

文章编号: 1007-6301 (2002) 06-0538-08

区域水资源压力指数与水资源 安全评价指标体系

贾绍凤, 张军岩, 张士锋

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 本文讨论和分析水资源安全的含义、水资源压力指数和水资源安全评价指标, 建立水资源安全评价指标体系。水资源安全指“以可承受的价格获取足够安全的水”。国际上常用人均水资源量和水资源开发利用程度两个指标反映人类对水及水相关生态的压力。但由于水资源安全是很综合的概念, 包含很丰富的内涵, 单用一两个水资源压力指标难以反映其内容, 因此有必要建立水资源安全评价指标体系。

关 键 词: 水资源安全; 水资源压力; 水资源压力指数; 水资源安全评价指标体系

中图分类号: F323.213 **文献标识码:** A

1 引言

地球上淡水资源是有限的。随着人口的增长和经济的发展, 越来越多的地区出现了水资源紧张的局势。目前人类已经开发利用一半以上可以获得的地表水资源, 但仍有 10 亿以上的人缺乏足够的生活用水, 17 亿人缺乏安全的生活用水; 在未来 30 年中, 可能将有 55 亿人口生活在遭受中等到严重程度的水资源压力 (water resources stress) 的地区^[1]。而在水资源紧缺的中东、中亚等敏感地区, 水资源可能成为诱发社会冲突的重要因素^[2~4]。美国学者李斯特·布朗提出中国的水短缺可能动摇世界粮食安全^[5]。所以近年来水资源安全成为国际国内研究的一个热点。

水资源安全的含义可以与粮食安全类比。粮食安全指的是“以可承受的价格供给人们生活必须的食物”。2000 年 3 月 17 日至 22 日, 在荷兰海牙召开的部长级“第二届世界水资源论坛”把水资源安全理解为“以可承受的价格获取足够安全的水”。在这次会上 21 世纪世界水资源委员会主席伊斯梅尔·塞拉杰丁称, “找到一种方式, 以合理的价格给每个人提供安全的饮用、清洁、食品以及能量各方面所需的用水是我们的主要目标”。各国水利官员在大会宣言中一致同意每一个人都应该拥有“以可承受的价格获取足够安全的水的权利”。

虽然水资源安全的定义是“以可以承受的价格提供安全的供水”, 但水资源安全实际上涉及社会安全、经济安全和生态安全等几个层次。水资源社会安全强调生活用水是一种基

收稿日期: 2002-07; **修订日期:** 2002-08

基金项目: 中国科学院知识创新工程资助项目 (KZCX-SW-317-03, KZCX1-10-03)

作者简介: 贾绍凤, 男 (1964-), 土家族, 湖南龙山人, 博士, 副研究员。主要从事水文水资源和区域可持续发展研究。E-mail: jiasf@igsnrr.ac.cn

本的人权, 必须保证人人都有获得安全饮用水的权利。为了保证社会的可持续发展, 经济用水和生态用水也是必须保证的。水资源经济安全强调水资源能够支持经济的发展, 这有两个方面的含义: 一是可以提供水量和水质保障, 二是供水价格要适中, 不能因为水价过高而使当地的优势行业丧失市场竞争力。水资源生态安全指生态系统的最低需水应该得到保证, 人类不能挤占过多生态用水而使生态系统崩溃。

水资源安全的实质是水资源供给能否满足合理的水资源需求。而且水资源安全评价的不只是现状, 评价的重点应在于未来。水资源安全评价的核心问题是一个国家或地区(流域)的水资源能否满足社会长远发展、可持续发展的要求。所以对未来水资源供给和需求及其平衡状况的长远趋势的预测是水资源安全评价的基本内容之一。如果一个区域的水资源供给能够满足其社会经济长远发展的合理要求, 那么这个区域的水资源就是安全的, 否则就是不安全的。这其中有两点值得注意: 一是强调应该满足的是社会对水资源的“合理的需求”, 既不能用水效率太低而浪费, 也不能高消费而用水标准太高; 二是强调应该满足社会发展对水资源的“长远要求”, 既不能因为目前经济发展水平还很低、用水不多而盲目认为水资源供给不成问题, 必须考虑经济发展水平提高、用水增多以后的水资源供需平衡状况, 也不能因为挤占生态用水、破坏生态环境而影响社会经济的长远发展。

