

中国生物多样性保护远景规划项目  
China Biodiversity Conservation Blueprint Project

# 长江上游流域生态区 评估报告



环境保护部环境保护对外合作中心      大自然保护协会 (TNC)

# 长江上游流域生态区评估报告

主编：宋小智、牛红卫

副主编：张爽、孙雪峰、阿彦

编写组成员：张爽、李欣海、Michale Heiner、

武瑞东、赵鹏、于倩、王龙柱、毕靖

合作机构：保护国际（CI）

野生生物保护学会（WCS）

世界自然基金会（WWF）

环保部信息中心

技术支持机构：中国科学院植物所、动物所、成都生物所、

成都山地灾害所、西北高原生物所、北京大学、

北京师范大学、四川大学、中国林业科学院、

中国林业规划院、中国环境科学研究院等

## 概述:

### 一、项目目标:

本项目的总体目标是运用生态区评估的方法，对长江上游地区的陆地和淡水生态系统生物多样性及其所面临的威胁进行分析评估，确定需要优先保护的重点区域，继而以四川省为示范，制定省级生物多样性保护战略与行动计划，切实有效地保护长江上游地区丰富的生物多样性，并为下一步将生态区评估方法扩展到全国进行方法和经验上的探索。

### 二、工作方法:

运用生态区评估的理念，以生态区（而非政治地理边界）为规划单元，评估生态系统、物种等保护对象的分布和现状，不仅考虑生物多样性价值，同时兼顾社会经济因素等干扰因子（保护代价），设定明确的保护目标，运用国际上广泛使用的 MARXAN 空间优化模型计算，结合专家知识，找出那些生物多样性价值高，且保护代价低的地区作为生物多样性保护优先区域。

### 三、项目成果

1. 依据《中国重点保护动植物名录》、《IUCN 红色名录》、《CITES 公约》附录等标准，在长江上游建立了 4900 多个有代表性的珍稀濒危植物、哺乳动物、鱼类、鸟类、昆虫、两栖和爬行动物等物种，包括 5 万多条空间分布记录的数据库；
2. 根据物种和生态系统相关数据和模型计算，在长江上游陆地生态系统中计算出有 384 块区域具有重要的生物多样性保护价值，总面积为 71.87 万平方公里，占长江上游地区面积的 36%。模型计算进一步说明了长江上游流域是中国生物多样性保护的重要地区；
3. 根据长江上游淡水生物物种相关数据，长江源头、干流、支流的分布以及气候、河流比降等自然因子，从长江源头到各个分支河流分 5 级划分出 68 个源头水生态系统和 32 个小河生态系统，识别出 549 个源头水优先区（100-1000 平方公里）和 60 个小河优先区（面积小于 1000 平方公里），优先区总面积为 44 万平方公里，占长江上游淡水生态系统的 45%。这是国内首次在充分考虑物种种类、分布和河网之间的连通性、河道生态系统的完整性基础上，对淡水生物多样性保护进行优先区设计。

#### 四、项目成果可应用的领域：

1. 《长江上游流域生态区评估报告》为长江水利委员会完善《长江流域综合规划》提供了技术支持；
2. 珍稀濒危物种空间分布数据库对濒危动植物保护管理、现有保护区管理状况评估与体系调整、环境影响评价等工作都具有重要参考价值。在汶川地震发生后，该数据库为震区生态系统评估和重建规划提供了翔实的第一手资料；
3. 实践证明，生态区评估方法和 MARXAN 空间优化模型在生态功能区规划等相关业务领域也适用。

## 目 录

<b>第一章 执行概要</b> .....	<b>1</b>
1.1 项目背景.....	1
1.2 项目范围与目标.....	2
1.3 评估方法.....	3
1.3.1 确定保护对象：粗筛/细筛原则.....	5
1.3.2 生态完整性.....	5
1.3.3 设定保护目标.....	5
1.3.4 生物多样性重点区域的识别.....	6
1.4 项目成果.....	6
1.5 合作伙伴.....	7
<b>第二章 陆地生态区评估</b> .....	<b>8</b>
2.1 保护对象.....	9
2.1.1 粗筛保护对象：陆地生态系统.....	9
2.1.2 细筛保护对象：物种.....	12
2.1.3 确定保护对象的分布范围.....	13
2.2 生态完整性 .....	14
2.3 保护目标.....	17
2.3.1 粗筛保护目标.....	17
2.3.2 细筛保护目标.....	18
2.4 生物多样性重点区域 .....	21
2.4.1 重点区域选择标准.....	21
2.4.2 应用MARXAN 模型计算.....	22
2.4.3 重点区域划分结果.....	23
<b>第三章 淡水生态区评估</b> .....	<b>26</b>
3.1 保护对象 .....	27
3.1.1 分类和制图因子.....	27
3.1.2 粗筛：水生生态系统.....	27
3.2 生态完整性 .....	30
3.3 保护目标 .....	32
3.4 生物多样性重点区域.....	33
3.4.1 重点区域选择标准.....	33
3.4.2 专家指定的重点区域.....	34
3.4.3 应用MARXAN 模型计算.....	35
3.4.4 重点区域划分结果.....	36
<b>第四章 成果应用</b> .....	<b>37</b>
4.1 中国生物多样性保护战略与行动计划.....	37
4.2 四川省生物多样性保护战略与行动计划.....	39
4.3 长江流域综合规划.....	41
4.4 生物多样性保护信息网络.....	42
项目负责人和主要合作单位.....	43
参考文献 .....	44
表格目录 .....	49
图形目录 .....	50
附表 2-4、2-6 和 3-8 .....	52
图形 .....	62

# 第一章 执行概要

## 1.1 项目背景

中国拥有九百六十万平方公里的陆地、三百万平方公里的海域，跨越北半球五十个地理纬度，其复杂的气候和多变的地形形成了尤为丰富的物种、自然群落及生态系统等不同层次的生物多样性。由于经济的飞速发展，中国的土地和水资源正面临高度集中的开发和利用，其丰富的生物多样性资源也因经济的快速发展和巨大人口的需求正面临威胁。多年来，中国政府积极应对由于快速发展所带来的问题，并且已经取得了显著效果，但仍面临着挑战：

- 资金有限，问题复杂。如何最有效地将资金投入最迫切需要保护的地方，以最小的投入获得最大程度上的保护是宏观指导保护工作的首要任务；而目前中国还缺乏这方面的综合分析。
- 信息分散，标准不一。多年来各个机构包括政府部门、科研院所、高等院校和民间组织积累了大量关于生物多样性研究和保护的信息资料，其主要问题不是缺乏生物多样性数据，而是没有一个全面而标准统一的生物多样性数据库。
- 形势发展，及时更新。早在 1992 年中国政府就作为《生物多样性公约》的缔约国，制定了《中国生物多样性保护行动计划》。如今，《行动计划》已发布 10 年，由于经济和社会的高速发展以及科学技术的不断进步，保护工作也面临着新的压力和要求，生物多样性保护方法也面临更新。
- 保护体系，优化完善。自然保护区是生物多样性保护最有效和最直接的手段。自上世纪五十年代到现在，中国已经建立了各级、各类自然保护区 2000 多个，但是中国现存的保护地网络还不足以适当保护中国的丰富的物种、自然群落和生态系统，要建立更多的保护地，以及对现有保护区系统进行重新配置和强化其功能。
- 协调发展，科学决策。如何协调好保护与发展的关系，让经济发展和资源开发更加科学合理、更加有序并可持续是保护工作要面对的一个重大挑战，而解决这一问题的基础，是要建立一套科学的决策工具，使决策者能够利用该工具综合考虑社会、经济和环境三方面的因素，并最终作出多赢的选择。

正是在这样的背景下，大自然保护协会与国家环境保护部合作开展了中国生物多样性保护远景规划项目，其首要目标是基于大自然保护协会在北美、中美、南美以及中国滇西北等地区的保护实践，充分利用中国国内的科研机构已有的信息、资料和经验，开发关于生物多样性的信息系统，通过生态区评估的方法，确定中国生物多样性优先重点的保护区域，结合威胁和保护空缺分析，提出关键的保护策略与行动计划，以充实并更新现有的《中国生物多样性保护行动计划》，为未来中国生物多样性的保护和自然资源的管理提供科学依据，促进中国经济的可持续发展。

项目用3年的时间(2006年~2008年)、分两个阶段完成。第一阶段拟在长江上游地区开展为期18个月的试点项目。试点项目将对试点项目区内的生物多样性进行分析评估、就有效地保护其丰富的生物多样性提出一系列建议和策略。同时，将对参与项目的专家和技术人员进行规划方法的系统培训，并对这些方法加以改进和完善，使之适用于中国的国情。试点项目还将探索有效的项目协调和管理机制，为第二阶段在全国范围内开展项目积累经验。

## 1.2 项目范围与目标

长江是中国最大的河流，全长6,300公里，流域面积180万平方公里，长江流域年径流量高达9,600多亿立方米，对东海及华中沿岸地区具有重大的影响。长江流域人口4亿多，是中国的经济中心，也是中国农业、渔业、工业和运输业最发达的地区之一。然而，近年来长江流域的生态环境表现出逐渐恶化趋势，尤其是源头地区更为明显。

为了探索方法、积累经验，以便在全国范围内实施规划项目，TNC将与国家环保总局合作在长江上游地区先行开展试点项目，对这一地区的生物多样性现状进行评估和分析，并据此制订该地区生物多样性保护的远景规划和对策。其范围由青海省内的长江源头到湖北省宜昌市的长江上游流域，以流域范围为界。如附图1-1。

长江上游流域试点项目将运用“生态区评估”的方法，对长江上游地区的陆地和淡水生态系统的生物多样性及其所面临的威胁进行分析评估，确定需要优先保护的区域，切实有效地保护长江上游地区丰富的生物多样性。

项目的具体内容和目标：

- 1) 对长江上游流域生物多样性的现状及其所面临的主要威胁进行系统和全面的评

- 估，确定重要的生态功能区和需要优先保护的生物多样性重点区域；
- 2) 为中国政府更新、扩大及完善长江上游地区现有的自然保护地体系提供科学依据，以便采取有效的措施保护生物多样性重点地区，维护关键生态系统的功能；
  - 3) 以四川省为示范制定省级生物多样性保护战略与行动计划，促进政府有关部门、科研机构和其它从事生物多样性保护的组织间更加紧密的合作和信息交流，并通过项目的实施来提高有关部门进行生物多样性保护规划和行动的能力；
  - 4) 试用并完善规划方法，培训规划人员，为下一阶段的全国性评估做准备。

### 1.3 评估方法

在 50 年的发展历史中，大自然保护协会(TNC)一直在不断改进生物多样性保护策略和方法。近年来，TNC 在遵循生态系统的方法与适应性管理原则的同时，采用了一种系统的保护规划方法，这种方法考虑所有的群落和生态系统(不仅仅是稀有的)，强调在多个层次上保护生物多样性。该模式以生态区而非地理政治边界划分规划单元，即以生态区为基础，找出那些生物多样性价值高，且保护代价低（或生境适宜性高）的地方作为优先保护的重点区域，再通过分析面临的威胁，制定相应的行动和战略以保证投资得到最大回报。该方法即被称为“生态区评估”。

生态区评估首先要整合各方面的信息包括生物多样性信息、保护现状信息以及人类社会等方面的发展数据资料，通过计算机空间优化模型以及专家知识的补充，最终识别重点保护区，而这些区域常常跨越政治边界，其结果就是基于最好的可获得的信息来指导该区域内的保护行动，并为衡量保护行动的进展提供了基础。生态区评估项目流程图 1-2。

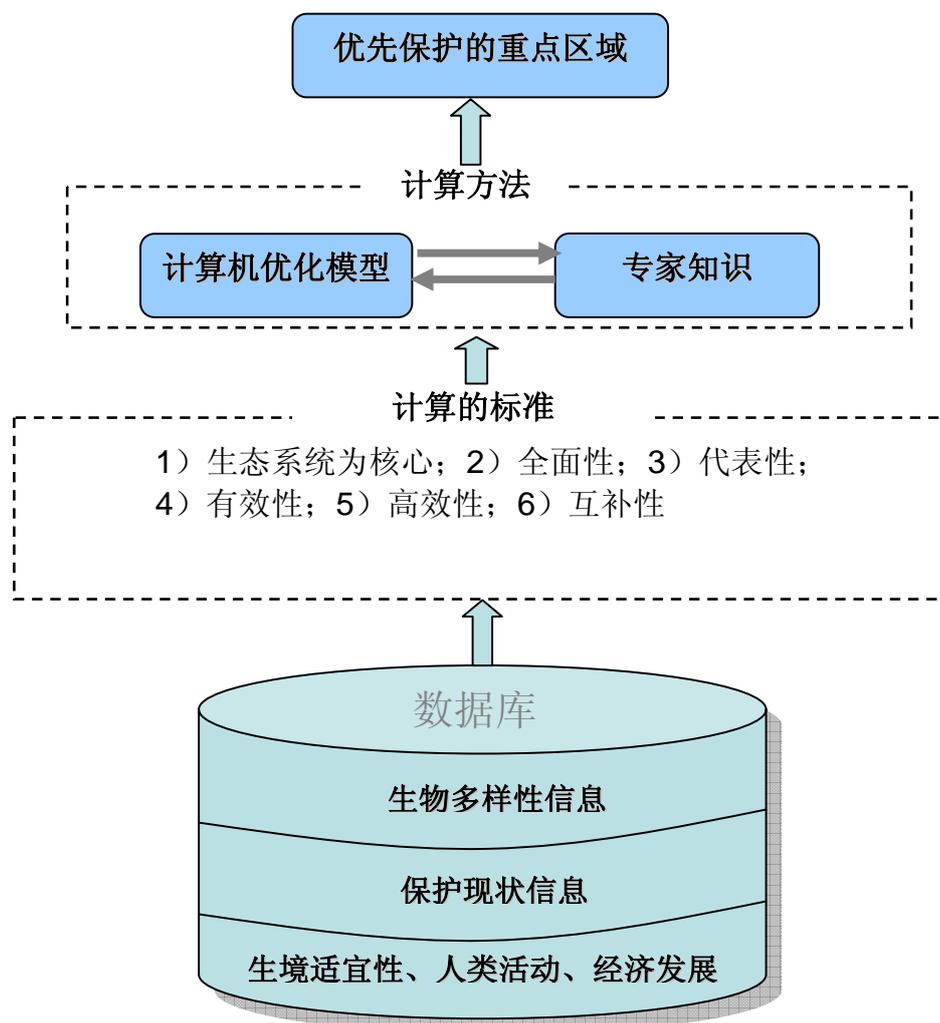


图 1-2. 生态区评估项目流程图

生态区评估的最终目的是识别生物多样性优先重点保护区域，使其包含有足够大的物种种群和生态系统，且分布于不同的环境梯度上，以保证其长期生存所需要的基本生态和进化过程。生态区评估的方法与传统的规划方法相比，更具有系统性和综合性，是应用生态系统方法与适应性管理的最好工具，其在规划过程中，不仅仅考虑的生物多样性（包括生态系统和物种）的价值，而且还对保护代价/生境完整性（包括人类干扰和自然变化）进行了分析，为协调保护与发展之间的关系提供了科学依据。具体分析步骤如下：

