的条件下、因为从地下水面向地表的蒸发、随地下水水位变动土壤盐分的聚集会发生很大变化。从托克逊县中心部向东，地下水位较浅，在一部分地区还有自流。在这些区域、今后需要通过降低地下水位来减轻土壤盐碱化。这一工作需要作为包括旱田、果树园等农地的节水的灌溉排水改善的一环而予以实施。

c. 艾丁湖的湖面变化

现在的艾丁湖已接近干枯状态。唯一可能向艾丁湖供水的河流为白杨河与阿拉沟河汇合后形成的托克逊河、2003年艾丁湖水面的东西长约为6 km²、南北宽约为2.6 km、深为不到1 m、面积为大约14 km²。现在艾丁湖是盐水湖、盐类浓度为210 g/l、水化学类型为SO₄-Cl-Na。

艾丁湖被认为在地质历史的上新世末（新第三纪末）就已经作为淡水湖而存在、其后在第四纪中逐渐盐水化、最终的变成完全的盐湖。推测其湖面面积在地质时代中曾在数百~数千 km²之间变迁。根据历史资料和最近20年的SPOT画像解析，20世纪前期到80年代中期湖水面积从140 km²左右急速缩小到20 km²以下。

其后、主要因为气候原因从20世纪90年代初开始湖面再度出现、进而逐渐扩大、但湖水面积的变化幅度不大。2000年3月、湖水面积达到80年代以来的最大值，为大约50 km²。其后、湖面虽然反复变化、但整体是在逐步缩小的倾向之中，到2004年9月从卫星画像看湖面再度消失了。

如此，艾丁湖现在形态是经地质时代而形成、逐渐缩小过来的、近年的气候变动和水资源利用的增加加速了其缩小倾向、成为主要变动因子。艾丁湖在吐鲁番盆地的最低标高地点、在封闭性盆地中无论是自然原因还是人为原因、作为各种活动的结果、成为盐类最终聚集的场所。湖面的变化和与之相伴的周围的生态环境显然与地表水和地下水的流入条件有着密接的关系、对这样的环境今后应该进行何种程度的保护、和与之相关的水资源管理中生态环境用水的意义等、今后都需要进行广泛的探讨。

10.2.5 坎儿井的保护

经过去的调查2003年在吐鲁番地区存在和利用的坎儿井有420条、在本项目中对全部这些坎儿井的现状都进行了调查。结果为420条之中的89条坎儿井实质上已经不能利用。这些不能利用的坎儿井中有12条是季节性的断水、可以认为在冬季有流量恢复的可能、而其他的坎儿井则因为枯竭和坍塌等原因已经被放弃了。枯竭的主要原因是地下水位下降。吐鲁番地区政府规定在坎儿井的上游区域以及坎儿井两侧400 m范围内限制新机井和进行土堤的建设。

坎儿井利用量的90%为农业（灌溉·畜产）用、包括灌溉面积约9万亩、羊约6万头、牛约9000头，2004年合计农业用水量（包括冬季的放流水）达到2.16亿 m³。另外、生活用水为大约51,000人的饮用水和洗涮等约为2,348万 m³/年。2004年坎儿井的出水量用量合计为2.4亿 m³、占吐鲁番地区水资源利用总量16.4亿 m³之中的14.6%。坎儿井在不同市·县不的直接利用于灌溉的利用量为、吐鲁番市大约6,000万 m³/年和鄯善县大约4,600万 m³/年、占坎儿井水利用量大半、在这两个市县中坎儿井作为珍贵水资源的地位依然未变。

吐鲁番地区中特别是在位于地下水位下降剧烈的盆地东部鄯善县南盆地的鲁克沁镇和吐峪沟乡等坎儿井数量急剧减少，几乎消失。但是、在北盆地的七克台镇和连木沁镇等地用于农业（灌溉·畜产）以及生活的坎儿井水分别合计为1,810万 m³和3,419万 m³、今后对这些残存的坎儿井进行保护规划使其能够持续利用即成为课题之一。

坎儿井作为文化资产或者传统水文化的重要性很高、从吐鲁番地区的水资源开发历史来看、因为通过机井可采地下水的力度加大、今后坎儿井的利用显然是有限度的。作为现实的目标在规划中将主要考虑维持坎儿井的利用现状。

所以在本规划中将设定有关坎儿井的保护以及再生的保护区域。在保护区域、设定容许地下水位、确定周围区域的地下水容许抽水量、提议严格限制新机井的建设。

对现存的机井、在从水文化和传统的观点考虑认为需要恢复坎儿井水位的场合、就需

要对机井的抽水量进行削减。但是、从地下水利用的历史过程来看,在吐鲁番地区机井建设是为了扩大农地,增产、增收而进行的、在招致了地下水位下降和坎儿井的枯竭后、产生了机井进一步增加的结果。从这点出发、应该不限于从以机井或坎儿井中选择取水方法、而是把课题的重点放在如何保护和管理地下水资源本身方面、有必要在最大限度地维持坎儿井现状的同时、把珍贵的水文化和传统保存下去。

坎儿井的保护不能仅停留在口头上、为了坎儿井的持续利用、需要定期或者不定期地进行掏淤和暗渠延长等维护工作。因此、必须确保和坎儿井的维护有关费用预算。本规划中将在制定坎儿井保护区方面,不仅提出由政府做出有关限制的提案同时提出采取适当的维护管理方面的指导和费用方面补助的建议。

10.2.6 地下水监测

a. 地下水监测的作用

地下水和地表水不同。地下水水资源有多少流量,水质如何、几乎是不能直接看到的。吐鲁番地下水盆地、深机井几乎都用于农业、虽然从地下抽水后经水渠输水、在农田灌水的状况可以直接看到、但即使这样如果没有观测仪器也无法了解地下水位和水质。将来有必要要求各个机井的利用者对地下水进行观测和报告。但是、作为地下水盆地管理的基本着眼点的手段考虑、在地下水盆地的一定范围内设置观测井、利用观测井监视当地的地下水位和水质的方法比等待所有机井的地下水抽水量报告不仅简单、而且得到的数据的利用性也高。也就是说、为了进行合理的、科学的地下水利用和管理、作为把握不能直接看到的地下水的工具而确立地下水位·水质的观测井进行定期的监测是最基本的需要。

