



于志民

Christoph Peisert 主编

余新晓

水源保护林 技术手册

中国林业出版社

于志民
Christoph Peisert 主编
余新晓

水源保护林 技术手册

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水源保护林技术手册/于志民等主编. —北京: 中国林业出版社,
2000. 6

ISBN 7-5038-2595-2

I. 水… II. 于… III. 水源涵养林-技术手册 IV. S727.21-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 34296 号

《水源保护林技术手册》编委会

主编

于志民 Christoph Peisert 余新晓

编委(以编写章次为序)

于志民	李正本	余新晓	高甲荣	谢宝元
王小平	彭祚登	马履一	蔡永茂	罗 晶
蔡宝军	王玉柱	张 真	冯仲科	陈丽华
Christoph Peisert	吴 限	孙 莹	李亚光	
张志强	范志平	秦永胜		

中国林业出版社出版发行

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

北京地质印刷厂印刷

2000 年 7 月第 1 版 2000 年 7 月第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 13.625

字数: 354 千字 印数: 1~1000 册

定价: 30.00 元

前 言

随着生产力水平的提高和科学技术的不断进步,现代社会经济发展与生态过程的联系日益密切,自然资源—生态环境—经济发展之间的矛盾已经成为制约各国经济持续发展的焦点。生态学理论是人类寻求解决当代重大社会问题的科学基础之一。粮食、能源、人口和工业建设所需要的自然资源及其相应的环境问题,都直接或间接关系到社会体制、经济发展状况以及人类赖以生存的自然环境。水资源危机、环境污染、生态平衡失调已经成为当今世界的普遍问题,其中由于人口增加、工农业发展所造成的水资源不足则是制约我国国民经济发展的的重要因素。

北京是我国的首都,也是我国严重缺水的40个大城市之一,人均占有水资源量不足 300m^3 ,是全国人均占有水资源量的 $1/8$,是世界的 $1/30$ 。北京在降水年际分布和年内分布上极不均衡,水资源的储蓄量难以依靠非工程措施加以调剂。入境水量逐年减少,占北京地区地表水可利用量90%的密云、官厅水库年平均入水量分别锐减到 $8\times 10^8\text{m}^3$ 和 $4\times 10^8\text{m}^3$,而且仍呈衰减趋势。用水需求量的过快增长,不得不连年超采地下水,造成以东郊为中心,形成了一个 $2\,000\text{km}^2$ 的漏斗区。再加之污水和垃圾无害化处理水平低,加剧了北京水资源的供需紧张局面。

北京属于森林面积小、森林覆盖率和森林效能较低的地区。建国初期北京森林覆盖率仅为1.3%,80年代初期,森林面积 $144\,000\text{hm}^2$,覆盖率为8.6%,到1998年森林面积已经达到 $471\,000\text{hm}^2$,覆盖率为28.1%。然而在现有森林面积中,69.5%是

中、幼龄林,山区70%以上是幼龄林,再加上山区立地条件差及森林布局、林分结构不尽合理,导致北京森林的蓄水、涵养水源、防止水土流失、防止山洪泥石流灾害及改善水质等生态效能较低。

森林资源的不足及其生态服务功能的低下和水资源利用中存在的大量问题,严重地恶化了北京地区的生态环境,形成水资源供求紧张的局面,制约着北京经济和社会的发展。

森林是可再生资源,经过人们的努力工作和大量人力物力的投入,森林面积可以由少变多,森林覆盖率可以从小变大,森林布局、林分结构可以由不合理到合理,森林的各种功能也才可以由低变高,最终使森林的生态服务功能得以充分发挥。实践已经证明,加快森林资源建设,不仅能还首都以碧水、青山、蓝天,而且能提高水资源利用效率,缓解水资源供需矛盾,极大地促进首都的生态环境建设和社会经济发展。

