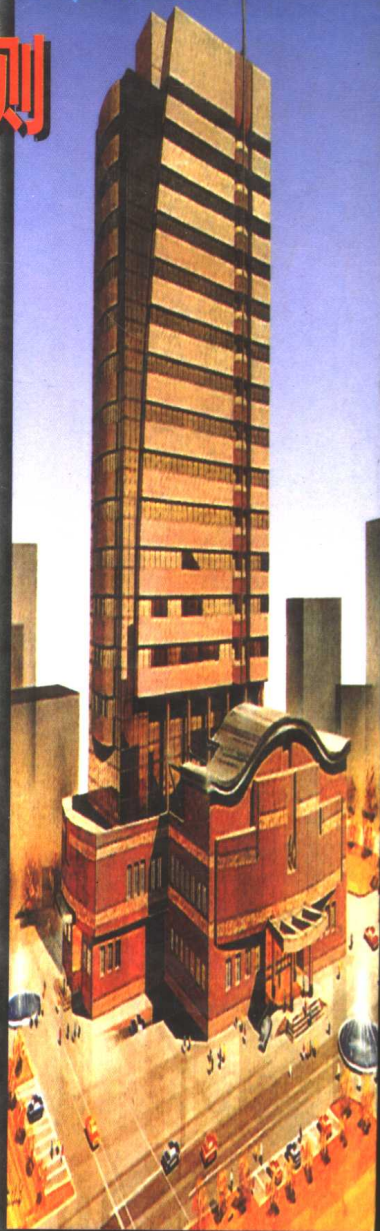


黄河流域片缺水城市 水资源供需预测

主编 陈永奇
王铁民
乔西现



黄河水利出版社

995543

黄河流域片 缺水城市水资源供需预测

陈永奇 王铁民 乔西现 主编

黄河水利出版社

黄河流域片缺水城市水资源供需预测

陈永奇 王铁民 乔西现 主编

责任编辑:许立新

责任校对:王才香

责任印制:常红昕

出版发行:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层

邮编:450003

印 刷:郑州文华印刷厂

开 本:850mm×1168mm 1/32

版 别:1997 年 9 月 第 1 版

印 次:1997 年 9 月郑州第 1 次印刷

印 张:7

印 数:1—1 000

字 数:172 千字

ISBN 7-80621-026-1/TV·25

定 价:16.20 元

编写组成员

主 编 陈永奇 王铁民 乔西现

编 写 裴 勇 陈连军 周世雄
薛长兴 张振华 吴黎明
王志华 胡玉荣

CAE 03/16

序

水资源问题是当今世界各国共同面临的一大难题。今年初联合国关于“对世界淡水资源的全面评价”报告中发出警报：缺水问题将严重制约下世纪经济和社会的发展。

我国水资源相对短缺，人均水资源量只有世界平均水平的四分之一，被联合国列为世界上13个贫水国家之一。而地处我国西北、华北地区的黄河流域水资源更为贫乏，人均水资源量为全国的四分之一，耕地平均水资源量为全国的六分之一。

我国实行改革开放以来，黄河流域片城市数量不断增多，城市规模日益扩大，城市社会经济迅速发展，人民生活水平显著提高，城市需水量急剧增加。但由于城市供水的增长满足不了城市社会经济发展的需要，黄河流域片的城市缺水现象日趋严重，给城市人民生活 and 经济发展带来了一定影响，成为制约城市经济乃至流域片经济发展的主要因素之一。

城市缺水最难解决的是水源问题。由于城区地下水超采，城市水文地质环境恶化，今后一个时期，解决城市缺水问题将主要依赖于地表水资源的开发利用。一些城市为寻求可靠的供水水源，不惜投巨资建设跨地区、跨流域的远距离引水工程。这些供水水源都需要水行政主管部门进行统一规划、统一管理。而城市供水水源建设一般投资大、周期长，必须“未雨绸缪”。因此，进行城市供水水源规划研究工作尤为重要。

为解决城市供水问题，水利部和国家计委联合部署开展“缺水城市供水水源规划”研究工作，为建设城市供水水源工程提供科学依据。本书作者把工作过程中的研究成果整理出来，首次比较系统地论述了黄河流域片缺水城市的水资源供需现状及预测情况，