一个地区的水资源是否安全? 水资源稀缺程度如何? 是否缺水? 应该用何指标来评价? 是比较复杂和值得探讨的问题。鉴于水资源安全度量问题的重要性, 联合国教科文卫组织等机构正在开发度量水资源安全的水相关压力指标(indicators of water-related stress)^[6]。

2 水资源压力指数讨论

反映人类对水资源压力(water resources stress)大小的指标, 或衡量一个国家、地区水资源稀缺程度的指标, 可以较粗略地反映一个国家或地区的水资源安全程度。目前国际上通用的宏观衡量水资源压力的指标有 2 个: 一是区域人均水资源量, 二是水资源开发利用程度。但这些指标的使用有两个方面需要注意: 一是这些指标的建立都有假设条件, 二是这些指标存在一些弱点。此外还使用其它一些指标来反映区域水资源稀缺程度。

2.1 人均水资源量

1992 年 Falkenmark 和 Widstrand 定义人均水资源量为水资源压力指数(Water Stress Index)以度量区域水资源稀缺程度^[7]。他们根据干旱区中等发达国家的人均需水量确定了水资源压力的临界值: 当人均水资源量低于 $1\,700\text{ m}^3/\text{capita}/\text{annum}$ 时出现水资源压力(Water Resources Stress), 当人均水资源量低于 $1\,000\text{ m}^3/\text{capita}/\text{annum}$ 时出现慢性水资源短缺(Chronic Water Scarcity)。

这一指标简明易用, 只要是进行过水资源评价和有人口统计资料的地区, 都可以获得人均水资源量数据, 而且按用水主体人口来平均水资源符合公平合理的原则。但应用这一指标时应当注意一些限制条件, 否则容易产生歧异。例如新疆尤其是南疆是水资源紧张地区, 但一些人却根据该地区人均水资源量超过 $2\,000\text{ m}^3/\text{人}$ 而得出新疆不缺水的结论^[8]。实际上, 使用人均水资源量指标首先应明确人均水资源量指标中的水资源指的是可以动态更新的淡水资源, 而不包括地下水静态储量。所以, 不能因为南疆塔里木盆地有成千亿万方的

静态地下淡水资源就认为南疆不缺水,因为这些水是地质历史时期积蓄下来的,用一点就少一点,不可持续。

人均水资源量作为衡量水资源稀缺程度的指标,还有以下几个弱点:第一,没有考虑生态用水的差异。在可持续发展的原则下,尤其要强调:在人均可更新淡水资源中,还包括一部分为维持生态平衡所需要的生态用水,这部分水量人类不能耗用。由于不同的地区生态用水占水资源总量的比例很不相同,人均水资源量并不反映人均实际可用的水资源。对于干旱内陆区,人类生活和生产用水必然挤占原来的湖泊、湿地等生态用水,应该受到严格控制,即在总水资源量中,必须保留相当一部分作为天然生态用水,否则就会出现河湖干涸、植被衰退、沙漠扩张等恶果。所以为了更合理,人均水资源量的计算应该扣除生态用水,而只计算人类生活、生产可耗用的那部分水资源量。第二,只考虑水资源的供给方面,而没有考虑水资源的需求方面。实际上水资源的稀缺程度必须从供给和需求两个方面综合来考虑,具体来说应考虑产业结构对需水的影响。如果经济结构以灌溉农业为主,则人均所需的水资源量必然较大;如果以耗水少的服务业为主,则人均所需的水资源量较少。所以由于产业结构的差异,人均水资源量供给相同的地区,可能缺水程度很不相同。第三,只考虑水资源数量而没有考虑水资源的质量。人均水资源量较高的地区也可能因为水质问题例如水被污染而缺水,例如前几年安徽省蚌埠市水厂因为水源淮河被污染而停产,全城失去供水来源。第四,只考虑数量的多少而没有考虑水资源开发利用的难易程度。实际上一些人均水资源量很高但开发很难的地区也存在缺水现象,例如我国西南的高山地区和喀斯特地区。第五,只考虑总量而没有考虑水资源的时空分布。虽然多年平均人均水资源量很高但年内年际分配不均的地区,在枯水季节、枯水年份也存在缺水现象。水资源的空间分配也是一个问题。如果以中国为评价单元,则按人均水资源量指标中国是不缺水的(中国人均水资源量 $2\,300\text{ m}^3$, 大于缺水临界值 $1\,700\text{ m}^3/\text{capita}/\text{annum}$),但如果以中国北方地区或华北为评价单元(华北海河流域人均水资源量低于 400 m^3),则中国缺水。所以评价区域的大小对评价结果有很大影响。最好是按水资源可以调配的流域作为空间单元来评价。