- 1) 确定保护对象。确定重点关注的能够代表当地生物多样性的要素（例如物种，群落，生态系统）即保护对象。由于很难获得所有物种、群落和生态系统的信息，所以必须从中选择能够最好地代表当地生物多样性的保护对象。
- 2) 生态完整性。通过生存力或生态完整性评价分析，确定能够维持种群或生态系统

长期存在的区域。

- 3) 设定保护目标。确定保护目标，保护目标要能满足长期维持保护对象生态过程和进化过程的数量和分布范围。
- 4) 生物多样性重点区域的识别。如果这些地区得到有效保护，就能够维持长江中上游森林和草原生物多样性长期稳定存在。

### 1.3.1 确定保护对象：粗筛/细筛原则

保护对象的确定，是分析过程当中明确到底要保护什么的基本步骤。

生物多样性包括不同的空间尺度以及从物种多样性到生态系统多样性不同的层次。粗筛的策略是通过区域内具有代表性生态系统作为保护对象进行选择，从而保护栖息在各个生态系统中大部分常见种（见附图 1-3）；细筛的策略是将粗筛中可能遗漏掉的重要的或种群数量正在下降的物种作为保护对象进行选择，这些物种往往是珍稀、濒危和特有种。细筛是对粗筛过程的有效补充。

粗筛—细筛方法的优点在于其全面的考虑了多层次有机体的多样性和环境的变化。该方法的另一优点是能够充分利用有限的物种的有限数据资源，尽可能的反映生物多样性现状。

### 1.3.2 生态完整性

确定生物多样性保护优先区域，不仅要求满足保护目标，同时选择的过程中也考虑到某一特定区域作为生态完整性。从实用性的角度，利用大小、现状和景观背景为指标，来分析某个种群或保护对象长期生存一百年的可能性。只有那些具有这种存活能力的群落和生态系统存在的保护区域、以及有可能恢复到长期生存的保护区域，才能成为最后的保护区系统的一部分。

在实际分析过程中，主要将人类干扰活动作为分析因子，通过标准化及叠加分析，计算出综合的适宜性/保护代价指数。人类干扰活动越多，保护代价就越高，相对其生物多样性适宜性程度也就越低。

### 1.3.3 设定保护目标

保护目标是在重点区域选择过程中，确定保护对象后，针对每一保护对象在某一特定范围内所设定的量化保护程度的指标，既包括物种和生态系统的数量，又包括这些保护对象在一个生态区内的分布状况。例如生态系统在某一生态区内面积的保护比例，或根据物种确定的在某一生态区内的最小可存活种群数量。

设定保护目标的目的是：一方面可以保证一定数量种群的生存、繁衍及抗干扰能力，使其能够长期生存下去，另一方面也为决策者提供了量化的依据，使其能够根据情况设定不同的保护目标，从而调整保护策略。

#### 1.3.4 生物多样性重点区域的识别

基于以上步骤生成一个能够全面保护研究区域生物多样性的保护区网络。这一网络应该以最少的保护区数量和最小的面积达到所设定的保护目标，为保护行动的实施提供指导，最大化保护投资的效率。

项目采用了计算机优化模型 MARXAN 来生成初步结果。该模型自 2000 年开发成功以来，共有约 95 个国家，1500 多名用户，包括 600 多个机构用于其保护规划实践中，其特点是综合考虑生物多样性价值与生境适宜性，生成高效的保护区网络方案为决策服务。在满足一定保护目标的前提下，筛选生物多样性保护价值高且保护代价低的地方作为有效保护的重点区域。

计算机优化模型是一个决策辅助工具，由于模型是以数据为驱动的，而现实可获得的数据总是存在空缺，因此需要进一步结合专家知识，才能够识别出需要重点保护的区域。

### 1.4 项目成果

#### 1) 长江上游陆地生态区评估

粗筛利用 1: 100 万植被图，1: 100 万土地利用和气候区建立陆地生态系统分类体系，设定各生态系统类型保护 30% 的面积为保护目标。细筛过程选择珍稀、濒危和特有种作为保护对象，选择标准依据国家动植物保护名录，IUCN 红色名录和 CITES 公约附录，并建立了包括 4912 个物种，46299 条记录的陆地物种数据库。根据物种的 IUCN 红色名录濒危程度设定不同的目标。使用道路密度、人口密度和被转化土地作为计算保护代价或适宜性的主要因子。将这些分析数据输入到 MARXAN 空间优化模型计算，识别出了长江上游流域陆地生物多样性保护优先区。

#### 2) 长江上游淡水生态区评估

淡水生态区评估与陆地基本一致。不同之处在其粗筛过程是利用流域大小、气候区、河流比降、地质、冰川、永久冻土和下游连接建立陆地生态系统分类体系的，并建立了包

括 546 个物种，4923 条记录的淡水物种数据库。将这些分析数据输入到 MARXAN 空间优化模型计算，识别出了长江上游流域淡水生物多样性保护优先区。

## 1.5 合作伙伴

项目得到了国家环保总局（SEPA）、国家发展与改革委员会（NDRC）和国家林业局（SFA）等政府部门的支持，并与中国科学院、地方科研院所以及其他国际非政府组织，如国际野生生物保护学会（WCS）、保护国际（CI）、世界自然基金会（WWF）等机构，建立了合作伙伴关系，通过信息共享与政策建议提高国家的保护管理能力，进一步促进中国生物多样性的保护成效。项目的成果最终将为政府的决策提供关于生物多样性保护的科学而全面的依据，从而对中国生物多样性保护产生更广泛、更持久的影响。

## 第二章 陆地生态区评估

长江上游的森林和草地研究区域包含复杂的景观类型，具有多样的地方环境和气候特征。该区域自东向西跨越了亚热带、温带和高原寒带，地势从 400 米的四川盆地到 4000 米的青藏高原。青藏高原的高山草甸和灌丛生态系统尚未受到人类活动的严重影响，然而对日益严重的人为干扰和气候变化十分敏感。横断山区山高谷深，植被类型丰富，一般有谷底的常绿阔叶林，山腰的针阔混交林和山顶的草甸和苔原。横断山区东部的草原和温带、亚热带森林受季风的影响，冬天干冷而夏天湿热。在第三纪，长江上游森林和草地没有受到冰川的影响。因此，很多特有孑遗物种存活下来，如青藏高原的藏野驴、藏羚羊，温带森林中的大熊猫和金丝猴，以及其他众多的鸟类、两栖类、爬行类和植物物种。

长江上游被 WWF 分为 12 个陆生生态区，包含在 4 种主要生境类型中。我们以生态区的边界作为本项目陆生研究区域的边界。12 个陆生生态区是(Olson 2001),见表 2-1:

**表 2-1. 长江上游的森林和草地：主要生境类型和生态区名录**

### 山地草地和灌丛

- 青藏高原中部高山草原\*
- 青藏高原高山灌丛和草甸\*
- 藏东南灌丛和草甸\*

### 温带针叶林

- 怒江澜沧江峡谷高山针叶和针阔混交林
- 祁连山针叶林
- 邛崃山岷山针叶林
- 横断山亚高山针叶林

### 温带阔叶和针阔混交林

- 大巴山常绿林
- 秦岭落叶林
- 四川盆地常绿阔叶林

### 热带亚热带湿润阔叶林

- 贵州高原阔叶和针阔混交林
- 云南高原亚热带常绿林

\*不包括西藏自治区

## 2.1 保护对象

选择一个地区生物多样性保护重要区域的第一步就是确定保护对象。鉴于生物多样性的复杂性以及现有资料和数据有限性，因而不可能掌握所有物种、群落和生态系统的分布和现状，必须选择一些能很好的代表当地生物多样性的物种、群落或生态系统作为保护对象，因此，采用粗筛—细筛这一方法选择合适的保护对象来代表当地的生物多样性。

### 2.1.1 粗筛保护对象：陆地生态系统

陆地生态系统是由生物因素（植被）和非生物因素（环境因子）决定的。由于中国目前还没有一套完整的生态系统分布图，项目利用已有数据开发了两个简单的 GIS 模型，这两个模型在其它的保护规划里已经被使用过(Groves 2003)。这些模型生成的地理单元能够模拟粗筛保护对象的分布，体现了物理环境梯度。

#### 1) 模型 A：主要植被类型

根据气候区、植物地理史和植被结构划分植被类型。模型由以下几部分构成：

- 气候区：改进的 Köppen-Trewartha 分类方法(Trewartha 和 Horn, 1980)根据月平均降水和温度的季节变化格局划分全球植被带 (Baker, 2007)。该分类方法确定了六个主要的气候区类型 (表 2-2)。A、C 和 D 带又根据温度和降水的季节性分为几个亚区。月平均降水和温度值用约 2500 个气象站观测数据进行处理，内插为 2km<sup>2</sup> 的栅格数据 (Daly et al., 2002; Daly et al., 1994) (附图 2-1)。
- 植物地理史：Olson 等人 (2001)这样定义 WWF 陆地生态区：相对比较大的陆地单元，它是由共享大量自然群落、物种、动态过程的地理特征比较明显的自然群落所构成的一个集合。中国植被图编委会 (2001) 和中科院长春地理所根据中国的实际情况对 WWF 中国的生态区进行了修正(1990)。表 2-1 显示长江中上游陆地研究区域所有的生态区类型。
- 植被结构：遥感解译得到的国家土地覆盖 (国家测绘局, 2004)，见 (附图 2-2)。

模型 A 定义了 220 个植被单元 (附图 2-3)，这些植被单元是气候区，植物地理史和植被结构的特定组合。表 2-3 列举了部分植被类型，主要的植被类型列表参见附表 2-4。

表 2-2. Köppen-Trewartha 生态气候区类型

类别	类	亚类	描述	标准	
A			热带	最冷月 > 18 °C	
	Ar		多雨的 (热带常绿雨林)	10 到 12 个月潮湿多雨	
	Am		季风气候	$6 > P_{\min} > (250 - P_{\text{year}})/25$	
	Aw		热带落叶林	冬季干燥 > 2 个月	
B			干旱区	蒸发 > 降水	
	BS		半干旱	年降雨量 < 沙漠降雨量的两倍	
		BSh		热带-亚热带灌丛	8 个月或以上 > 10 °C
		BSk		北方温带草原	少于 8 个月 > 10 °C
	BW		干旱地区或沙漠	年降雨量 < 沙漠降雨量的上限	
		BWh		热带-亚热带沙漠	8 个月或以上 > 10 °C
BWk			温带-寒温带沙漠	少于 8 个月 > 10 °C	
C			亚热带	8 到 12 个月 > 10 °C	
	Cw		亚热带冬季干冷气候	冬季干旱	
		Cwa		针阔混交林	最热月 > 22 °C
		Cwb		常绿林	最热月 < 22 °C
	Cf		亚热带潮湿气候	无干旱季节; 最干旱月 > 30 mm	
		Cfa		阔叶林	最热月 > 22 °C
Cfb			落叶阔叶林	最热月 < 22 °C	
D			温带气候	4 到 7 个月 > 10 °C	
	DC		温带大陆气候	最冷月 < 0 °C	
	DCs		夏季干旱气候		
		DCsa		针阔混交林	最热月 > 22 °C
		DCsb		针阔混交林	最热月 < 22 °C
	DCw		冬季干旱气候	冬季干旱	
		DCwa		针阔混交林	最热月 > 22 °C
		DCwb		针阔混交林和常绿林	最热月 < 22 °C
	DCf		湿润大陆气候	最干旱月 > 30 mm	
		DCfa		中纬度草地, 落叶阔叶林, 针阔混交林	最热月 > 22 °C
DCfb			夏季凉爽, 常绿针叶林	最热月 < 22 °C	
E		北方针叶林和苔原	1 到 3 个月 > 10 °C		
F			极地		
	Ft		苔原, 高海拔草原	0 °C ≤ 最热月 < 10 °C	
	Fi		永久冻土	全年 < 0 °C	

表 2-3. 模型 A 植被类型示例

单元	气候区 (Köppen-Trewartha 生态区)	植物地理区 (生态区)	植被 (土地覆盖类型)	面积 (km <sup>2</sup> )
6000037	苔原, 高海拔草原	青藏高原高山灌丛和草甸	裸地	17,887
3021234	干旱半干旱北方草原	中部青藏高原高山草甸	草地 (未分化的)	28,891
2022351	亚热带湿润阔叶林	贵州高原阔叶混交林	森林	64,905
2022347	亚热带湿润阔叶林	四川盆地常绿阔叶林	森林	1,124
2021951	亚热带冬季干旱混交林	贵州高原阔叶混交林	森林 f	35,374
2021947	亚热带冬季干旱混交林	四川盆地常绿阔叶林	森林	7,826

## 2) 模型 B: 物理环境

模型 B 以气候、地形和地表地质特征为划分标准。这种方法可以体现潜在的环境梯度和非生物特征，而环境梯度和非生物特征对物种的分布有重大影响(Burnett 1998, Nichols 1998, Kintsch 2002)。该方法比较适用于在数据缺乏的情况下进行保护规划。

选择能够代表环境梯度的保护对象能够在规划时顾及生态系统的动态过程以及气候变化对生物多样性可能造成的影响 (Hunter 1988, Halpin 1998, Groves 2003)。模型的结果可以有力的支持气候变化对生态系统保护对象的可能影响的分析以及生物多样性热点区域的选择。

模型由以下几部分构成:

- 气候区: 改进的 Köppen-Trewartha 分类方法(Trewartha 和 Horn, 1980)根据月平均降水和温度的季节变化格局为全球植被带制图 (Baker, 2007)。该分类方法确定了六个主要的气候区类型 (表 2-2)。A、C 和 D 带又根据温度和降水的季节性分为几个亚区。月平均降水和温度值用约 2500 个气象站观测数据进行处理, 内插为 2km<sup>2</sup> 的栅格数据(Daly et al., 2002; Daly et al., 1994) (附图 2-1)。
- 地形: 通过对地形位置、坡度、太阳辐照的聚类分析分成 2 类山谷地貌, 5 类陆地地貌。数据源: SRTM 90 米 DEM。附图 2-4 显示的是青藏高原和横断山模型分类的结果。

- 地表地质特征：碳酸盐类岩石和碱性土上能够生成特殊的植被类型和稀有的植物种（附图 2-5）。数据源：GDS 公司编辑的各省地图和报告（2007）。

模型 B 定义了 121 个物理环境单元，见表 2-5。主要单元类型的列表，见附表 2-6，其空间分布见附图 2-6。

表 2-5. 模型 B 物理环境单元示例

地图单元	气候区	地形	地质	面积(km <sup>2</sup> )
8000 BWh	亚热带干旱荒漠	未区分	未区分	12,920
9300 BWk	温带干旱冻原	空旷平坦	未区分	489,606
11000 BSh	亚热带干旱半干旱灌丛	未区分	未区分	58,936
12300 BSk	北温带干旱半干旱草原	空旷平坦	未区分	1,253,340
19016 Cwa	亚热带冬季干旱混交林	未区分	碱性土	7,332
19108 Cwa	亚热带冬季干旱混交林	陡峭北坡	石灰岩	600,452

