

## 北京密云水库集水区景观生态分类

刘凤芹<sup>1</sup>, 吴 伟<sup>2</sup>, 鲁绍伟<sup>3</sup>, 倪志云<sup>4</sup>, 王玉华<sup>4</sup>, 鲁少波<sup>4</sup>

(1. 秦皇岛外国语职业学院, 秦皇岛 066311; 2. 北京市水务局潮白河水库管理处, 北京 101300;

3. 北京林业大学 水土保持学院水土保持与荒漠化防治教育部重点开放实验室, 北京 100083;

4. 河北省林业局, 石家庄 050081)

**摘 要:**景观生态分类是研究景观健康的基础, 它不仅要强调景观空间结构的分异, 还应该突出景观功能与过程的关联统一。以遥感影像和地形图件为基础, 结合二类资源清查资料和 GPS 实地布点, 借助于 ARC View 和 Fragstats 软件, 对集水区森林景观进行了结构分类, 并结合生态经济分区, 按照分类经营和森林景观健康评价需要, 将集水区森林景观归并为生态型、经济型和生态经济型三种功能类型。集水区森林景观多样性指数为 2.163 6, 均匀度指数为 0.688 3, 优势度指数为 0.682 6, 斑块密度为 0.114 6, 分形维数为 1.047 6, 各种森林景观类型受人类活动干扰普遍较为严重, 景观斑块面积较破碎、形状较规则。分类结果为诊断和维护森林景观健康奠定了良好基础。

**关键词:**森林景观; 分类; 结构; 功能

中图分类号: S718; P901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)04-0133-04

## Landscape Ecological Classification in Beijing Miyun Reservoir Catchment

LIU Feng qin<sup>1</sup>, WU Wei<sup>2</sup>, LU Shao wei<sup>3</sup>, NI Zhi yun<sup>4</sup>, WANG Yu hua<sup>4</sup>, LU Shao bo<sup>4</sup>

(1. Qinhuangdao Foreign Languages Professional College, Qinhuangdao 066311;

2. Management Office of the Chaobai Reservoir of Beijing Water Affairs, Beijing 101300

3. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating,  
Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083;

4. Forestry Department of Hebei Province, Shijiazhuang 050081, China)

**Abstract** Landscape ecological classification is the base for the study of its structure and functions as well as health condition. It is partial for many people devoted to this theme to emphasize either the heterogeneity or the properties of landscapes, since landscape ecological classification integrated both the spatial heterogeneity and the process relations. The forest landscape in Beijing Miyun reservoir catchment were classified based on remote image and digital topographical map under the working plat of ARC View and Fragstats, and some information of forest field survey and GPS locations were also used in this work. By this, some assessment of landscape health can be done aimed at each type. The forest landscape was merged into three types according to eco-economic requirements, which are named ecological-oriented forest landscape type, economic-oriented forest landscape type, eco-economic-oriented forest landscape type. The indexes of forest landscape diversity, evenness, dominance are 2.1636, 0.6883 and 0.6826. The patch density is 0.1146 and the value of fractal dimension is 1.0476. These figures imply that the forest landscape in this region has been seriously disturbed by human beings, resulting in area fragments and regular shapes. The classification has made a good base for diagnosing and maintaining forest landscape health.

**Key words** forest landscape; classification; structure; function

景观生态分类是研究景观结构与功能、诊断景观健康的基础, 是土地(生态)分类的深化。长期以来, 基于不同的知识背景和应用目标, 人们对土地类型划分进行了多种理论与实践应用尝试, 概括起来主要有两种: 功能导向型和结构导向型。前者着眼于土地类型形成的自然因素和社会因素, 以土地形成的关联性和相似性为主要分类依据后者则主要以土地空间形态的相似相异性为划分依据, 从外部形态上强调同一类型内部特征的均质性和不同类型之间的异质性。

### 1 景观分类研究进展

#### 1.1 功能导向型分类

功能导向型分类主要以气候、地质、地貌、水文、植被等为划分指标<sup>[1,2]</sup>。Westhoff 从动植物区系入手, 依据景观自然度将景观划分为自然景观、亚自然景观、半自然景观和农业景观, Van der Maarel 则在此基础上对自然度作了进一步量化研究<sup>[3]</sup>。我国学者在 20 世纪 80 年代初编制 1:100 万

\* 收稿日期: 2005-10-25

作者简介: 刘凤芹(1972-), 女, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 应用数学与地理信息系统; 责任作者: 鲁绍伟(1972-), 男, 博士, 高级工程师, 硕士生导师, 研究方向: 森林生态与森林水文。

