

HYDROLOGICAL EFFECTS OF SOIL  
AND WATER CONSERVATION MEASURES

---

---

# 水土保持措施的水文水资源效应

李子君◎著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

HYDROLOGICAL EFFECTS OF SOIL  
AND WATER CONSERVATION MEASURES

---

---

# 水土保持措施的水文水资源效应

李子君◎著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

水土保持措施的水文水资源效应/李子君著. —北京:北京大学出版社, 2013.1

ISBN 978-7-301-21709-2

I. ①水… II. ①李… III. ①水土保持-水文学-研究-华北地区 ②水土保持-水资源管理-研究-华北地区 IV. ①S157 ②P33 ③TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 294900 号

书 名: 水土保持措施的水文水资源效应

著作责任者: 李子君 著

责任编辑: 王树通

标准书号: ISBN 978-7-301-21709-2/X·0057

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn>

新浪微博: @北京大学出版社

电子信箱: [zpup@pup.cn](mailto:zpup@pup.cn)

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765014

出版部 62754962

印 刷 者: 三河市北燕印装有限公司

经 销 者: 新华书店

965 毫米×1300 毫米 16 开本 12 印张 200 千字 插页 2

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子信箱:[fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

## 序

北方土石山区是我国主要水土流失类型区之一。海河流域由于下游京津冀经济区的快速发展,区域水资源严重短缺,流域水资源人均占有量不足全国平均水平的 1/7。治理水土流失,保障区域生态安全有重要的意义,但是各种水土保持措施对流域径流量的变化会有很大影响,如果处理不好势必使水资源短缺的矛盾更加加剧。近些年来,这已经成为各级政府以及学术界十分关注的热点问题和难点问题。

本书以华北土石山区的典型区域和密云水库的重要水源地——潮河流域为研究案例,探索了流域尺度上降水—产流、人类活动—产流之间的关系;建立了降水—径流经验统计模型来定量评估水利水土保持措施对流域年径流量的影响;预测评估不同水土保持措施配置方案在不同降水条件下对流域年径流量的可能影响,为回答上述问题做出了很好的科学尝试,迈出了可喜的一步,提供了较为坚实的科学依据,这对于严重缺水的我国北方地区的水土保持综合治理将具有重要意义,也标志着在这方面的研究已经取得了关键性的进展。目前国内还很少有人对此进行系统的研究,因此李子君博士的执著探索、努力奋进的精神值得赞赏。

我与李子君博士是在 2005 年参加由水利部、中国科学院、中国工程院组织的“中国水土流失与生态安全综合考察”时认识的,在 2005 年 8 月至 9 月,一个多月时间里,我们北方土石山区综合考察队行程近 1 万公里,先后考察了海河流域和淮河流域 21 个县的 72 条小流域。在此期间,李子君博士野外考察时不畏旅途辛苦,勤学好问,认真钻研相关科学问题;为了更多地了解当地情况,收集更多的相关资料,经常工作到很晚;由于她还参加了我们考察队的一些管理工作,是我们考察队中最辛苦的人之一,当时就给我们留下了非常深刻的印象。考察结束后,李子君博士会

经常提出一些科学问题进行探索和讨论,这也更好地增加了我们之间的了解,也为她的勤奋好学,锲而不舍的刻苦钻研精神所感动。

为了在科学研究中取得一点有新意的进展往往需要付出十分艰辛的努力,李子君博士8年以来一直致力于这方面的研究和探索,8年的时间在科学研究的长河中虽然不算长,但是对于一位年轻的博士,在成长的过程中,8年的时间还是很宝贵的。但是,经过8年多时间的坚持不懈努力,李子君博士已经取得了一些可喜的研究成果。完成了“水土保持措施的水文水资源效应”专著,这是值得祝贺的事情。

有幸能提前阅读本书的书稿,是很愉快的事情,也是一次很好的学习机会。书中的每一次分析都凝聚了李子君博士的辛勤劳动,每一个研究结果都是探索汗水的结晶。本书的正式出版,能很好地展示李子君博士所取得的研究成果,是很欣慰的事。当然,书中的不足之处还有待在今后的研究与实践中不断改进与提高,也盼望李子君博士能精益求精,在相关研究过程中能取得更大成就。

