

9. 地下水资源评价

9 地下水资源评价

9.1 地下水模拟的方法

9.1.1 地下水模拟的目的

为了探明地下水资源的状况和动态等，本项目建立了通过“补给”实现地表水系和地下水系一体化的模型，利用模型分析动态地掌握了整个流域的水循环、地下水流动及地下水水质分布。并且，通过进行模型分析对以往分散处理的河流、地下水观测数据等进行了统一评估。进而设定各种将来变化条件对各种情况变化所带来的未来的地下水变动进行了预测。根据预测结果进行了持续有效地利用及合理管理地下水资源的规划（参照第10章）。

9.1.2 地下水模型的概要

本项目建立的地下水模拟的概要如表 9.1所示。

表 9.1 地下水模拟模型概要

项目	广域三维模型	断面二维模型	局部三维模型
对象	整个吐鲁番地下水盆	南盆地东西断面 南北断面	南盆地东部达朗坎地区
目的	分析整个地下水盆的地下水流动 分析地下水盐化状况 预测各种条件变化引起的未来的地下水流动、水质分布等 计算保证容许地下水位的容许扬水量 进行保证地下水可持续利用的最适扬水量分配	分析断面上的地下水流动 分析盐化地下水的断面分布、移动状况等 预测各种条件变化所伴随的未来的断面地下水流动、水质分布等	再现地表水由河流、引水渠向地下渗透的情况 分析地表水水质对地下水水质造成的影响 预测实施地下水补给促进措施时的效果和影响
分析软件	Processing Modflow Pro (地下水流动分析: MODFLOW、物质输送分析: MT3DMS)		
分析范围	平面: 253 km×100 km 断面: 到标高2,500~-700 m	东西断面: 长250 km、深500 m 南北断面: 长100 km、深50 0m	平面: 5 km×5 km 断面: 深400 m
网格大小	平面: 1 km×1 km 断面: 22层 层厚500~100 m	水平方向: 1 km×1 km 垂直方向: 层厚 20 m×90层	平面: 50 m×50 m 断面: 平均层厚10 m×40层
计算时间步长	1 步长=1个月	1 步长= 1 个月	1 步长= 1 个月

9.2 吐鲁番盆地中地下水补给量的意义

吐鲁番盆地中，盆地内平原地区的年平均降水量为 30 mm 以下，由此判断基本没有由盆地内平原地区产生的降水量而来的直接的地下水补给量。因此认为，吐鲁番地下水盆的地下水补给量基本上起源于吐鲁番盆地周围的集水域内产生的降水量，作为山区河水流入盆地内的地表水（IFs）和在山区渗入地下的水在地下作为直接地下水流入地下

水盆中的水量 (IFg) 是地下水补给潜量 (Rp) (参照图 9.1)。

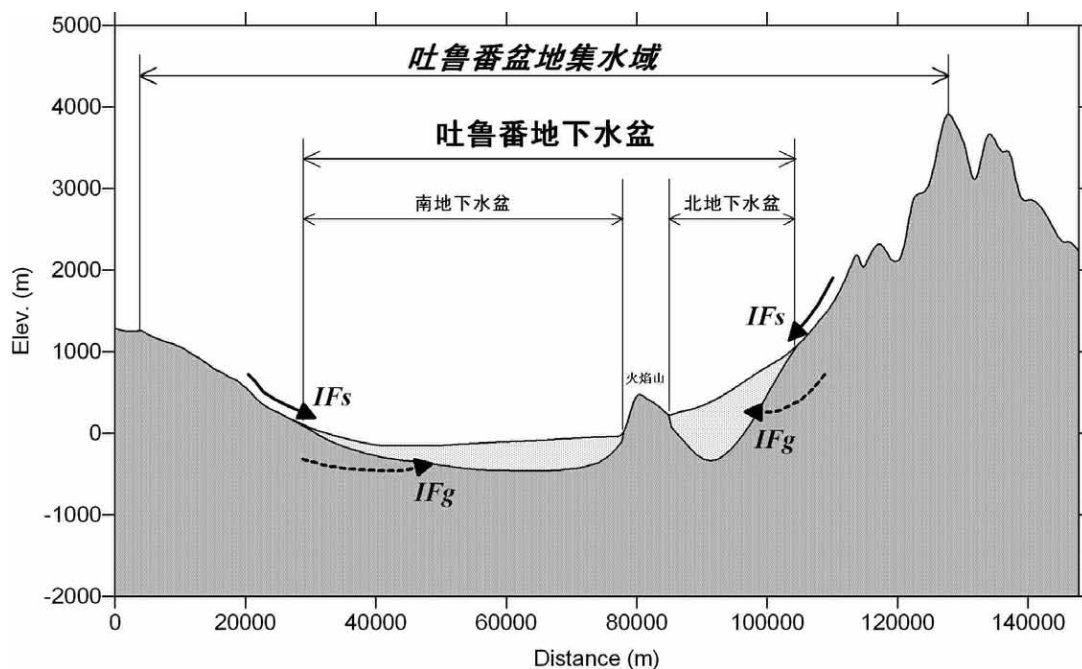


图 9.1 吐鲁番地下水盆的流入模型图

其中，作为山区河水流入盆地内的地表水 (IFs)，是在山区形成的降水经过复杂的水循环过程其中一部分作为河水流出的水量，在山区和盆地的交界处对河流流量进行测定就可以掌握其实际数值。

另一方面，不可能实际测定山区渗入地下的水在地下直接流入地下水盆中的水量 (IFg)。因此，在地下水模拟模型中，如果以原有资料等为依据给相当于水文地质基础的网格设定必要的水理参数和边界水头，就可以对其进行推算和评价。

9.2.1 吐鲁番盆地内河水的水循环和水收支

图 9.2是流入盆地内的河水的水循环模型图。

流入盆地内的河水，首先沿着河流的自然流路向下游，本项目将这一区间称作自然河流系。吐鲁番盆地的常年河中，自然河流系的总长度为数 km 左右，在一般的自然状态下，河水由于在自然河流系区间的蒸发和河床的漏水等而消失。

目前大多数常年河水都建设了引水渠，河水在自然河流系消失前由引水渠引流。在北盆地，引水渠的总长度为 10 数 km 左右，称这一区间为引水渠系。在引水渠系，沿着引水渠流动的水由于蒸发量和引水渠的漏水造成部分水量流失。另外，现在引水渠有时会建到比较靠近河流上游地区的地方取水，因此需要注意在这种情况下，上述的自然河流系区间的长度会比自然状态或以前状态时短。

流经引水渠的水大都经由灌溉渠作为灌溉用水引入农地。本项目将灌溉用渠、所灌溉的农地总称为灌溉农地系。在灌溉农地系，所引入的许多水量都为农地的作物所消费，灌溉用渠、农地等也会发生蒸发、漏水等造成的水损耗。

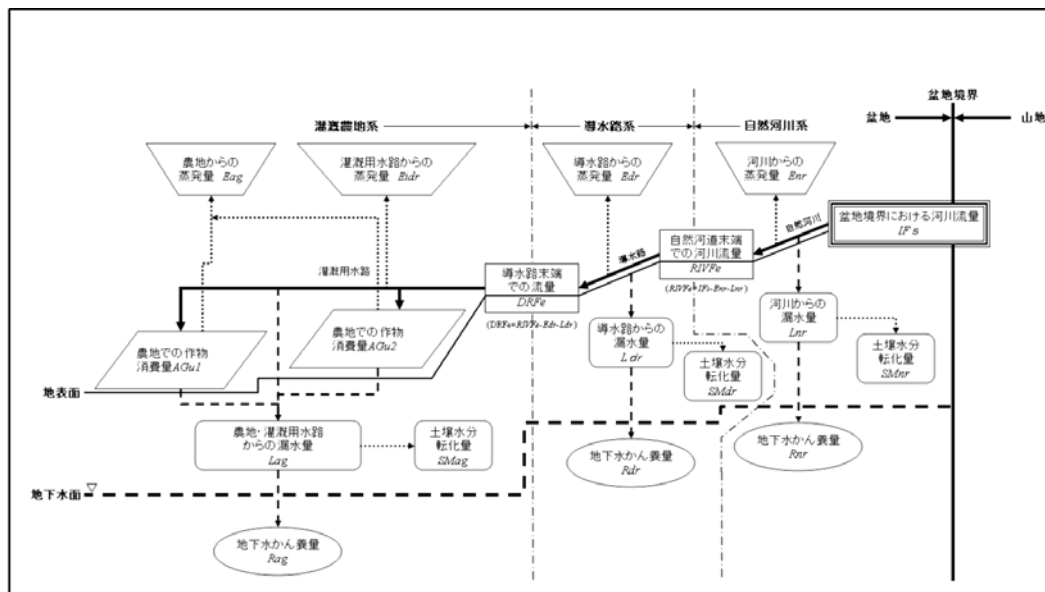


图 9.2 流入盆地内的河流水的循环模式图

9.2.2 不同模型网格地下水补给量的基本推算

地下水模型不仅应该再现过去和现在的地下水流动，而且要用于将来在地表水和地下水有关的各种条件变化时的地下水的对应的预测。所以，根据图 9.2所示的水资源循环模式对全部 14 条常年有水河流进行水收支计算，求得其对地下水补给的平面分布，将这一分布带入了模型的平面网格。模型的验证期间为 1994 年 1 月到 2003 年 12 月的 120 个月。

实际补给量¹的计算结果如图 9.3所示。其中同时给出了最大可能补给量²。实际补给量在灌溉期中为最大可能量的 5 分之 1 左右、而在非灌溉期中则占最大可能量的 5 成到 9 成。这是因为非灌溉期中没有作物消费量、而且冬季的蒸发能较小的原因。根据这一结果实际补给量在 1 年内的变化模式为分别在夏季和冬季出现 2 次高峰。。

1994~2003 年的每 1 年的实际补给量、从 2001 年的 5.68 亿 m³到 1994 年的 6.66 亿 m³之间变动、10 年平均约为 6.20 亿 m³。

¹实际补给量是指从最大可能补给量中减去河流、水渠、农田灌溉的蒸发量以及作物的消费量的结果。比最大可能补给量小很多。

²最大可能补给量是指在地下水补给发生的网格中的补给量潜在值。其中包括自然河流的渗透量、水渠的渗透量、农田灌溉的渗透量还包括泉水的流量、坎儿井的流量和灌溉水井的抽水量。

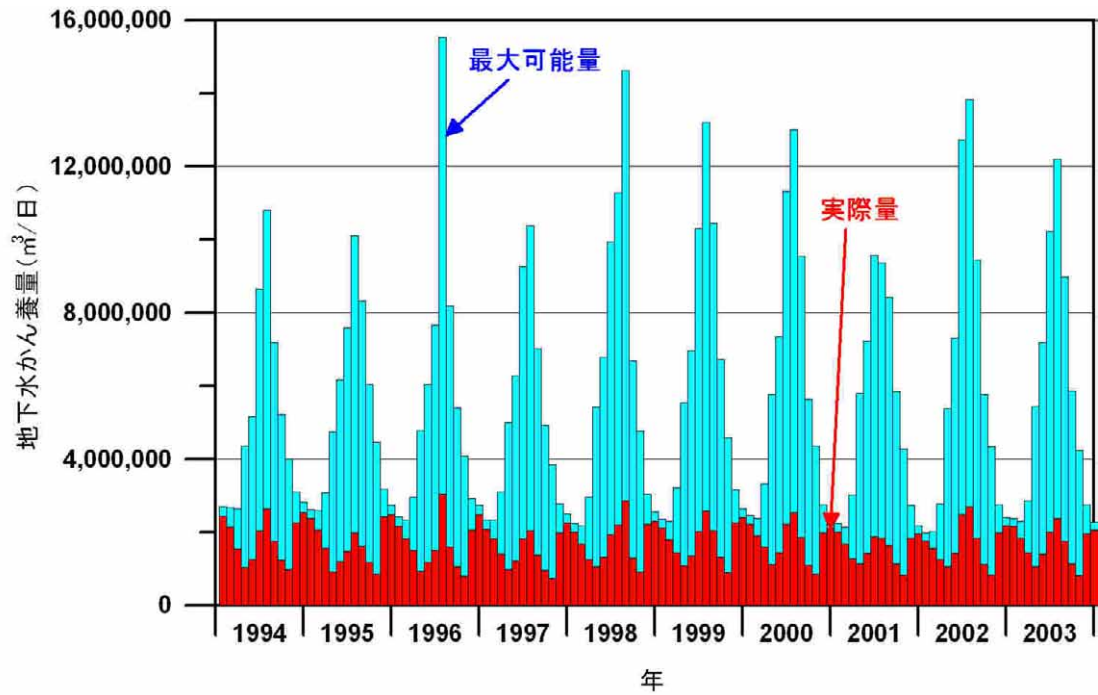


图 9.3 最大可能地下水补给量和实际地下水补给量

图 9.4表示 2003 年 7 月中实际地下水补给量的分布。几乎全部自然河流和引水渠、灌溉农田都分配有实际补给量、每 1 km² 的实际补给量为 100~2,000 m³ / 月的网格较多。