地下水监测的作用是通过连续的地下水位和水质变动的观测(监视)、来掌握和防止地下水盆地过剩的地下水抽水和由之产生的地下水位下降和水质恶化。在地下水盆地管理水平提高了的阶段、如后面所述、将在地下水盆地的代表地点设定「容许界限水位」。地下水监测的具体作用、简单而言、可以说就是监视这些设定的「容许界限水位」是否得到满足了。所以、有必要将地下水位和水质的观测数据、收入本项目所建立的,设置于吐鲁番地区水利局的GIS数据库、与本项目建立的地下水模拟模型相结合、为了地下水开发利用·管理规划的修改和制定而有效地利用。

而且、最好把观测到的地下水位和水质的数据定期公布。具体做法可以把吐鲁番地区政府部门和市·县水利局的公报通过报纸、电视、广播进行定期的报道。之所以必要是因为这对于提高居民对水资源的保护意识和节水意识有益。在发达国家、和大气污染监测等同样,为了使居民能够看到,在市政府的入口处等地表示有当日的地下水位、如果地下水位与事先设定的「警戒水位」或者「节水水位」接近了的话、就会呼吁居民注意采取具体的节水行动。

b. 现存监测设施的问题点

在吐鲁番盆地、在地区水利局的指导和监督下,县·市水利局实施了地下水位长期观测。其中,到现在为止持续进行观测的地下水观测井有32眼。对这些观测设施以及运用的问题点汇总如下。

- ① 观测记录未经整理和电子化、很多还是保留在记录纸的阶段。
- ② 地下水位的测定每月仅实施3回左右、而且缺测期间很多。
- ③ 现存32眼观测井以外还有32眼观测井已经中止或者报废。表面的理由是因为机井的损坏而报废,不能观测了。更深层的原因在于观测所需人员与预算方面

的问题。

- ④ 因为测定的结果未经整理，所以不能在地下水盆管理中有效的利用。而且、没有利用观测井的数据的场合（例如象地下水对策协议会一样的由水利局和水文水资源局、农民和居民利用者等利益相关方面参加的组织）、没有进行过根据观测数据进行的地下水管理方面的讨论。

为了水资源的有效利用和管理、前项④中所述居民·企业·行政等各有关方面树立起流域共同体意识、进行广域的合作和作用分担是不可取少的。

c. 监测系统的建立

除了吐鲁番地区现存的观测井、本次调查中建立了的 JICA 观测井。JICA 观测井数里量虽然不多、但却是根据以下地下水盆管理的要求建立的。

- ① 考虑吐鲁番北盆地和南盆地的含水层的分布、在吐鲁番盆地北盆地有代表性的中央部选择 1 处，南盆地东西方向选择 4 处进行了设置。
- ② 观测井的深度除了北盆地之外、在各处均分别以浅层含水层和深层含水层为对象各设置 1 眼(2 眼/处)观测井。
- ③ 这样、即可以对平均深度为 70 m 左右的很多现存机井开发利用的浅层含水层的水位和水质的动向进行监测。又可以观测浅层含水层的地下水抽水对深层的影响和深层含水层地下水开发对水位和水质的影响。

今后吐鲁番地区的地下水监测、将在一段期间内以利用现存观测井群和 JICA 观测井进行连续或者定期观测为主。记录的地下水位和水质的数据被期待着输入到设置于吐鲁番地区水利局的 GIS 地下水数据库系统中、根据需要进行加工和输出，真正用于地下水盆管理。将来有必要考虑地下水利用的动向、在吐鲁番盆地内中扩充深层地下水的观测井。

10.3 计划的基本方针和目标

本规划将以吐鲁番盆地的存续和发展为目标，从整个流域来考虑水资源，为了对珍贵的地表水和地下水资源进行适当的管理和有效利用而制定。但是，在本规划制定时充分考虑吐鲁番盆地中地下水资源所发挥的重要作用，以将来地下水的持续利用为主轴。

在吐鲁番盆地，地下水资源的量和质都与地表水相互作用，所以地下水资源的问题很复杂。地下水的过剩利用会导致含水层的水量和水质、进而对地表水产生影响、所以在管理中考考虑开发和水需要的平衡是很重要的。一般来说、经常是在地下水资源的利用者面对了地下水位的下降、机井抽水量的减少、水质的恶化等问题之后才明白了地下水资源管理的必要性。如果无秩序地任凭地下水抽水不受控制，就会象图 10.3.1所示发生「恶性循环」、极度的地下水位下降、在特定的水文地质条件下发生盐水侵入和地面沉降等、对地下水资源带全体来不可能恢复的损害。为了将此「恶性循环」转变为地下水可持续利用的、健全的「良性循环」、与地下水含水层的管理同样，需要对水资源和土地の利用者进行管理。换言之、地下水资源管理中、社会经济因素（水资源利用者等需要方面的管理）与水文地质因素（水量、水位、水质等供给方面的管理）同样重要。因此需要制定将两者统合起来到地下水资源管理规划。

作为水资源利用者的居民·企事业单位以及行政部门等利益相关方面对于以下各点能够有一定的关心和理解对地下水的供给和管理而言特别重要：

- 1) 地下水抽水会对含水层有负面的影响（地下水位下降、抽水量减少、水质恶化等）
- 2) 地下水和地表水的相互作用、抽水的影响（对河流基底流量和湿地的影响）、河流流量的变化和补给量的减少等。

这些问题都是短期而且可以恢复或者半恢复的、但是也有长期的而且是半恢复的影响。很重要的是得到水资源利用者的理解、进行更有效的地下水资源管理的实践、其中如前节说明过的、地下水监测是不可欠缺的手段。另外，在地下水需要方面的管理中还需要留意以下各点。