密云、怀柔水库已成为北京城市用水的主要水源,保护好这两盆清水有着重大战略意义。两库上游属潮河、白河和怀河三大水系,流域面积16 500km²,平均年入库流量10多亿立方米。其中,在北京市境内5 000km²,入库流量占入库总流量的60%左右。近几年来,水库由为工农业用水转变成成为城市生活用水提供水源,已成为首都城市发展的生命线。但是,由于集水区森林植被覆盖度低和人类活动的频繁干扰,一方面造成了水资源浪费,另一方面水库淤积、水质污染严重。因此,加强以保护流域水源的水量、水质和水源环境为主要目的的防护林工程建设,防治洪水灾害,减少水土资源流失和浪费,保证水库永续利用是首都经济发展的当务之急。

密云、怀柔水库区属暖温带半湿润大陆性季风气候,年降水量500~700毫米,降水量集中,6~8月降水量占全年的70%以上。海拔高度300~1 500m,属北方干旱瘠薄石质山区,多为花岗岩、片麻岩,土层薄,植被覆盖度低,森林生态服务功能低下。该地区自然灾害(暴雨、洪水、泥石流等)种类多且频繁,水土流失严重,多

年平均土壤侵蚀模数 $1\,200\sim1\,600\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$,每逢暴雨,洪水携带大量泥沙入库,严重威胁水库寿命,影响水质清洁。据统计资料,平均每年流入密云水库的泥沙为 527t ,最高年份的 1974 年达 $12\,980\,000\text{t}$ 。

密云水库集水区水源保护林体系建设是一项有战略性的重点工程,对保护集水区的蓄水能力、改善水质以及对北京市未来饮用水供给都有十分重要的意义。水源保护林建设在各级政府部门的高度重视和全体劳动者的积极参与下,从理论到实践都获得了长足的发展。从 1982 年林业部将潮河、白河流域的水源保护林列入“三北”防护林建设重点工程之一,北京市林业局制定“北京市密云、怀柔水库上游水源保护林建设总体规划”开始大规模的水源保护林建设工程以来,水源保护林建设突飞猛进,到 1997 年底,密云、怀柔水库水源保护林地区有林地面积已达 $278\,700\text{hm}^2$,比 1987 年增加 $121\,300\text{hm}^2$,林木覆盖率平均每年提高 2.7 个百分点。与此同时,北京市“八五”科技攻关专题——密云水库上游水源涵养林涵养水源与防止土壤侵蚀效益的系统研究,揭示了水源保护林的保水、保土与改善水质的作用,为水库集水区水源保护林的营造和经营管理提供了理论依据;国家科委“九五”科技攻关专题——华北土石山区水源保护林综合配套技术研究与示范,为集水区水源保护林的经营管理提供了可推广的模式;1998 年启动的“中国—德国技术合作项目——密云水库流域保护和经营,将从人工造林模式、封山育林育灌模式、森林经理模式、小流域综合治理模式、中幼林抚育模式、良种繁育基地建设、生态果园模式等 7 个方面为集水区的生态环境建设提供了可推广的最佳样板。

然而,由于库区范围内立地条件差异大,地质类型复杂,还有近 $133\,300\text{hm}^2$ 宜林荒山亟待绿化,今后水源保护林工程建设任务仍然十分繁重,条件将越来越艰苦,发展经济与水源保护和生态环境建设的矛盾也将更为突出,因此,必须加大投入,以建设一个依靠

森林植被涵养水源、改善水质、提高经济效益的高效的经济生态系统为目标。在技术措施方面,以工程措施与生物措施相结合,优化林种、树种结构,充分发挥林下和林间的空间与时间的潜力,争取最大的生态、经济和社会效益。在蓄水保土、净化水质的基础上促进经济效益的稳定增长,实现首都资源、环境和经济的可持续发展。

本书集中了中德技术合作——密云水库流域保护与经营项目和国家“九五”科技攻关专题的主要研究成果,汇集了水源保护林体系建设的一整套关键的技术措施,包括水源保护区生态经济分区、综合治理规划、林木育种与苗木培育、造林技术、经营管理技术、病虫害防治的生物防治技术、水源保护林生物工程的检查和验收、效益监测与评价、信息管理系统等诸多方面,由该项目有关的专家和部门领导组织编写而成,旨在为水源保护林的经营管理提供实用的技术指导。