保护工作者通常用一个 GIS 模型确定生态系统的分布(Groves 2003)。但长江中上游项目区面积很大，模型 A 共生成了 220 个类型，模型 B 也达到 121 个类型。综合考虑植被和非生物因素以后，生态系统类型会显著增加。过多的类型将影响对这些生态系统的组成、动态过程和生态功能等信息的理解。为了保持本方法的透明性，本项目最终采用了两个独立模型确定粗筛的保护目标。

### 2.1.2 细筛保护对象：物种

细筛的对象主要是珍稀和濒危物种，粗筛的生态系统不能捕获这些物种的分布信息，因此细筛是对粗筛的有效补充。本规划中选择保护物种的标准如下：

- 濒危等级，参考 IUCN 红色名录（IUCN 2004）
  - 极危（CR）
  - 濒危（EN）
  - 易危（VU）
- 数据的可获得性：选择 1979 年以后的物种调查数据

多年来很多学者和保护工作者对长江中上游的物种资源进行了调查，但这些数据往往分散在不同的个人和单位手中，且标准不统一。项目收集了尽可能多的物种调查数据，对所获数据严格审核，建立物种分布空间数据库，其中长江中上游项目区共有 246 个濒危物种的 6093 条观测记录（表 2-7）。

除濒危物种外，分布范围狭窄的特有种也被列为保护对象。一些濒危物种由于数据难获得而未被选为保护对象。

表 2-7. 细筛保护对象及其 IUCN 濒危等级

类群	物种数				总数
	EX	CR	EN	VU	
<i>动物</i>					
两栖类		2	5	19	26
鸟类	2	2	5	34	43
昆虫类（鳞翅目）				2	2
哺乳类		7	27	21	55
爬行类		1	4	18	23
<i>植物</i>					
松柏纲			1	7	8
苏铁纲		3	2	4	9
双子叶植物纲		2	4	17	23
银杏纲			1		1
单子叶植物纲		9	34	12	55
红豆杉纲				1	1

### 2.1.3 确定保护对象的分布范围

#### 1) 基本分析方法

由于项目区面积较大（2,000,000 km<sup>2</sup>），将项目区平均分成 20,000 个六边形，每个六边形 100 km<sup>2</sup>，以六边形为规划单元，

- 计算每个保护对象在规划单元内的分布面积
- 计算每个规划单元的保护代价并排序
- 选择满足保护目标的空间上最优化的规划单元组合

## 2) 确定保护物种分布范围

由于缺乏物种种群大小和状态的全面资料,根据已有数据估计物种的生境和分布范围。然而,有些物种调查比较少,数据不足,有些物种调查较多,这就造成了分布数据的不均,不能体现物种的真实分布情况。为尽量减小这种偏差,以每 100 km<sup>2</sup> 的六边形规划单元中是否分布有某物种来计算物种分布面积(图 2-7)。

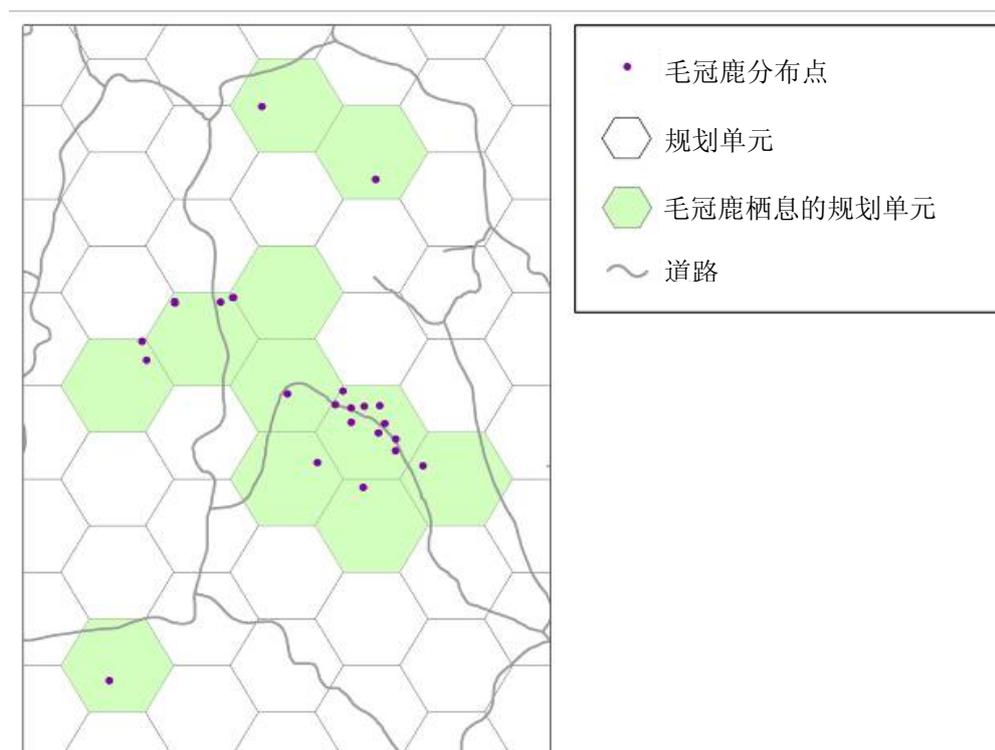


图 2-7. 以六边形为规划单元计算物种的分布范围(以毛冠鹿为例)

## 2.2 生态完整性

理想状况下,应当通过物种的最小可存活种群和生态系统的动态面积来计算保护对象的生存力和生态完整性。但由于目前对这方面的研究和调查不足,这一方法很难实现。因此,采用生境适宜性指数作为评估一个地区生态完整性或偏离自然状态的程度的间接指标(附图 2-8)。成本/生境适宜性指数包括土地利用,人口密度和基础设施建设(道路密度、发展),综合考虑了生态、社会政治经济在保护中的作用和影响,选择自然景观相对

完整、人为干扰少的区域作为生物多样性保护的重点区域，有利于平衡保护和发展的关系。成本越高，保护适宜性越低，反之亦然。

根据经济发展和人口统计学特征将研究区域分为两个亚区，两亚区以主要生境类型和生态区命名。第一亚区包括高山草地和灌丛（青藏高原）、温带针叶林（横断山），第二亚区包括温带、亚热带和热带阔叶林（云南高原、贵州高原、大巴山、秦岭、四川盆地）。根据国家统计局 2002 年的统计资料，第二亚区的总人口是第一亚区的 9 倍，县人口密度是第一亚区的 12 倍。第二亚区中每个规划单元被转化为农田或城镇的面积比为 34%，第一亚区只有 4%。

根据以上情况，对两个亚区的适宜性因子设置了不同的权重。第一亚区道路密度和村镇密度权重高，第二亚区人口密度、村镇密度和主要道路密度权重高。

计算每个规划单元（100km<sup>2</sup> 的六边形）的代价/适宜性系数，每个因子值域 0-1，乘以两亚区不同的权重，最后将规划单元内所有值相加。见表 2-8。

表 2-8. 代价/适宜性指数

因子	单位	数据来源	权重	
			第一亚区： 青藏高原，横断山	第二亚区： 云南高原，贵州高原，大巴山，秦岭，四川盆地
主要道路（高速公路）	密度：长度/面积	中国测绘科学研究院 (2004)	3	2
次级公路	密度：长度/面积	中国测绘科学研究院 (2004)	2	1
铁路	密度：长度/面积	中国测绘科学研究院 (2004)	1	1
非自然土地覆盖	面积百分比	中国测绘科学研究院 (2004)	2	1
灌溉农田	面积百分比	中国测绘科学研究院 (2004)	1	1
城市&工业发展	面积百分比	中国测绘科学研究院 (2004)	1	1

村镇	数量/面积	中国测绘科学研究院 (2004)	5	3
人口	人口密度的对数	县人口普查数据内插	1	4

## 2.3 保护目标

为保护对象设定明确的数量和分布面积上的能够维持其长期存在和发展的保护目标，是保护优先区划的一个关键环节。长期以来，设定保护目标都是一件非常困难的事情，一个具体物种的保护目标究竟应该是多少一致都没有统一意见。这主要是因为知识和数据的缺乏。目前几乎没有对哪个物种的最小可存活种群、种群数量、栖息地面积有过全面透彻的研究，只能根据现有资料估算保护目标。

生态系统的保护目标通常是用由岛屿生物地理学中种/面积关系得出的面积大小表示的。生境的丧失会导致物种数量的相应减少，如果保护栖息地面积的 10%-30%，就有可能保护当地 55%—85%的物种(MacArthur and Wilson 1967, Groves 2003)。因此，10%-30%是一个保护效率非常高的生态系统保护目标范围，在保护规划中被广泛采用。

### 2.3.1 粗筛保护目标

粗筛生态系统保护对象（模型 A 和模型 B）的保护目标为历史分布范围的 30%。对模型 A 来说，扣除被转化土地的百分比，换算出每个气候区历史分布面积的 30%相当于现在分布面积的百分比（表 2-9），作为该气候区内所有植被类型的保护目标。

模型 B 中不包括当前土地覆盖，因此未考虑土地转化，历史分布范围的 30%即当作当前分布范围的 30%作为保护目标。实际运算时只考虑自然土地覆盖地区。研究区域内自然土地覆盖率差异很大，121 个地理单位中有 11 个当前自然土地覆盖率小于 30%，不可能满足 30%的保护目标。

表 2-9. 模型 A 植被类型保护目标的计算

气候区	植被类型数量	总面积 (km <sup>2</sup> )	被转化土地的面积 (km <sup>2</sup> )	被转化土地的百分比 (C)	相当于历史分布范围的保护目标% (H)	相当于当前分布范围的保护目标% = H / (1-C)
亚热带干旱荒漠	1	411	0	0%	30%	30%
温带干旱寒冷荒漠	2	28,664	567	2%	30%	31%
<b>亚热带干旱半干旱灌丛</b>	<b>5</b>	<b>2,406</b>	<b>654</b>	<b>27%</b>	<b>30%</b>	<b>41%</b>
北温带干旱半干旱草原	11	75,848	8,722	11%	30%	34%
亚热带冬季干旱混交林	26	314,692	160,979	51%	30%	61%
亚热带冬季干旱常绿林	18	160,700	39,442	25%	30%	40%
亚热带湿润阔叶林	13	189,567	75,178	40%	30%	50%
亚热带湿润落叶阔叶林	3	1,127	82	7%	30%	32%
温带冬季干旱, 最热月均温大于 22℃	15	144,539	37,317	26%	30%	40%
温带冬季干旱, 最热月均温小于 22℃	34	225,717	35,794	16%	30%	36%
温带湿润大陆气候	3	23,508	4,290	18%	30%	37%
温带湿润大陆气候夏季凉爽	3	15,500	1,232	8%	30%	33%
北方针叶林和苔原	33	162,218	5,323	3%	30%	31%
苔原, 高海拔草原	30	632,908	424	0%	30%	30%

### 2.3.2 细筛保护目标

到目前为止, 对足以维持种群长期生存所需的种群大小、种群数量和分布范围的透彻研究很少。最小可存活种群理论、复合种群理论、种群生存力分析方法为设定合理的保护目标提供了帮助(Morris et al. 1999, Quinn 和 Hastings 1987)。从种群生存力分析的经验得出, 要有效的保护一个物种的长期存活, 需要:

- 保护多个种群
- 建立核心种群和边缘种群的连接网络

- 保持边缘种群相对独立（不联通）

物种在不同生态区内有不同的种群特征的种群特征，逐个确定物种在不同生态区内的分布型，进而设置不同的保护目标。标准如下：如果一物种只局限的分布在一个或少数几个生态区内，其保护目标将比广布种的保护目标高（如表 2-10、2-11 所示）。

分布范围：

- 本地种：分布范围狭窄，包括小型哺乳动物、两栖类、爬行类、无脊椎动物、植物等
- 中间分布种：中型哺乳动物等
- 广布种：分布范围广，包括大型哺乳动物和鸟类

在生态区分布类型：

- 局限型：90% 以上分布在特定生态区
- 广泛型：40%—90%分布在特定生态区
- 边缘型：只有小于 40%的种群分布在特定生态区

表 2-10. 目标保护物种的分布范围

纲	目	科	分布范围
<b>动物</b>			
两栖纲			L 本地种
鸟纲	雁形目		B 广布种
	雨燕目		L 本地种
	犀鸟目		L 本地种
	鸛形目		B 广布种
	鸽形目		L 本地种
	佛法僧目		L 本地种
	鹃形目		L 本地种
	隼形目		B 广布种
	鸡形目		L 本地种
	鹤形目		B 广布种
	雀形目		L 本地种
	鸚形目		M 中间分布种
	鸚形目		L 本地种
	鸚形目		B 广布种
	咬鹃目		L 本地种
	戴胜目		L 本地种

昆虫纲		L	本地种
哺乳纲			
	偶蹄目	B	广布种
	食肉目		
	小熊猫科	L	本地种
	大熊猫科	M	中间分布种
	犬科	B	广布种
	猫科	B	广布种
	鼬科	L	本地种
	熊科	B	广布种
	灵猫科	L	本地种
	翼手目	L	本地种
	猬目	L	本地种
	食虫目	L	本地种
	兔形目	L	本地种
	奇蹄目	B	广布种
	鳞甲目	L	本地种
	灵长目	M	中间分布种
	啮齿目	L	本地种
	树鼯目	L	本地种
	鼯鼯目	L	本地种
爬行纲		L	本地种
植物		L	本地种

表 2-11. 由分布范围和生态区分布类型确定的保护目标

		保护目标		
		分布范围		
		广布种 (B)	中间分布型 (M)	本地种 (Lo)
生态区分布	局限型 (Li)	40	20	5
	广布型 (W)	30	10	5
	分散型 (P)	10	5	2

- ◇ 保护目标的单位是该物种所占规划单元的个数或面积。
- ◇ 保护目标（每个生态区所占规划单元的个数×100km<sup>2</sup>）

## 2.4 生物多样性重点区域

### 2.4.1 重点区域选择标准

生物多样性重点区域的设计需要在最佳的空间效率和生态条件下满足所有的保护目标（附图 2-9），因此由生态完整性最高、面积最尽可能小、数量尽可能少的满足生物多样性保护目标的区域组成，设计过程见（附图 2-10）。生物多样性重点区域通过整合自动筛选的区域和专家意见得到(附图 2-11)。

第一步，将一些已知的优先保护区域作为生物多样性重要区域选择的基础，这些已知的优先保护区域包括以下的区域：

- 三江源保护区试验区之外的国家自然保护区
- 湿地公约(RAMSAR)确定的国际重要湿地(碧塔海，拉市海，纳帕海)
- 零灭绝联盟(AZE)确定的区域(6 个区域)
- 评估完成之后，分析其它的保护区域以扩大和修正存在的生物多样性重点区域。
- 关键生物多样性区域(保护国际)
- 长江上游森林生态区生物多样性保护优先区（吴波等，2006）
- 国际重要鸟类栖息地区域(国际鸟盟)