土地类型图时,依据水热条件和生物气候带、地貌、土壤和植被,建立了 3 级土地生态分类体系<sup>[4]</sup>。徐化成、阎传海等人还据此分别对西北平山卸甲河流域和山东南部地区进行了土地分类实践<sup>[5-8]</sup>。

1976 年,在加拿大召开了第一次生态土地分类会议,会议强调把土地视为特殊的生态系统,重视土地的生态属性和生态功能,选用土地的空间、形态、发展和功能 4 种特征属性<sup>[9]</sup>。荷兰学者 zonneveld 根据土地的生态属性和等级差异,将土地类型划分为生态元(ecotope)、土地相(land facet)、土地系统(land system)和主要景观(main landscape)4 个等级<sup>[10]</sup>。我国学者王仰麟从农业生态角度将景观(土地)生态系统划分为生产型、保护型、消费型及调和型 4 种<sup>[11]</sup>。

随着景观生态学的发展,景观生态分类也越来越注重人文因素对景观形成的重要影响。查别林和波格丹诺夫基于人类与景观的相互关系,把景观划分为自然景观和文化景观<sup>[12]</sup>。O. Schluter 在此基础上探索了原始自然景观到人类文化景观的演变过程,并最早把人类创造景观的活动提升到了方法论原理上来<sup>[11-21]</sup>。肖笃宁等按照人类影响强度将景观划分为自然景观、经营景观和人工景观 3 大类<sup>[13]</sup>。

## 1.2 结构导向型分类

这种分类方法多以土地覆盖或土地利用类型为依据。Forman 直接把土地利用现状作为景观生态类型划分依据,划分出了城郊、水田、草地、森林、湖沼和工业景观等 6 种景观类型<sup>[14]</sup>。前苏联景观地理学家基于将地形地貌与植物群落组合,提出了自然区以下尺度土地单元的等级与类型划分的景观学说,将景观分为高山、中低山、山麓和山区洼地 3 级<sup>[12]</sup>。

随着“3S”技术的发展,越来越多的人直接用以遥感数据为基础的地表覆盖特征数据进行景观分类。Nellis 等借助于多光谱 MSS 数据、TM 数据和航片,利用构造对比的运算法则(textural contrast algorithms)进行景观分类和空间格局分析<sup>[15]</sup>。德国的 Olaf Bastian 等<sup>[16]</sup>从物理地理的角度,利用 GIS 对景观单位进行分类和制图,作为区域规划管理的有效工具。我国学者王岩松等<sup>[17]</sup>采用多时相 NOAA 数据和地理空间数据分析大尺度景观类型变化,取得了很好的效果。王兮之等<sup>[18]</sup>借助于 SPOT4 多光谱遥感数据、GPS 地面控制点和地面景观类型实测数据,应用 ERDAS IMAGINE 图像处理软件,完成了策勒绿洲景观的分类与制图工作。孙玉军等<sup>[19]</sup>将数字化地形图、林相图与森林资源二类调查资料相结合,以 Mapinfo 为工作平台实现了景观定量分类。

综上所述,无论是功能导向分类还是结构导向分类,都有失偏颇。前者侧重于土地发生本质,忽视土地空间形态,后者侧重于景观空间形态,忽视景观发生本质<sup>[6,20]</sup>。造成景观类型划分或者边界难以确定,或者景观类型功能属性杂乱无章。相比较而言,加拿大的生态土地分类方法较为完善,既考虑到了生态土地单元的鉴定和划界标准,又考虑到了土地的空间形态、发生发展过程和功能属性的差异,并从上而下划分出了确定景观的重要功能单位,满足不同尺度的要求,对我国景观生态分类具有一定的借鉴和指导意义。

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 研究地区概况

研究地区位于北京市密云县境内的密云水库上游,处于 116°31'~117°31' E 和 40°13'~40°48' N 之间。气候类型属于暖温带半湿润季风型气候,年平均温度 10.5℃,平均最低温 -18℃,平均最高温 38℃,无霜期 176 d,多年平均降水量 669 mm,主要集中在 6~8 月份,雨热同期。地带性植被为

暖温带落叶阔叶林区,现状植被以灌木丛为主。主要人工植被为油松(*Pinus tabulaeaeformis*)林和刺槐(*Robinia pseud-oacacia*)林。土壤为褐土和潮土。