希望本书的出版能引起相关的学者、实际工作者以及广大读者的关注,相信会有利于推进相关研究的深入探讨,并使之向前发展。

中国科学院地理科学与资源研究所

蔡强国

2012年12月3日

## 前 言

随着人类对与土地有关的自然资源利用活动的不断加剧,作为陆地生命支撑系统主要组成部分的土地覆被在从区域到全球的多种尺度上都发生了显著变化,并不断改变着地球表面的生物、能量和水分等多种过程,进而影响到区域资源、环境、经济和社会的可持续发展。全球范围内的两大国际研究计划——“国际地圈生物圈计划”(IGBP)和“国际全球环境变化人文因素计划”(IHDP),其核心项目——“土地利用/覆被变化科学研究计划”的推行,使得土地利用/覆被变化(land use and land cover change, LUCC)在区域尺度上的环境效应越来越受到学术界的关注。水文水资源效应是 LUCC 的重要环境效应之一,流域尺度上 LUCC 水文水资源效应的研究是目前乃至未来几十年 LUCC 研究的热点和前沿问题。

20 世纪 80 年代以来,我国北方地区许多河流下游径流量快速减少,严重影响到地区水资源安全和经济社会的可持续发展。有关河川径流量变化及其影响因素的研究表明,河川径流量的变化除与气候变化有关外,还受土地利用/覆被变化(主要是流域上游生态建设,往往通过改变土地覆被方式来实现)和山区蓄水工程(水库、塘坝等)修建、流域水资源开发利用等人类活动的影响。水土保持作为一种重要的土地利用活动方式,是我国生态建设的主体工程,是可持续发展战略的重要组成部分,在减轻区域土壤侵蚀、改善农业生产条件、减轻下游水沙灾害等方面发挥了显著的生态、经济及社会效益。然而,水土保持生态建设对流域年径流量的变化有着直接或间接的影响。目前,我国政府在大力推行以改善流域生态为目的的上游/上风地区退耕还林还草、荒山造林、坡改梯等水土保持措施。这些措施对流域径流量变化的影响程度如何,是值得探讨的问题。随着流域水资源供需矛盾的日渐加剧,水土保持措施对地表径流的影响

与水资源短缺之间的博弈已成为人们关注的焦点之一,对于该问题的回答关系到流域管理的正确决策。

本书以华北土石山区的典型区域和密云水库的重要水源地——潮河流域为研究案例区,基于土地利用/覆被变化理论和水土保持措施的径流调控理论,以流域三期土地覆被数据为基础,借助 GIS 工具,对流域土地利用/覆被变化进行分析,探讨土地利用/覆被变化的驱动力机制;利用时间序列对比法对流域 1961—2005 年的水文特征及变化趋势进行初步研究,系统地分析引起流域径流变化的主要气候变化因素(降水、气温)和人类活动因素(水利化程度、用水量状况、水土保持措施的变化),探索流域尺度上降水-产流、人类活动-产流之间的关系;建立降水-径流经验统计模型来定量评估水利水土保持措施对流域年径流量的影响;利用坡面径流小区观测资料,进一步评估各项水土保持措施在不同降水条件下对流域年径流量的影响程度;预测评估不同水土保持措施配置方案在不同降水条件下对流域年径流量的可能影响,拟为流域水源地生态建设策略的调整提供科学依据。这对于严重缺水的我国华北地区而言,具有重要意义。

流域水土保持措施对河川径流量影响的研究是水土保持效益分析、LUCC 的水文水资源效应等研究的重要内容,是关乎生态建设重点区域水资源合理配置、生态改善、粮食安全等方面的重大学术问题,也是当前解决流域下游水资源供给与流域生态建设矛盾的重点和难点问题,是水土保持规划和有关部门决策的依据。近年来,在有关流域 LUCC 水文水资源效应方面的大量研究结果,反映出土地覆被变化对流域水文过程的影响在不同地带由于其不同的地域特性而不同,需要开展大量的典型区域的案例研究,不断深入总结经验和进行理论探索,寻找和建立 LUCC 对流域水文过程影响的一般性理论体系。

