

国家自然科学基金资助项目

山西省软科学研究资助项目

山西河流水资源 安全研究

任世芳 著



气象出版社

China Meteorological Press

国家自然科学基金资助项目

山西省软科学研究资助项目

山西河流水资源安全研究

任世芳 著

气象出版社

内 容 简 介

本书分析研究了全省 27 条主要河流以及它们的 23 条重要支流的水资源开发利用状态,应用改进后的水文学方法,估算这 50 条河流的生态环境需水量。从而得出各河允许开发利用的河川径流量和允许开发利用率。

本书可供各级政府决策管理人员以及水文学水资源、生态环境、工矿、农林牧、地学等方面的科技人员和有关高等院校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

山西河流水资源安全研究/任世芳著. —北京:气象出版社,2008. 8
ISBN 978-7-5029-4567-1

I. 山… II. 任… III. 河流-生态环境-需水量-研究-山西省
IV. 321.225

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 107343 号

山西河流水资源安全研究

Shanxi Heliu Shui Ziyuan Anquan Yanjiu

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码:100081

网 址: <http://cmp.cma.gov.cn> E-mail: qxcbs@263.net

电 话:总编室 010-68407112,发行部 010-68409198

责任编辑:郭彩丽 王元庆

终 审:黄润恒

封面设计:王 伟

责任技编:都 平

责任校对:赵 媛

印 刷 者:北京京科印刷有限公司

开 本:850 mm×1168 mm 1/32 印 张:5.75

字 数:150 千字

版 次:2008 年 8 月第 1 版

印 次:2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价:20.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

序

本书是任世芳同志在参加我主持的国家自然科学基金资助项目(40471033),以及山西省软科学研究资助项目(2006041035-03)“关于山西省河流水资源安全问题”的初步研究成果。作者认为,所谓保证河流水资源安全,就是要保障河流水资源的可持续发展。水资源不同于其他自然资源,它的开发利用方式和程度,往往直接影响所在流域或区域的生态环境状况,例如河流的过度开发会引起地下水补给来源的减少,降低河流的自净能力,而污染了的河水又会对沿河两岸的地下水造成间接污染,等等。以上这些后果,在一般自然资源的开发利用过程中,大多都不会发生,例如一处油田,当石油开采枯竭以后,后果仅仅是今后无油可采而已。河流水资源则不同,它的开发利用率有一个阈值,一旦超过这个阈值,就会对该流域或区域的生态环境产生灾难性的后果,这一情况目前在山西省几条主要河流流域已经出现。

山西省是中国的能源大省,煤炭已探明保有储量占全国的三分之一,煤层气预测储量也占全国的三分之一,两者均居全国首位。同时,铝土矿累计探明储量占全国总量的40%以上,居全国第一;铁矿已探明储量居全国第二。丰富的矿产资源和距离经济发达地区不算太远的地理位置,使山西成为中国的能源重化工基地。

但是,山西省又是中国的水资源小省。20世纪80年代,山西人均水资源拥有量已经仅为全国人均水平的五分之一,近20多年来,由于气候变化以及采煤的破坏,人均水资源拥有量更降为全国人均值的七分之一左右。据有关部门调查研究,全省每年因采煤而破坏

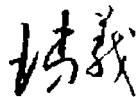
的水资源量超过 10 亿 m^3 , 加上人口增长的因素, 可以预见, 山西省人均水资源拥有量将进一步减少, 有可能从目前的居全国倒数第二位, 下降为倒数第一位。

由于历史原因, 加之人们对自然规律缺乏充分了解, 50 多年来山西省发展了规模庞大的高耗水、高污染产业体系, 主要有火力发电、冶金、煤化工等行业, 大多数集中在汾河、桑干河、涑水河、滹沱河、绵河、丹河等 6 条主要河流, 作者经过分析研究, 认为这些河流早在 2000 年就已出现严重的水资源危机, 并提出了解决水危机的对策和建议。

本书分析研究了全省 27 条主要河流及其 23 条重要支流, 应用改进后的水文学方法, 估算这 50 条河流的生态环境需水量, 包括基本生态环境需水量、输沙排盐需水量、改善生态环境需水量和湖泊洼地需水量, 从而得出各河流允许开发利用的河川径流量和允许开发利用率。其中, 改善生态环境需水量是作者针对山西省某些季节性河流非汛期径流量特别微小甚至经常河干的具体情况而提出的一个新概念。