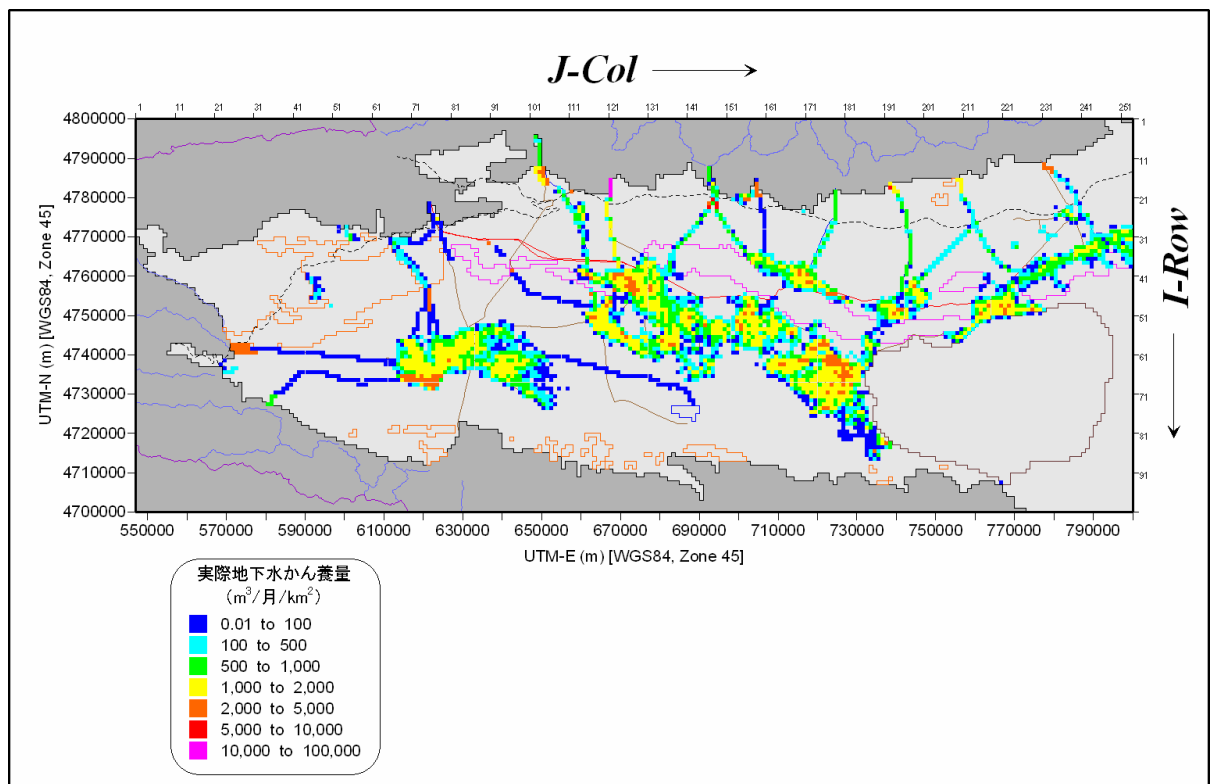


图 9.4 最大可能地下水补给量分布图（2003 年 7 月）

9.3 地下水抽水量的计算

9.3.1 不同网格·不同标高的抽水量统计

根据水资源利用现状调查的结果对 1994 年 1 月到 2003 年 12 月各个 1 km ×1 km 网格的抽水量进行了统计。在水资源利用现状调查中对各机井的深度或滤管位置进行了访问调查、根据其结果掌握了不同网格·不同深度的抽水量。同时、利用航天飞机采集的地形数据 (SRTM-3 数据) 计算了各 1 km 网格中央点的地形标高、然后利用两者之间的关系、将 120 个月验证期间的地下水抽水量分配于不同网格的不同标高 (标高 50 m 间隔) 进行了统计。

9.3.2 地下水抽水量的统计结果

a. 地下水抽水量的时间系列变化

为了广域三维模型而作成的吐鲁番盆地的地下水抽水量数据的时系列变化如图 9.5 所示。吐鲁番盆地中机井的地下水抽水量在每年夏季 5~8 月较大, 冬季的 11~2 月较小。夏季的抽水量在 6 月分最大、6 月的抽水量在 1994 年到 1999 年基本上为直线状从 189 万 m³/天增加到 358 万 m³/天。2000 年 6 月的抽水量有所减少、但 2001 年 6 月则达到 502 万 m³/天, 为不同月中最高抽水量记录。2003 年 6 月的抽水量为 406 万 m³/天。

1 年的抽水量也是从 1994 年的 3.14 亿 m³ 增加到 1999 年的 5.85 亿 m³、2001 年的 7.37 亿 m³ 为过去 10 年的最高纪录。2003 年的全年抽水量为 6.40 亿 m³。

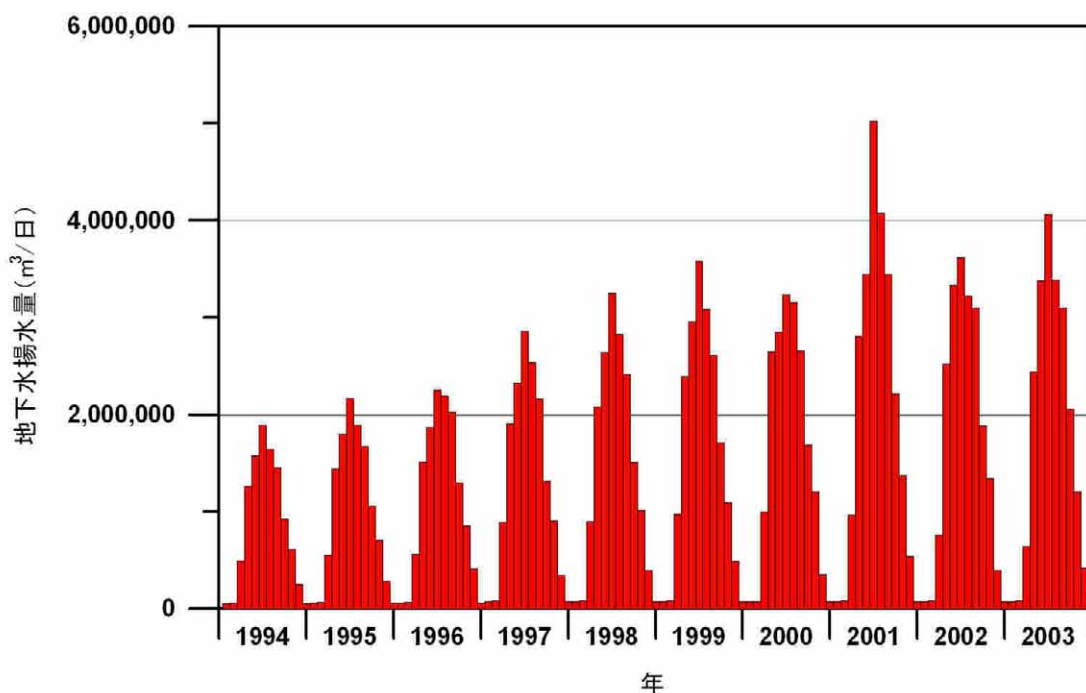


图 9.5 吐鲁番盆地中地下水抽水量的时间系列变化

b. 地下水抽水量和地下水补给量的比较

如前节所叙述过的, 吐鲁番盆地的地下水补给量和地下水抽水量的比较结果图 9.6 所示。1994 年无论冬季还是夏季几乎在全年内的各个月分里地下水补给量都超过地下水抽水量、但在 1997 年左右夏季的抽水量超过了补给量、1999 年以后夏季全部月分的抽

水量都大于补给量。以上结果说明、吐鲁番地下水盆的水收支在近年夏季中出现了赤字、成为引起夏季地下水位下降的原因。而且，从全年地下水补给量与抽水量的收支来看，2001年以后一直为「赤字」。

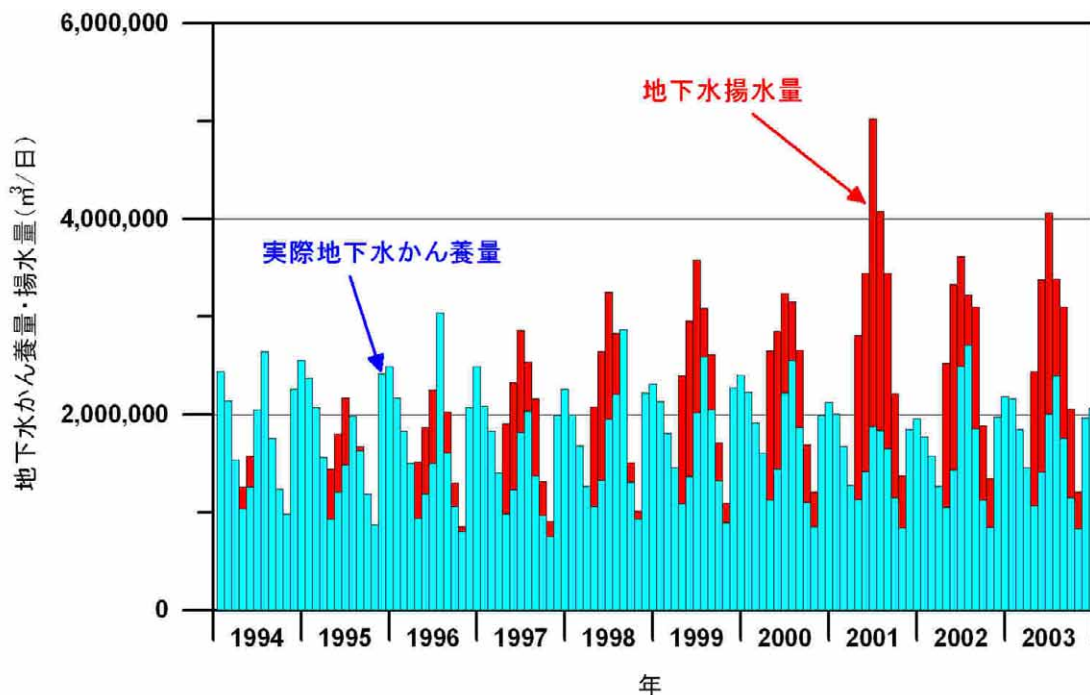


图 9.6 地下水抽水量和补给量的比较

c. 地下水抽水量的分布

吐鲁番盆地全域 2003 年 7 月的抽水量分布如图 9.7 所示。在南盆地东部和北东部的火焰山南缘部，分布有抽水量较大的网格、而且吐鲁番市和托克逊县和冬季相比在更多的网格进行抽水。在北盆地、抽水量较大的网格集中于火焰山北侧、鄯善城区地附近等，鄯善县东部的抽水量也比冬季增加。

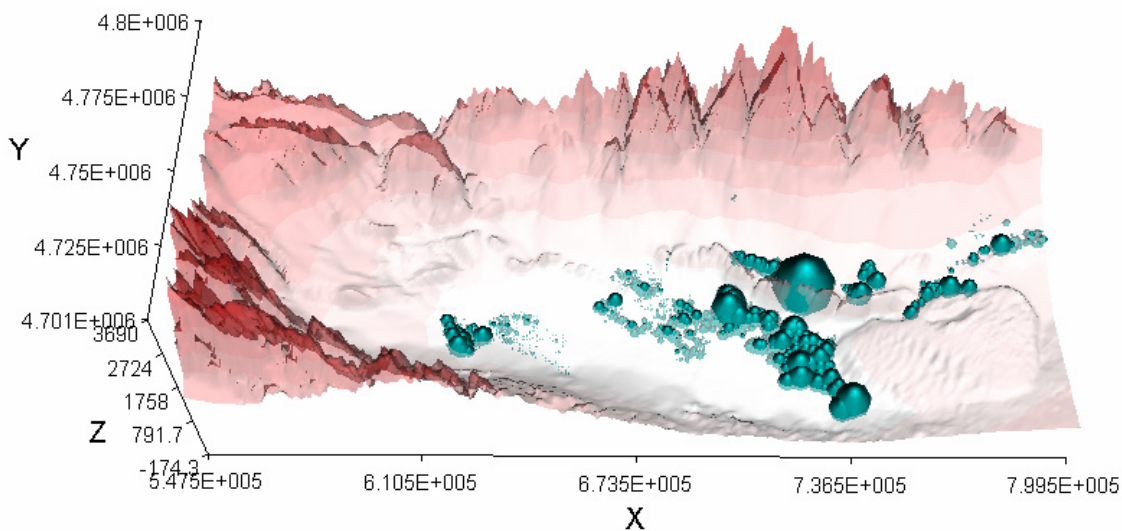


图 9.7 2003 年 7 月的地下水抽水量分布

9.4 水文地质参数

9.4.1 地下水模拟所需参数

本项目所进行的地下水模拟，从其内容上分为使用 MODFLOW 程序的地下水流动模拟和使用 MT3DMS 程序的物质输送模拟。在本项目对各种模拟所需要的参数分别进行了推测。