在吐鲁番地区、农业用的地下水抽水量占很大比重。而且农业生产是地区的社会经济开发基础。因此、地区的开发目标和水资源利用密不可分、水资源利用的方法不仅对含水层等自然系而且对社会经济系以及地下水本身都有很大影响。所以、地下水资源的管理只有在实现了水资源利用者·农民的理解和用水管理、引进经济的节水技术、以及水资源利用者之间合作之后才能得到良好的实施效果。

水文地质条件和社会经济条件为各个区域所特有、统合的地下水资源管理规划必须充分反映这些条件予以制定。为了持续而且有效的管理就不能缺少主要利益相关者参加。在实施管理时对有关水资源的政府部门和利用者进行能力开发也是必要。

如图 10.3.2所示、吐鲁番地区的地下水资源经处于「确实的紧张」或者「不安定的开发」阶段、如此下去、可以预想总抽水量将最终由于非恢复性的含水层本身的枯竭而显著减少。所以、水资源管理规划应该为确立向「安定的开发」阶段转移的方策而制定。

对应于地下水开发的发展阶段的统合的地下水资源管理手法如表 10.3.1所示。从吐鲁番地区的地下水开发利用和地下水位下降的现状来看、作为地下水管理的手法应该对应第 2 或者第 3 水平。在这些对策和手段中应该以什么优先可以说取决于主要的利益相关者之间对问题的理解程度。

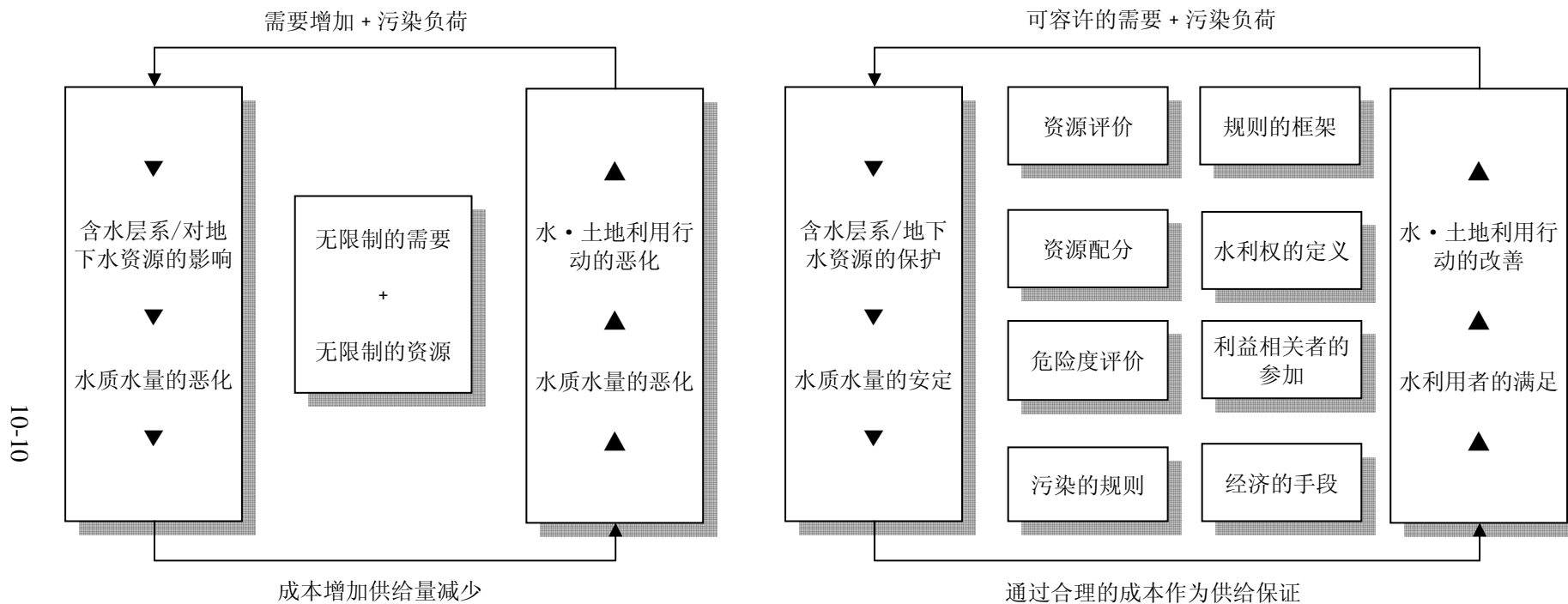


图 10.3.1 伴随地下水开发的不良循环和在统合管理下的良性循环
(引自 GW·MATE, World Bank, 2003)