### 2.2 研究方法

以 2001 年 5 月拍摄的 1:10 000 Landsat TM/ETM 数据遥感图像和 1:10 万地形图为基础,借助于密云县 2000 年二类调查资料以及 GPS 实地布点,以 Arc View 为地理空间信息分析平台,制作成土地利用现状图,初步确定景观要素的范围和类型,构建分类体系,在分析各类指标特征的基础上,通过聚类分析确定分类结果,最后依据类型单元指标,确定其功能归属。

## 3 景观生态分类体系

密云水库集水区森林景观既有改善生态环境、涵养水源、改善水质、防止土壤侵蚀的生态功能,又有为人类提供物质产品、满足集水区经济建设需要的生产功能。不同森林景观类型其主导功能需求也就不同。因此,森林景观健康诊断与维护必须坚持分类经营的原则,划分出不同的森林景观类型,才能充分发挥出集水区森林景观的涵养水源、保护水质的生态功能和提供经济服务的生产功能。

在整个集水区研究尺度上,森林景观空间分异主要受地貌和土壤及人类活动的影响。地貌、气候是产生地域分异的主导因子,它制约着光、热、水的再分配和地面物质的迁移,决定了森林景观的分布范围和大致空间格局,而人为活动则主要是基于水源保护和经济发展的双重需求,在一定程度上影响小尺度上的森林景观的内部结构分异。

因此,集水区森林景观生态分类应在森林景观空间结构与功能服务统一的基础上进行。空间结构是基础,功能服务是目标。

本研究中,景观结构性分类采用的指标包括景观斑块的面积、周长、斑块密度、斑块平均面积、分形维数等,描述景观要素的空间分布与构型。其中,斑块密度,即单位面积上的斑块数量,反映了景观的空间割裂程度,斑块密度越大,则景观空间割裂程度越大。分形维数,反映了斑块形状的复杂程度,一般在 1~2 之间,值越小,说明斑块形状越规则。各指标由 Fragstats 景观格局分析软件计算。

景观功能性分类是以景观结构性分类为基础,根据集水区水源保护和经济发展相统一的原则,综合森林景观的生态功能和社会经济功能,归并森林景观类型,具体指标包括,森林景观初级生产力、水土流失率、水质状况、森林景观主要经营目标等。在本研究中,森林景观功能分类是在余新晓、于志民等生态经济分区的基础上进行的<sup>[21-23]</sup>。

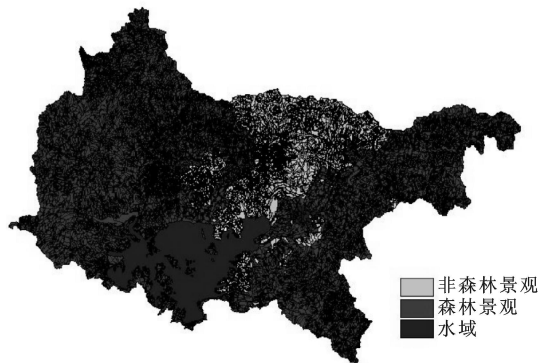


图 1 密云水库集水区森林景观一级类型

## 4 景观生态分类指标分析与结果

在 Arc View 平台中,按照土地利用属性,将集水区景观

类型划分为森林景观、非森林景观和水域 3 种(见图 1)。各种景观类型的空间属性特征如表 1 所示。

从表 1 可以看出,集水区内森林景观占 71.76%,属于集水区主要景观类型,对于保护密云水库水源具有重要作用,森林景观的斑块分形维数趋近于 1,表明这些景观类型受人类活动干扰较为严重,斑块形状趋于规则化。水域的斑块密度最小,表明以密云水库为主体的水域景观基本保持互联互通,空间割裂程度最小。