重点区域选择和生物多样性重点区域设计的原则可以归纳为：

- 代表性：代表研究区域内完整的生态系统类型、环境条件和细筛物种对象。
- 效率性：生物多样性重点区域由满足最低的保护成本（由适宜性指数衡量）和生物多样性保护目标的面积最小和数目最少的区域组成，并且最大程度上选择那些粗筛生态系统对象和细筛物种对象富集区域。
- 可存活性/完整性：在有限的知识和数据条件下，确保保护区域内包含高存活率或完整性的生物多样性保护对象以保证其长期存活，这个因子由适宜性指数作为生态条件的代理因子来度量。
- 连通性：与面积小、破碎的区域相比，面积大、连通的区域更优越。数量少、面积大、空间连通的保护区立体构型在功能上更有利于维持种群的繁衍和自然过程(Diamond 1975 , Groves 2003)。

## 2.4.2 应用 MARXAN 模型计算

保护规划软件能够让我们整合生物多样性的保护对象、保护目标和生境适宜度的信息，自动选择符合要求的区域组合。现在几种区域选择软件已经比较成熟，并被用到许多保护规划项目中，针对较大的生态区和众多的保护对象，建立最有效的、透明的和可重复的优先保护区域选择体系。基于软件的保护规划方法的一大优点是可以比较不同的保护策略（如保护对象不同、针对的威胁不同等）。这种灵活性可以充分整合各种保护设计，支持不同保护目的的决策。然而，其结果的可靠性高度依赖于数据的质量。因此，专家审核在评价和修订自动选择的优先保护区域时非常重要。

MARXAN 是一种空间优化的软件，用来进行保护规划设计。它应用一种模拟退火算法，以最大的效率（这里指生物多样性/面积）和最佳的适宜性选择一组区域来满足保护目标。在进行保护规划设计时，一个研究区域被分成许多规划单元，每个规划单元内有一定的物种的种群和生态系统的面积，同时每个规划单元有一个代价值（在本文的分析中，就是适宜度的倒数）。MARXAN 会随机选择一定数量的规划单元，以满足生态系统和物种的保护目标。在选择过程中，MARXAN 会反复挑选，最后以代价最低、数量最少的规划单元来满足保护目标。同时，MARXAN 可以通过调整边界效应的权重，来改变规划单元的连结性。这种考虑规划单元连结性的设计，是依据保护区设计的一个原则，即面积较大、数量较少的保护区一般比数量较多、面积小而分散的保护区效果更好(Diamond 1975, Groves 2003)。

在 2.3 部分已经提到，研究区分为两个亚区，如附图 2-8 所示(适宜性指数图)亚区 1(青藏高原和横断山)和亚区 2（云南高原，贵州高原，大巴山，秦岭山地和四川盆地）在土地利用类型、人口数量和经济状况方面都有很大的不同。

亚区 1(青藏高原和横断山)包含大面积的未受到人为干扰的生态系统和栖息地，支持许多需要大面积栖息地的大活动范围的草原物种。气象预报显示气候改变对于高海拔草原和高海拔梯度的横断山具有显著的影响。因此，对于亚区 1 的一个可行的生物多样性重点区域设计必须充分的体现跨环境梯度的栖息地和生态系统。

亚区 2 中用于满足许多粗筛对象的保护面积将会减少。因此设计的历史分布的 30%的保护目标占剩余面积的相当高的比例，与亚热带植被类型的 60%的保护目标(模型 A)和几个环境单元的 90%-100%的保护目标（模型 B）一样高。在亚区 2 内，这种设计模式会使生物多样性重点区域选择那些高的经济发展价值、空间上破碎的区域。这种影响对模型 B

环境单元更加显著。因此，对于亚区 2 的一个可行的生物多样性重点区域设计必须有效的捕捉正如模型 A 植被类型表达的那样存在的物种栖息地和物种分布地。

为强调亚区 1 和亚区 2 的不同，通过组合每个亚区的两种不同 MARXAN 结果设计了生物多样性重点区域，其中在亚区 1 中仅仅使用模型 B 环境单元作为保护目标。之后，计算了整个研究区域内的环境单元的代表性作为补充分析。保护对象、保护目标和生物多样性重点区域组成见表 2-12。

表 2-12. 保护对象和保护目标

保护对象	保护目标:亚区 1	保护目标: 亚区 2
	青藏高原&横断山	云南高原&贵州高原&大巴山&秦岭山地&四川盆地
<b>濒危物种</b> 246 个物种的栖息地，由物种出现在的规划单元组成	基于物种的分布范围和栖息地使用情况分生态区设计保护目标（参看表 8）	基于物种的分布范围和栖息地使用情况分生态区设计保护目标（参看表 8）
植被类型（模型 A） 220 个不同类型 ● 气候 ● 植被地理/生态区 ● 植被结构	30% 的历史分布面积	30% 的历史分布面积
环境单元（模型 B） 121 个不同类型 ● 气候区 ● 地形 ● 地表地质（碳酸盐，超碱盐，其他）	30% 的历史分布面积	

### 2.4.3 重点区域划分结果

生物多样性重点保护区域包括 384 块生物多样性显著的地区，覆盖了 718,700 km<sup>2</sup> 的面积，占研究区面积的 36%。其中 80% 的面积分布在面积超过 4,000 km<sup>2</sup> 的 29 块区域，许多重点区域(234 块)的面积低于 200 km<sup>2</sup>（1 个或两个规划单元），是因为捕捉了破碎的物种分布而被选择。规划的生物多样性重点保护区域（如附图 2-11）包含了国家级自然保

护区(除了三江源国家级自然保护区的试验区)、零灭绝联盟确定的重要区域和湿地公约确定的国际重要湿地，每个生态区的生物多样性重点保护区域面积分布如表 2-13 所示：

表 2-13. 每个生态区的生物多样性重要区域面积分布

陆地生态区名称	总面积 (km <sup>2</sup> )	生物多样性重要区域	
		面积 (km <sup>2</sup> )	占生态区面积比
秦岭山地针叶林区	148	79	53%
青藏高原中部高山草甸区	1847	798	43%
西藏东南灌丛草原区	4069	1277	31%
青藏高原高山灌丛草原区	1815	637	35%
秦岭山地落叶林区	1318	453	34%
邛崃山地针叶林区	813	384	47%
大巴山地常绿林区	1695	553	33%
怒江、澜沧江峡谷高山针叶林和针阔混交林区	824	299	36%
横断山亚高山针叶林区	985	361	37%
四川盆地常绿阔叶林区	976	176	18%
贵州高原阔叶林区和针阔混交林区	2833	1147	40%
云南高原亚高山常绿林区	2479	1023	41%
共计	19802	7187	36%

\* 四川盆地的自然植被残存很少，仅占生态区面积（11,500 km<sup>2</sup>）的 12%，四川盆地的历史变化比气候区预期估计的历史变化大，因此，四川盆地植被类型的保护目标在数量上低于现存植被面积的 30%。

由于受到可利用数据的限制，仅有 30% 的动物和 19% 的植物物种能满足生态区目标。粗筛和细筛的策略有效的弥补了物种信息和物种保护目标的不足。

生物多样性重点保护区域满足了所有的 220 个植被类型的保护目标。在设计中，仅在亚区 1 将模型 B 环境单位作为保护对象，选择的区域满足了 82 类环境单元的保护目标(总共 121 类)，占整个研究区环境单元数目的 67%，这些重点区域满足了青藏高原和横断山地区的出现在草原、北方和沙漠气候区的所有的环境单元的保护目标（表 2-14），满足了出

现在温带和亚热带气候区的近一半环境单元类别的保护目标。这说明植被类型保护对象代表了区域 2 内的近一半的环境单元种类。

表 2-14. 气候区对模型 B 环境单元生物多样性重要区域的代表性

代码	气候区	总共的环境单元数目	满足保护目标的环境单元数目及占总共的环境单元数目的比例	
			数目	比例
Fi	永久冰雪区	1	1	100%
Ft	苔原、高海拔草原区	12	12	100%
E	北方针叶林和苔原疏林区	12	12	100%
Bsk	干旱、半干旱北方温带草原区	8	8	100%
BWh	干旱亚热带沙漠区	2	2	100%
BWk	干旱温带荒漠区	6	6	100%
DCwa	温带冬季干旱期最高气温高于 22C 区	11	6	55%
DCwb	温带冬季干旱期最高气温低于 22C 区	11	7	64%
DCfa	温带湿润大陆性气候区	9	4	44%
DCfb	温带湿润大陆性冷夏区	8	1	13%
BSh	干旱半干旱亚热带灌木区	2	1	50%
Cwa	亚热带冬季干旱期混交林	14	9	64%
Cwb	亚热带冬季干旱期常绿林	12	7	58%
Cfa	亚热带湿润阔叶林和疏林区	12	5	42%
Cfb	亚热带湿润落叶阔叶林区	1	1	100%
	共计	121	82	68%

### 第三章 淡水生态区评估

淡水生态区的保护优先区划同陆地生态区的区划一样，要确定保护对象，指定保护目标，权衡保护的代价，在最适宜的区域保护水生生态系统和水生物种。淡水生态区的生态系统划分要考虑水生动物地理单元和生态集水区单元。

水生动物地理单元是受动物地理起源，流域连通性和生物演变对气候与地质变化长期影响形成的，代表了各大洲的动物地理格局。CWRC（1999）将长江上游研究区划分了动物地理单元。WWF 开发了一套全球淡水生态区划分方法来确定全球动物地理单元。长江上游包括中国 59 个淡水生态区中的 2 个（Abell 等，发表中）。这两个生态区依纬度将长江上游划分为岷江流域和嘉陵江流域。

集水区单元体现了淡水生态区中动物地理区系和物理环境的区域特征。我们依照 CWRC（1999）确定的流域范围划分集水区单元（图 3-1）。不同的单元具有不同的鱼类区系、地貌和气候特征。通过在集水区单元内依据物理环境因子划分淡水生态系统，可以体现研究区内主要的大尺度环境因子、环境梯度和潜在动物地理格局。这使得根据环境梯度和动物地理区系划分的淡水生态系统能够捕获多尺度的生物多样性特征。

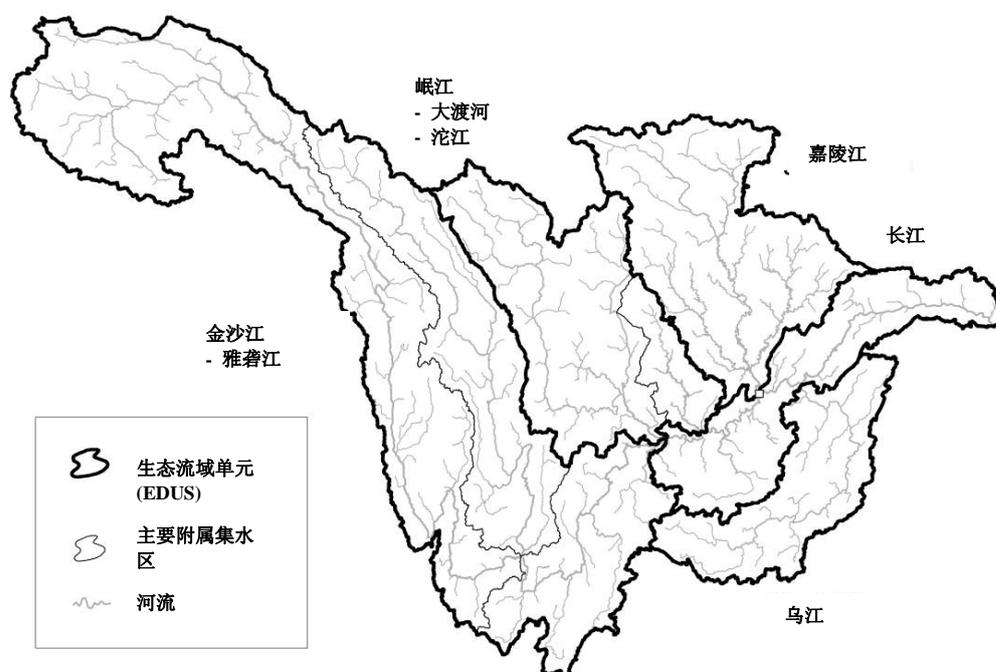


图 3-1. 长江上游生态集水区单元

## 3.1 保护对象

### 3.1.1 分类和制图因子

将具有相似的地形学特征和环境过程（如水文、营养、温度等）的径流划分为一个水生生态系统（Groves 等. 2002, Higgins 2003; Higgins 等 2005; Sowa 等 2007）。物理环境格局和过程能够决定栖息地的结构，并影响生物多样性的分布和结构，选择了一系列能用 GIS 数据体现的因子来代表环境格局和过程的因子（见附图 3）。表 3-1 对这些因子做了简单描述。用此方法划分出的水生生态系统就是粗筛的结果。

### 3.1.2 粗筛：水生生态系统

WWF 总部开发了覆盖亚洲、非洲和南美洲的基础水文数据——HydroSHEDs (Lehner 等 2006)。该数据以前所未有的质量、分辨率和涉及范围为区域和全球尺度的流域分析、水文模型和淡水保护规划提供支持。HydroSHEDs 为区域和全球尺度上的应用提供了格式上一致且全面的水文信息。这些信息包括一系列地理坐标参考的数据集，包括河流网络、流域边界、水流方向，以及诸如流量、水流距离和河流拓扑信息的辅助数据图层。所有的这些数据对于水生生态系统分类、制图，以及评估当前的影响和未来的威胁具有重要的作用。

HydroSHEDs 数据是从航天飞机雷达地形测绘（Shuttle Radar Topography Mission, SRTM）得到的 3 弧度秒分辨率的高程数据中提取的。提取前，使用已有和新开发的算法对原始的 SRTM 数据进行了水文条件调整，新开发的算法包括空值填充、滤波、河流强化和比例优化等，调整过程中还进行了必要的人工修改。初步的质量评估表明该 HydroSHEDs 数据明显的超过了现有的全球尺度的流域和河流数据。

**表 3-1. 用来进行水生生态系统分类和制图的因子**

变量	基本原理	类别
<b>河流大小 / 集水区面积</b> <sup>1</sup> (参看图 3-3a & 3-3b)	用集水区面积度量, 河流的大小与河道的形状、生境类型和生境比例、生境特征稳定性、流量相关。	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 源头水(集水区面积 &lt; 1,000 km<sup>2</sup>)</li> <li>▪ 小河(集水区面积 &lt; 10,000 km<sup>2</sup>)</li> <li>▪ 大河(集水区面积 &lt; 100,000 km<sup>2</sup>)</li> <li>▪ 主要支流(集水区面积 &gt; 100,000 km<sup>2</sup>)</li> <li>▪ 长江干流- 宜宾到宜昌</li> </ul>
<b>气候区</b> <sup>2</sup> (参看图 3-4)	影响水文、温度和植被的季节性格局, 从而影响能量的输入。	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 半干旱草原: 蒸发量 &gt; 降水量, 少于 8 个月 &gt; 10°C</li> <li>▪ 亚热带, 冬季干旱气候: 8 到 12 个月 &gt; 10°C; 冬季干旱气候</li> <li>▪ 温带, 冬季干旱气候: 4 到 7 个月 &gt; 10°C; 冬季干旱气候</li> <li>▪ 湿润大陆气候: 没有干季; 最干旱月降水量 &gt; 30 mm</li> <li>▪ 寒温带: 每年 1 到 3 个月 &gt; 10 °C</li> <li>▪ 苔原: 最热的月份温度在 0 - 10°C 之间</li> </ul>
<b>河流比降 / 集水区形状</b> <sup>3</sup> (参看图 3-6)	与流速、基岩、河道单元形状和河床内生境的类型和分布相关	分别统计集水区每个比降级别的河流总长度比降级别: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 平缓 &lt; 0.0005</li> <li>▪ 低级 0.0005 - 0.02</li> <li>▪ 中级 0.02 - 0.04</li> <li>▪ 陡峭 0.04 - 0.10</li> <li>▪ 非常陡峭 &gt; 0.10</li> </ul>
<b>石灰质地质</b> <sup>4</sup> (参看图 3-5)	石灰质地质明显影响水源 (地下水)、温度、化学、地貌形态、和水文状况。	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 石灰质影响: 集水区中石灰质基质的面积 &gt; 40%</li> <li>▪ (未详细区分不同的级别)</li> </ul>
<b>冰川 / 永久积雪</b> <sup>5</sup> (参看图 3-5)	影响水文和温度的季节性格局。	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 任何有冰川或永久积雪覆盖的集水区。</li> <li>▪ (未详细区分不同的级别)</li> </ul>