10-11

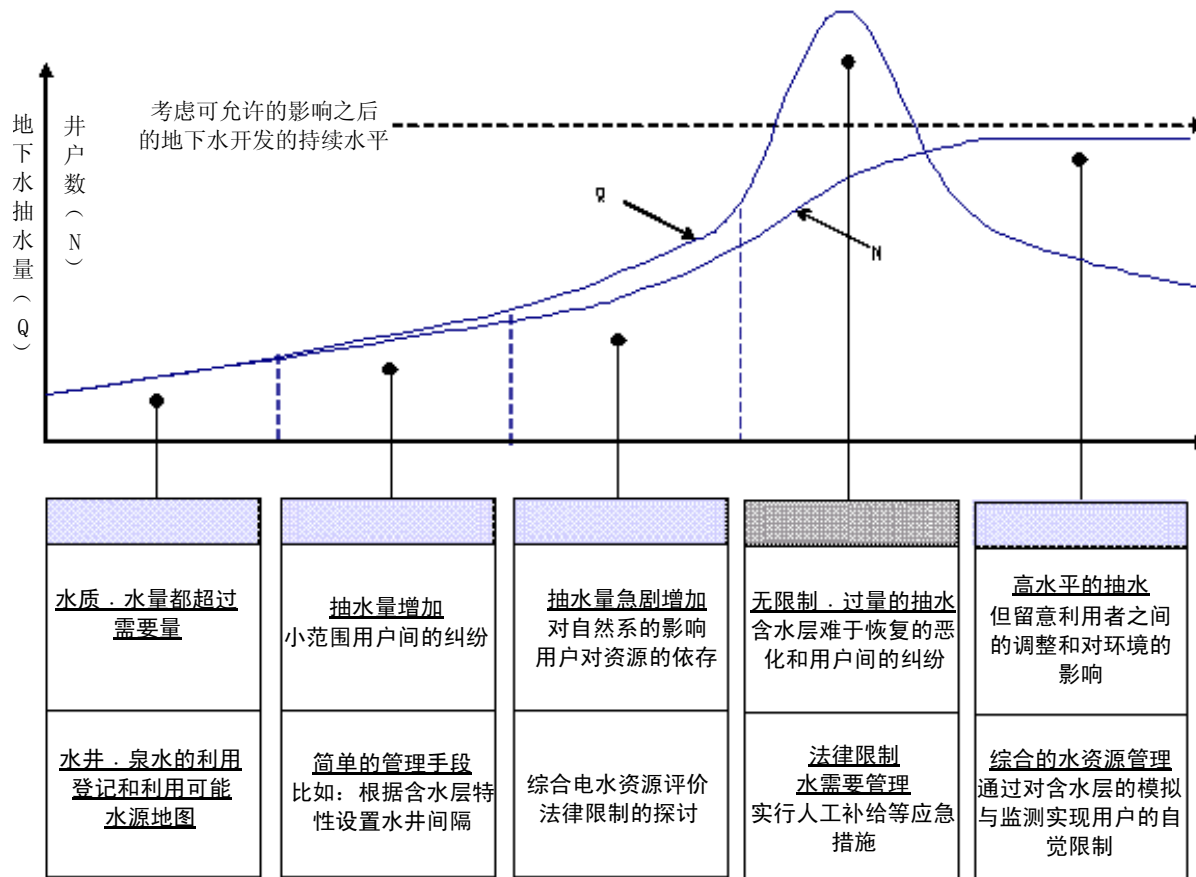


图 10.3.2 各地下水开发阶段所必要的管理手段
(根据 GW·MATE, World Bank, 2003 修改)

表 10.3.1 各地下水开发阶段所必须的管理手段

地下水管理 方法和手段	地下水开发阶段和管理手段（参照图16.1.2）			
	0	1	2	3
技术的手段				
水资源评价	与含水层相关的知识	根据现场调查资料的概念模型	根据地下水抽水方案的变化进行数值模拟	使用模拟进行决策支援和计划管理
水质评价	与水质相关的限制	水质的变化成为问题	理解水质变化	水资源的分配计划和水质组合
含水层监测	不定期的进行监测	项目实施时的监测	确立定期的监测	为决定管理政策而进行监测
制度的手段				
水利权	贯彻水利权	有时要谴责水利权（在法庭）	认识社会的变化应当优先于惯行的水利权	以管理规划为基础的可行的权利
限制	违反社会限制	有限的限制（例如：新井的限制等）	由政府机关为主的积极的限制	促进利益相关者的自发限制和管理
水法	无水法	准备制定地下水法等	地下水利用者组织的法律规定	为含水层管理的全面地法律健全
利益相关者的参加	水利用者和管理者交流很少	建立用水组织、被动的参加	利益相关者的组织，加入到管理组织之中（例如地下水协会等）	利益相关者和政府机关的含水层管理责任的分担
启蒙教育活动	地下水取之不尽，而且是免费资源的想法	地下水是有限的资源（进行有关保护的宣传）	地下水是经济财产，是统合系统的一部分	利益相关者之间的有效的交流与通报
经济的手段	几乎没有认识外部经济	收取抽水费	经济价值的认识（削减补助金、设定目标）	经济价值的认识（合适的费用与资源再分配）
管理活动				
防止副作用	几乎不关心副作用	认识长期及短期内的副作用	预防的手段	考虑利益与副作用的平衡
资源分配	有限的资源分配	水利用者的争夺	抽水优先权的定义	公正的分配
污染控制	没有对土地利用和废物处理进行限制	虽然有土地利用区分，却没有事先的控制对策	设立点水源的污染控制系统	对所有污染源的控制；对现存污染的改善对策

10.4 社会经济框架

人口和经济成长都是在很大程度上决定吐鲁番地区的水资源将来需要的宏观的因子。在吐鲁番地区生产总值额之中农业生产的所占比例根据 2003 年的统计包括服务业也不超过 19%。但是、农业用水量在全体水资源利用量中占 90%以上、伴随经济成长，第 1 产业（农业）的比例如何变化、农业用水如何变化是决定吐鲁番地区水资源需要的最大因子。所以、本项目根据人口以及 GDP(国内生产总值)、对灌溉面积进行将来预测。

10.4.1 人口

a. 总人口

2004 年现在吐鲁番地区的人口为大约 57.6 万人、过去 10 年内（1994 年以后）的年平均人口增加率为 1.33%。吐鲁番地区将来的总人口的变化及其增加率的今后变动可以想定为以下 3 种可能。

- ① 方案 1: 虽然人口增加率逐渐减小、但到 2020 年仍然维持年 1.10%左右增加率的场合（人口增加数最大值）
- ② 方案 2: 方案 1 和方案 3 的中间值(各年的人口增加数取两方案的中间值的场合)
- ③ 方案 3: 人口增加率比较迅速地降低、到 2016 年左右到达人口高峰然后转为减少的场合（人口增加数最小值）