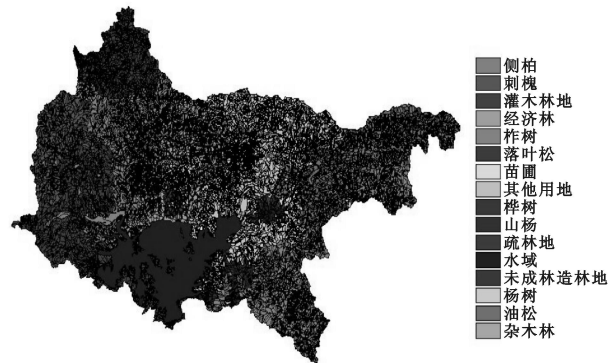


图 2 密云水库集水区森林景观二级类型

进一步细化土地利用类型中的林地景观类型,以森林小班为分类单元,各小班中的优势树种为分类依据,分类结果如表 2 所示,共包括 14 个森林景观类型(见图 2)。整个森林景观的均匀度指数为 0.688 3,优势度指数为 0.682 6,多样性为 2.163 6,斑块密度为 0.114 6,分形维数为 1.047 6,斑块平均面积为 8.722  $\text{hm}^2$ 。表明,集水区类森林景观多样性相对较大,景观受人类活动干扰较严重,斑块面积较破碎,形状趋于规则。其中,灌木林地、柞树、油松、经济林和侧柏景观类型所占面积比例相对较大,是整个森林景观中的优势景观类型。桦树景观类型面积最小,仅占整个森林景观类型面积的 0.05%,但分形维数最大,受人类干扰相对较少,斑块形状较复杂。苗圃地景观斑块数量最少,但所占比例却相对较大,斑块平均面积达 11.53  $\text{hm}^2$ (因数量太少,故未做分形分析)。其他各森林景观类型斑块分形维数都趋近于 1,说明集水区类各森林景观类型受人类活动干扰程度普遍较为严重。

表 1 集水区一级景观生态分类

景观类型	斑块数量	斑块面积 / $\text{hm}^2$	面积比例 /%	斑块周长 /m	斑块密度/ ( $\text{个} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	平均面积/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{个}^{-1}$ )	斑块 分维数
森林景观	12109	107739.3	71.76	209168.4	0.1124	8.90	1.0476
非森林景观	3304	25888.7	17.24	60720.0	0.128	7.83	1.1782
水域	79	16554.3	11.02	4885.7	0.005	212.18	1.2764
合 计	15492	150174.8	100	269520	0.103	9.69	

余新晓、于志民等(2001)选用海拔、降水量、工农业产值等 69 个自然与社会经济指标,将密云水库集水区划分为 5 个生态经济区和 8 个生态经济亚区。

在此基础上,选用斑块密度、斑块分形维数、景观多样性指数为聚类分析因子,并根据分类经营理论和森林景观健康评价需要,将密云水库集水区森林景观归并成以下三种类型(见图 3):

(1)生态型森林景观:位于山高、坡陡、立地条件差、森林植被恢复困难的地段。集水区内主要河流及其支流林线上下 200~500 m 的范围,尤其是在沟头和坡度大于 35°的地段的森林景观,都属于此范畴。涵盖了侧柏、刺槐、油松、柞树、杨树、山杨、桦树、落叶松、杂木林、疏林地、灌木林地、未成林造林地等 12 个二级森林景观类型。此类森林景观健康评价将侧重于涵养水源、保持水土、改善水质和美化环境等功能。

表 2 集水区二级景观生态分类

景观类型	斑块数量	斑块面积 / $\text{hm}^2$	面积比例 /%	斑块周长 /m	斑块密度/ ( $\text{个} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	平均面积 ( $\text{hm}^2 \cdot \text{个}^{-1}$ )	斑块 分维数
刺槐	776	6794.9	6.30	13373.5	0.114	8.75	1.0814
柞树	1995	20385.3	18.92	35644.3	0.098	10.22	1.055
侧柏	1526	14683.1	13.63	26741.8	0.104	9.62	1.038
杨树	477	1964.5	1.82	8156.0	0.152	6.58	1.2976
山杨	300	3145.1	2.92	5254.3	0.095	10.48	1.0324
油松	2070	16656.0	15.46	33347.1	0.124	8.05	1.0952
桦树	6	53.1	0.05	127.7	0.113	8.85	1.4454
落叶松	112	1101.3	1.02	1973.7	0.102	9.83	1.1276
杂木林	50	610.9	0.57	1071.0	0.082	12.22	1.0452
经济林	2112	16814.1	15.61	35438.7	0.126	7.96	1.1042
疏林地	18	154.3	0.14	287.3	0.117	8.57	1.0658
灌木林地	2643	25196.1	23.39	47434.1	0.105	9.53	1.0744
未成林造林地	21	150.4	0.14	318.9	0.140	7.16	0.9768
苗圃	3	34.59	6.30	54.82	0.087	11.53	-
合 计	12109	107739.3	100	155873.8	0.1146	8.722	1.0476