<sup>1</sup> 河流大小/集水区面积从 WWF 的 HydroSHEDs(90m SRTM; Lehner 等 2006)数据中提取得到。

<sup>2</sup> 气候区是 Baker (2007)使用从气象站(约 2,500 个站点)得到的月平均降水量和温度, 根据 PRISM 模型 (Daly et al., 2002; Daly et al., 1994)内插成 2 km<sup>2</sup> 的栅格, 基于修改的 Köppen-Trewartha 气候区分类模型, 根据周期性的气候格局进行划分。该分类系统完成的分类制图。此分类系统首先确定了 6 类主要的气候区, 然后根据温度和降水的周期性进行了再细分。

<sup>3</sup> 河流比降/集水区形状从 WWF 的 HydroSHEDs (90m SRTM; Lehner 等 2006)数据中提取得到。

<sup>4</sup> 石灰质地质从国家地表地质图(GDS 2006)中提取。

<sup>5</sup> 冰川/永久积雪从土地覆盖图 (CASM 2004) 中提取。

本研究使用 3 秒（90m 分辨率）的 HydroSHEDs 水文数据，提取了长江上游流域的河流网络和集水区层次图。集水区层次图定义了 5 个类别，即表 2 所列的 5 种级别（附图 3-2）。河流网络和集水区层次图空间分布见附图 3-3。

表 3-2. 集水区层次和分析框架

大小级别	集水区面积	地图单元	
1. 源头水	100-1,000 km <sup>2</sup>	▪ 集水区 (2,030 个)	
2. 小河	< 10,000 km <sup>2</sup>	▪ 集水区 (206 个)	
3. 大河	< 100,000 km <sup>2</sup>	▪ 集水区(19 个)	
		▪ 河道(19 个)	
		▪ 主河道的河段* (88 个)	
4. 主要支流	> 100,000 km <sup>2</sup>	▪ 集水区 (4 个)	
		▪ 河道(4 个)	
		▪ 主河道的河段* (30 个)	
		• 金沙江	▪ 集水区 (4 个)
		• 雅砻江	▪ 河道(4 个)
• 岷江	▪ 主河道的河段* (30 个)		
• 嘉陵江			
5. 长江干流	长江上游流域	▪ 集水区(长江上游)	
		▪ 河道 (长江)	
		▪ 主河道的河段* (4 个)	

### 1) 源头水和小河

按照下述过程将源头水集水区和小河集水区分类为不同的生态系统类型。

a) 基于气候区（附图 3-4）和集水区形状的组合进行聚类分析，确定气候区和集水区形状的类别，将集水区分组，结果为：

- 源头水: 14 个气候区和集水区形状组合的类型
- 小河: 10 个气候区和集水区形状组合的类型

b) 根据集水区內石灰质地质表面（附图 3-5）所占的比例将集水区再分组，区分出石灰岩/碳酸岩的面积大于集水区表面面积的 40%的集水区

c) 根据冰川/永久积雪（附图 3-5）的影响再分组，区分出冰川/永久积雪覆盖面积大于 1%的集水区

d) 根据河流的比降类别（附图 3-6）再分组，区分出平缓和陡峭的集水区

e) 为了避免分类的复杂和混乱, 将几个集水区个数很少的类别并入相似类型的大的类别。由于分类的目的是在粗的空间尺度和大尺度的环境格局上进行的生态系统分类和制图, 不是预测独特的环境类型或物种集合, 所以将这些个数很少的类型看作是分类和制图的额外类型, 因此分类结果如下:

- 源头水: 26 个生态系统类型
- 小河: 13 个生态系统类型

f) 最后, 根据所在生态流域单元的不同, 再将集水区划分成不同的类型。这样产生的类别在功能上就相当于生物多样性对象。

- 源头水: 68 个生态系统类型 (附图 3-7)
- 小河: 32 个生态系统类型 (附图 3-8)

## 2) 大河、主要支流和长江干流

对于大于 2 类的河流, 例如, 集水区面积  $> 10,000 \text{ km}^2$  (大河, 主要支流和长江干流), 只能对其集水区 and 主河道进行描述, 不能越过生态流域单元的范围进行分类。大河和主要支流或者是唯一的, 或者在同一类型上数量很少。进行分类的根本目的是确定那些具有类似的水生生态系统的重复的格局, 而在研究区内的大河都具有独特的格局。基于此, 这样的集水区没有再进行分类。

根据已知的大坝 (使用有限的可得到的数据)、自然屏障和大河的交汇点, 将主河道分成河段, 得到大河、主要支流和长江干流生态系统的边界。

## 3.2 生态完整性

将上述过程确定的水生生态系统类型作为生物多样性对象, 下一步就是评估水生生态系统的生态完整性的相对等级。完整的生物学系统能支撑和维持生物学要素和生态过程 (如, Karr 和 Chu 1995), 更能应对来自自然和人类活动的干扰。通过评估生态完整性的相对级别, 可以选择出那些最具潜力提供生境和支持生物多样性长期保持的水生生态系统。

直接度量流域内出现的所有水生生态系统的生态完整性是不现实的, 然而可以用人类干扰, 或者对历史和自然条件的违背进行间接指示。本研究中使用了可利用的能反映人类干扰的 GIS 数据计算每个集水区的保护适宜性指数, 这些 GIS 数据包括土地利用类型和基础设施 (道路、大坝和其它开发数据) (表 3-3)。使用受到保护的状态作为这个指数的

补充，因为受到保护的区域有利于保护景观和维持生态系统的生态过程（附图 3-9）。这种方法提供了生态条件的粗尺度的度量方法。

代价指数可以尽可能的选择那些自然性完好的生态系统，尽量避免与开发相冲突。这个指数是适宜性的倒数；高代价指数说明需要更多的保护投入、与经济发展相冲突，并且不适宜生态过程的维持，反之亦然。附图 3-10 和 3-11 显示了适宜性指数的结果。

**表 3-3. 代价/适宜性指数：原数据、组成和计算**

用来计算代价/适宜性指数的**因子**和**原数据**

每个因子的**度量**为每个因子归一化到 0<sup>1</sup> 乘以权重系数

每个集水区的**指数值**为集水区区内各个因子归一化后的值乘以权重系数的和

因子	度量(每个集水区)	数据源&比例尺	权重系数
公路	公路长度/ 河流长度	中国测绘科学研究院 (2004)	1
铁路	铁路长度/ 河流长度	中国测绘科学研究院 (2004)	1
村庄& 居民地	个数/ 面积	中国测绘科学研究院 (2004)	5
转换的土地利用类型	面积比例	中国测绘科学研究院 (2004)	1
城市用地	面积比例	中国测绘科学研究院 (2004)	1
灌溉农业	面积比例	中国测绘科学研究院 (2004)	5
大坝	个数/ 面积 <sup>1</sup>	保护国际 2007	20
下游条件	下游交汇的适宜性指数值 <sup>2</sup>		3
保护区	面积比例 <sup>3</sup>	朵海瑞和陈克龙 2007	

<sup>1</sup> 大坝位置数据不完整，但足够近似计算大坝密度

<sup>2</sup> 对于大河河段 (类别 3 和更大的类别)，适宜性指数数值为下列值的和：

- 村庄密度 (个数/面积，使用标准化了的数值)
- 城镇面积 (面积比例，使用标准化了的数值)
- 灌溉农业 (面积比例，使用标准化了的数值)

<sup>3</sup> 代价/适宜性指数数值根据国家级保护区覆盖面积比例使用下式进行调整：

调整后数值= 原数值 (1 - 0.5 \* (国家保护区覆盖面积比))

基于国家级保护区覆盖的面积比所作的调整能减小代价，即增加相对适宜性指数。

例如，一个原来代价为 0.88 的集水区，它有 40% 的面积被国家级保护区覆盖，将得到调整后的代价值为 0.70，计算如下：

调整后的代价值= 0.88 (1 - 0.5 \* (0.4)) = 0.70

### 3.3 保护目标

设计一个成功的保护蓝图，为了维持生物多样性对象的生态过程和长期进化，必须为其数量和分布设置明确的保护目标。由于知识和支持数据的限制，保护目标的设置是一个巨大挑战。因此，同其他保护规划一样，相对主观地选择一个现有生态系统的比例，作为保护目标。

对于小河生态系统（大小级别为 2），设置每种生态系统类型的 20% 河流长度的作为保护目标。小河集水区的面积变化较大，从 1,000 到 10,000 km<sup>2</sup> 不等。因此河流长度能更好的表达集水区数量。具体的保护目标数量见表 3-4。

对于源头水生态系统（大小级别为 1），设置保护现有集水区数量的 25% 的保护目标。因为河流是从没有考虑降水、基岩或水文方向的流量地形模型中提取的，所以相比大河来说源头水的精度偏低，河流长度不是可靠的度量。因此，我们选择源头水集水区的数量作为保护目标的度量标准。具体的保护目标数量见表 3-5。

表 3-4. 小河生态系统的保护目标：河流长度的 20%

生态系统类型	长江上游流域		每个生态流域单元				
	共计	目标	金沙江/ 雅砻江	岷江/ 大渡河	嘉陵江	乌江	长江
北方寒冷气候，混合比降	2,063	413	1,013 203	507 101	544 109		
北方寒冷气候，非常陡峭比降	1,776	355	721 144	756 151	298 60		
北方寒冷气候，非常陡峭比降 永久积雪	72	14		72 14			
半干旱草原	204	41	204 41				
湿润大陆气候，平缓比降	791	158			55 11		736 147
湿润大陆气候，混合比降	493	99				70 14	423 85
苔原，平缓比降	3,196	639	2,974 595	222 44			
苔原，平缓比降，永久积雪	1,061	212	1,061 212				
苔原，混合比降	3,971	794	2,223 445	1,089 218	659 132		
冬季干旱气候，平缓比降，	3,650	730	336 67	1,094 219	2,220 444		
冬季干旱气候，平缓比降，石灰质地质	639	128	317 63			321 64	
冬季干旱气候，混合比降	4,057	811	2,015 403	306 61	1,000 200	156 31	580 116
冬季干旱气候，混合比降，石灰质地质	2,946	589	566 113	38 8		1,740 348	602 120

表 3-5. 源头水生态系统的保护目标: 现有集水区数量的 25%

生态系统类型	长江上游流域		每个生态流域单元							
	共计	目标	金沙江/ 雅砻江		岷江/ 大渡河		嘉陵江		乌江	长江
苔原, 平缓比降	374	94	328	82	43	11	3	1		
苔原, 混合比降	171	43	115	29	46	12	10	2		
苔原, 混合比降, 永久积雪	40	10	40	10						
苔原, 混合比降, 石灰质地质	3	1	3	1						
苔原, 陡峭比降	136	35	86	22	44	11	6	2		
苔原, 陡峭比降, 永久积雪	14	4	8	2	6	2				
苔原, 陡峭比降, 石灰质地质	8	3	7	2			1	1		
半干旱草原	21	5	21	5						
北方寒冷气候, 混合比降	35	10	14	4	6	2	15	4		
北方寒冷气候, 陡峭比降	110	28	44	11	52	13	14	4		
北方寒冷气候, 陡峭比降, 石灰质地质	13	3	13	3						
北方寒冷气候, 非常陡峭比降	26	7	20	5	5	1	1	1		
北方寒冷气候, 非常陡峭比降, 永久积雪	1	1			1	1				
冬季干旱气候, 平缓比降	193	49	14	4	75	19	99	25		5 1
冬季干旱气候, 平缓比降, 石灰质地质	19	5	4	1	4	1		11 3		
冬季干旱气候, 混合比降	340	84	125	31	36	9	127	32	10 2	42 10
冬季干旱气候, 混合比降, 石灰质地质	186	46	41	10	7	2	22	6	90 22	26 6
冬季干旱气候, 陡峭比降	88	23	60	15	14	4	9	2	2 1	3 1
冬季干旱气候, 陡峭比降, 石灰质地质	43	12	24	6	8	2	1	1	8 2	2 1
冬季干旱气候, 非常陡峭比降,	7	2	7	2						
冬季干旱气候, 非常陡峭比降, 石灰质地质	6	2	6	2						
湿润大陆气候, 平缓比降	40	11			1	1	9	2		30 8
湿润大陆气候, 低级比降	38	10					3	1	5 1	30 8
湿润大陆气候, 平缓比降, 石灰质地质	75	19	1	1					57 14	17 4
湿润大陆气候, 混合比降	14	4								14 4
湿润大陆气候, 混合比降, 石灰质地质	29	7						8 2		21 5

### 3.4 生物多样性重点区域

#### 3.4.1 重点区域选择标准

该分析的核心目的是划分生物多样性重点区域。这些区域如果被有效地管理, 长江上游流域的代表性的生物多样性将被长期保存。这些区域代表了一个成功的生物多样性保护规划。这个规划基于下面的原则进行设计:

- 代表性：该区域所有的生态系统都满足保护目标（高于最小面积）；
- 连通性：优先选择连通的集水区和河流；
- 生境状态：基于有限的知识和数据，确保重点保护区域内的集水区在满足保护目标的同时，具有最优的生境状态并能保证生物多样性的长期存在。生境状态是通过栖息地适宜度来衡量的。
- 高效性：重点保护区域是一组能够满足保护目标的最小的区域，并且在保护代价最小的地方。保护代价用适宜度指数来计算。

### 3.4.2 专家指定的重点区域

2007年9月，在武汉召开了一个研讨会，组织专家（表3-6）对分析用的原始数据、分析过程和结果（优先保护区域）进行了审核。而且，与会专家根据长期的工作经验，基于生物多样性的分布和生境状态，手工划定了生物多样性重点区域。