9.4.2 单位涌水量

单位涌水量是用于含水层能力的评估、井效率的评估等的参数。图 9.8以原有井的资料为基础，给出了各县·市的抽水量与水位下降量、单位涌水量之间的关系。鄯善县的原有井中拥有 200~3,000 m³/day 抽水量的井有很多，其中还有抽量在 5,000 m³/day 以上的井。水位下降量显示 1~10 m 的井占大部分。在吐鲁番市的机井抽水量多在 300~2,000 m³/day 之间。在托克逊县，大多数井都以 500 m³/day 以上的水量抽水，单位涌水量超出 1,000 m³/day 的井则以 3,000 m³/day 以上的抽水量抽水。

9.4.3 导水系数和渗透系数

导水系数是表示含水层能力的最重要的参数。以本项目所收集整理的原有井的资料中 128 眼原有井的单位涌水量为依据，采用 Logan (1964) 的方法计算了导水系数。通过简易抽水试验得到的渗透系数，用不完全贯入井算式计算渗透系数时考虑了水层的层厚和筛管的长度，但严密地说是假定筛管布设部分和其他含水层部分的渗透系数相等。所以，在这里对于记录了筛管长的资料，使用筛管长计算了筛管布设部分的含水层的透水量系数；对于没有记录筛管长的资料，则乘以含水层的层厚计算了导水系数。

表 9.2 根据含水层的层相输入的透水系数的初值

含水层的层相	透水系数初值(m/day)
砾石、砂砾（含水层能力=大）	29.26
中~粗砂（含水层能力=中）	5.88
细粒砂（含水层能力=小）	1.18

9.4.4 贮水系数

贮水系数是表示含水层贮水能力的参数。以吐鲁番盆地在原有机井资料中的贮水系数的对数平均值为参考，可以得出承压含水层的代表值为 1.0E-03。根据本项目中现存机井的滤管平均长度为 38.5 m，设定了 2.60E-05 m⁻¹为贮水系数的初值。

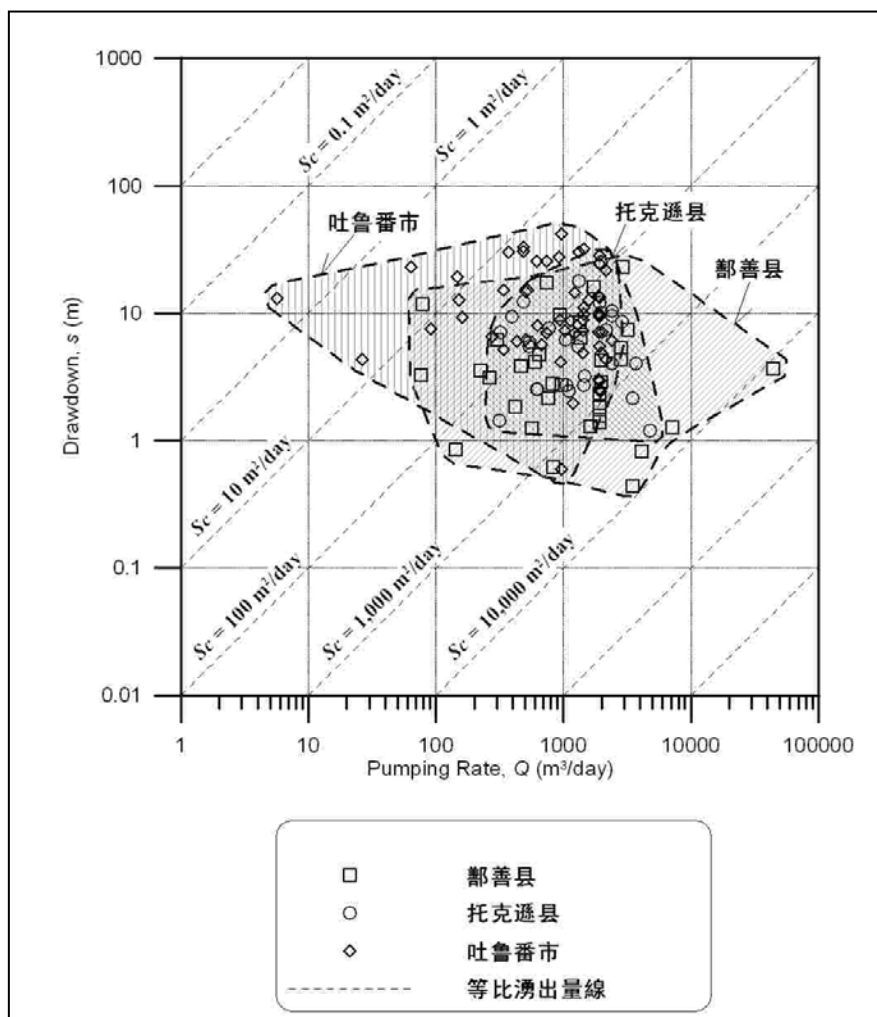


图 9.8 抽水量和水位下降量、单位涌水量之间的关系

9.5 广域三维模型

9.5.1 广域三维模型的构造

广域三维模型的模型平面网格，如图 9.9所示，按照能覆盖整个吐鲁番地下水盆进行了设定。模型网格以世界测地系 WGS84 的 UTM 坐标系第 45 带为标准，各网格的平面尺寸定为 1 km×1 km。广域三维模型的断面结构，在深度方向上也是设计为可以立体覆盖吐鲁番地下水盆的 22 层结构，模型的最上面标高定为 2,500 m，最下面标高定为 -700 m。

模型的下表面结构如、图 9.10所示，在第四系的下边布置了相当于水文地质基底的网络。图 9.11下图是从西北侧的地下仰视吐鲁番地下水盆的立体图，很好地表现了吐鲁番地下水盆的下表面结构的特征。特别是，北地下水盆和南地下水盆在吐鲁番市区附近的地下呈管状连接，可以很容易地联想到通过此处北地下水盆的地下水流入南地下水盆。

在广域三维模型中、设定了不透水边界、定水头边界、一般水头边界和排水边界等 4 种边界条件、并通过模型的验证过程对其进行了必要的修正。

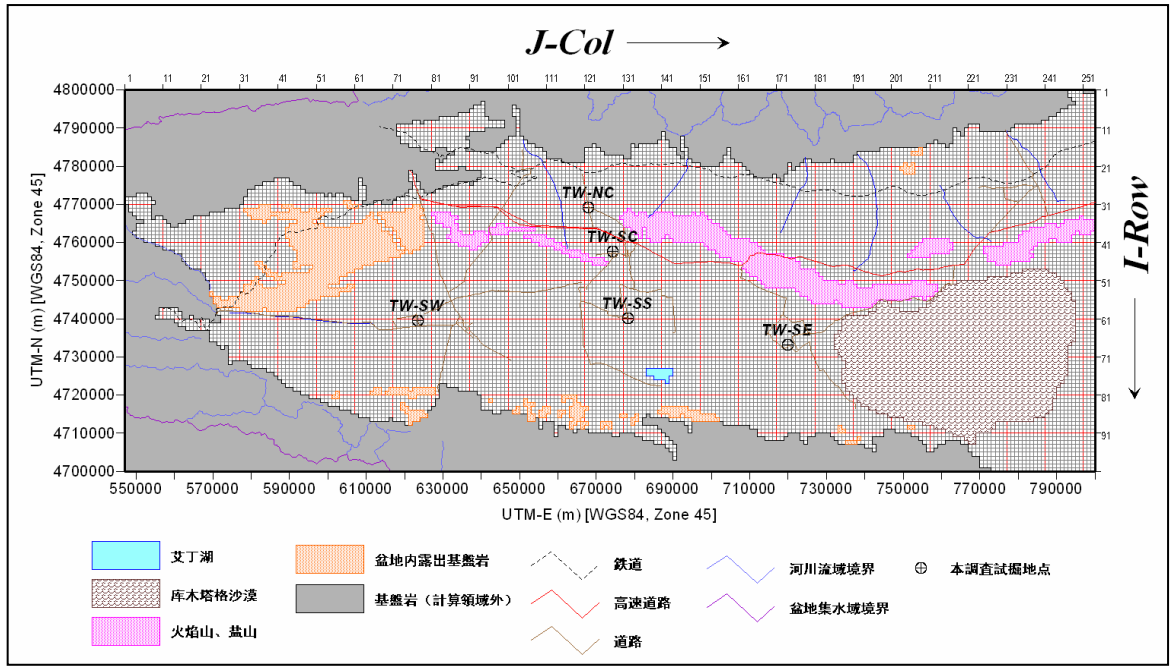


图 9.9 广域 3 维模型平面网格图

9.5.2 模型的验证

广域三维模型的验证是通过把 1994 年 1 月到 2003 年 12 月之间不同月分的时系列数据输入进行非稳定流计算而完成。在验证期间的非稳定流计算之前进行了长期稳定流计算（准稳定流计算）以作成非稳定流计算开始时的初期水头。

将前项作成的初期水头输入各模型层、同时将 1994 年 1 月到 2003 年 12 月 120 个月不同月分的地下水抽水量和补给量数据输入模型进行了验证计算。图 9.12 中表示了、最上层变水头网格的地下水面分布和地下的地下水等压水头分布。地下水等压水头面在南盆地的托克逊县南部和鄯善县南部呈现的变化很小。但是、地下水头等压水头面的分布倾向几乎不变、可知在 1994 年到 2003 年的 10 年中、吐鲁番盆地内的地下水流动模式没有大的变化。其原因为吐鲁番盆地的地下水头分布主要受地形分布的支配、只要不发生极端的地下水位下降或上升、地下水就会从地形标高较高的北盆地向较低的南盆地流动、最终到达艾丁湖附近。

从验证的结果可以看出，本项目中建立并验证过的模型可以很好地再现实地地下水头分布和水头下降量分布。图 9.13 给出了鄯善县 No. 2-14 观测井所记录的实测地下水头和计算地下水头的对比结果。从图中可见、计算水头变化很好地再现了从 1994 年到 2003 年的实测水头的下降过程。

如上所述、验证过的广域三维模型可以很好地再现过去的地下水头分布和水头下降量分布以及代表性观测井中的水头变化。所以可以判断本模型能够使用于吐鲁番盆地将来的预测模拟。

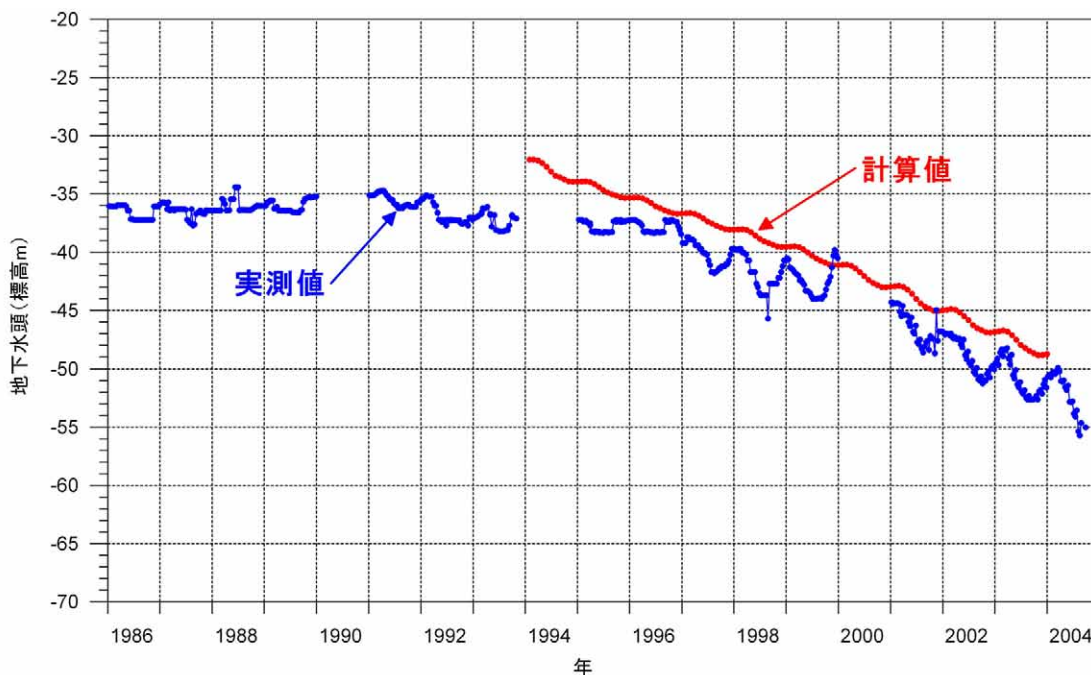


图 9.13 鄯善县No.2-14观测井中实测水头和计算水头的比较

9.5.3 用广域三维模型计算的吐鲁番地下水盆的地下水流入量

使用在本项目中建立且验证过的广域三维模型、对流入吐鲁番盆地的地表水起源的地下水补给量和基岩的直接地下水流入量进行了计算。

其结果、流入盆地内的地表水、地下水都主要起源为盆地北侧和西侧的天山山脉、盆地南侧的基底山地的流入量几乎不存在。同时、如表 9.3所示、从周围山地流入盆地内的河流水和泉、坎儿井的流量、机井抽水的灌溉水的补给量在 1994~2003 年的 10 年中从 2001 年的 5.68 亿 m^3 / 年到 1994 年的 6.66 亿 m^3 / 年之间变动、10 年的平均值约为 6.20 亿 m^3 / 年。