为了贯彻落实科学发展观, 建设一个资源节约型、环境友好型的新山西, 本书在水资源问题方面作了一些新的探索和思考。我相信, 这本书不仅可供山西省各级政府决策和管理人员, 以及水文水资源、生态环境、工矿、农林牧、地学等方面的科技人员和有关高等院校师生参考使用, 而且对其他类似的地区, 也有一定的参考价值。

陕西师范大学博士生导师、客座教授
太原师范学院院长



(王尚义)

2007 年 7 月 7 日

目 录

序

1 山西省省情综述	(1)
1.1 山西省概况	(1)
1.2 山西省河流及河流水资源概况	(2)
参考文献.....	(5)
2 保障河流水资源安全的水量平衡	(6)
2.1 保障河流水资源安全的必要性	(6)
2.2 主要河流的允许开发利用率	(8)
2.3 主要河流 2000 年的实际开发利用情况.....	(10)
2.4 若干重点河流的水危机表现	(12)
2.5 关于保障河流水资源安全的对策建议	(13)
参考文献.....	(15)
3 生态环境需水量的计算原理	(17)
3.1 引言	(17)
3.2 生态环境用水需求的分析	(18)
3.3 生态环境用水的功能与内涵	(21)
3.4 计算原理与方法	(26)
3.5 对计算方法的讨论	(27)
参考文献.....	(34)
4 黄河流域主要河流生态环境需水量概算	(36)
4.1 引言	(36)

4.2	计算成果·····	(39)
4.3	黄河流域主要河流计算成果汇总与评估·····	(88)
	参考文献 ·····	(92)
5	海河流域主要河流生态环境需水量概算 ·····	(93)
5.1	引言·····	(93)
5.2	计算成果·····	(95)
5.3	海河流域主要河流计算成果汇总与评估·····	(121)
	参考文献 ·····	(123)
6	黄河流域诸河重要支流生态环境需水量概算 ·····	(125)
6.1	文峪河·····	(125)
6.2	潇河·····	(128)
6.3	浍河·····	(132)
6.4	岚河·····	(134)
6.5	滹河·····	(136)
6.6	白马河·····	(138)
6.7	昌源河·····	(138)
6.8	乌马河·····	(140)
6.9	象峪河·····	(141)
6.10	磁窑河 ·····	(142)
6.11	洪安涧河 ·····	(143)
6.12	段纯河 ·····	(146)
	参考文献 ·····	(149)
7	海河流域诸河重要支流生态环境需水量概算 ·····	(150)
7.1	恢河·····	(150)
7.2	白登河·····	(152)
7.3	源子河·····	(153)
7.4	黄水河·····	(154)
7.5	浑河·····	(155)

7.6	御河·····	(157)
7.7	牧马河·····	(160)
7.8	清水河·····	(162)
7.9	浊漳北源·····	(163)
7.10	浊漳南源 ·····	(165)
7.11	浊漳西源 ·····	(167)
	参考文献 ·····	(169)
8	2020 年的预测与对策建议 ·····	(170)
8.1	2020 年水资源开发利用率的预测 ·····	(170)
8.2	2020 年水资源开发利用程度的分析 ·····	(172)
8.3	关于水资源危机对策的设想·····	(173)
8.4	结尾语·····	(175)
	参考文献 ·····	(176)

1 山西省省情综述

1.1 山西省概况

山西省位于华北地区西部,黄土高原东翼,东以太行山与河北、河南两省为邻,西、南隔黄河与陕西、河南两省相望,北依外长城与内蒙古自治区毗连。全省土地总面积 $156\,271\text{ km}^2$,其中耕地 $48\,980\text{ km}^2$,园地 $1\,507\text{ km}^2$,林地 $35\,693\text{ km}^2$,牧草地 $20\,513\text{ km}^2$,以上四项农林牧业用地合计 $106\,693\text{ km}^2$,占土地总面积的 68.27% ,山西省有 53.2% 的面积为黄土和次生黄土所覆盖,黄土质地疏松,易于开垦和耕种,但水土流失也很严重,尤以吕梁山脉以西黄河大北干流所经地区为最(陈耀邦 1996)。据调查,全省水土流失面积达 10.85 万 km^2 ,占全省总面积的 69% ,而目前尚有 6 万 km^2 的水土流失面积未得到治理。严重的水土流失,导致土地冲毁、农田破坏、土地贫瘠,水库、河道和渠道淤塞。全省 1956—2000 年平均年输沙量达 2.95 万 t ,平均侵蚀模数为 $1\,890\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ (李英明等 2004)。