并提出了解决城市缺水的供水水源工程措施和长远对策,相信对黄河流域片的城市供水工作具有重要的指导作用。

陈敏国

1997年5月

前 言

城市是一定地域内的政治、经济、文化中心，人口密集，工业发达，地位重要。

70年代末至80年代初，黄河流域片经济比较发达的特大城市，如西安、太原、乌鲁木齐等，均发生了不同程度的缺水现象。随着我国改革开放的逐步深入，流域片原有的城市规模迅速扩大，新兴城市不断涌现，城市化水平明显提高。据统计，1985年流域片共有大、中、小城市60座，1990年发展到69座，到1993年达到78座。城市社会经济的迅猛发展，带来了城市需水量的大量增加。但由于城市供水水源工程建设跟不上城市发展的步伐，形成了区域性的城市缺水问题，给城市社会经济发展带来了严重影响：

(1) 城市缺水首先影响人民生活的安定和谐，许多缺水城市迫不得已采取定时、分片供水措施，在用水高峰期间，三层楼以上的居民经常断水。

(2) 城市缺水使不少工矿企业被迫停产或减产，一些建设项目因供水水源无法落实而不能立项上马。

(3) 城市缺水靠挤占农业用水应急，减少了农田灌溉面积，造成粮食减产，使农民利益受到损失。

(4) 城市因缺水而大量超采城区地下水，形成地下水位漏斗，并造成城区地面下沉，有的城市还出现了地裂现象，危及人民群众生命财产的安全。

总之，供水不足制约着城市社会经济的进一步发展，解决城市缺水问题已到了非抓不可的时候了。

1991年6月，水利部水资源司发出通知，要求各省（市、

自治区)水利厅(局)、各流域机构开展缺水城市供水水源规划研究工作。并于1991年12月,与国家计委农经司联合发文,要求全国各级计划主管部门和水行政主管部门,共同做好缺水城市供水水源规划成果的审查和报批工作。

黄河流域片是我国城市严重缺水地区之一。我们在开展黄河流域片缺水城市供水水源规划研究工作的同时编写此书,以期能够对黄河流域片的城市供水工作起到一定的促进作用。

在编写此书的过程中,流域片内各省(自治区)及有关城市给予了大力支持,提供了许多宝贵资料;也得到了水利部水政水资源司、黄河水利委员会水政水资源局有关领导、专家以及黄永基教授的指导和帮助;书中还参考并引用了一些有关的技术资料,在此一并表示感谢!由于水平所限,不当之处,请批评指正。

编 者

1997年5月

目 录

序	陈效国
前言	(1)
第一章 黄河流域片及其城市概况	(1)
第一节 自然概况	(1)
第二节 社会经济概况	(8)
第三节 水资源开发利用现状	(11)
第四节 城市概况	(17)
第二章 黄河流域片缺水城市概况	(35)
第一节 缺水城市社会经济现状	(35)
第二节 缺水城市水资源概况	(42)
第三节 城市缺水类型分析	(62)
第四节 城市缺水造成的影响	(63)
第三章 缺水城市供水、用水现状	(68)
第一节 供水量	(68)
第二节 用水量	(72)
第三节 水资源供需分析	(73)
第四章 缺水城市未来各水平年需水量及缺水量预测	(88)
第一节 社会经济发展指标	(88)
第二节 需水量预测	(92)
第三节 缺水量预测	(108)
第五章 缺水城市缺水程度综合评价	(118)
第一节 评价方法	(118)
第二节 评价结果	(124)
第六章 缺水城市供水水源工程规划及水资源供需	

	分析.....	(126)
第一节	规划原则.....	(126)
第二节	区域性城市供水水源工程规划.....	(127)
第三节	缺水城市供水水源工程规划.....	(132)
第四节	重点供水水源工程.....	(162)
第五节	新增工程后的供需平衡情况.....	(184)
第七章	结论与对策.....	(206)
第一节	结论.....	(206)
第二节	对策.....	(209)

第一章 黄河流域片及其城市概况

第一节 自然概况

一、地理位置与行政区划

根据我国河流水系的自然特点以及水资源管理的需要,习惯上把我国河流水系划分为七大流域片,即:松辽流域片、海河流域片、黄河流域片(含西北内陆河)、淮河流域片(包括山东半岛)、长江流域片(包括浙、闽)和珠江流域片。

黄河流域片横贯我国东西,大部分区域位于我国的西北部,总面积约 365 万 km^2 , 约占全国土地面积的 38%, 涉及十省(区), 即新疆维吾尔自治区、青海省、四川省、甘肃省、宁夏回族自治区、内蒙古自治区、陕西省、山西省、河南省和山东省。习惯上把黄河流域片分成黄河流域和西北内陆河地区(含额尔齐斯河和奇普恰普河外流区)两大块。