2.2 水资源开发利用程度

水资源开发利用程度(water use intensity)定义为年取用的淡水资源量占可获得的(可更新)淡水资源总量的百分率。世界粮农组织^[9]、联合国教科文卫组织^[6]、联合国可持续发展委员会^[10]等很多机构都选用这一指标作为反映水资源稀缺程度的指标。指标的阈值或标准系根据经验确定:当水资源开发利用程度小于10%时为低水资源压力(low water stress);当水资源开发利用程度大于10%、小于20%时为中低水资源压力(moderate water stress);当水资源开发利用程度大于20%、小于40%时为中高水资源压力(medium-high water stress);当水资源开发利用程度大于40%时为高水资源压力(high water stress)。

水资源开发利用程度作为衡量水资源稀缺程度的指标,比人均水资源量指标优越的地方是隐含考虑了生态用水,认为人类对水资源开发利用程度越高,水系统及相关自然生态受到的压力就越大。但它也有限制或弱点:第一,水资源开发利用程度与水资源紧缺程度并不完全对应。水资源开发利用程度低并不一定意味着水资源不紧缺或水资源利用效率高。在经济发展水平落后或水资源开发利用条件差的地区,尽管水资源很紧缺但水资源开发利用程度也可能很低。第二,对大的区域进行评价时,这一指标不能反映水资源开发利用强度的时空差异。第三,所需资料要求较高而不易获取。计算水资源开发利用程度除了需要

水资源量和人口统计数据之外, 还需要水资源开发利用评价资料。

2.3 产水模数及地均水资源量

产水模数指单位国土面积就地产生的多年平均水资源总量, 包括地表水和地下水。地均水资源量与产水模数的区别是产水模数不包括客水, 而地均水资源量包括了非当地形成的、从区外获得的客水。产水模数和地均水资源量可以较好地反映水资源的稀缺程度。但其缺点也是只从供给方面考虑而没有考虑需水方面。对于地均水量相同但气候不同因而生产方式不同(游牧或农作)、灌溉需水定额不同、人口密度不同的两个地区, 水资源的紧缺程度实际上是不一样的。

3 水资源安全评价指标体系

3.1 建立指标体系的必要性

以上水资源压力指标可以从宏观上反映一个流域水资源的丰裕/稀缺程度和开发利用程度, 可以大体反映一个流域是否具有发展高耗水行业的优势和增加供水的潜力, 但却不能反映一个流域的水资源实际满足社会需求也即水资源安全的程度, 水资源安全必须根据水资源的供求关系来衡量。而且, 因为水资源安全是一个很综合的概念, 很难简单用一两个指标反映其全部内容, 因而为了全面评价水资源安全程度、诊断水资源安全存在的问题, 有必要建立水资源安全评价的指标体系。

最近夏军等提出根据水资源承载力度量水资源安全^[11], 不失为评价水资源安全的一种很好的思路。但由于水资源承载力本身很复杂, 一般很难有现成的水资源承载力资料, 所以建立常规水资源安全评价指标体系仍有必要。

3.2 建立指标体系的原则

建立指标体系最核心的原则是科学性和简便性的结合。科学性要求指标体系尽可能全面、完整、准确地反映所评价的对象。简便性要求所选取的指标数据容易获得、计算简便、便于操作和应用。科学性与简便性往往互相矛盾。如果刻意追求科学性而忽略简便性, 建立的指标体系可能因为资料不具备而难以应用, 就会偏离建立指标体系的目的、失去指标体系的应用价值; 如果过分注重简便性而忽略科学性, 则由此建立的指标体系虽然简便, 但却反映不了所评价对象的真实情况, 同样也偏离了建立指标体系的目的而失去指标体系的应用价值。所以实用、合理的指标体系, 应该是科学性和简便性的最佳结合。

3.3 指标选取与指标体系构成

因为水资源安全包括水资源社会安全、水资源经济安全和水资源生态安全等几个层面, 相应地, 水资源安全的度量指标体系, 也应该包括反映长远的水资源社会安全、经济安全、生态安全和综合评价等几方面内容的指标。