方案 1 以及方案 3 是以过去的数据为基础进行趋势分析的结果。作为回归公式、方案 1 使用一次回归、方案 3 使用多项式回归式。从 R 平方值（回归系数： $0 < R \text{ 平方值} < 1$ ）看、与方案 1 比较方案 3 更高、但是 2001 年 1 月に制定的『吐鲁番地区国民经济以及社会发展第十次五年规划以及 2010 年规划』中、设定的数字与方案 1 相近（2005 年人口 58.5 万人、2010 年人口 62.2 万人）。

因此、在这里包括中间值的方案 2、对全部 3 方案进行了探讨。不同方案中主要年的不同市县人口如表 10.4.1~表 10.4.3所示。而且、不同方案中地区总人口的变化如图 10.4.1所示。

表 10.4.1 将来人口变化（方案 1）

	托克逊县	吐鲁番市	鄯善县	地区合计
2004年	109,473	258,295	208,027	575,795
2010年	113,723	277,379	240,210	631,312
2015年	118,129	292,551	259,104	669,784
2020年	122,535	307,723	277,998	708,257

表 10.4.2 将来人口变化（方案 2）

	托克逊县	吐鲁番市	鄯善县	地区合计
2004年	109,473	258,295	208,027	575,795
2010年	113,072	270,147	230,080	613,299
2015年	116,900	278,906	239,989	635,795
2020年	120,569	285,884	247,407	653,860

表 10.4.3 将来人口变化（方案 3）

	托克逊县	吐鲁番市	鄯善县	地区合计
2004年	109,473	258,295	208,027	575,795
2010年	112,420	262,916	219,950	595,286
2015年	115,672	265,260	220,875	601,806
2020年	118,603	264,045	216,815	599,463

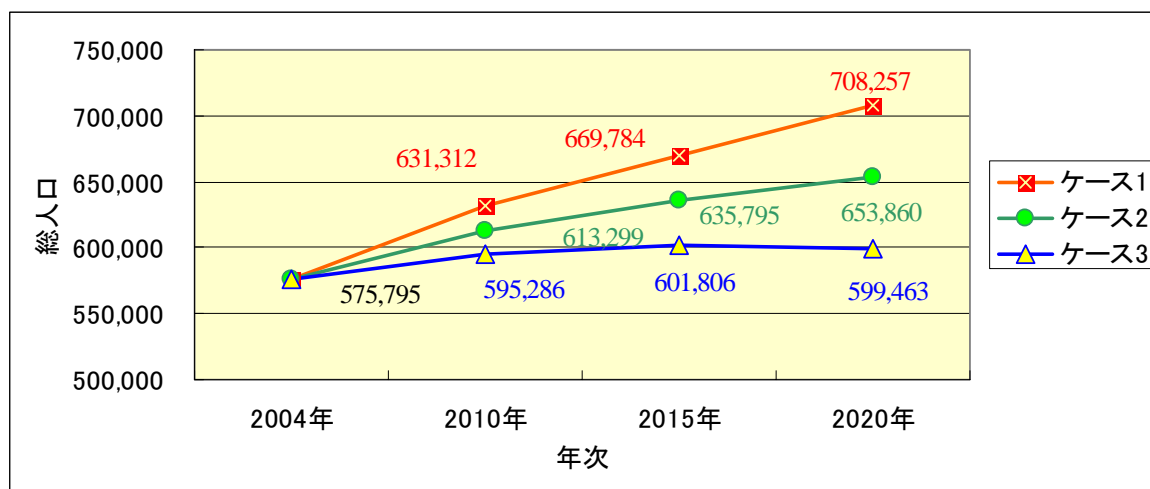


图 10.4.1 3 种方案中将来地区总人口变化

b. 城市人口・农村人口

在本项目中、市镇人口被看作城市人口、乡村人口被看作农村人口。前项说明过的不同的方案中主要年的城市・农村人口如表 10.4.4～表 10.4.6所示。而且、不同方案中城市・农村人口的各自的比例变化如图 10.4.2～图 10.4.4所示。

各个方案中随着时间的推移城市人口率都增加、到 2020 年根据方案 1 地区总人口的 49.3 %、根据方案 2 地区总人口的 48.7 %、根据方案 3 地区人口的 48.1 %我城市人口。3 方案的不同点在于农村人口实际数的增减、2004 年～2020 年之中、方案 1 增加不到 2 万人、方案 2 略多于 4 千人、方案 3 略少于 2 万 9 千人。

表 10.4.4 吐鲁番地区的城市人口·农村人口变化（方案 1）

	城市人口		农村人口		地区合计	
	人数	占比	人数	占比	人数	占比
2004年	236,201	41.0 %	339,594	59.0 %	575,795	100.0%
2010年	281,044	44.5 %	350,268	55.5 %	631,312	100.0%
2015年	314,321	46.9 %	355,463	53.1 %	669,784	100.0%
2020年	348,989	49.3 %	359,267	50.7 %	708,257	100.0%

表 10.4.5 吐鲁番地区的城市人口·农村人口变化（方案 2）

	城市人口		农村人口		地区合计	
	人数	占比	人数	占比	人数	占比
2004年	236,201	41.0 %	339,594	59.0 %	575,795	100.0%
2010年	271,664	44.3 %	341,635	55.7 %	613,299	100.0%
2015年	295,982	46.6 %	339,813	53.4 %	635,795	100.0%
2020年	318,735	48.7 %	335,124	51.3 %	653,860	100.0%

表 10.4.6 吐鲁番地区的城市人口·农村人口变化（方案 3）

	城市人口		农村人口		地区合计	
	人数	占比	人数	占比	人数	占比
2004年	236,201	41.0 %	339,594	59.0 %	575,795	100.0%
2010年	262,284	44.1 %	333,002	55.9 %	595,286	100.0%
2015年	277,643	46.1 %	324,164	53.9 %	601,806	100.0%
2020年	288,482	48.1 %	310,982	51.9 %	599,463	100.0%