编 者

2000年5月

目 录

前 言

1 水源保护区基本情况	(1)
1.1 自然地理条件	(1)
1.2 社会经济情况	(8)
1.3 林业资源现状	(9)
2 水源保护区生态经济分区	(13)
2.1 生态经济分区的基本思想	(13)
2.2 生态经济分区的方法及其指标体系	(18)
2.3 水源保护林分类与经营	(26)
3 水源保护区参与式流域综合治理规划	(39)
3.1 规划总则	(39)
3.2 流域生态经济综合调查	(41)
3.3 参与式流域土地利用规划	(49)
3.4 参与式治理措施规划	(52)
3.5 技术经济指标计算	(56)
4 林木育种与种苗培育	(85)
4.1 种源选择	(85)
4.2 优树选择	(92)
4.3 母树林和种子园建设	(96)
4.4 苗圃的建立	(106)
4.5 播种育苗	(111)
4.6 营养繁殖育苗	(124)
4.7 移植苗的培育	(127)

4.8	容器育苗和温室育苗	(130)
4.9	苗木出圃	(134)
5	水源保护林造林技术	(140)
5.1	造林调查设计	(140)
5.2	造林地立地条件的划分	(145)
5.3	造林树种选择	(147)
5.4	造林密度与配置	(150)
5.5	混交林营造	(154)
5.6	造林整地	(160)
5.7	造林方法	(165)
5.8	幼林抚育	(169)
6	水源保护林经营管理技术	(172)
6.1	抚育间伐	(172)
6.2	更新	(182)
6.3	次生林经营	(187)
6.4	封山育林	(193)
7	水源保护区经济林培育与管理	(200)
7.1	经济林果园建设	(200)
7.2	土壤管理	(211)
7.3	施肥	(214)
7.4	灌水与排水	(216)
7.5	花果管理	(217)
7.6	整形与修剪	(219)
7.7	病虫害防治	(226)
8	水源保护林病虫害管理	(233)
8.1	水源保护林病虫害管理概述	(233)
8.2	监测、预测及决策技术	(236)
8.3	生物防治技术	(244)

8.4	重要病虫害及其管理方法	(251)
9	水源保护区流域综合治理工程	(263)
9.1	坡耕地治理	(263)
9.2	荒坡治理	(269)
9.3	沟道治理	(273)
9.4	塘坝工程	(278)
9.5	山区中小河流治理	(283)
9.6	山区道路工程	(287)
10	水源保护区水资源开发与利用	(293)
10.1	水资源量的计算	(293)
10.2	坡面小型蓄排工程	(298)
10.3	山区灌溉工程	(304)
10.4	沟底小型蓄引工程	(318)
10.5	山区自来水工程	(321)
10.6	污水处理工程	(323)
11	水源保护林生物工程的验收	(337)
11.1	概述	(337)
11.2	验收内容与程序	(337)
11.3	技术要求	(342)
11.4	验收成果技术要求	(350)
12	水源保护林效益监测与评价	(359)
12.1	水源保护林生态效益监测	(359)
12.2	水源保护林经济与社会效益	(374)
12.3	水源保护林生态效益计算与评价	(377)
12.4	水源保护林经济效益监测与评价	(383)
12.5	水源保护林社会效益监测与评价	(388)
附录 1	水源保护林主要树种苗木培育技术细则	(393)
附录 2	水源保护林主要树种造林技术	(407)