另一方面、从包围地下水盆的基岩直接流入的地下水量在 1994~2003 年的 10 年内从 0.27 亿 m^3 / 年到 0.54 亿 m^3 / 年之间变动、10 年的平均为 0.41 亿 m^3 / 年。

表 9.3 流入吐鲁番盆地的地下水量计算结果（1994~2003 年）

	最小 (亿 m^3 / 年)	最大 (亿 m^3 / 年)	平均 (亿 m^3 / 年)
地表补给量	5.68	6.66	6.20
基岩区流入量	0.27	0.54	0.41

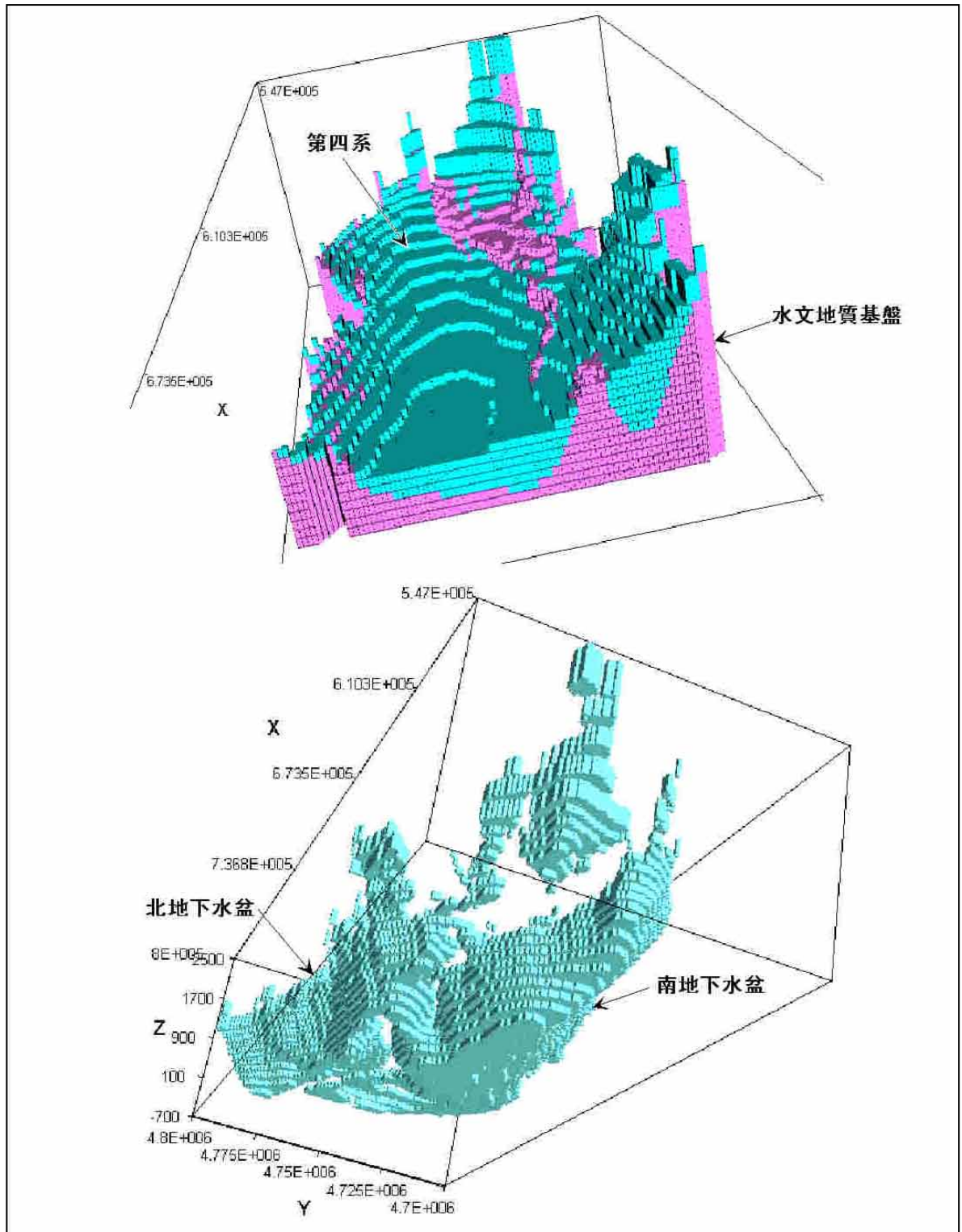


图 9.10 广域 3 维模型的下面构造

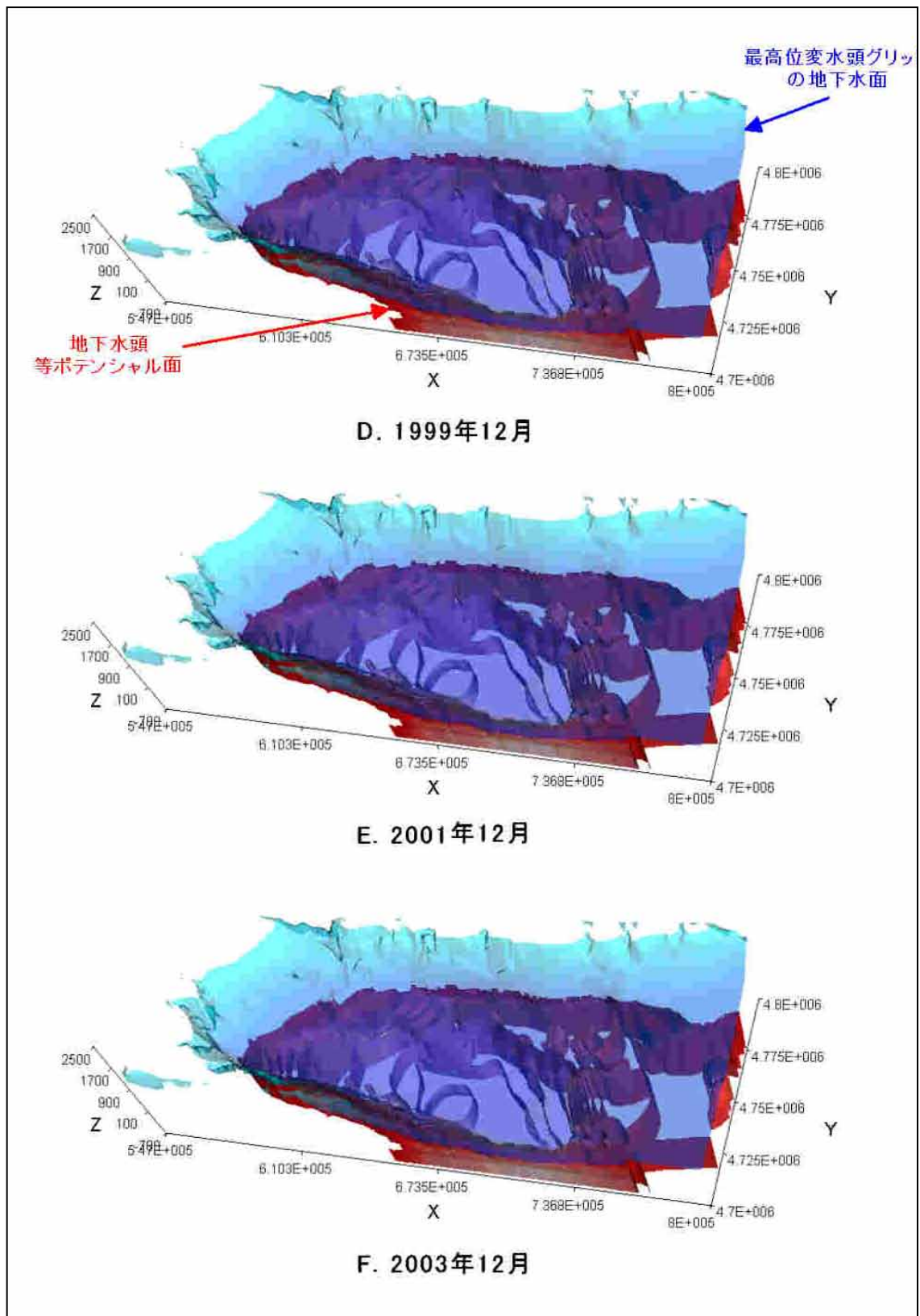


图 9.11 广域三维模型计算得到的水头分布 (1)

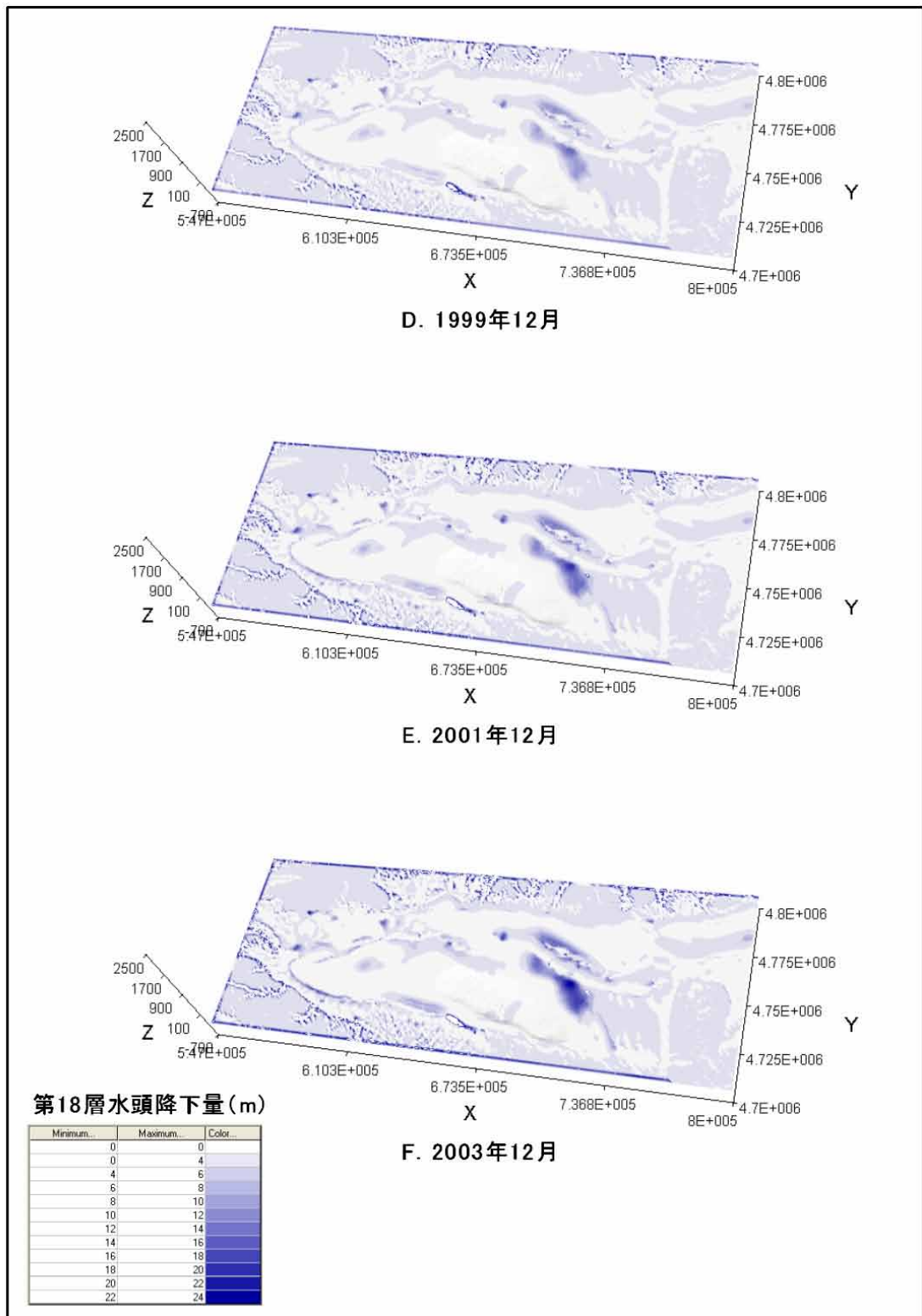


图 9.12 用广域三维模型计算得到的水头下降量分布(2)