省内大部分地区年降水量为 $400\sim 600\text{ mm}$ 。夏季风带来的暖湿气流是形成山西省降水的主要水汽来源,而 6—9 月降水量占全年的比重一般在 70% 以上,因此,许多河流 6—9 月汛期径流量也占年径流量的 70% 左右。

2000 年全省总人口 $3\,247.8\text{ 万人}$,平均人口密度为 $208\text{ 人}/\text{km}^2$ 。年国内生产总值(GDP)约 $1\,659\text{ 亿元}$ 。山西矿产资源十分丰富,一次能源的绝对量和人均量均居全国首位;45 种主要矿产资

源的潜在价值量和人均量均居全国第一位,绝对量居全国第二位。煤炭已探明保有储量 2 573.81 亿 t,占全国的三分之一。铝土矿累计探明储量 7.81 亿 t,占全国的 40%以上。因此,山西成为全国的能源重化工基地。山西的煤层气(即瓦斯)预测储量也极为丰富,达 $10 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国预测储量的三分之一(张志峰 2006)。以 1 000 m^3 折合 1 t 原油计,相当于 100 亿 t 石油,现已试点开采利用。山西的工矿业主要集中在以下几大流域:汾河(太原、晋中、临汾、河津等市)、桑干河(大同、朔州等市)、浊漳河(长治、潞城等市)、沁丹河(晋城市)、绵河(阳泉市)、滹沱河(忻州、原平等市)、涑水河(运城、永济等市)以及三川河(吕梁市的柳林县)。大量的城市工业和生活用水以及废水、污水排放,使上述河流的水环境形势日趋严峻。2000 年,据山西省水环境监测部门按照《地面水环境质量标准》对全省地表水水质的评价结果,全省河流半数以上河段受到污染或严重污染。

1.2 山西省河流及河流水资源概况

山西省河流分属于黄河与海河两大流域,省内黄河流域面积 97 138 km^2 ,海河流域面积 59 133 km^2 ,分别占全省面积的 62.2%和 37.8%。本书研究了黄河流域的汾河、涑水河、沁河、丹河、亳清河、苍头河、偏关河、县川河、朱家川河、岚漪河、蔚汾河、湫水河、三川河、屈产河、芝河、昕水河、州川河、鄂河等 18 条入黄一级支流,其总流域面积为 83 044 km^2 ,占省内黄河流域面积的 85.49%。同时,还研究了海河流域的桑干河、壶流河、唐河、滹沱河、绵河、松溪河、清漳河、浊漳河、洋河等 9 条一级支流,其总流域面积为 57 587 km^2 ,占省内海河流域面积的 97.39%。以上 27 条主要河流合计流域面积 140 631 km^2 ,占全省面积的 90%左右,基本上代表了山西全省的河川水资源状况。

从水资源来看,本书研究的 27 条河流,河川水资源为 80.33 亿

m^3 , 占 1956—2000 年全省多年平均河川径流量 86.77 亿 m^3 的 92.58%。地下水资源(已扣除与河川水资源的重复量) 30.49 亿 m^3 , 占全省地下水资源总量 67.52 亿 m^3 的 45.16%。由于作者对地下水资料收集不全, 加之本书的主要目的是探讨河川水资源, 故地下水部分的缺憾只好暂时搁置。