附录 3 主要经济林果树树种(品种)低污染栽培与经营技术 细则	(416)
--	-------

1 水源保护区基本情况

密云、怀柔水库上游水源保护林工程，西起延庆县白河堡、大庄科和昌平区黑山寨、下庄；东到密云县新城子、大城子；南到密云、怀柔水库林场，潮河、白河、怀河北京市境内流域范围地理坐标为北纬 $40^{\circ}14' \sim 41^{\circ}05'$ ，东经 $116^{\circ}07' \sim 117^{\circ}30'$ ，总面积 $4\,498\text{km}^2$ ，占全市总面积的 27%。

1.1 自然地理条件

1.1.1 地质地貌

水源保护区地处北京的北部，北部山地称燕山。山脉近似东西走向，山体较分散，主要组成物质有花岗岩、片麻岩、砂砾岩、石灰岩，山脉中间镶嵌着山间盆地和谷地，地形比较开阔。

密云水库上游有潮河和白河水系，怀柔水库上游为怀河水系。潮河水系有潮河、安达木河、清水河、牯牛河等支流；白河水系有白马关河、白河、琉璃河、汤河、天河、菜食河、黑河和红旗河等支流。怀河水系有怀沙河和怀九河支流。

密云水库上游流域处在内蒙古地轴东段和燕山台褶带上，经过漫长的各个地史阶段的构造变动，形成了复杂的构造格局。内蒙古地轴和燕山台褶带经历了各自独特的演化过程。燕山台褶带自中生代起经历了大规模的断裂活动和猛烈的岩浆爆发侵入活动，地表层断裂，褶皱和岩浆侵入均有显示。由于地壳运动加之长期风雨侵蚀等外力作用，使水库流域内地表形成了山峦起伏、断裂纵横、岭谷

相同的地貌景观，河流发育成树枝状格局。

流域地势西北高、东南低，河流走向与山脉的走向相一致。西北部以海拔 1 000~2 290m 的中山为主，著名的山峰有雾灵山 (2 116m)、云雾山 (2 047m)、东猴顶山 (2 293m)、海陀山 (2 200m) 等 10 多座山峰，东南部多分布低山、丘陵和部分平原。流域一般高程约在 1 500m 以上。属侵蚀构造地貌类型。流域内 83.6% 的面积为中、低山地和丘陵。

丘陵山地坡度大都在 20°~35°，而潮河、白河河岸的坡度为 70°~90°，河床平均坡降为 4.3/1 000。

流域内以山地为主，影响水库的地形地貌因子主要是库区周围的丘陵和低山，以及水库上游占绝大多数的中山区。

1.1.2 气候

水源保护区属温带半湿润季风型大陆性气候。气候温和，无霜期长，日照充足，水热同期，一年可三季造林。气候特点是，冬季寒冷干燥，秋季天高气爽，夏季炎热多雨，春季干旱多风。由于山势起伏，地形复杂，以至气温、降水等要素的时空变化很大，对造林亦产生影响。

年平均气温为 8.5~9.5℃。全年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 3 385~4 210℃。无霜期差异较大，一般在 150 天左右。

水源保护区内多年平均降水量为 488.9mm，降水分布一般是从东南向西北递减，年均降水在 300~700mm，赤城县最小，一般不足 400mm，潮河和黑河流域较多，可达 600~700mm。流域内 6~8 月降水约 300~400mm，占全年降水量的 65%~75%，多雨年与少雨年之比约 2.4:1。

北京市境内库区年平均降水量 660mm。年降水变幅大，最多为 1 406mm (1959)，最小为 242mm (1869)，丰水年的降水量是枯水年的 5.8 倍。年降水量平均距平为 100.4~160.7mm，相对变率为 20%~25% (表 1-1)。

水源保护区基本情况

表 1-1 流域降水变率

测 站	年平均降水量 (mm)	平均距平 (mm)	相对变率 (%)	年 代	年 数
怀 柔	690.8	158.1	23	1953~1989	37
密 云	653.8	147.9	23	1950~1989	40
古北口	638.4	148.4	25	1958~1989	32
延 庆	487.7	108.5	22	1951~1989	39
汤河口	492.7	100.4	20	1959~1989	31