本书通过对我国北方暖温带半干旱半湿润地区中尺度流域典型案例的研究,模拟评估流域水土保持措施对年径流量的影响程度,进一步丰富了土地利用/覆被变化对流域水文过程影响的研究理论体系和研究内容。研究结果对流域综合治理具有一定的指导意义。

全书共分7章,包括绪论、研究流域概况、流域土地利用/覆被动态变化及其驱动力分析、流域水文特征变化及影响因子分析、水利水土保持措施对流域年径流量的影响——基于经验统计分析法的评估、水土保持措施对流域年径流量的影响——基于水土保持措施面积的评估、不同水土保持措施配置方案对流域年径流量的影响等内容;建立了适用于该流域的降水-径流经验统计模型,定量评估了水利水土保持措施对流域年径流量的影响程度,并对流域未来不同水土保持措施配置方案情景进行了模拟分析,对于合理评价水土保持措施作用、优化水土保持措施布局以及科学开展流域水土保持生态建设具有参考价值。

本书的出版首先要感谢“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD03A02)、国家自然科学基金项目(41101079)和山东省优秀中青年科学家科研奖励基金项目(BS2011HZ014)等课题的全面系列支持。衷心感谢中国科学院地理科学与资源研究所的李秀彬研究员、景可研究员、许炯心研究员、蔡强国研究员、杨勤业研究员和朱会义副研究员在本书写作中给予的悉心指导,诚挚感谢水利部海河水利委员会水土保持处的马志尊教授级高工和凌峰工程师在研究资料的收集和野外调查中给予的热情帮助和大力支持。特别感谢蔡强国研究员在百忙之中拨冗作序。

由于作者知识水平、能力有限,书中难免有不妥之处,恳请各位专家、学者和读者指正与赐教!

李子君

2012年8月于济南



# 目 录

<b>第 1 章</b>	<b>绪论</b> .....	001
1.1	研究背景 .....	001
1.2	土地利用/覆被变化的水文水资源效应 .....	007
1.3	水土保持措施的水文水资源效应研究进展 .....	014
1.4	研究内容与方法 .....	035
<b>第 2 章</b>	<b>研究流域概况</b> .....	038
2.1	研究流域范围 .....	038
2.2	研究流域在京津冀都市圈中的战略地位 .....	040
2.3	研究流域的自然地理概况 .....	041
2.4	研究流域的社会经济概况 .....	045
2.5	研究流域的水土流失和水土保持状况 .....	048
<b>第 3 章</b>	<b>流域土地利用/覆被动态变化及其驱动力分析</b> .....	057
3.1	流域土地利用/覆被变化总体特征 .....	057
3.2	流域土地利用/覆被变化的转移矩阵分析 .....	069
3.3	流域土地利用/覆被变化的驱动力分析 .....	076
<b>第 4 章</b>	<b>流域水文特征变化及影响因子分析</b> .....	086
4.1	流域径流特征及变化趋势分析 .....	086
4.2	流域气候变化对径流的影响 .....	089
4.3	流域人类活动对径流的影响 .....	096
4.4	降水变化和人类活动对流域径流影响的定量评估 .....	109

<b>第 5 章</b>	<b>水利水保措施对流域年径流量的影响</b> .....	113
	——基于经验统计分析法的评估	
5.1	水利水保措施与流域年径流量变化的时序耦合 关系分析 .....	114
5.2	基于经验公式法评估水利水保措施对流域年 径流量的影响 .....	116
5.3	基于径流系数还原法评估的水利水保措施之减水效应 .....	120
5.4	基于双累积曲线法评估的水利水保措施之减水效应 .....	121
5.5	基于不同系列对比法评估的水利水保措施之减水效应 .....	122
5.6	不同方法计算的水利水保措施之减水效应比较 .....	123
<b>第 6 章</b>	<b>水土保持措施对流域年径流量的影响</b> .....	125
	——基于水土保持措施面积的评估	
6.1	降水-水土保持-径流统计模型在流域的应用 .....	126
6.2	基于坡面径流小区试验评估水土保持措施对 流域年径流量的影响 .....	131
<b>第 7 章</b>	<b>不同水土保持措施配置方案对流域年径流量的影响</b> .....	153
7.1	不同水土保持措施配置方案的建立 .....	154
7.2	不同降水水平年流域不同水土保持措施 配置方案的减水量 .....	158
7.3	流域水土保持生态建设的政策启示 .....	159
<b>参考文献</b>	.....	161