黄河流域位于东经 $95^{\circ}53'$ ~ $119^{\circ}05'$ 、北纬 $32^{\circ}10'$ ~ $41^{\circ}50'$ 之间, 东西长约 1 900km, 南北宽约 1 100km, 流域面积 79.5 万 km^2 (含鄂尔多斯内流区)。截至 1990 年底止, 黄河流域行政区划共涉及九省(区)、339 个县(旗、市), 其中全部位于流域内的县(旗、市)266 个, 部分位于流域内的县(旗、市)73 个。

西北内陆河地区位于东经 $73^{\circ}35'$ ~ $119^{\circ}55'$ 、北纬 $29^{\circ}55'$ ~ $47^{\circ}55'$ 之间, 东西长 4 110km, 南北最宽处约 2 110km, 总面积约 285 万 km^2 。包括新疆维吾尔自治区全部、青海省内陆河地区、甘肃省内陆河地区以及内蒙古高原内陆河地区。该区西起帕

米尔高原，与哈萨克斯坦、阿富汗为邻，西北部的阿尔泰山是本区与北冰洋水系的分水岭，北以国境线连接蒙古人民共和国，东部与南部分别以大兴安岭、阴山、贺兰山、祁连山、唐古拉山、冈底斯山、喀喇昆仑山为屏障，与我国太平洋水系的松花江、辽河、海河、滦河、黄河、长江及印度洋水系的雅鲁藏布江、印度河诸流域毗连。

二、地形地貌

黄河流域幅员辽阔，地形地貌差别很大。

(一) 黄河流域

黄河流域西起巴颜喀拉山，东临渤海，北抵阴山，南达秦岭，横跨青藏高原、内蒙古高原、黄土高原和华北平原等四个地貌单元。流域地势西高东低，大致可以分为三个阶梯：

第一级阶梯是位于流域西部的青海高原(青藏高原的东北部)的河源地区，平均海拔在 4 000m 以上，有一系列西北—东南走向的山脉。这些山脉的山顶常年积雪，冰川地貌发育。青海高原南缘的巴颜喀拉山绵延起伏，是黄河与长江的分水岭。

第二级阶梯大致以太行山为东界，海拔高程 1 000m ~ 2 000m。白于山以北属于内蒙古高原的一部分，包括黄河河套平原和鄂尔多斯高原，白于山以南为黄土高原、秦岭山脉及太行山地。

第三级阶梯自太行山系以东至渤海，由黄河下游冲积平原、鲁中丘陵和黄河三角洲组成。黄河河道宽阔平坦，淤积严重，河道高出两岸大堤外地面，是举世闻名的“悬河”。

(二) 西北内陆河地区

该地区四周高山环绕，境内高山与盆地相间分布，可概括为十大山脉(天山、阿尔泰山、巴颜山—合黎山—龙首山、贺兰山、阴山、大兴安岭、唐古拉山、冈底斯山—念青唐古拉山、喀喇昆仑山—

昆仑山、阿尔金山—祁连山)，三大内陆盆地(准噶尔盆地、塔里木盆地、柴达木盆地)，两大高原(羌塘高原、内蒙古高原)，一个走廊(河西走廊)。

该地区大致可分为阿尔泰山地、天山山地、喀喇昆仑—昆仑山地、羌塘高原、准噶尔盆地、塔里木盆地、柴达木盆地、青海湖环湖区、河西走廊、阿拉善高原及内蒙古东部高原等 11 个大的地貌单元。

阿尔泰山地：位于新疆北部，山麓呈阶梯状逐渐升高，海拔 2 000m~3 000m，天然草场呈带状分布，是牧业发达地区。

天山山地：位于新疆中部，由数条大致东西走向的平行山脉组成，海拔多为 3 000m~5 000m，山峰终年积雪。山间多陷落盆地和谷地，如伊犁谷地和吐鲁番、哈密、焉耆等盆地。吐鲁番盆地的艾丁湖最低，在海平面以下 154m，为我国地势最低处。

喀喇昆仑—昆仑山地：海拔一般为 5 000m~6 000m。高山带有冰川分布，规模巨大，融水补给塔里木、柴达木盆地的河流；中山带岩石裸露，易产生暴雨洪水；低山带植被贫乏；山麓地带有荒漠草原，可以放牧。

羌塘高原：包括藏北高原、新疆羌塘高原、青海可可西里，平均海拔 4 500m 以上。该区地面开阔，高山纵横，湖泊星罗棋布，皑皑冰雪覆盖山顶，溪流不计其数，高寒干燥，空气稀薄，为人迹罕至、尚未开发的处女地。