表 3-6. 参加水生生态区评估会议的专家名单

名字	单位	领域
刘焕章	中科院武汉水生所	鱼类
何舜平	中科院武汉水生所	鱼类
丁瑞华	新世纪生物研究所	鱼类
张春光	中科院动物所	鱼类
于丹	武汉大学	水生植物
常剑波	中科院水利部水生所	鱼类
王跃招	中科院成都生物所	两栖爬行类
陈大庆	长江水产所	鱼类
李伟	中科院武汉水生所	水生植物
吴清江	中科院武汉水生所	鱼类
雷阿林	长委水资源所	水文
程飞	中科院武汉水生所	鱼类
罗小勇	长委水资源所	水文

专家指定的生物多样性重点区域列在表3-7中，其空间位置在附图3-12中显示。这些重点区域有助于确定河流中某一河段、或者某一支流对鱼类种群的重要性。这些区域是优先保护区域设计的基础和起始点。

表 3-7. 专家指定的生物多样性重点区域

名称	选择原因	威胁
三江源	特有高原鱼类	过度捕捞、外来种、生境变化、气候变化
金沙江	特有鱼类	建坝
雅砻江上游	特有和濒危鱼类 裂腹鱼	建坝、采砂、开采磷矿和过度捕捞
大渡河上游	特有和濒危鱼类 裂腹鱼、哲罗鱼	建坝
青衣江	特有鱼类	小水坝、过度捕捞
横江	特有鱼类、社区发展	过度捕捞
赤水河	特有鱼类	过度捕捞、污染
长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区	特有鱼类	污染
乌江上游（草海）	特有和濒危鱼类，如鲶鱼、高原鳅、裂腹鱼、鲢鱼	过度捕捞
大陵江和小陵江	特有鱼类	旅游，过度捕捞

### 3.4.3 应用 MARXAN 模型计算

同陆生生态区的分析一样，在长江上游水生生态系统保护优先区域的设计中，应用 MARXAN 选择一组规划单元来满足水生生态系统的保护目标，同时达到最好的连通性、生境状态和效率。应用划分的集水区等级体系作为规划单元。要保护的水生生态系统就是基于小溪和小河的集水区，这些集水区已经被区分为不同的水生生态系统类型。每种类型的保护目标列在表 3-4 和表 3-5 种。

该分析体现了两种连通性（见附图 3-13）：

1. 小河（大小等级 2）和支流（大小等级 1）间的连通性；
2. 大河（大小等级 3-5）和支流（大小等级 1-2）间的连通性。

### 3.4.4 重点区域划分结果

基于 MARXAN 的结果，设计了重点保护区域来满足所有水生生态系统的保护目标，并且在生境适宜度、连通性和保护效率方面得到最大的优化。该重点保护区域在附图 3-14 中显示。附表 3-8 列举了水生生态系统的保护对象、保护目标、和在重点保护区划中完成目标的程度。

#### 1) 小溪水生生态系统

小溪水生生态系统的重点保护区域包括 549 个集水区，占总共 2030 个集水区 27%。在被选择的集水区中，410 个或 75% 的集水区是被选择的小河水生生态系统内的一个支流。另外 43 个集水区是被选择的大河（或长江主要支流）水生生态系统内的支流。在被选择的 549 个集水区中，94 个在被选择的小河水生生态系统之外。

#### 2) 小河水生生态系统

小河水生生态系统的优先保护区域包括 60 个集水区，占总共 206 个集水区 30%。在被选择的集水区中，32 个或 54% 的集水区是被选择的大河（或长江主要支流）水生生态系统内的一个支流。

## 第四章 成果应用

### 4.1 中国生物多样性保护战略与行动计划

1994年颁布的《中国生物多样性保护行动计划》（简称《行动计划》）制定了一系列直接针对长江上中游生态保护的行动和目标。该计划支持并推广与生物多样性保护相协调的林业生产方式、保护区外的栖息地保护以及对草地和湿地的严格保护。《行动计划》已发布10年，但全面实施仍有问题，其中重要原因是这份文件本身具体操作性不强，引用的数据已经不能反映现状。在过去的10多年里，经济和社会的高速发展对环境和生物多样性产生了重大的影响，因而对保护工作也有了新的压力和要求，生物多样性保护工作也出现了许多新的情况。另一方面，中国在生物多样性保护方面获得了新的知识和信息，国际上也出现了许多新的有关生物多样性保护的理论和实践。这些新的变化、新的知识和信息、新的方法需要在《行动计划》中得到反映。因此，10年前的计划需要更新。否则，《行动计划》中陈旧过时的数据和信息容易产生误导。

为了弥补上述的不足，国家环保总局于2007年开始了《中国生物多样性保护战略与行动计划》的更新工作，并计划于2008年底递交国务院正式发布。鉴于双方在长江上游流域开展的评估取得了良好的效果，国家环保总局继续支持把合作的成功经验推广到全国，并具体承担其中优先重点保护确定与空缺分析专题报告的撰写。

项目在总结在长江上游试点项目技术方法的基础上，利用有限的数据库，采用“生态区评估”的方法，对中国的生物多样性现状进行了快速评估，划分出33个优先保护区域（见表4-1），并提出了相应的保护战略与行动计划，为《中国生物多样性保护战略与行动计划》的更新与完善提供了有力的技术支持。主要成果如下：

- 基于全国的关于生物多样性的综合数据库，包括现有生物多样性保护相关研究分析的重要区域如国家级自然保护区和国际重要保护地等、基于100万的基础地理数据和植被图以及318个重要指示物种的生境分布数据；
- 一系列反映生物多样性保护现状以及优先保护区域的图集，包括国家级自然保护区图、优先生态系统分布图、重要指示物种分布图、生境适宜性指数图、生物多样性不可替代性图以及优先保护区图等；

- 优先重点保护确定与空缺分析专题报告。划分出 33 个优先保护区域涉及 26 个省的 984 个县级单位，总面积 315 万平方公里，约占国土面积的 33%。在这些区域各部门已建立 196 个国家级自然保护区，面积为 61 万平方公里，覆盖了优先区域面积的 19%。

表 4-1. 中国优先保护区域列表

ID	优先区名称	涉及省的数目	涉及县的个数	优先区面积(km <sup>2</sup> )	指示物种数目	重点生态系统数目	国家级自然保护区数目
1	阿尔金山地区	3	6	59893.00	26	7	3
2	阿尔泰山地区	1	6	38742.03	24	8	1
3	阿拉善、鄂尔多斯荒漠区	4	39	181167.48	27	16	10
4	大巴山地区	4	34	45951.30	47	16	5
5	大别山地区	3	20	19218.99	24	7	5
6	大兴安岭地区	2	13	217997.38	24	11	6
7	洞庭湖地区	2	20	12241.05	17	5	5
8	伏牛山地区	1	13	9603.22	21	5	3
9	桂西地区	3	39	68044.15	82	13	7
10	海南中南部地区	1	12	16494.59	34	3	6
11	横断山地区	5	83	215908.01	137	34	18
12	红河流域	1	14	16367.31	80	6	4
13	喀喇昆仑、西昆仑地区	1	10	89688.28	23	13	0
14	吕梁山地区	4	72	57340.27	25	12	7
15	内蒙古草甸草原区	1	15	131331.36	24	10	4
16	南岭地区	6	96	117772.13	75	14	18
17	鄱阳湖地区	3	14	7401.27	22	3	2
18	祁连山地区	2	25	88215.34	38	14	2
19	羌塘、三江源地区	5	44	554316.47	57	19	8
20	秦岭地区	2	22	21141.14	41	13	6
21	三江平原地区	1	15	54622.74	23	6	8
22	松花江、嫩江湿地区	3	27	75424.23	18	10	8
23	苏北湿地区	1	12	4190.08	4	1	2
24	塔里木河流域荒漠区	1	16	55181.67	13	8	1
25	天山地区	1	41	212955.95	27	20	4
26	皖南浙西丘陵山地区	3	27	30205.30	45	7	4
27	无量山、哀牢山地区	1	11	12825.45	40	5	2
28	武陵山地区	4	50	85160.42	63	13	12
29	武夷山地区	2	26	23638.92	44	4	6
30	西双版纳地区	1	5	17492.93	67	5	2
31	喜马拉雅山东南地区	1	49	291071.40	72	11	5

32	小兴安岭、长白山地区	3	85	253147.38	31	16	16
33	浙闽山地区	2	59	69685.00	49	6	6

## 4.2 四川省生物多样性保护战略与行动计划

四川地处世界 25 个生物多样性热点地区之一，是我国重要的物种基因库，特有、孑遗物种丰富。全省有种子植物 8553 种，占全国种类的三分之一，居全国第二位，其中国家重点保护植物有 73 种，有药用植物约 3000 多种，有 60 多种地方药种，是全国最大的中药材基地；有脊椎动物 1259 种，占全国总数的 45% 以上；有国家重点保护野生动物 152 种，占全国总数的 40% 以上，其中野生大熊猫数量占全国的 76% 以上，是驰名中外的大熊猫故乡。四川有除海洋、沙漠生态系统外的森林、草地、湿地等自然生态系统，类型多样。

目前，四川正处于工业化初期加速向中期迈进的阶段，推进工业化、城市化进程是未来 10—20 年的主要任务。据预测，未来 15 年内，四川省人口将达到 9200 万以上。工业总量的增长，人口数量的膨胀，能源需要的增加，城市化水平的提高等，将使四川省面临日益严重的环境资源压力。只有珍惜和保护好丰富的生物多样性资源，并且加以持续的利用，才能为四川经济发展提供良好的物质基础，从而保证长江上游绿色生态屏障的安全。因此，四川省政府希望能引进先进的技术方法，为其制定全国第一个省级的生物多样性保护战略与行动计划。

由于四川省的边境全部落在了长江上游流域试点项目区的范围内，因此，试点项目所取得的成果可以直接为四川省生物多样性保护决策服务。在国家环保总局的支持下，项目与四川省政府合作，通过采用“生态区评估”的方法，为其制定《四川省生物多样性保护战略与行动计划》。为了进一步验证方法的可行性，项目依托四川省的相关专家和技术人员，通过对其多次培训，使其掌握“生态区评估”的方法，利用地方合作伙伴所掌握的数据资源，对四川省的生物多样性进行了评估，划分了优先保护区域，并将项目在长江上游所划分的优先区进行对比和叠加，最后通过专家知识的校正，最终形成了四川省生物多样性优先保护区图，并制定了相应的保护策略与行动。该项目将会被国家环保总局作为地方履行生物多样性公约的第一批示范省市之一，其成果将会向其他地区推广。

项目取得的主要成果如下：

- 四川生物多样性数据库，通过与四川省各个部门的合作，帮助四川省环保局和林业厅共同建立了生物多样性数据库，包括基于 25 万的基础地理数据、全省最新的植被图（1: 25 万）、全国气候区图以及 309 个重要物种分布数据等；

- 一系列反映生物多样性保护现状以及优先保护区域的图集，包括国家级和省级自然保护区图、植被图、重要物种分布图、生境适宜性指数图、生物多样性不可替代性图以及优先保护区图等；
- 四川省生物多样性保护战略与行动计划，划分出 12 个优先保护区域、6 个重要湖泊和湿地、5 个重要河流湿地、3 个特殊景观作为四川省生物多样性保护的重点区域，并拟定了 41 个优先的行动计划，以实现其生物多样性保护的战略目标。

表 4-2. 四川省优先保护区域列表

序号	类型	名称	保护对象	保护现状
1	区域	岷山区域	大熊猫、金丝猴、牛羚、四川梅花鹿及雉类等珍稀动物及其赖以生存的森林生态系统	现有自然保护区 20 个，其中国家级自然保护区 6 个
2		邛崃山区域	大熊猫、金丝猴、牛羚及雉类等珍稀野生动物及其赖以生存的森林生态系统	自然保护区 8 个，其中国家级自然保护区 3 个
3		凉山区域	大熊猫、四川山鹧鸪、珙桐等珍稀野生动植物及常绿阔叶林生态系统	现有自然保护区 8 个，其中国家级自然保护区 2 个
4		金阳-布拖区域	黑鹳、黑颈鹤等珍稀野生动物及常绿阔叶林生态系统	现有自然保护区 1
5		若尔盖湿地	黑颈鹤、隼形目鸟类及高原泥炭沼泽湿地生态系统	现有自然保护区 4 个，其中国家级自然保护区 1 个
6		贡嘎山区域	大熊猫、金丝猴、牛羚、林麝、康定云杉等野生动植物以及从常绿阔叶林到高山灌丛、草甸、流石滩植被的各类生态系统及冰川、裸岩景观	现有自然保护区 4 个，其中国家级自然保护区 1 个
7		石渠-色达区域	高山草甸及湿地生态系统；白唇鹿、藏野驴、藏羚羊、雪豹等国家 I 级保护动物	现有自然保护区 2 个
8		稻城-理塘海子山区域	白唇鹿、林麝、马麝、雪豹、白马鸡、四川雉鹑等野生动物和高原湖泊、草甸生态系统	现有自然保护区 7 个，其中国家级自然保护区 2
9		木里-盐源区域	针叶林、高山栎林等生态系统；马鹿、林麝、鸚鵡类及红豆杉属珍稀动植物	现有自然保护区 3 个
10		米苍山-大巴山区域	水青冈属植物及阔叶林生态系统	现有自然保护区 4 个，其中国家级自然保护区 1 个
11		巴塘竹巴笼-白玉察青松多区域	矮岩羊、白唇鹿、林麝、雉类及松茸、虫草等珍稀濒危动植物资源	现有自然保护区 6 个，其中国家级自然保护区 1 个
12		攀枝花西区-仁和区域	攀枝花苏铁及干热河谷植被	现有自然保护区 1 个
13		筠连-兴文-古蔺-叙永-合江区域	特有两栖动物及农田动物群落及常绿阔叶林生态系统，竹林生态系统	无
14	重要湖泊湿地	泸沽湖湿地	黑颈鹤、黑鹳	泸沽湖州级自然保护区
15		邛海湿地	水禽和涉禽类鸟类 34 种	
16		卡沙湖湿地	水禽和涉禽类鸟类 30 多种	卡沙湖省级自然保护区
17		升钟水库	调节当地气候，维持生物多样性	无
18		二滩水库	鱼类 92 种，湿地鸟类 75 种	二滩鸟类省级自然保护区

19		紫坪铺水库	成都市周边最大的库塘湿地	无
20		金沙江雷波至合江段	中华鲟、白鲟及达氏鲟等	雷波-合江段国家级自然保护区
21	河流湿地	大渡河双江口以上河流	川陕哲罗鲑	3个省级自然保护区，即理塘县的杜苟拉自然保护区、南莫且湿地自然保护区；马尔康县的岷江柏自然保护区
22		马边河马边段	湿地鸟类 95 种，国家重点保护鸟类有鸳鸯、灰鹤等	构溪河湿地县级自然保护区
23		南充嘉陵江段	白鹤鹑、黑脸琵鹭、黑鹤、灰鹤、鸳鸯等	南充太和鹭鸟市级自然保护区
24	特殊生态景观保护	翠云廊古柏	古柏及其生态系统	翠云廊古柏省级自然保护区
25		兴文石林	卡斯特地貌、古生物及特殊的地质结构	建有世界地质公园、国家重点风景名胜区
26		长宁竹海	竹林生态系统	长宁竹海国家级自然保护区