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 研究背景

### 1.1.1 研究的学术背景

水土资源是人类赖以生存和发展的物质基础。由于人类对自然资源的过度利用,水土流失已成为世界性的环境问题(Greenland *et al.*, 1977)。我国是世界上水土流失最严重的国家之一,水土流失面积占国土总面积的 37%(王礼先等,2004)。严重的水土流失导致耕地面积减少、土地沙化退化;泥沙淤积江河湖库,加剧洪涝灾害;影响水资源的综合开发利用,加剧水资源的供需矛盾;恶化了生态环境,加剧了贫困;危及了生态安全;最终制约了经济、社会的可持续发展。水土保持是防治水土流失,保护、改良与合理利用水土资源的有效手段和途径。1980 年水利部提出以小流域为单元统一规划,综合治理水土流失。截至 2000 年底,全国累计治理水土流失面积  $86 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,水土保持发挥了显著的生态、经济、社会效益(刘震,2003)。开展水土保持,其初衷是保持农耕地的土地资源、提高土地的生产力(Greenland *et al.*, 1977; Troeh *et al.*, 1980);随着社会经济的发展,才逐渐扩展到水土资源的保护。在很长一段时期内,水土保持的效益更多的是考虑保护土地资源,对水资源的影响往往是被忽视的。如黄河中游水土保持,其根本目的是保土,减少入黄泥沙,没有考虑“黄河下游的径流量发生什么变化”这个问题。20 世纪 80 年代以前只考虑到水土保持有利于雨水资源的充分利用,而很少考虑水土保持措施对径流量的影响。

河川径流资源是保障区域经济社会可持续发展的重要物质基础。20世纪80年代以后,在气候变化和人类活动日益增强的影响下,我国北方地区许多河流下游径流量快速减少。如黄河下游多次发生断流,海河主要支流下游河床萎缩或干涸,严重影响到地区水资源安全和经济社会的可持续发展(夏军等,2004)。河川径流量变化的主要原因究竟是气候变化还是人类活动?与流域的水土保持有无关系?实施大规模水土保持措施后,究竟在流域产流方面能够带来多少量的变化?是否会加剧流域下游的水资源供需矛盾?这些问题引起了众多科技工作者和相关政府部门对当前推行的水土保持生态建设与水资源短缺之间关系的关注,学术界围绕着这些问题也展开了长期的争论。

黄土高原是我国生态建设的重点区域,20世纪90年代以后围绕着“黄土高原的水土保持与黄河断流之间的关系”问题,学术界展开了一场大讨论。有研究(李玉山,1997;李文学,1998;康绍忠等,1999;吴家兵等,2002)认为,黄土高原的水土保持综合治理开发目标在于减水减沙、提高本区降水利用率,而作物产量提高和人工林草植被的增加使得蒸发蒸腾增强而造成耗水量增加,这些都会造成黄河中游河段进入下游的径流量减少。黄土高原水土保持治理后,产流量可减少50%左右,而黄河中游黄土高原来水量占黄河总来水量的43%(其中严重水土流失区占33%),因此,其减流量对黄河下游断流的影响不可忽视。还有研究(贾绍凤,1994;刘万铨,1999;陈霁巍等,2000;梁小卫等,2003)认为,黄土高原水土保持的根本目的是蓄水拦沙,从而有减小地表径流量的趋势,但减水作用远小于其减沙作用。从长远看,水土保持的减沙作用有利于节省黄河下游的冲沙水量,为水资源的开发利用开辟新的途径,因此,黄土高原水土保持对黄河下游水资源利用非但没有不利影响,而且还具有“开源节流”的作用。山仑(1999)认为,黄土高原的水土保持综合治理与开发虽可减少一部分河川径流量(约占黄河年径流总量的4.8%),但不会对黄河下游水资源状况造成显著影响,当然也不会直接起到减缓断流的作用。景可等(2005)认为,大规模水土保持措施(林草地、梯田、淤地坝等)可有