就水资源社会安全而言, 从生活用水供水量、供水水质、水费经济承受能力、社会公平等几个方面, 可以选用的指标有: 人均生活供水量占标准需水量的比重、人均每天生活用水量, 反映生活用水水量保障程度。其中的标准需水量定义为当地合理生活方式(既不穷困也不奢华)下的人均需水量。符合饮用水水质标准的供水人口占总人口的比例, 反映供水水质安全程度。水价、家庭水费支出占家庭可支配收入的比例, 反映水费经济承受能力。其中相对指标家庭水费支出占家庭可支配收入的比例比绝对指标水价更为合理。

低收入人群饮用水安全供水覆盖率, 反映水资源分配的社会公平程度。

就水资源经济安全而言, 从经济用水水量保证程度、水质保证程度、经济承受能力几个方面, 可以选用的指标有: 反映水量保证程度的指标包括企业实供水量占合理需水量的比重、实际灌溉水量占应灌水量的比例、企业平均停水时间、停水时间占总时间(停水时间与生产时间之和)的比例、因供水不足而使经济减产(包括工业减产、农业减产、第三产业减产等)的比例。因供水不足而使经济减产的比例定义为因供水不足而引起的减产量占不受水影响情况下的产量的百分比。另外万元 GDP 取用/耗用新水量、工业万元产值取用/耗用新水量、灌溉定额也可在一定程度上反映供水安全程度。不论是现状分析还是未来的预测, 采用的用水定额越高, 说明需水估计越是偏大偏松, 缩减需水的潜力越大, 水资源供需平衡就越有保障。优先推荐的指标是企业平均停水时间和实际灌溉水量占应灌水量的比例。原因是这两个指标较为直接, 可以避免对产量等次一级变量的评估的不确定性。

经济用水的水质达标率, 定义为不符合水质要求的经济部门用水量占经济部门总用水量的比重, 反映水质保证程度。对农业而言, 可以选用灌溉用水达不到农业灌溉用水标准的灌溉面积占总灌溉面积的比重。水费占总生产成本的比重, 反映经济部门对水价的承受能力, 该比重越低, 经济部门对水价的承受能力就越强, 水资源就越安全。

就水资源生态安全而言, 按照压力-状态-响应的逻辑关系, 可以选用的指标有: 生态需水满足程度, 反映人类用水对水资源及水相关生态系统的压力, 定义为实际生态耗水量占区域最低生态需水量的百分比, 如果指标值大于 100% 就是安全的, 否则就是不安全的, 指标值越大越安全。另外水资源开发利用程度也是较好的反映人类对水及水相关生态压力的指标。水资源开发利用程度越高, 人类对水及水相关生态的压力必然越大。水相关生态状态指标, 如受污染河段占总河长的比例、受污染湖泊面积占湖泊总面积的比例、长流河道断流天数、平原地下水漏斗区面积占平原总面积的比例、累计地下水超采量占多年平均地下水资源量的比例、实有湖泊湿地面积占期望保护面积的比例等。其中“受污染”的标准可以选为超过农业灌溉用水标准。关于地下水漏斗, 可能累计地下水超采量占多年平均地下水资源量的比例比平原地下水漏斗区面积占平原总面积的比例作为衡量超采的指标更合理。因为前者考虑的是包括超采面积和超采深度两个因素在内的总的超采量, 而后者只考虑超采面积, 没有考虑超采深度。水相关生态响应指标, 如航运受水量水质改变影响的程度、生物受水量水质改变影响的程度、水质污染对人们身体健康的影响程度、农产品品质因灌溉用水水质差所受影响的程度等等。因为这些指标的资料很难获取, 为简便起见, 可以选用航道缩短率等容易获得的指标来替代。

水资源整体安全评价可以选用的指标有: 总量供需平衡指标, 如总供水量满足总需水量(生活需水、生产需水和生态需水之和)的百分率、人类耗水量占人类可耗用量的比例、人均用水量、人均耗水量与人均水资源量之比等。其中优先推荐总需水满足率和人类耗水量占人类可耗用量的比例。当缺水时用于诊断缺水性质的判别指标: 在水资源量、水质、工程供水能力都不构成限制情况下的缺水为管理性缺水, 例如上游浪费水而引起的下游缺水; 在水资源量、工程供水能力都不构成限制但水质不符合要求情况下的缺水为水质性缺水, 例如南方某些多水地区城市的缺水; 在水资源量、水质都不构成限制但工程供水能力不足情况下的缺水为工程性缺水, 包括因调蓄工程不足产生的季节性缺水; 在水资源量不足情况下的缺水为资源性缺水; 当几种限制因素同时出现时为混合性缺水。用于衡