上述 27 条主要河流的平均年输沙量 $21\,685 \text{ 万 t}$, 占全省年输沙量的 73.51%。其差额主要是在黄河河口—龙门段的较小支流。

各河的水资源和土壤侵蚀模数, 详见表 1-1 和 1-2。

表 1-1 黄河流域主要河流概况

水系/ 河流	流域面积 /km ²	河长 /km	纵坡 /‰	河川水资源 /万 m ³	地下水资源 /万 m ³	年输沙量 /万 t	侵蚀模数 /[t/(km ² ·a)]	
总计	83 044			468 805	182 600	17 016	2 049	
1 汾 河	39 471	694	1.12	206 700	129 100	2 120	537	
2 涑水河	5 774	197	2.5	18 300	39 900	21	36	
3 沁 河	沁丹河	10 604		144 100	13 600	662	624	
	沁 河	7 673	363	3.8	116 000	8 200	478	658
	丹 河	2 931	129	6.4	28 100	5 400	(184)	(603)
4 毫清河	1 185	56	11.0	7 530		463	3 907	
5 苍头河	2 124	97	(2.2)	6 157	2 900	462	2 090	
6 晋西北	晋西北	11 995		31 649	39 400	7 658	6 384	
	偏关河	1 919	154	(4.5)	3 948	1 258	6 555	
	县川河	1 559	110	6.8	1 732	981	6 292	
	朱家川河	2 903	168	5.0	3 117	1 363	4 695	
	岚漪河	2 167	120	9.6	8 089	1 066	4 919	
	蔚汾河	1 463	82	9.7	6 477	1 049	7 170	
	湫水河	1 984	122	6.5	8 286	1 941	9 783	

续表

水系/ 河流	流域面积 /km ²	河长 /km	纵坡 /‰	河川水资源 /万 m ³	地下水资源 /万 m ³	年输沙量 /万 t	侵蚀模数 /[t/(km ² ·a)]
晋 西	1 1891			54 369	3 000	5 630	4 735
三川河	4 161	175	5.1	24 793		2 086	5 013
屈产河	1 218	75	9.3	3 476		946	7 767
7 芝 河	792	62	15	6 643		100	1 263
昕水河	4 326	102	9.8	15 100		1 807	4 177
州川河	646	61	14.2	1 665		316	4 892
鄂 河	748	69	15.4	2 692		375	5 013

注:①表中带“()”的数据为估计值,后同。

②数据取自李英明等(2004)。

③丹河多年平均年输沙量和侵蚀模数,为本书作者根据 1954—1970 年 17 年山路平水文站观测值计算而得。

④苍头河纵坡,为本书作者根据常门铺水库以上和该水库以下河道的纵坡,取简单算术平均值而得。

⑤偏关河纵坡系由偏关县及朔城区二十万分之一地图上量得之高差估算而得。

山西省的水资源开发利用程度较高,截至 2000 年底,已建成水库 745 座,总库容 44 亿 m³(其中大型水库 6 座,总库容 21 亿 m³)。全省有效灌溉面积达到 125.33 万 hm²,人均 0.038 6 hm²,占耕地面积的 25.59%。其中有节水措施的灌溉面积 71.42 万 hm²,占有效灌溉面积的 57%。治理水土流失面积 4 万 hm²,占水土流失面积的 37%。

表 1-2 海河流域主要河流概况

水系/ 河流	流域面积 /km ²	河长 /km	纵坡 /‰	河川水资源 /万 m ³	地下水资源 /万 m ³	年输沙量 /万 t	侵蚀模数 /[t/(km ² ·a)]
总计	57 587			334 500	122 300	4 669	811
1 桑干河	16 749	261	3.3	52 000	51 500	846	505
2 壶流河	1 256	66	8.8	4 900		192	1 530
3 唐 河	2 193	96	11.0	19 100	3 500	374	1 705

续表

水系/ 河流	流域面积 /km ²	河长 /km	纵坡 /‰	河川水资源 /万 m ³	地下水资源 /万 m ³	年输沙量 /万 t	侵蚀模数 /[t/(km ² ·a)]
4 滹沱河	18 856			139 000	33 000	1 460	774
滹沱河 上游	13 997	319	3.2	85 900			
绵 河	2 507	84	8.7	39 900		(903)	(3 600)
松溪河	2 352	97	6.5	13 200			(1 936)
漳 河	15 900			110 500	23 000	1 331	837
5 清漳河	4 159	146	18.0	25 900		46	111
浊漳河	11 741	229	(3.9)	79 000		1 285	1 094
洋 河	2 633			9 000	11 300	466	1 770
6 西洋河	202	10	10.9	1 182		47	2 327
南洋河	2 198	33	3.0	8 400	(7 091)	388	2 144
洪塘河	174	23	4.0	600		31	1 782