效拦截降水,减少地表径流,预测到2050年黄土高原完成了各项水土保持治理任务后,每年减少入黄径流量 $60 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上。上述观点都承认黄土高原水土保持措施可减少黄河流域径流量,但争论的焦点在于减少的程度如何以及是否对黄河下游断流有影响。

水土保持作为一种重要的土地利用活动方式,是我国生态建设的主体工程,是可持续发展战略的重要组成部分,在减轻区域土壤侵蚀、改善农业生产条件、减轻下游水沙灾害等方面发挥了显著的生态、经济及社会效益。然而,水土保持生态建设对流域年径流量的变化有着直接或间接的影响。目前,我国政府大力推行以改善流域生态为目的的上游/上风地区退耕还林还草、荒山造林、坡改梯等水土保持措施,对流域径流量变化、调节洪峰和枯水径流的作用如何,是值得探讨的问题。

流域水土保持综合治理对下游水资源产生怎样的影响,至今学术界仍是各抒己见,还没有达成共识,但这又是当前解决流域水资源供需矛盾问题中一个亟待继续研究和迫切需要解决的科学问题。对该问题的深入认识有助于为建立流域综合治理与水资源变化相协调的机制、流域水资源高效利用与科学分配的理论与方法提供重要参考依据。水土保持措施对河川径流量影响的研究也是水土保持效益分析、土地利用/覆被变化和有序人类活动的环境效应等研究的重要内容,是水土保持规划和有关部门决策的理论依据,对流域综合治理具有指导意义。

### 1.1.2 研究的现实意义

北京是世界上严重缺水的大城市之一。近年来,北京市经济增长速度持续保持在9%以上,人口不断增加,人均水资源量不足 $300 \text{ m}^3$ ,相当于世界人均水资源占有量的 $1/30$ 和全国人均水资源占有量的 $1/8$ ,远远低于国际公认的人均 $1000 \text{ m}^3$ 的缺水下限<sup>①</sup>,缺水状况相当严重,水资源供需矛盾日益突出。特别是1999年以来,北京遭受连续7年(1999—

<sup>①</sup> 北京已连续8年干旱 4600万立方米晋冀水援京城. <http://city.sina.net/city/2006-10-13/75053.html>

2005年)干旱,年均降水量400mm左右;北京市市区主要供水水源——密云水库的入库径流量急剧减少,年均入库水量仅为 $2.51 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,供水形势非常严峻(见表1-1)。

表1-1 密云水库年均入库径流量

时 段	面平均降水量/mm	年均入库径流量/ $(10^8 \text{ m}^3)$	时 段	面平均降水量/mm	年均入库径流量/ $(10^8 \text{ m}^3)$
1950—1959年	614	21.06	1980—1989年	488	6.93
1960—1969年	509	12.24	1990—1999年	503	9.27
1970—1979年	535	13.67	2000—2005年	425	2.51

数据来源:各年《海河流域水文资料》。

2004年9月底,密云水库库存约为 $8.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,可供水量为 $3.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,离蓄水历史最高量 $30 \times 10^8 \text{ m}^3$ 相去甚远<sup>①</sup>。2005年8月22日,密云水库蓄水在3年来首次回升到 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,蓄水量虽然比2004年同期的 $7.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 多出近 $3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,但蓄水量只占总库容的25%,仍有3/4空着<sup>②</sup>。截至2006年10月下旬,密云水库蓄水量约为 $10.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,可供水量为 $6.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>③</sup>。然而北京一年用水量 $36 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,密云水库的涨水只是杯水车薪,北京城市供水缺口依然存在,水资源紧缺形势依然严峻。密云水库2003年从白河堡、遥桥峪、大水峪等水库调水 $1.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>④</sup>;2004年从白河堡水库向密云水库调水超过 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>⑤</sup>;2005年3月8日,白河堡水库向密云水库调水,此次调水历时22天,共 $4500 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,经白河河道入密云水库,这是自2003年以来,白河堡水库第五次