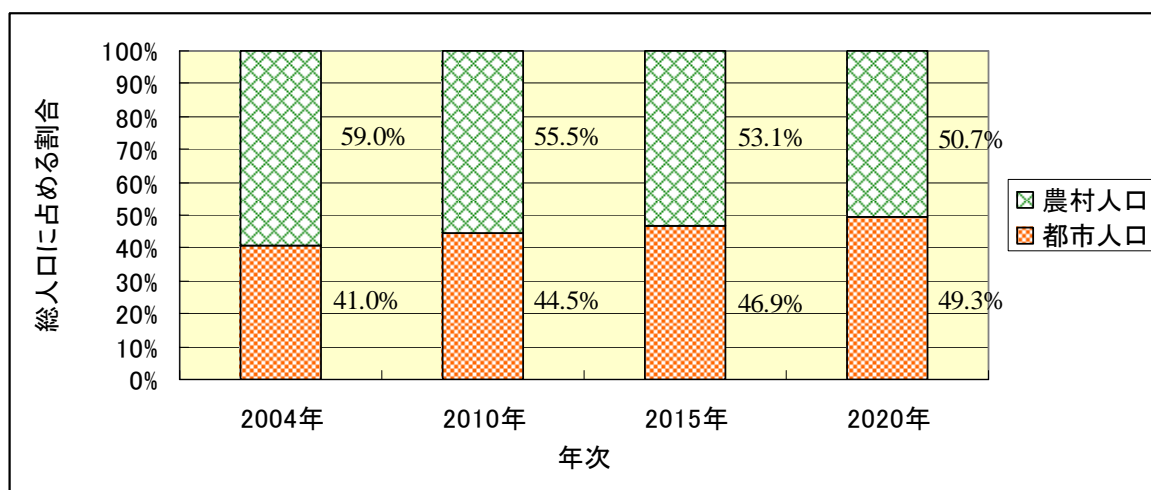


图 10.4.2 方案 1 中将来城市人口以及农村人口比例的变化

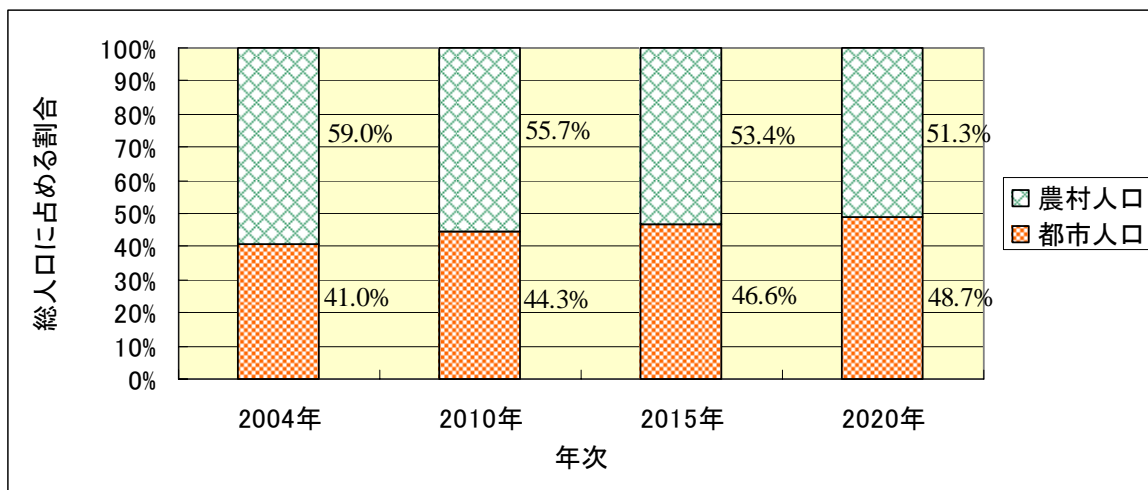


图 10.4.3 方案 2 中将来城市人口以及农村人口比例的变化

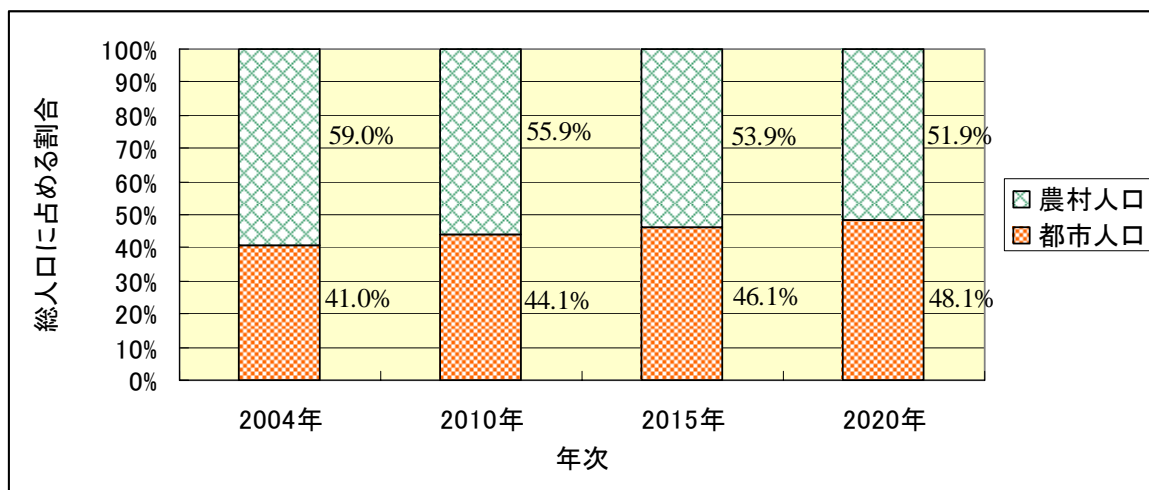


图 10.4.4 方案 2 中将来城市人口以及农村人口比例的变化

10.4.2 GDP (国内总产值)

2004 年、吐鲁番地区的地区生产总值为 92.17 亿元（推测）、2003~2004 年的成长率为 10.5 %。

根据「新疆吐鲁番地区水利水电观测设计研究院·社会调查报告书」中引用的经济论文『本世纪头二十年吐鲁番 GDP 将翻三番（作者：王海龙）』、吐鲁番地区 2020 年的第一·第二·第三产业的构成比率设定如表 10.4.7 所示。