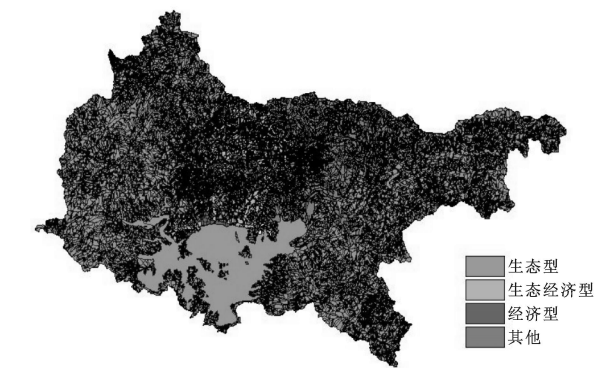


图 3 密云水库集水区森林景观功能类型

(2)经济型森林景观:位于立地条件较好、坡度不大于 15°、水土流失率低的地区。以经济林景观为主。此类森林景观健康评价将侧重于森林生产能力等。

(3)生态经济型森林景观:位于立地条件一般、人地矛盾较为突出,存在潜在土壤侵蚀危险,坡度介于 15~35°之间的地区。以经济林、苗圃景观为主。此类森林景观健康评价将兼顾涵养水源、净化水质和森林生产力两个方面。

其中,生态型森林景观是集水区的主导景观类型,占整个森林景观的 84.19%,其斑块平均面积和斑块分形维数都相对较大。经济型森林景观面积比例最小,斑块平均面积和分形维数也最小,表明此类景观受人类活动干扰最为严重。

表 3 集水区森林景观生态功能类型

景观类型	斑块数	总面积 / $\text{hm}^2$	面积比例 /%	总周长 /m	斑块密度/ ( $\text{个} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	平均面积 / $\text{hm}^2$	分形维数
经济型	839	6335.91	5.88	13518.97	0.2016	7.55	1.5028
生态经济型	1302	10695.94	9.93	22370.76	0.3183	8.22	1.5415
生态型	9968	90713.59	84.19	173326.25	0.2417	9.10	1.5475

5 结论与讨论

(1)根据集水区地貌与气候分异,将集水区划分成了森林景观、非森林景观和水域景观三类。

(2)以森林小班为界、各小班优势树种为依据,将集水区森林景观划分为 14 个森林景观二级类型,森林景观多样性指数达 2.163 6,均匀度为 0.688 3。其中,灌木林地、柞树、经济林和油松面积比例相对较大,是集水区主要景观类型。桦树景观面积最小,但受人类干扰较少,分形维数达

1.445 4.其他各森林景观类型斑块分形维数都趋过于 1,斑块形状趋于规则。

(3) 在生态经济分区的基础上,将各森林景观类型按分类经营和健康诊断要求归并为生态型、经济型和生态经济型

#### 参考文献:

- [1] 贾宝全, 杨洁泉. 景观生态学的起源与发展[J]. 干旱区研究, 1999, 16(3): 12 - 18.
- [2] 肖笃宁. 论现代景观科学的形成与发展[J]. 地理科学进展, 1999, 19(4): 379 - 384.
- [3] 许慧, 王家骥. 景观生态学的理论与应用[M]. 北京: 中国环境科学出版, 1993.
- [4] 中国 1:100 万土地类型图(地貌、植被、土壤)制图规范[M]. 北京: 测绘出版社, 1989.
- [5] 徐化成, 秦勇, 郑均宝. 生态土地分类及其在林业上的应用前景[J]. 林业科学, 1998, 34(1): 1 - 8.
- [6] 阎传海. 山东南部地区景观生态的分类与评价[J]. 农村生态环境, 1998, 14(2): 15 - 19.
- [7] 阎传海. 淮河下游地区景观生态评价[J]. 生态科学, 1999, 18(2): 46 - 52.
- [8] 阎传海. 江苏北部景观生态评价[J]. 徐州师范大学学报, 1999, 17(2): 42 - 46.
- [9] Roll J S(林超译). T 加拿大生态分类的理论[J]. 地理译报, 1986, (1): 17 - 22.
- [10] 赵弈, 李月辉. 实用景观生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [11] 王仰麟. 景观生态分类的理论方法[J]. 应用生态学报, 1996, 7(增): 121 - 126.
- [12] 汤茂林. 文化景观的内涵及其研究进展[J]. 地理科学进展, 2000, 19(1): 70 - 79.
- [13] 肖笃宁, 钟林生. 景观分类与评价的生态原则[J]. 应用生态学报, 1998, 9(2): 217 - 221.
- [14] Forman R T T. Land Mosaics: the Ecology of Landscape and Region[M]. New York: Cambridge University Press, 1995.
- [15] Nellis M D, Briggs J M. The effect of spatial scale on Konza landscape classification using textural analysis[J], Landscape Ecol, 1989, 2(2): 93 - 100.
- [16] Bastian O. Landscape classification in Saxony[J]. Landscape Urban Plan, 2000, 50: 145 - 155.
- [17] 王岩松, 沈波. 松辽流域景观分类研究[J]. 水土保持科技情报, 2001, (6): 36 - 38.
- [18] 王兮之, 王刚. SPOT4 遥感数据在荒漠-绿洲景观分类研究中的初步应用[J]. 应用生态学报, 2002, 13(9): 1113 - 1116.
- [19] 孙玉军, 王雪军, 张志, 等. 基于 GIS 的森林景观定量分类[J]. 生态学报, 2003, 23(12): 2540 - 2544.
- [20] Vink A P A. Landscape Ecology and Land Use[M]. London: Longman, 1983.
- [21] 王小平, 甘敬, 薛康, 等. 密云水库水源保护区可持续发展战略研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [22] 余新晓, 于志民, 等. 水源保护林: 培育、经营、评价[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.