9.6 断面二维模型

9.6.1 断面二维模型的结构和水文地质条件的模型化

断面二维模型方面，为了具体研究吐鲁番盆地的断面方向的地下水流动，沿着南盆地的东西断面和盆地中部的南北断面建立了2个模型。图9.14是断面模型的位置图。

南盆地东西东西方向的断面二维模型的模拟区域为水平方向170 km，垂直方向在标高1,200 ~ -600 m的范围，各网格的大小设定成了水平方向上1 km，垂直方向上20 m。南北方向的断面二维模型的模拟区域为为水平方向85 km，垂直方向在标高1,200 ~ -600 m的范围，各网格的大小设定成了水平方向上1 km，垂直方向上20 m。

南北方向的断面二维模型也与东西方向断面模型一样，首先沿着断面线制作了地形断面图。并且，以本项目制作的水文地质基底上表面标高分布图为基础制作了水文地质基底上表面断面图。

分别在东西和南北断面考虑层相的分布绘制了水文地质断面图，再根据断面图对模型网格进行地层和层相区分。网格的大小为水平方向11 km垂直方向20 m，每个网格都加了地层和层相标签。

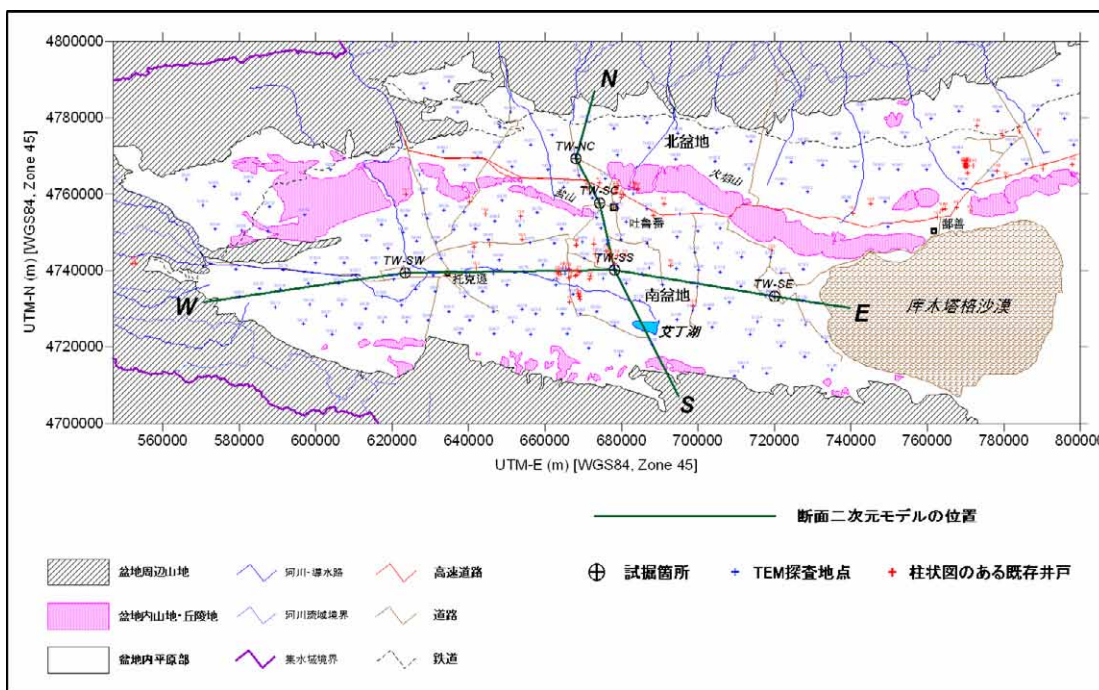


图 9.14 断面二维模型的位置图

9.6.2 输入补给量和抽水量

输入断面模型的地下水补给量根据断面模型与广域三维模型的网格的对应关系求得。同样还求得了，地下水抽水量的输入值。地下水抽水量按照前面说明过的分配方法分配。但是，抽水量数据还需要在深度方向进行分层赋值、所以首先根据在广域三维模型的抽水量统计中说明过的一样，利用不同网格·不同标高（标高50 m间隔）的地下水抽水量数据（验证期间120个月分）、整理出各断面模型平面网格50 m标高间隔的不同深度的抽水量。然后、考虑模型网格的层厚和透水系数的不同，按透水性好的网格抽水量大的原则举行了抽水量的再分配。

9.6.3 断面模型的边界条件

南北方向断面模型中设定的固定水头边界配置于艾丁湖附近常年有蒸发发生的网格。另一方面、吐鲁番市城区北部的北盆地南缘部有泉存在、所以设定为一般水头边界。此外，模型周围设定为封闭边界。

9.6.4 断模型的验证计算

将1994年1月到2003年12月120个月的地下水补给量和抽水量数据输入南北方向的断面模型进行了验证计算。验证计算得到的2003年12月的水头等值线布如图9.15、图9.16所示。

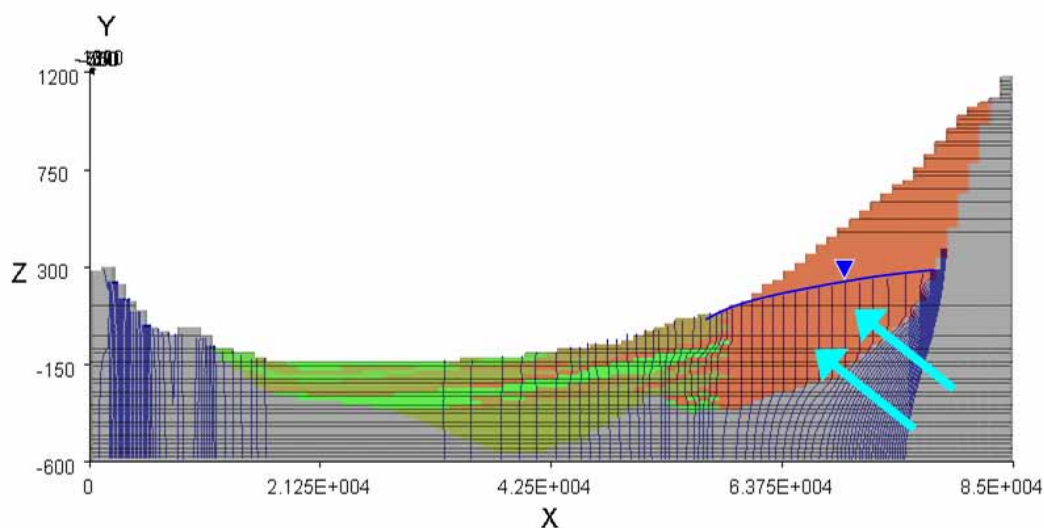


图 9.15 南北方向断面模型的验证计算结果

在南北断面模型中，以位于模型的近于中央部的吐鲁番市付为界，在北盆地和南盆地水文地质条件很不相同、计算水头分布也受其影响而呈现不同模式。在北盆地中第四系中不存在粘土层、所以从地表到水文地质基底为透水系系数较高的一系列砂砾层所构成、砂砾层内的计算水头等值线几乎呈直线沿铅直方向分布、砂砾层内在深度方向几乎看不到水头差。同时、砂砾层的透水系系数比较高、所以地下水面的分布形状比地形面的倾斜缓和、越向盆地北部地下水埋深越大。

另一方面、从吐鲁番市附近向南侧的南盆地、地下地质分为A层、B层和C层，夹有数层粘土层、以透水系系数小的粘土层为界在深度方向上的计算水头结果不同。例如、在吐鲁番市附近、标高-150 m深处附近分布有B层的粘土层，以之为界、下层含水层的计算水头比上层含水层的水头高。这种计算水头分布在吐鲁番市附近与实际观测井的记录很一致。

在北盆地特别是北盆地北侧部分、如图中的箭头方向所示地下水从水文地质基底直接流入地下水盆。但是、在南盆地、基底和地下水盆内的计算水头值之间没有较大差距、计算水头等值线从地表附近到基底内几乎呈垂直的直线状分布。这一分布形态表示从南盆地中基底到地下水盆内几乎没有地下水流入。

在东西断面模型，西侧的托克逊县的计算地下水头高、还可以看到从基岩有地下水直接流入地下水盆。同时、从托克逊县中部到下游的艾丁湖附近、计算地下水头比地表面标高高、形成自流带。这些结果和观测井的实际水位分布状况很一致。

另一方面、在东西模型的东半部、鄯善县南部的地下水抽水量大以及东侧的库木塔格沙漠的地下水补给几乎没有、所以计算的地下水面比地表面低、模型中也可看不到自流带。这样、可以判断东西断面模型也很好地再现了实际的地下水位分布状况。

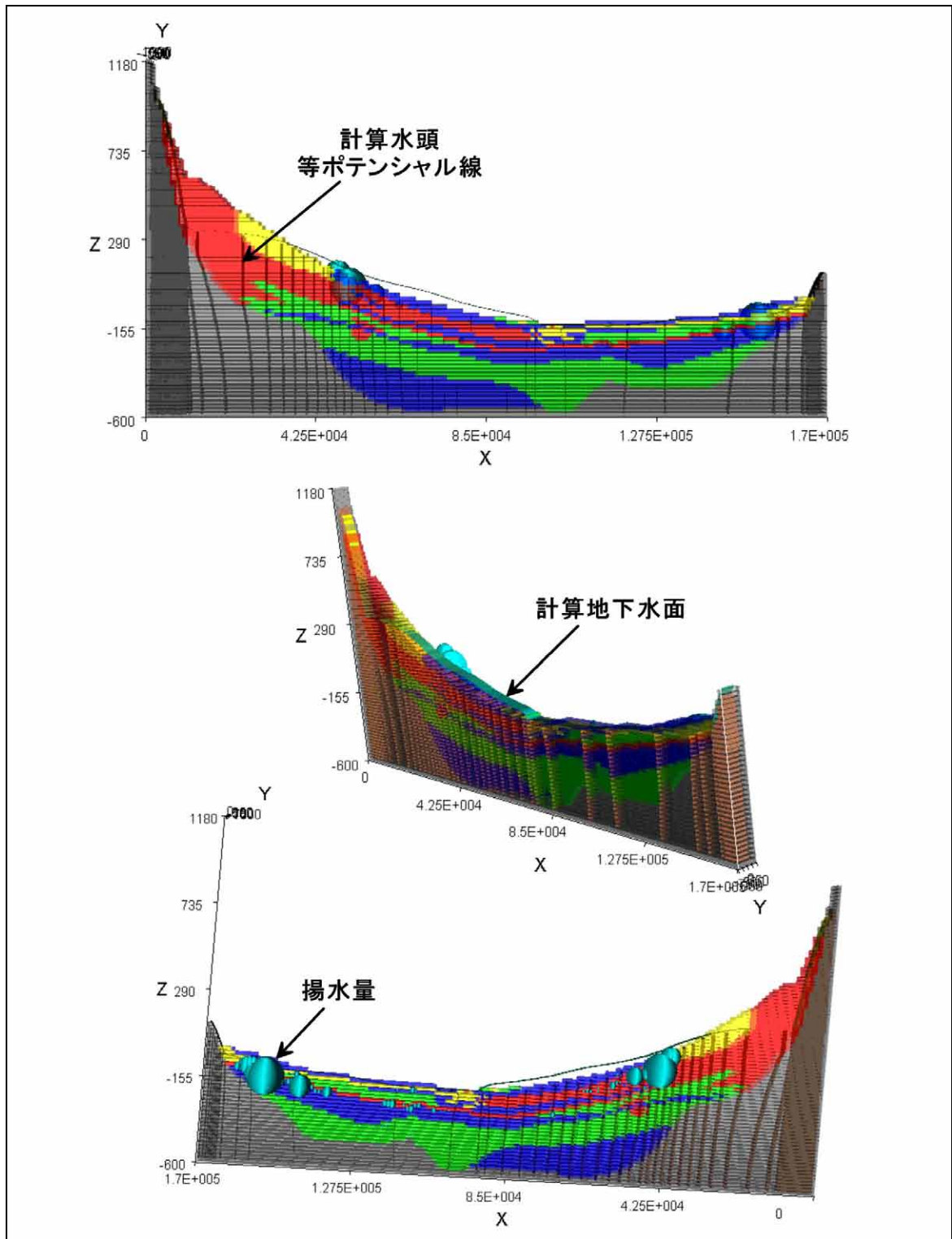


图 9.16 东西方向断面模型的验证计算结果

9.7 局部三维模型

9.7.1 局部三维模型的对象区域

局部三维模型，以吐鲁番盆地南地下水盆东部的达朗坎地区为对象构建而成（参照图 9.17）。模型化的地区在东西 25 km、南北 35 km 的范围，北边含火焰山，东边含库木塔格沙漠。局部三维模型所涵盖的地区，以鄯善县西南部的鲁克沁镇为主，还有达浪坎乡、迪坎乡、吐峪沟乡等，都是农业发达的地区，但在 2004 年夏地下水位异常低，许多水井出现井水枯竭、扬水量减少等现象。另外，在南部的迪坎乡沙漠化不断发展，居民不得不搬迁。