① 2004年全国主要江河9月份雨水情概况. <http://www.hydroinfo.gov.cn/shuiwen/20041009/40927.asp>

② 密云水库蓄水首超十亿立方米 北京缺水形势仍严峻. <http://www.china.org.cn/chinese/zhuanti/jxxq/953826.htm>

③ 北京已连续8年干旱 4600万立方米晋冀水援京城. <http://city.sina.net/city/2006-10-13/75053.html>

④ 密云水库蓄水5年首次回升. <http://www.ben.com.cn/BJRB/20050119/GB/BJRB%5E18863%5E5%5E19R511.htm>

⑤ 晋冀三水库今起调水入京 密云水库接水可供城区. <http://www.hwcc.com.cn/newsdisplay/newsdisplay.asp? Id=112575>

向密云水库输水,前四次输水量共计  $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>①</sup>。2006年10月13日,河北省云州水库提闸,水流沿白河经河北省赤城县至北京延庆县白河堡水库,最终将  $0.16 \times 10^8 \text{ m}^3$  水注入密云水库<sup>②</sup>。水资源紧缺已成为影响和制约首都社会经济可持续发展的主要因素。

密云水库作为北京市最重要的地表水水源地(北京市60%的饮用水来自密云水库),其来水量的多少直接影响北京的水资源可使用量。自20世纪50年代中期以来,密云水库流域年平均面雨量略有减少趋势,年入库径流量呈明显减少趋势(图1-1)。密云水库从1960—1969年的年平均来水量为  $12 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,减少至1990—1999年的  $9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。1980—1997年,密云水库流域年均降水517.3 mm,比1960—1979年的年均降水530.6 mm仅小13.3 mm,而年均来水量却减少  $3.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ (颜昌远,2002)。

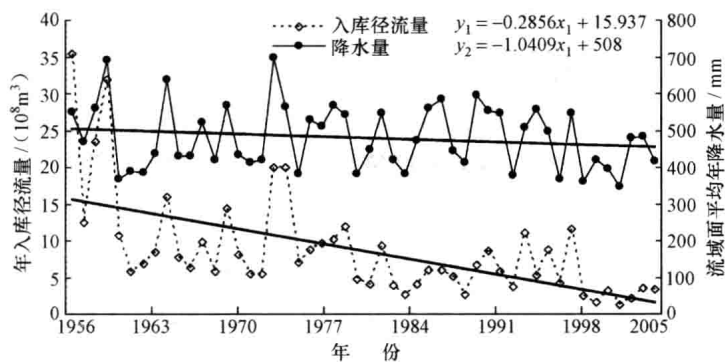


图 1-1 密云水库入库径流量、流域面雨量的时间变化

密云水库水量主要来源于白河和潮河。有关潮白河流域径流量变化及其影响因素的研究表明,河川径流量的变化除与气候变化(降水减少)有关外,还受土地利用/覆被变化(主要是流域上游水土保持综合治理等生态建设,往往通过改变土地覆被方式来实现)和山区蓄水工程(水库、塘

① 白河堡水库开始向密云水库调水。 <http://www.bjwater.gov.cn/showArticle.asp?ArticleID=2095>

② 晋冀8水库调水抵京 河北断流暂不影响京城。 [http://www.bj.xinhuanet.com/bjpd\\_sdzx/2006-10/24/content\\_8329418.htm](http://www.bj.xinhuanet.com/bjpd_sdzx/2006-10/24/content_8329418.htm)

坝等)修建、流域水资源开发利用等人类活动的影响(李丽娟等,2000;高迎春等,2002;吕洪滨,2004;张蕾娜,2004;车洪军等,2004;郝丽娟,2004;孙宁,2005)。