量异常情况(如特枯年份)水资源风险的指标: 城镇供水保证率、农村生活供水保证率、枯水发生概率、特枯年份生活用水保证程度、枯水(特枯、连续枯)年份 GDP 受损率等。

将以上各个方面的指标结合起来, 就构成一套水资源安全评价指标体系(见表 1)。水资源安全评价指标体系中包含了水资源压力指标, 但比水资源压力指标反映的内容要广泛、全面和深刻。利用这套指标体系, 可以对区域水资源总体安全状况、水资源社会安全、水资源经济安全和水资源生态安全等方面以及缺水类型、异常风险情况进行诊断和评判。

表 1 区域水资源安全评价指标体系

Tab. 1 Indicator system for water resources security appraisal

方面	评价因子	可选评价指标	推荐指标
水资源安全	总体供需平衡	总需水满足率	总需水满足率、人类耗水量占人类可耗用量的比例
		人类耗水量占人类可耗用量的比例	
		人均用水量	
		人均耗水量与人均水资源量之比	
	管理性缺水	在水资源量、水质、工程供水能力都不构成限制情况下的缺水	枯水发生概率、特枯年份生活用水保证程度、特枯年份 GDP 受损率
	水质性缺水	在水资源量、工程供水能力都不构成限制但水质不符合要求情况下的缺水	
	工程性缺水	在水资源量、水质都不构成限制但工程供水能力不足情况下的缺水	
	资源性缺水	水资源不足、人类耗水量超过人类可利用量	
	混合性缺水	当几种限制因素同时出现时的缺水类型	
		城镇供水保证率	
水资源社会安全	异常情况下的水资源风险	农村生活供水保证率	枯水发生概率、特枯年份生活用水保证程度、特枯年份 GDP 受损率
		枯水发生概率	
		特枯年份生活用水保证程度	
		枯水(特枯、连续枯)年份 GDP 受损率	
	水量保障程度	人均城镇生活供水量占标准需水量的比重	人均城镇生活供水量占标准需水量的比重、人均农村生活供水量占标准需水量的比重
		人均农村生活供水量占标准需水量的比重	
		城镇人均每天生活用水量	
		农村人均每天生活用水量	
	水质保障程度	符合饮用水水质标准的供水人口占总人口的比例	水质安全人口比例
	水价承受能力	生活用水水价	家庭水费支出占家庭可支配收入的比例
		家庭水费支出占家庭可支配收入的比例	
水资源经济安全	水分配社会公平	低收入人群饮用水安全供水覆盖率	弱势群体安全供水率
		企业实供水量占需水量的比重	
		实际灌水量占应灌水量的比例	
		企业平均停水时间	
	水量保障程度	企业平均停水时间占总时间的比例	企业平均停水时间、实际灌水量占应灌水量的比例
		因供水不足而使工业减产的比例	
		因供水不足而使农业减产的比例	
		因供水不足而使三产减产的比例	
		万元 GDP 取用/耗用新水量	
		万元工业产值取用/耗用新水量	
	水质保障程度	不符合水质要求的经济部门用水量占经济部门总用水量的比重	灌溉用水达不到农业灌溉用水标准的灌溉面积占总灌溉面积的比重
		灌溉用水达不到农业灌溉用水标准的灌溉面积占总灌溉面积的比重	
	经济承受能力	水费占总生产成本的比重 经济用水水价	水费占总生产成本的比重

接上表			
方面	评价因子	可选评价指标	推荐指标
水资源生态安全	水生态压力	生态需水满足程度	生态需水满足程度、水资源开发利用程度
		水资源开发利用程度	
	水生态状态	受污染河段比例	受污染河段比例 累计地下水超采量占多年平均地下水资源量的比例 实有湖泊湿地面积占期望面积的比例
		受污染湖泊面积比例	
		长流河河道断流天数	
		平原地下水漏斗区面积占平原总面积的比例	
		累计地下水超采量占多年平均地下水资源量的比例	
		实有湖泊湿地面积占期望面积的比例	
	水生态响应	航运受水量水质改变影响的程度	航道缩短率
		生物受水量水质改变影响的程度	
		水质污染对人们身体健康的影响程度	
		农产品品质因灌溉用水水质差所受影响的程度	
航道缩短率			