注:①数据来源同表 1-1。

②浊漳河根据“河源唯远”的原则,以浊漳北源为正源;纵坡则按二十万分之一地形图量得之高差计算。

③本表的分区参考了水利部 1990 年编制的《山西能源基地水资源供需现状、发展趋势和战略研究》,以下简称《战略研究》。地下水资源量中已扣除了与河川径流量的重复部分。但晋西北、晋西地区的数字包括 12 条主要河流以外的其他入黄小支流,故与地面河川水资源不能相加。

④表中滹沱河干流的流域面积、河川水资源两项数据,系按李英明等(2004)滹沱河水系的总数减去绵河和松溪河的数值而得,此值可能大于滹沱河出省处的实际数值。

参 考 文 献

陈耀邦, 1996. 中国中西部地区开发年鉴. 北京: 改革出版社.

李英明, 潘军峰, 2004. 山西河流. 北京: 科学出版社.

张志峰, 2006. “杀手”瓦斯是个“宝”——山西煤层气的未来之路. 山西商报, 2006-02-

2 保障河流水资源安全的水量平衡

2.1 保障河流水资源安全的必要性

所谓保证水资源安全,概括地讲,就是要保障河川水资源的可持续发展。可持续发展,即“既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”(WCED 1987,转引自马子清 2004)。其后,牛文元又对上述定义从空间尺度上做了补充:“满足特定区域的需要而不削弱其他区域满足其需要的能力”(马子清 2004)。

河流水资源是一种可再生资源,与一般不可再生资源相比,具有明显的优势。例如,一条河流的径流量,当其在今年被消费了一部分,甚至于大部分以后,明年还会再度产生径流。然而,河流水资源也有另一个特点:它的过度消费必定导致生态环境的恶化。而对于不可再生资源(如煤炭资源),虽然挖一吨就少一吨,但即使全部挖完(指可采储量),只要不产生地面塌陷或挖断地下水源,就不会对周边环境产生太大影响。因此,保障河流水资源安全或保障河流水资源可持续发展的完整定义是,对河流水资源的开发利用,应当满足以下三个条件:①以不破坏良好的生态环境为前提;②既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害;③既满足特定区域的需要,又不削弱其他区域满足需要的能力。

传统的水资源开发模式,就其发展史而言,大体可分为两个阶

段。第一个阶段:依靠水资源的高消耗来追求经济数量增长,力图最大限度地开发利用当地或邻近地区的水资源,以充分满足经济社会发展的需要;第二个阶段:当可利用的水资源均已开发完毕,生态环境严重恶化,出现水危机时,研究并推行各种节水措施和污水资源化。山西省的水资源开发模式,走的正是这一条道路。赵淑贞等(1996)和赵淑贞(1997)指出,从生态环境所允许的条件看,河川径流的最大允许利用率约为 $35\% \sim 40\%$,如果山西在2000年的河川径流开发利用超过允许值的1倍,自然生态平衡将会进一步恶化。这一预测不幸被言中,2000年永定河、汾河、涑水河流域的地表水开发利用分别达到 85% , 72% 和 85% ,都超过了国际公认标准的1倍。由于清水流量减少以及污水未经处理直接排入河道,桑干河东榆林以上、御河口以下水质为劣V类;汾河流域严重污染,水质为劣V类的河长占评价河长的 71.8% ;涑水河下游河段水质常年为劣V类,污染严重(李英明等2004)。

然而,上述河川径流最大允许利用率 $35\% \sim 40\%$ 的观点,是从国外实践中总结出来的,这一标准是否适用于中国?尤其是可否适用于山西省?本书第3章就这些问题进行了比较详尽的讨论。结合山西省的实际情况,我们选择应用水文学方法,即利用受人类经济活动影响较少的1970年以前之水文气象实测数据,分别计算基本生态环境需水量 W_b ,输沙排盐需水量 W_s 和湖泊洼地需水量 W_l ,并对某些非汛期径流量很少的季节性河流,增加了一项“改善生态环境需水量 W_r ”,上述各项之和即为河流系统生态环境需水量 W_e 。本书的假定是认为1970年山西河流系统的生态环境状况良好,因此由当时的水文气象数据推算出来的需水量也就是保持那种状态的需水量。最后,以国际公认的标准,即允许利用率 $35\% \sim 40\%$ 作为第二层次的考核标准。