表 10.4.7 吐鲁番地区 2020 年产业构成比率以及到 2020 年的平均成长率

	第1产业	第2产业	第3产业
想定构成比率	12.5 %	66.0 %	21.5 %
条件(最大值或者最小值)	最小为6.7%	最小为53.3%	最大为40.0%
到2020年的平均成长率	7.50 %	9.75 %	14.50 %

(出典：新疆吐鲁番地区水利水电观测设计研究院·社会调查报告书)

根据 2003 年 1 月、吐鲁番地区当局通过「吐鲁番报」等舆论正式发表的数字、吐鲁番地区中 2010 年、2020 年的 GDP（国内生产总值）、分别为 169.8 亿元和 478.72 亿元。

考虑这些条件、本项目中想定了表 10.4.8 所示的 3 种方案。

表 10.4.8 吐鲁番地区 GDP 成长的 3 种方案

	第1产业
方案1	高成长。第一·第二·第三产业的成长率分别规划为7.50%·9.75%·14.50%、2010年·2020年大约为170亿元·480亿元的各规划目标值都实现的场合。
方案2	中成长。2020年中、高成长的大约75%的生产总值实现的场合。
方案3	低成长。2020年中、高成长的大约50%的生产总值实现的场合。。

不同方案中、短·中·长期年平均成长率、不同产业年平均成长率、产业比率等如表 10.4.9 所示。

为了达成方案 1、必须实现短期平均年 10.64 %、长期平均年 11.12 % 的成长率。从各年国内生产总值预想图看、时系列的经济成长必须呈指数函数。但是、通常、在人均 GDP 不断提高到较高水平的国家、经济成长率会逐渐减小。考虑到过去 8 年里（1996～2004）吐鲁番地区平均成长率为 10.09 %、人均 GDP 达到 14,652 元（2003 年）、已经是新疆维吾尔自治区平均 9,700 元（2003 年）的 1.5 倍以上、很难设想吐鲁番地区经济今后仍然以超过现阶段成长率的速度成长。所以、可以认为方案 1 的现实性是相对的较低。

另外、在方案 3 中、短·中·长期的年平均成长率分别为 8.02 %、5.78 %、4.42 %，逐渐减小。从各年的国内生产总值预想图来看、时系列的经济成长呈接近对数函数的形式。如前所述、可以很自然地假定吐鲁番地区的经济成长率在长期范围内会逐渐减小、所以可以认为方案 3 相对比较有妥当性。另外、方案 2 取高成长和低成长的中间值保持经济成长。综上所述、可以推测今后吐鲁番地区的经济按照接近方案 2 或者方案 3 的形式保持成长的可能性较高。

已经说明过的、2004 年吐鲁番地区中水资源的接近 9 成用于农业。灌溉面积和第 1 产业的生产总值的关系虽然未必明确、但因为 2020 年中第 1 产业的比率在各方案中为定数（6.8 %）、所以至少可以很自然地假定在 3 方案中、灌溉面积会按照方案 3→方案 2→方案 1 的顺序而增长。

可以认为第 2 产业的生产总值和工业产值很大程度上相关。但无论其关系如何，现在工业用水占水资源利用量的比例不到 1 %、所以今后 16 年左右期间内工业的增长对水资源利用全体变化的影响应该较小。

表 10.4.9 吐鲁番地区 GDP 成长 3 方案的比较

GDP (国内生产总值)	方案1 (高成长)	方案2 (中成长)	方案3 (低成长)
2004年GDP(JICA调查团推测值)	92.17亿元	92.17亿元	92.17亿元
2010年GDP(JICA调查团推测值)	169.07亿元	157.74亿元	146.41亿元
2015年GDP(JICA调查团推测值)	283.63亿元	238.77亿元	193.90亿元
2020年GDP(JICA调查团推测值)	481.35亿元	361.01亿元	240.67亿元

Figure 10.4.9: Comparison of GDP growth in the Turpan region. The chart displays GDP total (in billion Yuan) from 2004 to 2020 for three cases: Case 1 (blue), Case 2 (red), and Case 3 (green). The Y-axis ranges from 0.00 to 500.00. Case 1 shows the highest growth, reaching approximately 481.35 billion Yuan by 2020. Case 2 reaches approximately 361.01 billion Yuan, and Case 3 reaches approximately 240.67 billion Yuan.

GDP年平均成长率	方案1 (高成长)			方案2 (中成长)			方案3 (低成长)		
2004-10年(短期) GDP年平均成长率	10.64 %			9.37 %			8.02 %		
2010-15年(中期) GDP年平均成长率	10.90 %			8.64 %			5.78 %		
2015-20年(长期) GDP年平均成长率	11.12 %			8.62 %			4.42 %		
产业不同年平均成长率	第1产业	第2产业	第3产业	第1产业	第2产业	第3产业	第1产业	第2产业	第3产业
2004-10年(短期) 不同年平均成长率	7.50 %	9.75 %	14.50 %	5.66 %	8.02 %	14.53 %	3.65 %	6.13 %	14.57 %
2004-10年(中期) 不同年平均成长率	7.50 %	9.75 %	14.50 %	5.58 %	7.72 %	11.40 %	2.97 %	5.01 %	7.93 %
2004-10年(长期) 不同年平均成长率	7.50 %	9.75 %	14.50 %	5.53 %	7.60 %	11.06 %	2.17 %	3.94 %	5.67 %
年次不同产业比率	第1产业	第2产业	第3产业	第1产业	第2产业	第3产业	第1产业	第2产业	第3产业
2004年产业比率 (第1产业: 第2产业: 第3产业)	11.1 %	67.2 %	21.7 %	11.1 %	67.2 %	21.7 %	11.1 %	67.2 %	21.7 %
2010年产业比率 (第1产业: 第2产业: 第3产业)	9.3 %	64.0 %	26.6 %	9.0 %	62.4 %	28.6 %	8.7 %	60.5 %	30.8 %
2015年产业比率 (第1产业: 第2产业: 第3产业)	8.0 %	60.8 %	31.2 %	7.8 %	59.8 %	32.4 %	7.6 %	58.3 %	34.1 %
2020年产业比率 (第1产业: 第2产业: 第3产业)	6.8 %	57.0 %	36.2 %	6.8 %	57.0 %	36.2 %	6.8 %	57.0 %	36.2 %