降水年内分配极不均匀, 全年降水量 80%~85%, 集中在汛期(6~9月), 并多以暴雨形式出现(表 1-2)。

表 1-2 北京降水量年内分配统计表

时 段	1 年	6~9 月	其中 30 天	最大 3 天	最大 1 天
占全年总降水量的 百分比 (%)	100	85~93	40~70	14~30	10~20

降雨历时短, 强度大, 有时一次降水量可占全年的 60%~70%。暴雨中心多出现在九松山(密云)、溪翁庄(密云)、枣树林(怀柔)、千家店(延庆)一带。如怀柔枣树林为 97mm/24h(图 1-1)。

由于受山脊地形的影响, 这些山脊成为东南气流运行的天然屏障, 从而形成山前(迎风坡)多雨带, 往往形成暴雨中心。密云县境内的库区暴雨中心多出现在九松山、石城、番字牌等处, 这些暴雨中心最大 24h 暴雨量为 200~300mm, 个别暴雨中心可达 400mm 以上。实测 1h 的暴雨量: 密云站(103.1mm, 1952 年 7 月 2 日), 古北口(97.0mm, 1957 年 7 月 24 日)。致使这些局部地区频繁发生山洪、泥石流等灾害。大气相对湿度年均值约为 69%~70%, 年水面蒸发量 1614mm, 陆地蒸发量 380mm。

北京市境内各季节主要气象要素及降水量见表 1-3。汛期暴雨出现频率见表 1-4。北京市境内降水量及蒸发量均大于全流域值。

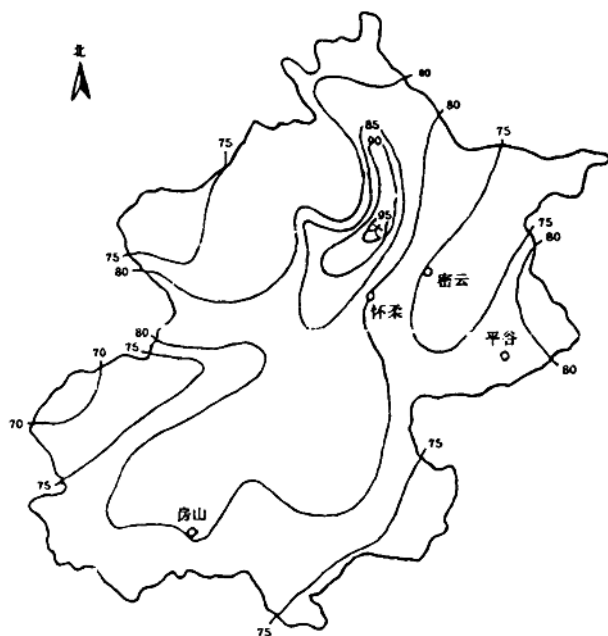


图 1-1 北京地区暴雨平均强度分布 (mm/24h)

表 1-3 水库上游北京市境内主要气象要素值

项 目 \ 季 节	春	夏	秋	冬	全年
平均气温 (°C)	12.3	24.6	11.4	-4.9	10.9
总日照 (h)	787.5	737.5	677.2	599.8	2 801.8
辐射总量 (kJ/cm ²)	176.6	178.7	118.4	89.5	563.2
降雨总量 (mm)	56.0	504.5	90.8	8.4	659.7
占全年 (%)	8.5	76.5	13.7	1.3	100
蒸发量 (mm)	625.1	617.3	348.5	165.3	1 783.2

注：摘自《京津周围地区密云县造林绿化总体规划》。

表 1-4 汛期暴雨出现频率

项 目	6 月		7 月			8 月			9 月			全 年
	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	全年
平均次数	—	0.05	0.14	0.57	0.43	0.24	0.24	0.19	0.05	0.05	—	2.00
频率(%)	—	2.4	7.1	28.6	21.4	11.9	11.9	9.5	2.4	2.4	—	—