这一地区在北边被火焰山、在东边被库木塔格沙漠遮断，地表水按照季节除北盆地的二唐沟河水通过鲁克沁干渠被引入之外，只有少量地表水被从吐峪沟支渠分到农地，农业用水基本上都由地下水供给。这个地区过去有很多坎儿井被利用，但现在大都干涸不再利用。

9.7.2 补给量和抽水量

输入局部三维模型的补给量和抽水量是对广域三维模型中统计出的补给量数据和抽水量数据以 250 m×250 m 的网格划分为基础进行再统计而求得的。

a. 补给量

在 1994~1997 年的期间内除了夏季在冬季也可以看到实际地下水补给量增加的峰值、但在 1998 年以后就只剩下夏季的峰值了。这是因为冬季的主要补给量的坎儿井水和泉水流量减少的缘故。过去这些水源在冬季可以对地下水进行补给、但近年来坎儿井的流量几乎没有了、所以地下水的补给量主要靠机井抽水量和引水渠的渗透量。

如图 9.18 所示，从 2003 年 7 月的实际补给量的网格别分布来看、在灌溉农田的广大区域发生着地下水补给。特别在模型内的西北部各个网格的补给量在中央部比南东部要大。

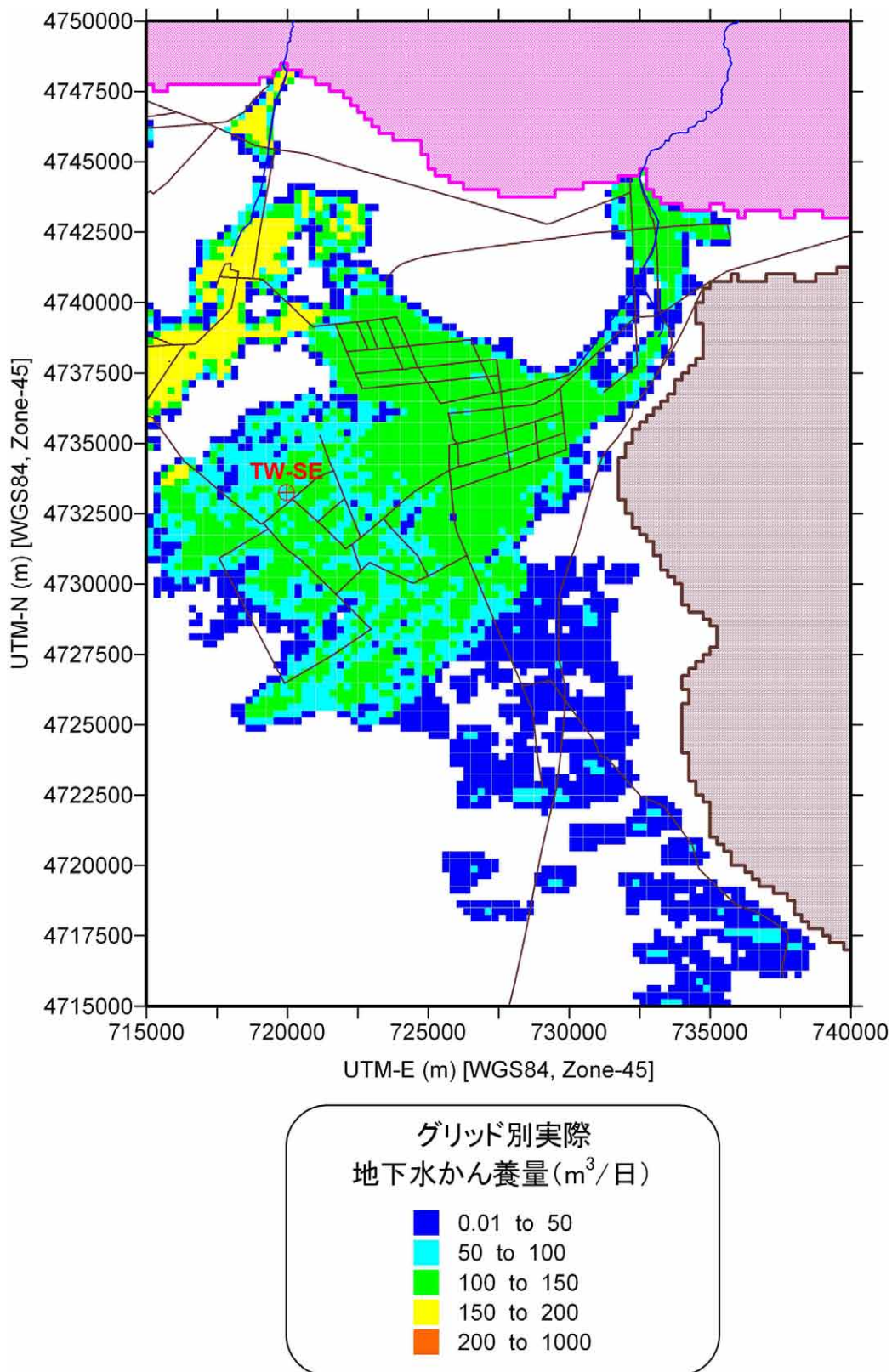


图 9.18 不同网格的实际地下水补给量 (2003 年 7 月)

b. 地下水抽水量

输入局部三维模型的验证期间（1994年1月~2003年12月）的地下水抽水量和实际地下水补给量一起表示于图 9.19之中。从图中可见、地下水抽水量在1994年以后到1999年每年都以很快的速度增加、其后到2003年仍然为增加趋势。

与抽水量相比地下水补给量随着夏季的机井抽水量形成的农田灌溉量的增加而在夏季出现明显的峰值、但每年1年的补给量自身几乎没有增加、导致夏季地下水抽水量大幅度超过地下水补给量的深刻化的赤字状态。

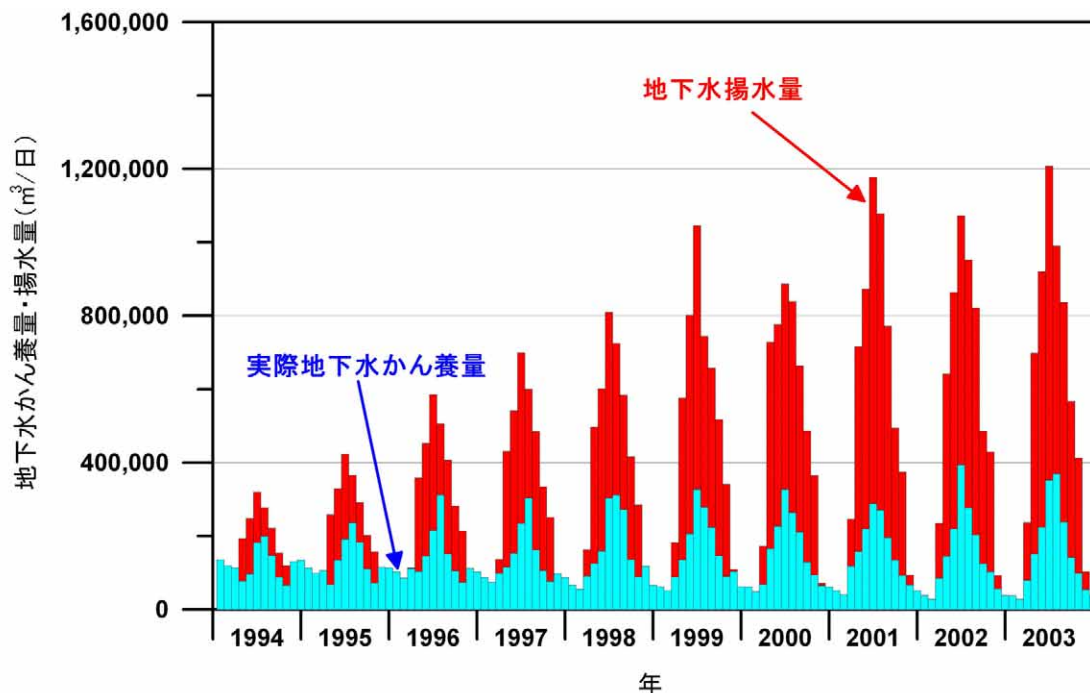


图 9.19 局部三维模型中输入的实际地下水补给量和抽水量

9.7.3 模型的验证

局部三维模型的验证、通过输入1994年1月到2003年12月的各月时系列数据进行非稳定流计算而进行。计算地下水头呈南西低向北东增高的分布趋势、冬季和夏季相比夏季的水头等值线向北东方向移动、说明夏季的地下水头在下降。同时、与1994年相比、1998年、2003年随时间的推移等水头线也是向北东方向移动、显示出模型中央部的水头是在下降。

以1994年1月的初期水头为基准计算水头的下降量在一些区域，特别是模型化地域的中央部1997年12月的计算水头下降量达到了7.5~10 m、2000年12月达到了12.5~15 m。

在验证期间终了时的2003年12月、模型化地域中央部的水头下降很显著、在部分区域里水头下降达到17.5~20 m。这些地域与2004年夏季发生的由于水头下降机井干枯或者抽水量减少的区域很一致、如果继续这样的抽水量增加的话、发生更加深刻的地下水头下降的问题十分令人担心。

图 9.20表示鄯善县 No. 2-14 观测井记录的实测地下水头和计算地下水头之比的结果。从图中可见、计算水头变化十分准确地再现了1994年到2003年的实测水头的下降过程。在广域三维模型中计算水头和实测水头相比绝对值之间有接近2 m的差、而且计算水头

的季節變動量比實測水頭的變動量小、而在局部三維模型中則很好地再現了水頭變動的
模式。

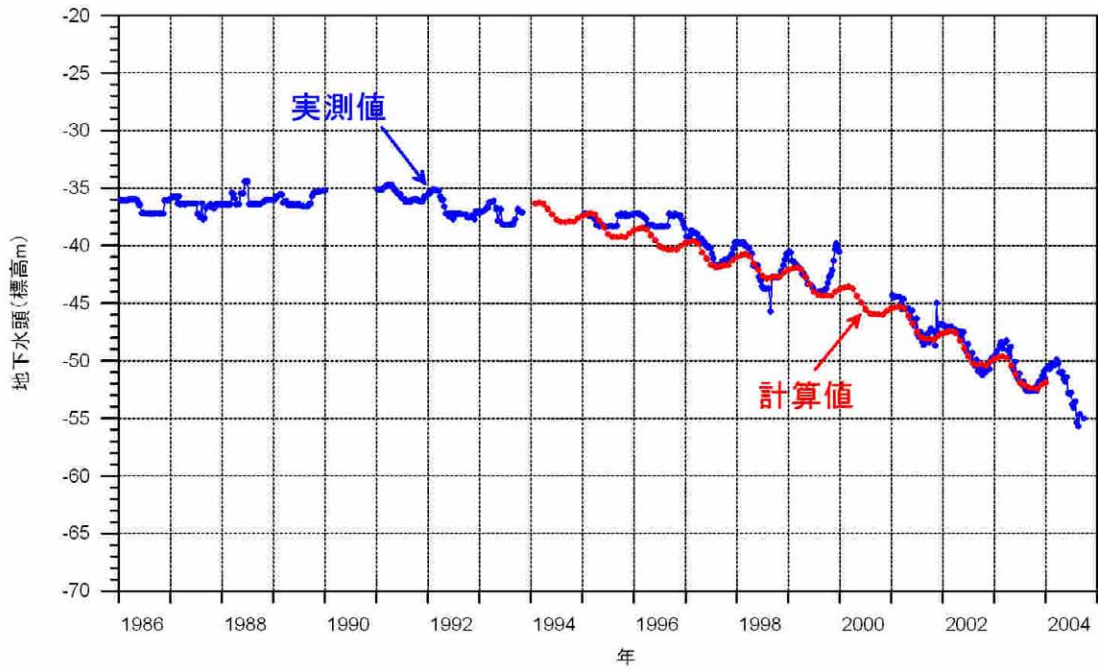


图 9.20 局部三维模型计算的水头和实测水头的比较 (No.2-14 观测井)