10.4.3 灌溉面积

灌溉地的定义如下：灌溉面积为供以下用途的土地面积的合计。

「灌溉地」=「耕地」+「葡萄地」+「果树园」+「人工林」+「人工草地」

进而，所谓「耕地」指栽培小麦·棉花·瓜类·蔬菜·油脂作物·孜然·苜蓿·杂粮以及其它作物的农田。

将来灌溉面积的预测以新疆吐鲁番地区水利水电观测设计研究院实施的社会调查的数据为基础进行。其中包括了「吐鲁番地区统计年鉴」、「地区节水规划资料」、「流域规划资料」等各种现存规划的数据、但是过去没有报告书单独完全包括了必要的数值（参照本报告书附录）。因为有关数据是从各不同资料中分别收集的，相互间缺少整合性。所以、在此详细比较各现存数值、尽可能对主要预测年引用妥当性的数据。而且、对存在不同数值的数据数项目、通过对现存数据进行平均等方法进行了处理。以这些数据为基础、设定了如下各方案的目标年的相关值、并利用对数回归式对各主要年的灌溉面积进行了预测。

- ① 方案 1: 土地规划资料中作为 2030 年的目标值灌溉总面积※在 2020 年实现的场合。
- ② 方案 2: 土地规划资料中作为 2030 年的目标值灌溉总面积¹按规划实现灌溉面积增加的情况。
- ③ 方案 3: 灌溉面积（包括作物品种）2004~2020 年中不变化的场合

方案 1 以及方案 2 的区别在于灌溉面积的增加率不同。

汇总以所述、想定的灌溉面积以及水需要量的情况设定如表 10.4.10所示。

表 10.4.10 灌溉面积以及水需要量设定 3 方案的比较

	方案1	方案2	方案3
灌溉面积	大 (灌溉面积大幅度增长)	中 (灌溉面积中幅度增长)	小 (灌溉面积的增长为「零」)
想定的水需要量	大	中	小
灌溉面积计算方法	分析和比较「统计年鉴」·「地区节水规划资料」·「流域规划资料」等现存规划的数据、引用主要年相对妥当性的数字。对明显有误的数字进行调整。以这些数据为基础、通过回归式（对数）预测各年的灌溉面积。		

关于不同作物的栽培面积的变化有以下倾向、在方案 1~2 中相同²。

- 对全部市县的耕地面积变化绘制对数曲线、呈一直增加趋势。
- 耕地栽培作物中、小麦·棉花·高粱等杂粮类停滞或者减少。
- 耕地栽培作物中、瓜类·蔬菜·孜然·苜蓿增加。
- 葡萄·果树在短期内有快速增加倾向、中·长期将变为缓慢增加或者逐渐减少。
- 人工林·人工草地、呈一直增加趋势。

¹ 约180万亩。但不包括221团和复播。

² 参考了对「吐鲁番地区国民经济以及社会发展第十一次五年计划」提出的意见。

而且、关于作物别面积的以下倾向、在方案1~2中相同³。

各方案中灌溉面积的变化如表10.4.11所示。以后的叙述中吐鲁番市的灌溉面积包括位于吐鲁番市中西部的221团的灌溉面积。

各方案里不同年的灌溉面积的内容(各作物的种植面积)汇总于报告书的附录(但是、因为方案3中、面积·内容都不变化、所以在该表中省略)。

表 10.4.11 主要年中吐鲁番地区灌溉总面积预测

	分类	面积(万亩)			
		2004	2010	2015	2020
方案1 (灌溉面积大)		2004	2010	2015	2020
	1. 耕地	67.14	84.37	89.54	93.07
	2. 葡萄	36.79	50.00	50.49	50.71
	3. 果树园	5.75	8.20	9.03	9.66
	4. 人工林	14.04	22.00	26.38	29.44
	5. 人工草地	5.80	7.76	9.88	11.29
	6. (复播)	19.14	25.59	25.48	26.94
	灌溉总面积	148.66	197.92	210.80	221.12
方案2 (灌溉面积中)	地目	面积(万亩)			
		2004	2010	2015	2020
	1. 耕地	67.14	72.95	79.42	81.49
	2. 葡萄	36.79	42.40	39.70	39.94
	3. 果树园	5.75	7.66	8.06	8.52
	4. 人工林	14.04	21.40	21.60	22.86
	5. 人工草地	5.80	6.41	7.08	7.28
	6. (复播)	19.14	22.04	23.39	25.07
灌溉总面积	148.66	172.86	179.25	185.15	
方案3 (灌溉面积小=不变)	地目	面积(万亩)			
		2004	2010	2015	2020
	1. 耕地	67.14	67.14	67.14	67.14
	2. 葡萄	36.79	36.79	36.79	36.79
	3. 果树园	5.75	5.75	5.75	5.75
	4. 人工林	14.04	14.04	14.04	14.04
	5. 人工草地	5.80	5.80	5.80	5.80
	6. (复播)	19.14	19.14	19.14	19.14
灌溉总面积	148.66	148.66	148.66	148.66	

(出典: 新疆吐鲁番地区水利水电观测设计研究院、JICA 调查团推测)

³ 参考了对「吐鲁番地区国民经济以及社会发展第十一次五年计划」提出的意见。