准噶尔盆地：位于新疆北部，天山山地与阿尔泰山地之间，盆地南北宽约 400km，东西长约 800km。盆地由东向西倾斜，平均海拔 500m 左右。盆地中部为古尔班通古特沙漠，面积 4.73 万 km²。盆地南缘冲积平原广阔，是农业发达地区。

塔里木盆地：位于新疆南部，天山山地与昆仑山地之间，南北宽约 500km，东西长约 1 500km。盆地西高东低，由南向北缓倾，最低处为罗布泊，海拔 760m。塔克拉玛干沙漠在盆地中部，

面积 32.74 万 km^2 ，为我国最大的沙漠，沙漠外围的冲积平原为水草丰茂、农产富饶的绿洲。

柴达木盆地：位于青海西部，被昆仑山、阿尔金山、青海南山等山脉环抱，南北宽约 400km，东西长约 800km。海拔 2 600m~3 000m，自西向东缓倾，从边缘至中心，依次为戈壁、丘陵、平原。平原最低部分因水流积滞，形成许多盐湖和沼泽。本区为畜牧区，还有新垦农业区，并有丰富矿藏。

青海湖环湖区：位于青海省西宁市西北部，东起日月山，西至哈拉湖，北有托来南山、大通山，南有青海南山，南北宽约 200km，东西长 200 多公里。区内有两个咸水湖（青海湖、哈拉湖）和一个盐湖（茶卡盐湖）。该区地形较复杂，但各湖盆地貌具有相同特点，即各湖盆山前与湖面间形成宽窄不等的倾斜平原。区内水草丰茂，为良好牧场。

河西走廊：西起星星峡，东南至乌鞘岭，南有祁连山，北有马鬃山、合黎山、龙首山，走廊东西长约 1 000km，南北宽 40km~100km。走廊由东向西、自南向北倾斜，大部分海拔在 1 000m~1 500m 之间，沙漠、戈壁间绿洲断续分布，是甘肃省主要的商品粮基地。

阿拉善高原：位于内蒙古自治区西部。西起马鬃山，东至贺兰山，南有合黎山、龙首山，北有蒙古高原。区内大致分为北部高原和南部沙漠两个亚区。北部高原亚区原面比较平缓，海拔 1 000m 左右，喀济纳河两岸到东西居延海一带水草丰美，为良好牧场。南部沙漠亚区有巴丹吉林、腾格里、乌兰布和等大沙漠，还有雅布赖、吉兰泰等盐池，贺兰山西麓有良好牧场。

内蒙古东部高原：位于阴山山脉以北，包括东部锡林郭勒高原，中部乌兰察布高原和西部巴彦淖尔高原。地表起伏微缓，多宽广的浅盆地。高原上草原辽阔丰美，是我国优良的天然牧场之一，局部地方有波状起伏的风蚀残丘和流沙分布。

三、气候

黄河流域片东临海洋，西居内陆，区内高差显著，地形复杂多变，气候差异明显。从气候对农业生产的影响来看，从西至东大致可分为干旱、半干旱、半湿润气候。

(一) 光资源

黄河流域片是我国日照时间长、平均日照率高、太阳总辐射量多、光资源丰富的地区，这为农作物的生长发育和广泛利用太阳能提供了良好的条件。分块来看，西北内陆河地区光资源比黄河流域稍优。

黄河流域年日照时数 1 900h~3 400h，平均日照率 50%~75%，太阳年总辐射量 $460\text{kJ}/\text{cm}^2 \sim 669\text{kJ}/\text{cm}^2$ 。西北内陆河地区年日照时数 2 550h~3 600h，平均日照率 60%~80%，太阳年总辐射量 $502\text{kJ}/\text{cm}^2 \sim 783\text{kJ}/\text{cm}^2$ 。

(二) 热资源

黄河流域片气温呈现出东部与西部、山区与盆地的显著差异。

黄河流域多年平均气温，上游为 $1^\circ\text{C} \sim 8^\circ\text{C}$ ，中游 $8^\circ\text{C} \sim 14^\circ\text{C}$ ，下游 $12^\circ\text{C} \sim 14^\circ\text{C}$ 。月平均气温以 7 月最高，大部分地区在 $20^\circ\text{C} \sim 29^\circ\text{C}$ 之间；1 月最低，大部分地区在 0°C 以下。日温差 $10^\circ\text{C} \sim 15^\circ\text{C}$ ， $\geq 10^\circ\text{C}$ 的年积温 $2\,500^\circ\text{C} \sim 4\,500^\circ\text{C}$ 。