(上接第 132 页)

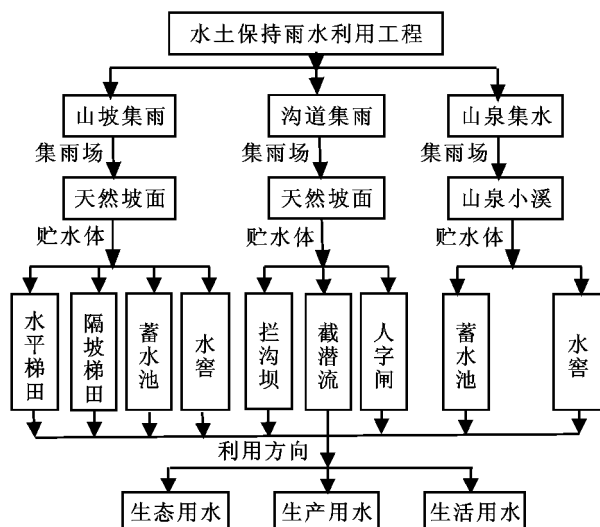


图 2 水土保持雨水利用工程模式

#### 4.2 贮水体

贮水体包括主体工程及其附属设施,其作用是存储集雨场汇集输送而来的雨水。

(1) 主体工程。包括水窖(窑)、蓄水池、集流坝、水平梯田、隔坡梯田等若干类型,其设计时可根据当地的地形、地质、水文、气象及用水要求单独使用,也可联合使用(如坝—窖联合、坝—池联合等)。常见的水窖(窑)、蓄水池、集流坝等类型储水体设计技术见陈维杰《集雨节灌技术》。

三类。其中,生态型森林景观是集水区的主导景观类型。

(4) 集雨区的森林景观受到了强烈的人类活动干扰,能否发挥保护水源等生态功能,急需借助于多时像遥感影像等手段,对其健康状态作出科学诊断。

(2) 主要附属设施。贮水体的主要附属设施是输排水设施、沉沙池、谷坊、拦污栅和窖口窖台等。

输水设施的主要作用是将集雨场汇集起来的雨水输送至贮水体,如果贮水体是采取联合运用的形式(即同时多个贮水体并存),还应承担贮水体之间的连接输水任务。输水设施一般是采用渠道、管道两种形式,其中渠道多用于集雨场向首个储水体的输水,管道则多用于贮水体之间的输水。另外,为确保贮水体的稳定与安全使用,还应在贮水体的适当部位设置排水设施。

沉沙池的主要作用是沉降进窖(蓄水池)水流中的泥沙含量,一般设置在水窖(蓄水池)进口上游 2 m 左右的地方。

谷坊作为拦沟坝的必配附属设施,其作用是拦蓄坝上游的来沙,以延长拦沟坝的蓄水寿命。豫西拦沟坝依其控制流域面积大小及土壤植被情况,一般每座都配有 5~10 道谷坊工程。

拦污栅的主要作用是拦截进窖(蓄水池)水流中的悬移质和漂浮物,设在沉沙池的进口处。

窖口窖台的主要作用是保证水窖取水口不被损坏,同时防止污物进窖。

#### 4.3 高效利用

修建各类雨水集蓄工程的最终目的是合理高效利用雨水资源。当集雨工程主要用于城乡供水时,则应按供水要求配设管网等设施;当集雨工程主要服务于农田灌溉时,则应按当地自然条件和作物灌水要求,进一步配套输配水系统和田间灌溉设施,详见路振广《基于非充分灌溉原理的集雨节灌技术》。