20世纪60—70年代,为了发展农田水利建设,密云水库以上的潮白河流域修建了许多水利工程。到1986年止,兴建大、中、小型水库49座,总库容量为 $2.66794 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;  $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上的塘坝55处,塘容量为 $259.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ ;另外,还有机井、大口井及人工渠等(中国环境科学研究院等,1988)。除此之外,国家和地方政府为防治水土流失、保护密云水库的水质,在流域内开展了大规模的水土保持综合治理。从20世纪80年代以来,该流域一直是我国“三北防护林体系建设”、“京津风沙源治理”、“21世纪初期首都水资源可持续利用规划”项目等水土保持重点建设工程区和“密云水库上游国家级水土保持重点治理区”。1988年,流域水土流失面积 $8403 \text{ km}^2$ ;截至2000年,累计水土保持综合有效治理面积达到 $2224 \text{ km}^2$ (海河流域水土保持监测中心站,2003)。水利工程的修建和水土保持措施的实施,除了对流域内的径流进行拦蓄外,还使流域土地覆被发生一定的变化,改变了径流产生与汇集的下垫面条件,对流域年径流量的变化、洪水径流和枯水径流有着直接或间接的影响。

半个世纪以来,白河、潮河的年径流量逐年减少,水资源短缺问题日益严重。潮白河流域的土地利用活动,尤其是旨在改善生态为目的的流域上游/上风地区退耕还林还草、荒山造林和坡改梯工程等所导致的土地覆被变化究竟对流域径流量变化的影响程度有多大?已修建的山区蓄水工程究竟在流域径流量变化的过程中起到什么样的作用?这些水利工程、水土保持措施对密云水库的蓄水量产生了怎样的影响?如何认识它们的作用和水源地保护的关系?随着潮白河流域水资源供需矛盾的日渐加剧,流域水土保持生态建设、蓄水工程建设对地表径流的影响与水资源短缺之间的博弈已成为人们关注的焦点之一。对于上述问题的回答,关系到流域管理的正确决策。深入研究这些科学问题,有助于统筹协调流域生态建设与下游地区水资源供给矛盾,这对于严重缺水的我国华北地



区而言具有重要意义。

基于上述现实问题,本研究选取占整个密云水库集水流域面积 31% 以上的潮河流域作为研究区域,分析研究影响潮河流域径流量变化的因素,定量评估水土保持措施对流域年径流量的影响程度,拟为区域水土流失综合治理、正确确定和调整流域水源地生态建设策略、合理安排和布设水土保持措施提供科学依据。研究结果将对我国北方暖温带半干旱半湿润地区生态建设策略的合理调整和水资源的有效利用及合理调控具有参考价值。

## 1.2 土地利用/覆被变化的水文水资源效应

随着人类对与土地有关的自然资源利用活动的不断加剧,作为陆地生命支撑系统主要组成部分的土地覆被在从区域到全球的多种尺度上都发生了显著变化,并不断改变着地球表面的生物、能量和水分等多种过程,进而影响到区域资源、环境、经济和社会的可持续发展(李秀彬,1996; Lambin *et al.*, 1999)。全球范围内有两大国际研究计划——“国际地圈生物圈计划”(IGBP)和“国际全球环境变化人文因素计划”(IHDP),其核心项目——“土地利用/覆被变化科学研究计划”的推行,使得土地利用/覆被变化(LUCC)在区域尺度上的环境效应越来越受到学术界的关注(Stohlgren *et al.*, 1998; 傅伯杰等, 1999; 于兴修等, 2004; Giertz *et al.*, 2005)。

LUCC 的重要环境效应之一是以水文效应出现的。在较长时间尺度上,气候变化对水文水资源的影响更加明显;但短期内,LUCC 是水文变化的主要驱动要素之一(Croke *et al.*, 2004; 李丽娟, 2007)。土地利用导致土地覆被变化,地表覆被的变化通过对蒸发和下渗的影响直接作用于水文过程(Gerten *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2007),进而影响到以水为因素的地表物质的迁移。由于 LUCC 过程的区域差异很大,因而 LUCC 的水文效应为多种形式和不同的时空尺度;如果伴以气候的短期或长期变