西北内陆河地区多年平均气温，羌塘高原青海湖盆地在 0°C 以下；塔里木盆地为 $5^\circ\text{C} \sim 8^\circ\text{C}$ 。日温差 $11.3^\circ\text{C} \sim 15.3^\circ\text{C}$ ，年温差 $20^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ ， $\geq 10^\circ\text{C}$ 的年积温为 $2\,500^\circ\text{C} \sim 4\,000^\circ\text{C}$ ，吐鲁番城附近高达 $5\,454^\circ\text{C}$ 。

(三) 降水

黄河流域多年平均降水量 466mm。年降水量地区分布总趋势是由东南向西北递减，降水最多的地区为秦岭北坡，年降水量

800mm；降水量最少的地区为宁蒙河套平原，年降水量 200mm～300mm，尤其是内蒙古杭锦后旗至临河一带，年降水量不足 150mm。降水年内分配不均，6 月～9 月的降水量可占全年降水量的 60%～80%。降水量年际变化，从 C_v 值来看，约在 0.15～0.40 之间。

西北内陆河地区降水稀少，且在地区分布上极不均匀，其垂直分布趋势是：山区多于盆地，盆地四周多于中央。山区年降水量为 200mm～700mm，盆地、走廊、高原年降水量为 25mm～300mm。降水量年内分配不均，夏季最多，占 44%～70%，冬季最少，占 1%～10%。

(四) 水面蒸发

水面蒸发的趋势与降水相反。黄河流域年平均蒸发量 700mm～1 800mm。西北内陆河地区蒸发强烈，年平均蒸发量为 1 500mm～3 000mm。

(五) 无霜期

无霜期差异很大。黄河流域下游为 200 天～220 天，中游 150 天～180 天，上游循化以上为 50 天～100 天。西北内陆河地区山地一般为 30 天～100 天，盆地、走廊、高原为 120 天～180 天，吐鲁番长达 223 天。

(六) 风

由大风造成的风沙和沙暴给黄河流域片造成了一定的灾害。1993 年金昌市出现的沙暴曾造成人员伤亡。风沙可导致土地和荒漠的沙化，草原退化，使自然生态平衡失调，加剧农牧业干旱灾害。在黄河流域，还增加了黄河粗泥沙的来源。

黄河流域年平均风速 2m/s～3m/s，最大风速可达 25m/s～30m/s，年平均大风日数 20 天～90 天。西北内陆河地区年平均风速 1.4m/s～3.7m/s，柴达木盆地高达 10m/s，年平均大风日数 20 天～100 天，最大风速 34m/s。

四、河流水系

(一) 黄河流域

黄河是我国第二大河，发源于青海省巴颜喀拉山北麓海拔 4 500m 的约古宗列盆地，流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东等九省(区)，在山东省东营市垦利县注入渤海，干流全长 5 464km，落差 4 480m，流域面积 79.5 万 km^2 。

黄河流域支流主要集中在上中游地区，下游长达 700 多公里的河道高悬于两岸地面之上，汇入的支流很少。据统计，汇入黄河的流域面积在 1 000 km^2 以上的一级支流共有 76 条，其中上游河源至河口镇干流段汇入的较大支流有洮河、大夏河、湟水、庄浪河等 43 条，中游河口镇至桃花峪干流段汇入的较大支流有无定河、渭河、汾河、洛河、沁河等 30 条，下游桃花峪至河口段汇入的较大支流有大汶河等 3 条。

(二) 西北内陆河地区

该地区水系发育与分布差异显著。根据自然条件，大致可划分为中亚细亚、准噶尔、塔里木、羌塘、青海、河西、内蒙古等内陆河流域。中亚细亚、准噶尔、塔里木、河西内陆河地区，气候干燥，地形起伏较大，在天山、昆仑山、祁连山、阿尔泰山等高山冰雪融水和雨水的补给下，发育了一些比较长的内陆河和外流河，如塔里木河、伊犁河、黑河、额尔齐斯河等。藏北羌塘内陆河流域内分布着许多湖泊和以湖泊为汇集中心的许多小河。青海柴达木盆地四周分布着许多向中央汇集的短小河流，在盆地中广泛分布着盐湖和沼泽。内蒙古内陆河流域，地形平缓，河流短小、稀少，存在着大面积无流区。

该地区有独立出山口和常流水的大小河流 600 余条，其中大部分在新疆，有 500 余条。据统计，年径流量大于 1 亿 m^3 的河