注：指标解释见正文。

参考文献:

[1] World Water Council. World Water Vision 2025[M]. Earthscan Publications Ltd., 2000

[2] John Waterbury, John Kolars, Masahiro Murakami, Aaron Wolf, A sit K. Biswas. Core and Periphery: A Comprehensive Approach to Middle Eastern Water[M]. Oxford University Press, 1997. 180

[3] Martin Sheman. The politics of water in the Middle East: An Israeli Perspective on the Hydro-Political Aspects of the Conflict[M]. St. Martin's Press, Inc., 1999. 192

[4] Philip P. Micklin. Water and the New States of Central Asia[M]. Royal Institute of International Affairs, 1997. 60

[5] Brown L. R., Hikeil B. China's Water Shortage Could Shake World Food Security[J]. World Watch, 1998(7, 8): 10-18

[6] 金凤君. 华北平原城市用水问题研究[J]. 地理科学进展, 2000, 19(1).

[7] 王礼茂, 郎一环. 中国资源安全研究的进展及问题[J]. 地理科学进展, 2002, 21(4).

[8] <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index.shtml#indicators>

[9] Malin Falkenmark, Carl Widstrand. Population and Water Resources: A Delicate Balance[A]. In: Population Bulletin. Population Reference Bureau, Washington, D. C., 1992. 19

[10] 赵明. 专家争鸣: 西北“不缺水”? [D]. 中国经济时报, 2000-09-19

[11] http://www.fao.org/gtos/tem s/resources/socioeco/Water_use_intensity.pdf

[12] Robert Engelman, Pamela LeRoy. Sustaining Water: Population and the Future of Renewable Water Supplies [M]. Population Action International, Washington, D. C., 1993. 18-22

[13] 夏军, 朱一中. 水资源安全的度量: 水资源承载力的研究与挑战[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 262-269

Regional Water Resources Stress and Water Resources Security Appraisement Indicators

JIA Shao-feng, ZHANG Jun-yan, ZHANG Shifeng

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CASS, Beijing 100101 China)

Abstract: Discussed are definition of water resources security, water resources stress indi-

cators and indicator system for regional water resources security appraisalment. Water resources security means that every person has the right to get safe water supply with acceptable price. In fact, there are 3 layers or aspects of water resources security. The first is the social aspect of water resources security which means household water demand, especially that of poor family as a basic human right, should be satisfied. The second is the economic aspect of water resources security which means water supply should meet rational demand of economic development. The third is the ecological aspect of water resource security which means the minimum water demand of ecological system should be met to protect ecological integrity. Per capita water resources and water use intensity are used universally to measure water resources stress. These two indicators are simple and convenient to show general situation of water resources and water use, but they can't reveal all aspects of water resources security. Water resources security is a very integrated concept and can't be measured by one or two simple indicators. To appraise regional water resources security, a system of indicators should be developed. Following 5 indicators are suggested to appraise general situation of water resources security: satisfied level of total water demand, ratio of human water consummation to total water quantity consumable by human being, probability of draught, ratio of household water satisfaction when draught, and GDP loss when draught. 5 indicators are used to measure water resources security level on the aspect of social security: ratio of water really supplied to standard water demand in city and town, ratio of water really supplied to standard water demand in village, ratio of household water supply to safe quality with total household water supply, ratio of household expenditure for water to total expendable income, and ratio of safe water supply to poor people. Following indicators are selected to appraise water resources security in the aspect of economy: average time of no water supply to enterprises, ratio of water quantity really irrigated to rational quantity of irrigation water, ratio of land area irrigated to polluted water to total irrigated land area, and percentage of water use expenditure in total production cost. As to the ecological aspect of water resources security, we select following indicators: satisfied level of ecological water requirement, water use intensity, ratio of river length polluted to total river length, ratio of accumulative quantity of ground water over withdrawal to average annual ground water recharge, ratio of real area of lakes to expected lake area, and percentage of aviation canal shorting.

Key words: Water resources security; Water resources stress; Water resources stress indicators; Water resources security indicator system