2.2 主要河流的允许开发利用率

本书第4章和第5章,根据改进后的水文学方法,分别估算了黄河流域18条主要河流和海河流域9条主要河流的生态环境需水量,其估算成果汇总见表2-1。

表 2-1 山西省主要河流生态环境需水量估算成果

流域		河流	河川 水资源 /万 m ³	生态环境 需水量 (W _e /万 m ³)	允许利用 水量 (W _u /万 m ³)	允许开发 利用率 /%
总计			803 905	489 898	314 007	39.06
黄河流域	合计		468 805	301 912	166 893	35.60
	汾河区	汾河	206 700	141 093	65 607	31.74
	涑水河区	涑水河	18 300	8 577	9 723	53.13
	沁丹河区	沁河、丹河	144 100	89 472	54 628	37.91
	毫清河	毫清河	7 530	3 135	4 395	58.37
	黄河河口— 龙门	苍头河等 11 条	92 175	59 635	32 540	35.30
海河流域	合计		335 100	187 986	147 114	43.90
	桑干河区	桑干河、壶流河	56 900	37 356	19 544	34.35
	大清河区	唐河	19 100	12 996	6 104	31.96
	滹沱河区	滹沱河、绵河、 松溪河	139 000	60 957	78 043	56.15
	漳河区	清漳河、浊漳河	110 500	69 887	40 613	36.75
	洋河区	西洋河、南洋河	9 600	6 790	2 810	29.27

由表2-1可见,生态环境需水量 W_e 总计为48.989 8亿 m³,占多年平均年径流量80.390 5亿 m³的60.94%。因此,允许开发利用的河川径流量为31.400 7亿 m³,允许开发利用率 η 为39.06%。

但两大流域的情况又有所不同,黄河流域的 η 为 35.60%,在国际公认标准的范围之内,海河流域的 η 为 43.90%,比国际标准高出 3.9 个百分点。究其原因,是由于黄河流域土壤侵蚀比较严重,故输沙需水量较多,合计 12.973 亿 m^3 ,占年径流量 46.880 5 亿 m^3 的 27.67%(表 4-46);而海河流域土壤侵蚀比较轻微,输沙需水量因而较少,只有 5.128 3 亿 m^3 ,仅占年径流量 32.95 亿 m^3 的 15.56%。仅此一项,黄河流域的 W_b 中,输沙需水量的成分就多了 12 个百分点。

在 27 条主要河流中,有 3 条的允许开发利用率超过了 40%,它们是涑水河(53.13%)、亳清河(58.37%)和滹沱河(56.15%)。我们初步评估后认为,涑水河计算结果偏高的原因是基本生态环境需水量 W_b 偏小,而 W_b 偏小的原因则是水文站观测到的最小月平均流量偏小。试以位于山西最南端的涑水河与最北端的御河做比较,两者的流域面积分别为 5 774 km^2 和 5 001.7 km^2 ,前者比后者大 15.43%;由多年平均年降水量看,分别为 547.6 mm 和 380 mm,前者比后者多 44.11%。按一般规律,涑水河的最小月平均流量应远大于御河,但两者 W_b 的数值分别为 0.113 7 亿 m^3 和 0.138 7 亿 m^3 。前者反比后者减少了 18.02%。由此可见,涑水河流域由于水文资料短缺和清水流量为沿途拦截消耗,允许开发利用率的计算成果偏高。应如何改进,需今后深入探讨。

亳清河允许开发利用率高达 58.37%,其原因可能来自两个方面:①亳清河是由该河干流与另一条支流允西河组合而成,两河流域面积之比为 52:48,而且两河是在干流入黄河口以上不远处才汇合,故也可看做是两条独立的河流;②垣曲水文站只控制干流,不控制允西河,而允西河的后河水文站又偏处上游,控制面积仅占允西河全河的 42%,因此按后河水文站两年资料算出的 W_b 可能偏小。如果将干流垣曲站的 W_b 按面积比例放大到全流域, W_b 将达 4 268 万 m^3 。 W_b 将为 4 726 万 m^3 ,而允许开发利用率将降为 37.21%。这个结果比较合理,但缺乏足够数据加以验证。