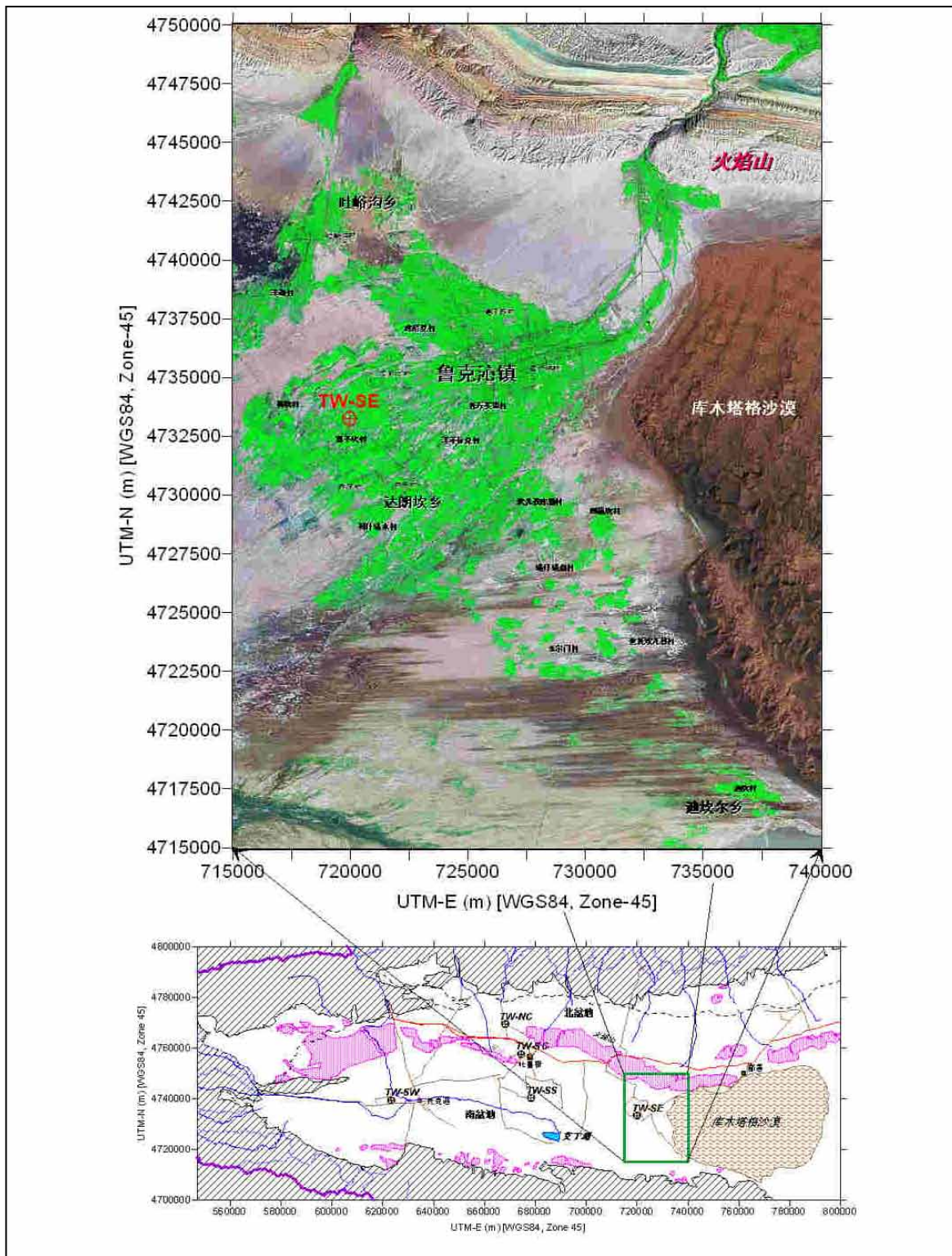


图 9.17 局部 3 维模型位置图

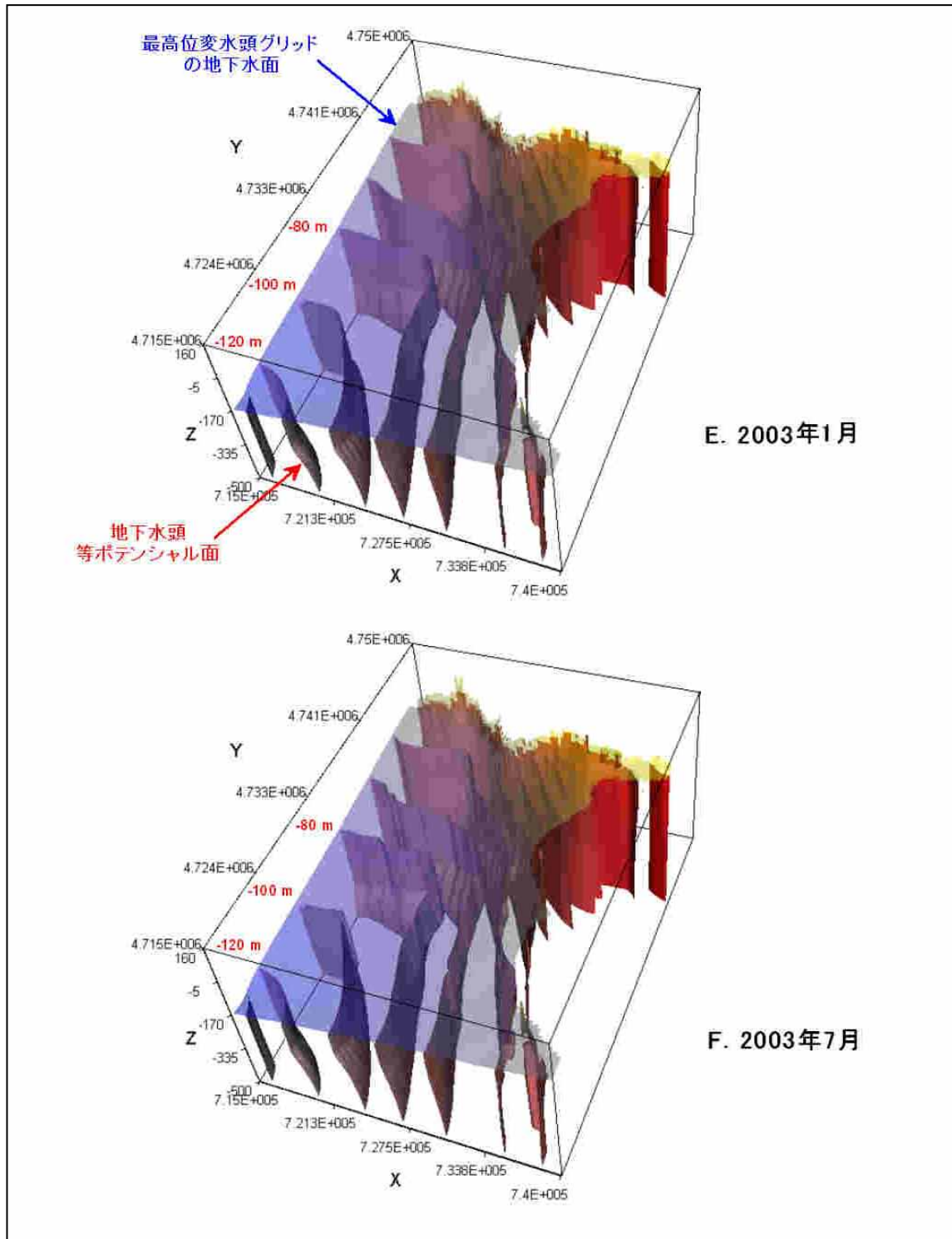


图 9.21 用局部三维模型计算的地下水头分布 (3)

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 16mm 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。

比较全体流入量和全体流出量即可知道、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。

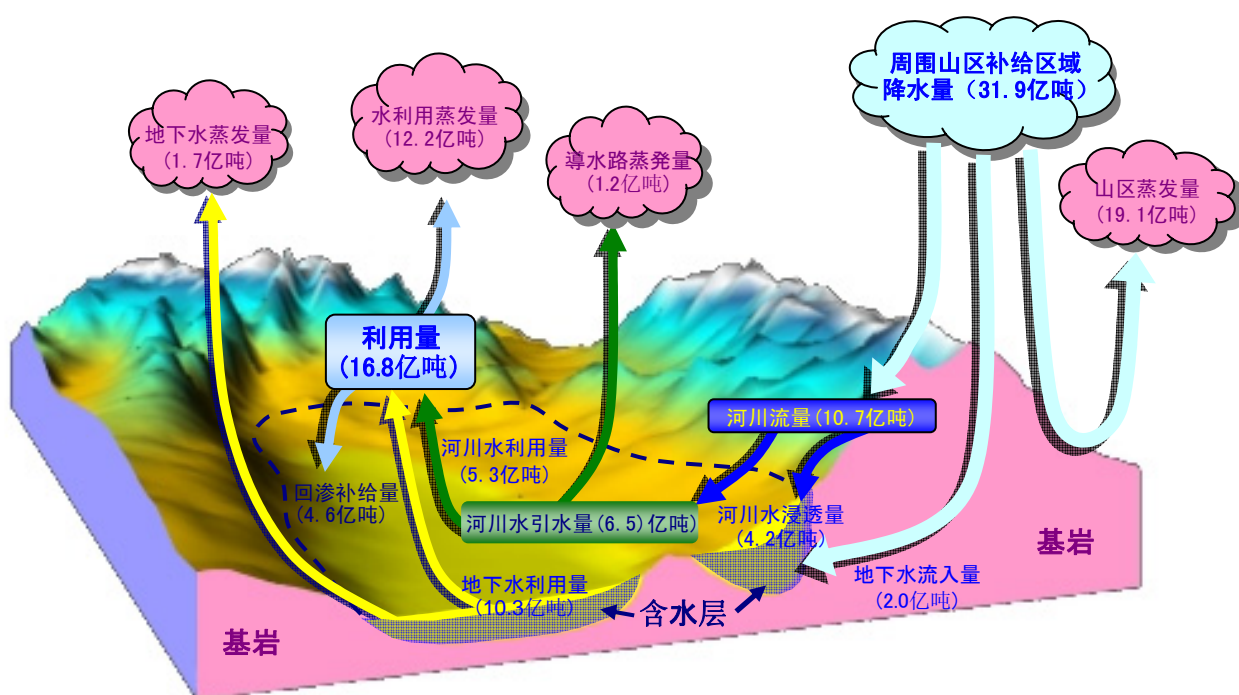


图 10.1 吐鲁番盆地的现状水收支

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 水资源利用的现状

2003年中吐鲁番地区的水资源利用状况如表 10.1所示,全年总利用量大约为 16.8 亿 m³。其中、大约 97 %为农业用水和其他用水所占。

大河水为大约 6.3 亿 m³ 占利用量 37.7 %。另外、地下水利用包括机井、泉、坎儿井合计大约为 10.4 亿 m³ (62.3 %)、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 m³ 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。

表 10.1 吐鲁番地区中水资源利用量 (2003 年)

单位: 百万 m³

	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。

从不同县、市的农业用水看、吐鲁番市和鄯善县多,托克逊县少。在吐鲁番市和鄯善县通过泉、坎儿井和机井的地下水利用量较多,托克逊县的河水利用量多。

表 10.2 不同县市农业用水状况 (2003 年)

单位: 百万 m³

	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%

地表水资源的现状利用率约为 70 %。今后提高地表水的利用率虽然可能、但作为吐鲁番地区地表水资源整体可进一步开发的潜力则很有限。

表 10.3 不同大流域水资源量、河流量和现状利用量

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%
和·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%
库木塔格沙漠区域	0.053	0.053	0	0	0%
全区	6.137	9.566	9.175	6.464	74.1%

地下水资源在吐鲁番地区西部地下水位比较浅，还可见自喷区域。而且现在的利用量本身也较少尚有开发余力、但中部以及东部由于地下水利用量的急速增加，已经发生了地下水位下降坎儿井枯竭等问题。因此，今后必须把地表水和地下水作为一个整体统一管理，在保护珍贵的地下水资源的同时实现其可持续和有效的利用。

10.2.2 地下水资源的保护和适正利用

现在，通过机井的地下水利用量的绝大部分为农业用水。地下水抽水量的区域分布为鄯善县最多，吐鲁番市其次。因此、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的统计计算的结果显示。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。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。

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。

10.2.3 普及节水技术

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。但现在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、将来还是需要对其多种多样的节水技术进行充分的分析评价，以促进其普及。

10.2.4 生态环境的保护

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提高的变化大、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。

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。在这些区域今后有必要通过降低地下水位减轻土壤盐碱化。

现在的艾丁湖已接近干枯状态。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。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。

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。坎儿井利用量的 90 % 为农业（灌溉·畜产）用，但在地下水位急速下降的区域坎儿井利用已经不可能了。坎儿井作为文化资产或者传统水文化的重要性很高，今后需要设立保护区将这一珍贵的水文化和传统保存下去。

10.2.5 地下水监测

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中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。简单而言、可以说就是监视本规划所设定的「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。

吐鲁番地区的地下水监测就是将现存观测井群和 JICA 观测井的观测持续下去，进行定期观测。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 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。

10.3.1 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）

表 10.4 将来人口变化（方案 1）

	托克逊县	吐鲁番市	鄯善县	地区总计
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 10.5 将来人口变化（方案 2）

	托克逊县	吐鲁番市	鄯善县	地区总计
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 10.6 将来人口变化（方案 3）