### 4.3 长江流域综合规划

现行的长江流域综合规划是上个世纪 50 年代制定，90 年代实施的，主要考虑了长江流域的防洪、水电和航运，对生态和环境考虑很少，修编后长江流域的规划功能将由上一轮以流域综合治理和开发为主，向水资源可持续利用、合理利用、加强保护、严格管理转变，更加注重协调好流域人与水的关系、人与河流的关系，协调好经济社会发展与水资源承载能力、水环境承载能力之间的关系，协调好各个地区、各个行业、各个部门在利用河流过程中的利益关系，充分体现新时期、新阶段对流域治理、开发、保护和管理的要求。

项目在长江上游流域的成果引起了长江水利委员会水资源保护研究所的兴趣，双方将共同建立生物多样性信息实验室，通过加强技术合作与交流，将生态区评估的方法在整个长江流域进行应用，其结果将有助于“长江流域综合规划”的修编工作。今后合作的主要目标，包括：

- 整合建立基于长江流域的信息平台，包括基础地理数据、生物多样性数据、水文、水质、气候等方面的信息；
- 培训专业人员，使其掌握生态区评估的方法，为长江流域划分优先保护区；
- 为“长江流域综合规划”中有关生物多样性保护专题的修编工作提供技术支持和解决方案。

## 4.4 生物多样性保护信息网络

通过项目在长江上游流域的实践，以及在国家和地方多个层面的应用，大自然保护协会与国家环保总局的合作已经成功将以“系统保护工程”为核心的技术方法引进到中国，并进行了适当改进，使其更适应中国国情。随着信息时代的不断发展，生物多样性保护性信息将不断积累，项目结束后将继续保持与各个合作伙伴的联络，并提供相应的技术支持。通过促进各方的合作，建立一个广泛的保护信息网络，通过统一的标准和方法对这些信息进行分析，进而为决策提供科学依据。

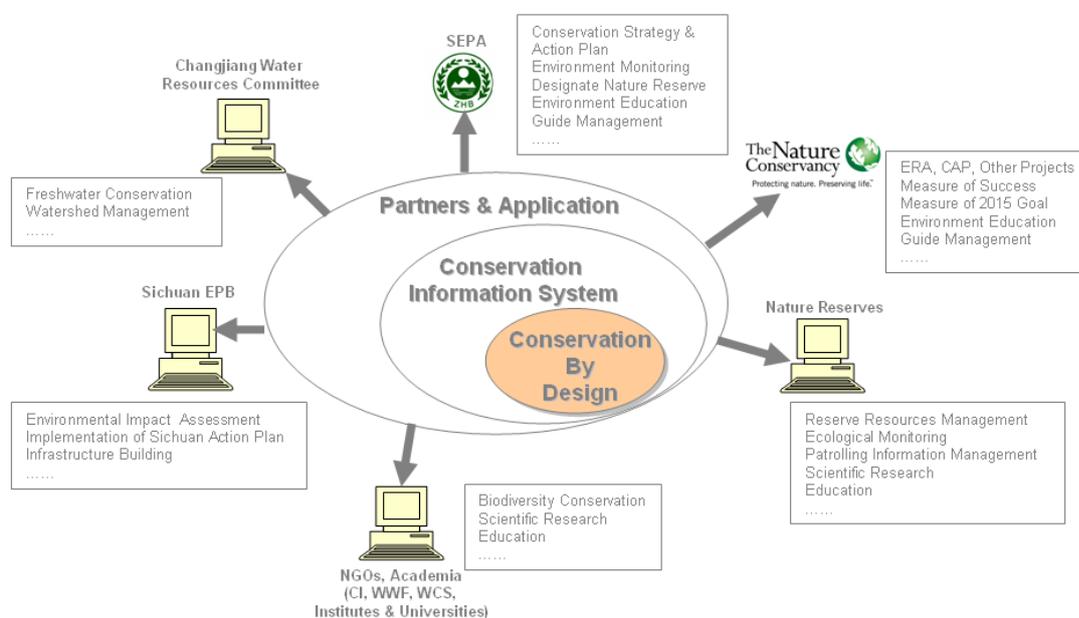


Figure 1 Conception model for the Conservation Information Strategy

图 4-1. 生物多样性保护信息网络

## 项目负责人和主要合作单位

- 1、 环保部对外合作中心：宋小智、孙雪峰、阿彦；
- 2、 大自然保护协会（TNC）：牛红卫、张爽、李欣海、Mike Heiner、武瑞东、赵鹏、于倩、王龙柱、毕靖；
- 3、 保护国际（CI）：吕植、王昊、李晟之、王大军、陈艾；
- 4、 国际野生生物保护学会（WCS）：解焱、王伟；
- 5、 世界自然基金会（WWF）：朱春全

此外，还有大批科学家、信息系统专家都为本项工作提供了宝贵的建议和信息共享支持，他们是：刘焕章、何舜平、丁瑞华、张春光、于丹、常剑波、王跃招、陈大庆、李伟、吴清江、雷阿林、程飞、罗小勇、曹文宣、杨君兴、丁瑞华、赵亚辉、丁长青、雷富民、周红章、于丹、罗益波、任海宝、蒋志刚、詹祥江、冉江洪、岳碧松和王跃招。

## 参考文献

- Abell, R., M. Thieme, C. Revenga, M. Bryer, M. Kottelat, N. Bogutskaya, B. Coad, N. Mandrak, S. Contreras-Balderas, W. Bussing, M. L. J. Stiassny, P. Skelton, G. R. Allen, P. Unmack, A. Naseka, R. Ng, N. Sindorf, J. Robertson, E. Armijo, J. Higgins, T. J. Heibel, E. Wikramanayake, D. Olson, H. L. Lopez, R. E. d. Reis, J. G. Lundberg, M. H. Sabaj Perez, and P. Petry. Freshwater Ecoregions of the World: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation *BioScience*. (In press)
- Baker, B., W. Hargrove, F. Hoffman, and M. Heiner. 2006. Use of multivariate clustering and climate classification techniques to characterize future climate scenarios in P.R. China. Pages 28-31. US-IALE Symposium: New Approaches to Ecological Regionalization, San Diego, CA.
- Ball, I., and H. Possingham. 2000. MARXAN (v1.8.2), A Manual Prepared for The Great Barrier Reef Marine Park Authority.
- Beier, P., and R. Noss. 1998. Do Habitat Corridors Provide Connectivity? *Conservation Biology* 12:1241-1252.
- Bunn, A. G., D. L. Urban, and T. H. Keitt. 2000. Landscape connectivity: A conservation application of graph theory. *Journal of Environmental Management* 59:265-278.
- Burnett, M. R., P. V. August, J. H. Brown, and K. T. Killingbeck. 1998. The influence of geomorphological heterogeneity on biodiversity I. A patch-scale perspective. *Conservation Biology* 12:363-370.
- Carwardine, J., W. A. Rochester, K. S. Richardson, K. J. Williams, R. L. Pressey, and H. P. Possingham. 2007. Conservation planning with irreplaceability: does the method matter? *Biodiversity and Conservation* 16:245-258.
- Chang, J. 2001. Conservation of endemic fish with catchment management of upper Yangtze. Pages 151-156 in L. King, M. Metzler, and T. Jiang, editors. Flood risks and land use conflicts in the Yangtze catchment, China and at the Rhine River, Germany: strategies for a sustainable flood management. Peter Lang Publishing, Frankfurt.
- Changchun Institute of Geography and Chinese Academy of Sciences 1990. The Conservation Atlas of China. China Science Press, Beijing.
- Changjiang Water Resources Commission 1999. Atlas of the Changjiang river basin. Sinomaps Press, Beijing.

- Chinese Academy of Surveying and Mapping. 2004. China basic geological data: 1:1 million raster data of vegetation and land cover
- Daly, C., W. P. Gibson, G. H. Taylor, G. L. Johnson, and P. Pasteris. 2002. A knowledge-based approach to the statistical mapping of climate. *Climate Research* 22:99-113.
- Daly, C., R. P. Neilson, and D. L. Phillips. 1994. A Statistical Topographic Model for Mapping Climatological Precipitation over Mountainous Terrain. *Journal of Applied Meteorology* 33:140-158.
- Damschen, E. I., N. M. Haddad, J. L. Orrock, J. J. Tewksbury, and D. J. Levey. 2006. Corridors increase plant species richness at large scales. *Science* 313:1284-1286.
- Diamond, J. 1975. The Island Dilemma: Lessons of Modern Biogeographic Studies for the Design of Nature Reserves. *Biological Conservation* 7:129-146.
- Dobson, A. 1996. *Conservation and Biodiversity*. Scientific American Library, New York.
- GDS 2007. China Geologic Data unpublished report prepared for The Nature Conservancy China Program. Geologic Data Systems Inc., Denver, CO.
- Groves, C. R., D. B. Jensen, L. L. Valutis, K. H. Redford, M. L. Shaffer, J. M. Scott, J. V. Baumgartner, J. V. Higgins, M. W. Beck, and M. G. Anderson. 2002. Planning for biodiversity conservation: Putting conservation science into practice. *Bioscience* 52:499-512.
- Groves, C. 2003. *Drafting a conservation blueprint: A practitioner's guide to planning for biodiversity*. Island Press, Washington.
- Halpin, P. N. 1997. Global climate change and natural-area protection: Management responses and research directions. *Ecological Applications* 7:828-843.
- Hanski, I. 1998. Metapopulation dynamics. *Nature* 396:41-49.
- Higgins, J. 2003. Chapter 10: Managing the Ebbs and Flows of the Landscape. Island Press, Washington.
- Higgins, J., and R. Esselman. 2006. *Ecoregional Assessment Toolbox* in T. N. Conservancy, editor, Arlington, VA.
- Higgins, J. V., M. T. Bryer, M. L. Khoury, and T. W. Fitzhugh. 2005. A freshwater classification approach for biodiversity conservation planning. *Conservation Biology* 19:432-445.
- Higgins, J., R. Unnasch, and C. Supples. 2007. *Ecoregional Status Measures Version 1.0: Framework and Technical Guidance to Estimate Effective Conservation*. The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Hunter, M. L., and G. L. J. Jacobson. 1988. Paleoecology and the coarse filter approach to maintaining biological diversity. *Conservation Biology* 2:375-385.

- IUCN. 2004. IUCN Red List.
- Jenkins, R. E. 1976. Maintenance of natural diversity: approach and recommendations. Pages 441-451. Forty-first North American Wildlife and Natural Resources Conference, Washington, D. C.
- Karr, J. R., and E. W. Chu 1995. Ecological integrity: reclaiming lost connections. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Karr, J. R., K. D. Fausch, P. L. Angermeier, P. R. Yant, and I. J. Schlosser. 1986. Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. Page 27. Natural History Survey Special Publication 5, Illinois.
- Kintsch, J. A., and D. L. Urban. 2002. Focal species, community representation, and physical proxies as conservation strategies: a case study in the Amphibolite Mountains, North Carolina, USA. *Conservation Biology* 16:936-947.
- Lehner, C., K. Verdin, and A. Jarvis. 2006. HydroSHEDS Technical Documentation. World Wildlife Fund US, Washington, DC.
- MacArthur, R. H., and E. O. Wilson 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- Margules, C. R., and R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405:243-253.
- Matthews, W. J. 1998. *Patterns in freshwater fish ecology*. Chapman and Hall, New York.
- Morris, W., D. Doak, M. Groom, P. Kareiva, J. Fieberg, L. Gerber, P. Murphy, and D. Thomson 1999. *A Practical Handbook for Population Viability Analysis*, Arlington, VA.
- NatureServe. 2003. A Working Classification of Terrestrial Ecological Systems in the Coterminous United States. . Page 61+ appendices. in NatureServe, editor. *International Terrestrial Ecological Systems Classification.*, Arlington, VA.
- Nichols, W. F., K. T. Killingbeck, and P. V. August. 1998. The influence of geomorphological heterogeneity on biodiversity II. A landscape perspective. *Conservation Biology* 12:371-379.
- Nelson, J. S. 1994. *Fishes of the world*. Wiley, New York.
- Noss, R. F. 1996. Ecosystems as conservation targets. *Trends in Ecology & Evolution* 11:351-351.
- Olson, D. M., and E. Dinerstein. 1998. The global 200: A representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology* 12:502-515.
- Olson, D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, G. V. N. Powell, E. C. Underwood, J. A. D'Amico, I. Itoua, H. E. Strand, J. C. Morrison, C. J. Loucks, T. F. Allnutt, T. H. Ricketts, Y. Kura, J.

- F. Lamoreux, W. W. Wettengel, P. Hedao, and K. R. Kassem. 2001. Terrestrial ecoregions of the worlds: A new map of life on Earth. *Bioscience* 51:933-938.
- Poiani, K., B. Richter, M. Anderson, and H. Richter. 2000. Biodiversity Conservation at Multiple Scales. *Bioscience* 50:133-146.
- Poiani, K. A., B. D. Richter, M. G. Anderson, and H. E. Richter. 2000b. Biodiversity conservation at multiple scales: Functional sites, landscapes, and networks. *Bioscience* 50:133-146.
- Possingham, H. P., I. R. Ball, and S. Andelman 2000. *Mathematical methods for identifying representative reserve networks*, Springer-Verlag, New York.
- Quinn, J., and A. Hastings. 1987. Extinction in Subdivided Habitats. *Conservation Biology* 1:198-208.
- Sayre, R., D. Muchoney, and A. Yanosky. 2007. Mapping global ecosystems - the GEOSS approach. Page 278 in G. o. E. Observations, editor. *The Full Picture*, Tudor Rose, London.
- Sowa, S. P., G. Annis, M. E. Morey, and D. D. Diamond. 2007. A gap analysis and comprehensive conservation strategy for riverine ecosystems of Missouri. *Ecological Monographs* 77:301-334.
- Soule, M. E. 1987. *Where do we go from here?* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Tear, T. H., P. Karieva, P. L. Angermeir, P. Comer, B. Czech, R. Kautz, L. Landon, D. Mehlman, K. Murphy, M. Ruckleshaus, J. M. Scott, and G. Wilhere. 2005. How Much is Enough?: The Recurrent Problem of Setting Quantitative Objectives in Conservation. *BioScience* 55:835-849.
- Tewksbury, J. J., D. J. Levey, N. M. Haddad, S. Sargent, J. L. Orrock, A. Weldon, B. J. Danielson, F. J. Brinkerhof, E. I. Damschen, and P. Townsend. 2002. Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes Pages 12923-12926. *Proceedings of the National Academy of Science*.
- Thieme, M., B. Lehner, R. Abell, S. K. Hamilton, J. Kellndorfer, G. Powell, and J. C. Riveros. 2007. Freshwater conservation planning in data-poor areas: An example from a remote Amazonian basin (Madre de Dios River, Peru and Bolivia). *Biological Conservation* 135:484-501.
- TNC. 1996. *Conservation by Design: A Framework for Mission Success*. TNC, Arlington, Virginia.
- TNC. 1998. *Implementing Conservation by Design: A Strategic Focus for the Next 10 Years*. TNC, Arlington, Virginia.
- TNC. 2001. *Conservation by Design: A Framework for Mission Success*. TNC, Arlington, Virginia.
- Trewartha, G. T., and L. H. Horn 1980. *An introduction to climate*. McGraw-Hill, New York.
- Urban, D., and T. Keitt. 2001. Landscape connectivity: A graph-theoretic perspective. *Ecology* 82:1205-1218.