注：据北京市水资源协作组，1983年2月。

除暴雨易成灾外，过长时间的连续降水过程，也是水库上游北京市境内的成灾降雨的一种形式（表 1-5）。

表 1-5 连续降水日数和降水量

项 目	地 点			
	古北口	延 庆	密 云	昌 平
连续日数（天）	10	8	10	9
起止日期（日/月）	(1~10) / 8	(3~10) / 8	29/7~7/8	29/7~6/8
降水量（mm）	171.6	230.7	236.3	366.2
年 份	1964	1963	1959	1958

流域内气候的垂直分布明显。流域气候大致可划分为两个气候带，即北部为中湿半干旱森林草原气候带，南部为暖湿半湿润山地气候带，以马营、独石口为界。

海拔 700m 以下的山地属暖温带半湿润类型， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温在 3 500 $^{\circ}\text{C}$ 以上；海拔在 700~1 000m 山地属中温带半湿润类型， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温为 1 700~3 500 $^{\circ}\text{C}$ ；海拔在 1 000~1 900m 属寒温带半湿润类型， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温小于 1 700 $^{\circ}\text{C}$ ；超过 1 900m 的亚高山草甸地区属于冷温带半湿润类型。

1.1.3 土壤和立地条件

山地土壤主要有山地草甸土、棕壤、淋溶褐土、粗骨褐土和碳酸盐褐土，有机质和速效钾含量较高，速效磷含量低。土壤垂直分布十分规律，自高而低为：山地草甸土、山地棕壤、粗骨性棕壤，淋溶褐土、粗骨性淋溶褐土。山地垂直分布大体为：海拔 1 500m 以上

是草甸土，植被以苔草、杂草类为主，土层深厚，气候阴冷多风，仅适于育灌、育草；800~1 500m 和 500~800m 的阴坡为山地棕褐土，一般土层较厚。植被较好，土壤肥沃、湿润，适宜发展林业；800m 以下的阳坡和 500m 以下的低山丘陵，多为山地褐土和粗骨土，由于人为活动频繁，植被稀疏，水土流失严重，土壤干旱瘠薄，是亟待绿化且绿化难度较大的地带。

在水源保护区无林荒山中，低山占 78.2%，中山占 21.8%。在占 78.2% 低山类型的无林荒山中，阳坡为 48.5%，阴坡为 29.7%。在水源保护区无林荒山中，土壤属于薄土类型的面积为 65 400hm²，占 56.0%，中土类占 41.8%，厚土类仅占 2.2%。土壤属于薄土、基岩母质坚硬类型的面积为 27 900hm²，占 24%，其中阳坡为 18.1%，阴坡 5.9%。换句话说，在水源保护区无林荒山中，属于阳坡薄土坚硬的立地类型面积为 21 066hm²，占 18.1%，约为 1/5。这一类型土地的立地条件相当差，不适合于常规方法造林，只能采取特殊方法如爆破造林，或采取封山养草措施。

1.1.4 植 被

植被是反映自然环境变化的一项重要因素。水源保护区地带性植被为暖温带落叶阔叶和常绿针叶林，因长期受人为影响，原始植被类型已不多见，现在自然植被多为松栎林、杨桦林或灌丛草本群落。山地自然植被的分布规律受地形、气候及土壤的影响甚为显著，特别是坡向和海拔高度制约着水热条件，从而构成自然植被有规律的垂直分布。海拔 1 700~1 800m 以上的阳坡和 1 400~1 650m 以上的阴坡，原生植被为落叶松和云杉林，由于人类干扰和破坏，已演替为山顶杂草草甸和桦木林、杨桦林等。海拔 800~1 000m、1 700~1 800m 的阳坡和 650~800、1 400~1 650m 的阴坡，原生植被为辽东栎、蒙古栎和油松，被破坏后，形成大面积的杂灌丛。仅在局部适宜地区生长有辽东栎次生林和人工林。在低山区，原生植被为油松，破坏后，阳坡为荆条灌丛，进一步破坏，则逆向演替为黄草、白