	托克逊县	吐鲁番市	鄯善县	地区总计
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

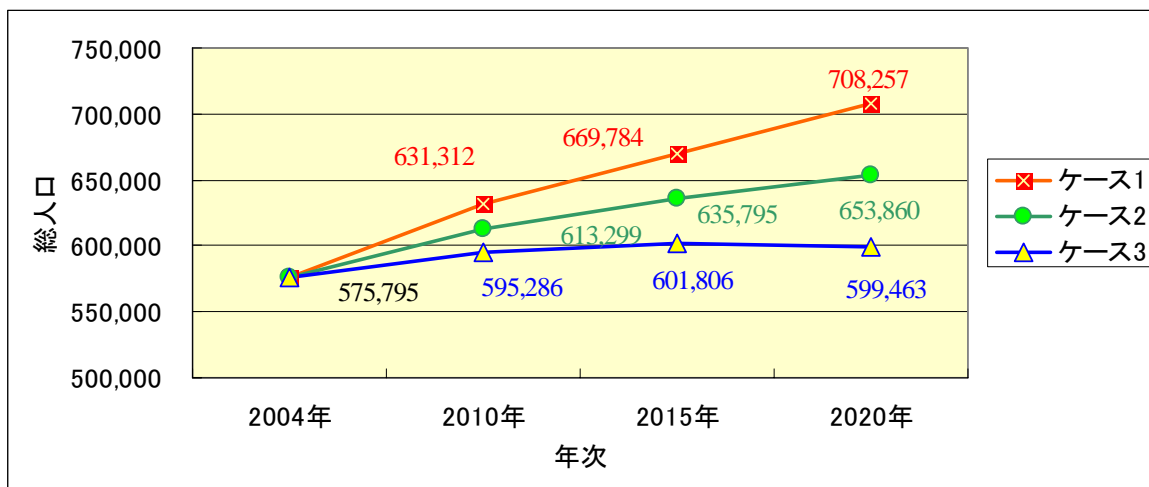


图 10.2 3 方案之中将来地区总人口的变化

b. 城市人口·农村人口

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。

10.3.2 GDP (国内总产值)

2004 年现在、吐鲁番地区的地区总产值为 92.17 亿元 (估算)、2003~2004 年的增长率为 10.5 %。考察现存的规划资料、本调查中设定了 3 方案。

表 10.7 吐鲁番地区 GDP 增长的 3 方案

	第一次产业
方案1	高增长。一次·二次·三次产业分别规划为按7.50 %·9.75 %·14.50 %增长、2010年·2020年各目标值大约170亿元·大约480亿元一起达成。
方案2	中增长。2020年、高增长实现总产值值的大约75 %。
方案3	低增长。2020年、高增长实现总产值值的大约50 %。

预测结果如表 10.8所示。

表 10.8 吐魯番地區 GDP 增長 3 方案比較

GDP (國內總產值)	方案1 (高增長)	方案2 (中增長)	方案3 (低增長)
2004年GDP值 (JICA調查團估算值)	92.17億元	92.17億元	92.17億元
2010年GDP值 (JICA調查團估算值)	169.07億元	157.74億元	146.41億元
2015年GDP值 (JICA調查團估算值)	283.63億元	238.77億元	193.90億元
2020年GDP值 (JICA調查團估算值)	481.35億元	361.01億元	240.67億元

Figure 10.8: Bar chart showing GDP total amount (億元) 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年平均增長率	方案1 (高增長)			方案2 (中增長)			方案3 (低增長)		
2004-10年 (短期) 的GDP年平均增長率	10.64 %			9.37 %			8.02 %		
2010-15年 (中期) 的GDP年平均增長率	10.90 %			8.64 %			5.78 %		
2015-20年 (長期) 的GDP年平均增長率	11.12 %			8.62 %			4.42 %		
不同產業年平均增長率	一次	二次	三次	一次	二次	三次	一次	二次	三次
2004-10年 (短期) 的不同產業年平均增長率	7.50 %	9.75 %	14.50 %	5.66 %	8.02 %	14.53 %	3.65 %	6.13 %	14.57 %
2004-10年 (中期) 的不同產業年平均增長率	7.50 %	9.75 %	14.50 %	5.58 %	7.72 %	11.40 %	2.97 %	5.01 %	7.93 %
2004-10年 (長期) 的不同產業年平均增長率	7.50 %	9.75 %	14.50 %	5.53 %	7.60 %	11.06 %	2.17 %	3.94 %	5.67 %
不同年產業比率	一次	二次	三次	一次	二次	三次	一次	二次	三次
2004年的產業比率 (一次: 二次: 三次)	11.1 %	67.2 %	21.7 %	11.1 %	67.2 %	21.7 %	11.1 %	67.2 %	21.7 %
2010年的產業比率 (一次: 二次: 三次)	9.3 %	64.0 %	26.6 %	9.0 %	62.4 %	28.6 %	8.7 %	60.5 %	30.8 %
2015年的產業比率 (一次: 二次: 三次)	8.0 %	60.8 %	31.2 %	7.8 %	59.8 %	32.4 %	7.6 %	58.3 %	34.1 %
2020年的產業比率 (一次: 二次: 三次)	6.8 %	57.0 %	36.2 %	6.8 %	57.0 %	36.2 %	6.8 %	57.0 %	36.2 %

10.3.3 灌溉面积

根据新疆吐鲁番地区水利水电勘测设计研究院实施的社会调查结果、引用尽可能妥当的数据分析后分以下3方案预测了各主要年的灌溉面积。

- 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场合。
- 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、进行了灌溉面积以及水需要量的情况设定。

方案1和方案2的差别在于灌溉面积的增加率不同。

汇总以上结果，估算的灌溉面积以及水需要量的方案设定如表10.9所示。

表 10.9 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。		

各方案之中灌溉面积的变化如表10.10所示。

¹ 约180万亩。但不包括221团和复播。

表 10.10 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)	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
	地目	面积 (万亩)			
		2004	2010	2015	2020
方案2 (灌溉面积中)	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
	地目	面积 (万亩)			
		2004	2010	2015	2020
方案3 (灌溉面积小=不变)	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
	地目	面积 (万亩)			
		2004	2010	2015	2020

(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)

10.4 水资源需要预测

吐鲁番盆地内的水资源利用可以分为生活用水、工业用水、农业用水以及其他用水(包括环境用水等) 4 个主要领域。水资源利用的现状分析和将来预测分别在这 4 个领域进行。但对鄯善县因为南北部的经济发展水平和产业构造很不均一。北部区域以石油开采等工业产业为中心, 而南部区域几乎没有工业活动、依然是依靠农业的区域, 所以将鄯善县又分为南北两个区。

10.4.1 生活用水

生活用水量的水资源利用量仅占全部利用量的 1~3.4 % 很少。但仍然根据预测目标年的生活用水定额分预测区进行了预测。2020 年的生活用水定额为 69.2~152.3 升/人·日。

根据在社会经济框架预测中设定的人口变化方案 1 的结果计算到 2020 年为止的各规划目标年中生活用水需要量结果如表 10.11 所示。

表 10.11 2020 年的生活用水量预测

单位：人口:万人、用水量定额：升/人·日、用水量：万m³

县市	年	全人口	用水定额	生活用水量
托克逊	2005	10.96	51.86	207.5
	2010	11.65	57.62	245.1
	2015	12.43	63.39	287.5
	2020	13.19	69.15	333.0
吐鲁番	2005	26.1	114.3	1088.6
	2010	28.04	127	1299.4
	2015	29.77	139.7	1517.2
	2020	31.44	152.3	1748.2
鄯善北	2005	13.29	81.65	396.1
	2010	14.22	90.73	470.9
	2015	14.95	99.8	544.4
	2020	15.63	108.9	621.1
鄯善南	2005	9.45	76.58	264.1
	2010	10.11	85.08	314.0
	2015	10.63	93.59	363.0
	2020	11.11	102.1	414.1

10.4.2 工业用水

调查区域内的现在水资源利用量中工业用水量所占比例最小、在各区域分别为 0.2%~3% 与调查区域全体水资源利用量相比仅占不到 1%。但是、工业是过去 10 年期间在调查区域内增长最快的产业、在将来规划中也预测为高速增长、所以在此对不同行业水资源利用量的变化进行了探讨。

表 10.12 到 2020 为止的年工业用水量预测

预测区域	预测年	工业产值(万元)	用水量(万m ³)
托克逊	2004	29,234	108
	2010	57,700	213
	2015	101,690	263
	2020	179,200	397
吐鲁番	2004	68,545	164
	2010	121,400	290
	2015	195,500	327
	2020	314,900	452
鄯善北	2004	70,624	1,020
	2010	132,063	1,063
	2015	222,563	1,079
	2020	375,063	1,127
鄯善南	2004	42,375	29
	2010	79,238	54
	2015	133,538	64
	2020	225,038	92

10.4.3 农业用水

为了预测农业用水首先设定了到 2020 年为止不同区域的灌溉用水利用率。

表 10.13 到 2020 年为止的灌溉用水利用率的设定结果

预测区分	托克逊	吐鲁番	鄯善北	鄯善南
预测区分	60 %	64 %	43 %	49 %
现状灌溉用水利用效率	70 %	74 %	58 %	64 %
2020年的利用效率	10 %	10 %	15 %	15 %

根据灌溉用水利用率和社会经济框架的设定、预测了各方案条件下的灌溉用水量（表 10.14）。

表 10.14 将来灌溉用水量预测结果

单位：百万m³

预测条件		托克逊	吐鲁番	鄯善北	鄯善南
现状	田间灌溉量	204.6	354.9	123.3	132.0
	实际灌溉利用量	341.1	555.0	283.7	269.5
方案1 农田面积的增加幅度大	田间灌溉用水量	275.7	451.5	171.5	182.1
	实际灌溉利用量	459.6	706.0	394.7	371.8
	(水资源利用效率维持现状)	135%	127%	139%	138%
	实际灌溉利用量 (水资源利用效率改善)	393.8	610.1	295.7	284.5
方案2 农田面积的增加幅度中	田间灌溉用水量	232.6	386.6	135.3	143.6
	实际灌溉利用量	387.9	604.5	311.4	293.3
	(水资源利用效率维持现状)	114%	109%	110%	109%
	实际灌溉利用量 (水资源利用效率改善)	332.3	522.4	233.3	224.4
		97%	94%	82%	83%

注) 各方案下段的百分比为当年的计算用水量与现状灌溉用水量之比

灌溉用水的利用效率对将来灌溉用水量有很大影响，所以必须在全区通过节水来改善灌溉用水的利用效率。

10.5 容许抽水量和容许地下水位（可持续的地下水利用量）

10.5.1 容许地下水位·容许抽水量的概念

所谓「容许抽水量」由日本的水收支研究团队在 1972 年进行过如下定义「有关区域的居民考虑了从地下水抽水中所获得的利益和损失之后、能够接受的地下水的可能抽水量」。也就是说、所谓「容许抽水量」、不仅要从地下水盆的水收支均衡的自然科学的观点、还包括考虑由于地下水抽水给当地居民带来的利益和损失的平衡这样一种社会科学的概念。

10.5.2 容许抽水量在综合规划制定中的应用

为了将容许抽水量指标应用于吐鲁番地区的地下水资源利用管理规划，进行了利用地下水模拟模型的将来预测解析、计算了可以保持容许地下水位的容许抽水量。

10.6 基于广域三维模式的预测

10.6.1 地下水抽水计划方案

调查地区未来的地下水利用和水资源变动情况，取决于经济发展特别是农业发展、人口增加和改善水资源利用现状的各种措施。各因素单独也可以假定多种变化类型，所以如果结合多种措施，则会产生任意多的数种方案。因此，把经济条件、各措施因素影响、及其结合结果确认作为要点，分成基本方案与评估方案，拟定了共计 13 种评估用方案。

对评估方案的计算结果进行了分析，同时为了实现水资源管理计划中所规定的管理目标，还拟定了 2 个合理方案。

各方案的基本条件和主要内容如下。

地下水抽水预测方案分为基本方案和相关因子评价方案、一共编制了 13 种方案。

分析相关因子评价方案的计算结果、为了实现水资源管理规划所需要的管理目标还编制了 2 种理想方案。

a. 预测期间和基本结果

预测期间为 2004 年～2020 年的 17 年期间。各预测年的水资源需要量（WD）根据社会经济框架设定的结果、对人口变动、农田面积增加、灌溉用水量定额的变化、节水灌溉实施等的因子进行组合而求得。将来的河流水的利用可能量、以水文解析求得过去 10 年期间（1994 年～2003 年）的河流水量为基础编制。同时也对、泉流量以及坎儿井流量进行了探讨。

b. 预测时考虑的基本因子

预测时考虑的基本因子为农田栽培面积的变化、灌溉用水量定额变化、水资源利用效率的变化、由普及节水灌溉措施而得到的灌溉用水量变化。