- WCS 2006. Protected Areas in China. Beijing <http://www.chinabiodiversity.com/indexbak.shtml>
- Zhong, Y., and G. Power. 1996. Environmental impacts of hydroelectric projects on fish resources in China. *Regulated Rivers: Research and Management* 12:81-98.
- 保护国际。2007。长江上游物种分布和威胁。保护国际，北京。
- 朵海瑞,和陈克龙。2007。中国国家级保护区的边界。北京。
- 国务院人口普查办公室和国家统计局。2001。2000年第五次全国人口普查主要数据。中国统计出版社。北京。
- 吴波, 朱春全, 李迪强, 董珂, 王秀磊, 石培礼。2006。长江上游森林生态区生物多样性保护优先区确定--基于生态区保护方法。生物多样性 14 (2): 87-97。
- 解焱和汪松。2004。中国的保护地。清华大学出版社, 北京。
- 于晓东, 罗天宏和周红章。2005。长江流域鱼类物种多样性大尺度格局研究。生物多样性 13:473-495。
- 中国测绘科学研究院。2004。国家基础地理信息系统数据库：全国 1:100 万数据库, 北京。
- 中国科学院中国植被图编辑委员会（侯学煜主编）。2001。1:1000000 中国植被图集。科学出版社, 北京。

## 表格目录

- 表 2-1. 长江上游的森林和草地：主要生境类型和生态区名录
- 表 2-2. Köppen-Trewartha 生态气候区类型
- 表 2-3. 模型 A 植被类型示例
- 表 2-4. 模型 A 主要植被类型  
该表列出了 220 种植被类型中的 24 种，这 24 种植被类型占总项目区面积的 53%
- 表 2-5. 模型 B 物理环境单元示例
- 表 2-6. 模型 B 主要物理环境单元  
该表列出的 32 个物理环境单元，占总项目区面积的 73%
- 表 2-7. 细筛保护对象及其 IUCN 濒危等级
- 表 2-8. 代价/适宜性指数
- 表 2-9. 模型 A 植被类型保护目标的计算
- 表 2-10. 目标保护物种的分布范围
- 表 2-11. 由分布范围和生态区分布类型确定的保护目标
- 表 2-12. 保护对象和保护目标
- 表 2-13. 每个生态区的生物多样性重要区域面积分布
- 表 2-14. 气候区对模型 B 环境单元生物多样性重要区域的代表性
- 表 3-1. 用来进行水生生态系统分类和制图的因子
- 表 3-2. 集水区层次和分析框架
- 表 3-3. 代价/适宜性指数：原数据、组成和计算
- 表 3-4. 小河生态系统的保护目标：河流长度的 20%
- 表 3-5. 源头水生态系统的保护目标：现有集水区数量的 25%
- 表 3-6. 参加水生生态区评估会议的专家名单
- 表 3-7. 专家指定的生物多样性重点区域
- 表 4-1. 中国优先保护区域列表
- 表 4-2. 四川省优先保护区域列表

## 图形目录

- 图 1-1 长江上游蓝图规划试点区
- 图 1-2 生态区评估项目流程图（见正文）
- 图 1-3 保护对象和空间尺度（引自 Poiani 等，2000）
- 图 2-1 长江上游试点区 Koppen-Trewartha 生态气候区
- 图 2-2 长江上游试点区的土地覆盖
- 图 2-3 模型 A-植被类型  
该图显示了 26 种优势植被类型。整个区域划分了 220 种植被类型（参见表 3 的详细描述）。
- 图 2-4 基于 SRTM DEM 的地貌分类  
高地地形通过 ISODATA 数据的坡位、光通量和坡度的聚类分析得到。河谷区通过地形模型来划定。
- 图 2-5 长江上游研究区域的地质  
来源：GDS 公司的中国分省报告和图集，比例 1: 150 万
- 图 2-6 模型 B 物理环境因子（部分）
- 图 2-7 以六边形为规划单元计算物种的分布范围（以毛冠鹿为例）（见正文）
- 图 2-8 陆生生态区评估代价/适宜度指数
- 图 2-9 种/面积曲线
- 图 2-10 优先保护区域设计过程
- 图 2-11 长江上游森林和草地生态区生物多样性优先保护区域
- 图 3 影响淡水生态系统结构和功能的因子（引自 Karr 1986）
- 图 3-1 长江上游生态集水区单元（见正文）
- 图 3-2 岷江流域河流&集水区  
该图显示了河流网络和集水区层次结构，该结构作为分析框架用来进行设置生态系统保护目标，评估生态状况和设计生物多样性优先保护区域
- 图 3-3a 长江上游流域河流大小类别
- 图 3-3b 长江上游流域集水区大小类别
- 图 3-4 长江上游试点区 Koppen Trewartha 生态气候区（以流域和河流为背景）
- 图 3-5 地质和冰川/永久积雪  
进行水生生态系统分类，集水区需要根据石灰岩/碳酸盐覆盖集水区的面积比进行分类。石灰质地质明显影响水源（地下水/地表水）、温度、化学、地貌形态、和水文状况。

图 3-6 岷江流域: 河流比降类别

在水生生态系统分类中, 需要分别统计集水区内每个比降级别的河流总长度  
河流比降是水生生态系统分类的一个因子, 与流速、基岩、河道单元形状和河床内生境的类型和分布相关。

图 3-7 水生生态系统分类: 源头水集水区 (面积 $< 1,000\text{km}^2$ )

图 3-8 水生生态系统分类: 小河集水区 (面积  $1,000-10,000 \text{ km}^2$ )

图 3-9 岷江流域: 适宜性指数因子

图 3-10a 岷江流域: 适宜性指数 - 源头水集水区

适宜性指数是实现了对生态状态的粗尺度的评价和保护代价的评估, 提供了集成经济、社会制度和生态因子确定优先保护区域的机制

图 3-10b 岷江流域: 适宜性指数 - 小河集水区

适宜性指数是实现了对生态状态的粗尺度的评价和保护代价的评估, 提供了集成经济、社会制度和生态因子确定优先保护区域的机制

图 3-11a 适宜性指数 - 源头水集水区

适宜性指数是实现了对生态状态的粗尺度的评价和保护代价的评估, 提供了集成经济、社会制度和生态因子确定优先保护区域的机制

图 3-11b 适宜性指数 - 小河集水区

适宜性指数是实现了对生态状态的粗尺度的评价和保护代价的评估, 提供了集成经济、社会制度和生态因子确定优先保护区域的机制

图 3-12 专家选择的生物多样性重要区域

图 3-13 生物多样性重要保护区域设计中的河流连通性

图 3-14 长江上游水生生物多样性优先保护区域

附表 2-4、2-6 和 3-8

表 2-4: 模型 A 主要植被类型

该表列出了 220 种植被类型中的 24 种，这 24 种植被类型占总项目区面积的 53%

单元	气候区	植物地理区	植被	面积
	(Koppen-Trewatha 生态区)	(生态区)	(土地覆盖类型)	(km <sup>2</sup> )
6000037	苔原, 高海拔草原	青藏高原高山灌丛和草甸 Tibetan Plateau alpine shrublands & meadows	裸地 bare	17,887
3021234	干旱半干旱北方草原 Dry semi-arid temperate-boreal steppe	中部青藏高原高山草甸 Central Tibetan Plateau alpine steppe	草地 (未分化的) grassland (undifferentiated)	28,891
2022351	亚热带湿润阔叶林 Subtropical humid Broad-leaf forest/woodlands	贵州高原阔叶混交林 Gizhou Plateau broadleaf & mixed forests	森林 forest	64,905
2022347	亚热带湿润阔叶林 Subtropical humid Broad-leaf forest/woodlands	四川盆地常绿阔叶林 Sichuan Basin evergreen broadleaf forests	森林 forest	1,124
2021951	亚热带冬季干旱混交林 Subtropical winter dry season Mixed forest	贵州高原阔叶混交林 Gizhou Plateau broadleaf & mixed forests	森林 forest	35,374
2021947	亚热带冬季干旱混交林 subtropical winter dry season Mixed forest	四川盆地常绿阔叶林 Sichuan Basin evergreen broadleaf forests	森林 forest	7,826
2021954	亚热带冬季干旱混交林 Subtropical winter dry season Mixed forest	云南高原亚热带常绿林 Yunnan Plateau subtropical evergreen forests	森林 forest	34,453
2022054	亚热带冬季干旱常绿林 Subtropical winter dry season Evergreen forest	云南高原亚热带常绿林 Yunnan Plateau subtropical evergreen forests	森林 forest	70,243
2023443	冬季干旱温带区, 最热月均温高于 22°C Temperate Winter dry season warmest mo. >22C	大巴山常绿林 Daba Mountains evergreen forests	森林 forest	18,753
2023441	冬季干旱温带区, 最热月均温高于 22°C Temperate Winter dry season warmest mo. >22C	秦岭落叶林 Qin Ling Mountains deciduous forests	森林 forest	28,938
2223443	冬季干旱温带区, 最热月均温高于 22°C Temperate Winter dry season warmest mo. >22C	大巴山常绿林 Daba Mountains evergreen forests	灌丛 shrub	16,378

2023545	冬季干旱温带区, 最热月均温低于 22°C Temperate Winter dry season warmest mo. <22C	横断山亚高山针叶林 Hengduan Mountains subalpine conifer forests	森林 forest	20,485
2023544	冬季干旱温带区, 最热月均温低于 22°C Temperate Winter dry season warmest mo. <22C	怒江澜沧江峡谷高山针叶林和混交林 Nujiang Langcang Gorge alpine conifer & mixed forests	森林 forest	14,329
2023541	冬季干旱温带区, 最热月均温低于 22°C Temperate Winter dry season warmest mo. <22C	秦岭落叶林 Qin Ling Mountains deciduous forests	森林 forest	27,011
2023542	冬季干旱温带区, 最热月均温低于 22°C Temperate Winter dry season warmest mo. <22C	邛崃—岷山针叶林 Qionglai-Minshan conifer forests	森林 forest	18,862
2024433	北方针叶林和苔原 Boreal coniferous forest and tundra woodland	邛崃—岷山针叶林 Qilian Mountains conifer forests	森林	2,719
2024442	北方针叶林和苔原 Boreal coniferous forest and tundra woodland	邛崃—岷山针叶林 Qionglai-Minshan conifer forests	森林 forest	8,445
3124433	北方针叶林和苔原 Boreal coniferous forest and tundra woodland	祁连山针叶林 Qilian Mountains conifer forests	草地 覆盖率 >50%	4,140
3224745	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	横断山亚高山针叶林 Hengduan Mountains subalpine conifer forests	草地 覆盖率 20-50%	14,294
3224735	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	藏东南灌丛和草甸 Southeast Tibet shrublands & meadow	草地 覆盖率 20-50% cover	86,124
3124734	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	青藏高原中部高山草原 Central Tibetan Plateau alpine steppe	草地 覆盖率>50% cover	79,992
3124744	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	怒江澜沧江峡谷高山针叶林和混交林 Nujiang Langcang Gorge alpine conifer & mixed forests	草地 覆盖率>50% cover	16,171
3124735	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	藏东南灌丛和草甸 Southeast Tibet shrublands & meadow	草地 覆盖率>50% cover	116,780
3124737	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	青藏高原高山灌丛和草甸 Tibetan Plateau alpine shrublands & meadows	草地 覆盖率>50% cover	121,321

表 2-6: 模型 B 主要物理环境单元

列出的 32 个物理环境单元占总项目区面积的 73%

地图单元	气候区	地形	地质	面积(km <sup>2</sup> )
8000	BWh Dry arid subtropical desert 亚热带干旱荒漠	<i>Undifferentiated</i> 未分化	<i>Undifferentiated</i> 未分化	12,920
9300	BWk Dry arid temperate cold desert 温带干旱冻原	open flat 空旷平坦	<i>undifferentiated</i> 未分化	489,606
11000	BSh Dry semi-arid subtropical shrubland 亚热带干旱半干旱灌丛	<i>undifferentiated</i> 未分化	<i>undifferentiated</i> 未分化	58,936
12300	BSk Dry semi-arid temperate-boreal steppe 北温带干旱半干旱草原	open flat 空旷平坦	<i>undifferentiated</i> 未分化	1,253,340
19016	Cwa Subtropical winter dry season Mixed forest 亚热带冬季干旱混交林	<i>undifferentiated</i> 未分化	Ultrabasic 碱性土	7,332
19108	Cwa Subtropical winter dry season Mixed forest 亚热带冬季干旱混交林	steep north aspect 陡峭北坡	Calcareous 石灰岩	600,452
19300	Cwa Subtropical winter dry season Mixed forest 亚热带冬季干旱混交林	open flat 空旷平坦	<i>undifferentiated</i> 未分化	752,851
19308	Cwa Subtropical winter dry season Mixed forest 亚热带冬季干旱混交林	open flat 空旷平坦	Calcareous 石灰岩	736,622
19400	Cwa Subtropical winter dry season Mixed forest 亚热带冬季干旱混交林	steep south aspect 陡峭南坡	<i>undifferentiated</i> 未分化	683,832
20300	Cwb Subtropical winter dry season Evergreen forest 亚热带冬季干旱常绿林	open flat 空旷平坦	<i>undifferentiated</i> 未分化	811,432
20308	Cwb Subtropical winter dry season Evergreen forest 亚热带冬季干旱常绿林	open flat 空旷平坦	Calcareous 石灰岩	597,655
20400	Cwb Subtropical winter dry season Evergreen forest 亚热带冬季干旱常绿林	steep south aspect 陡峭南坡	<i>undifferentiated</i> 未分化	636,519
23300	Cfa Subtropical humid Broad-leaf forest/woodlands 亚热带湿润阔叶林	open flat 空旷平坦	<i>undifferentiated</i> 未分化	977,682
23308	Cfa Subtropical humid Broad-leaf forest/woodlands 亚热带湿润阔叶林	open flat 空旷平坦	Calcareous 石灰岩	629,461

24000	Cfb	Subtropical humid Broad-leaf deciduous forest 亚热带湿润落叶阔叶林	<i>undifferentiated</i> 未分化	<i>undifferentiated</i> 未分化	35,029
34016	DCwa	Temperate Winter dry season warmest mo. >22C 温带冬季干冷最热月均温高于 22℃	<i>undifferentiated</i> 未分化	Ultrabasic 碱性土	10,153
34200	DCwa	温带冬季干冷最热月均温高于 22℃ Temperate Winter dry season warmest mo. >22C	Valley 山谷	<i>undifferentiated</i> 未分化	680,048
34400	DCwa	温带冬季干冷最热月均温高于 22℃ Temperate Winter dry season warmest mo. >22C	steep south aspect 陡峭南坡	<i>undifferentiated</i> 未分化	782,463
35100	DCwb	温带冬季干冷最热月均温低于 22℃ Temperate Winter dry season warmest mo. <22C	steep north aspect 陡峭北坡	<i>undifferentiated</i> 未分化	1,908,842
35200	DCwb	温带冬季干冷最热月均温低于 22℃ Temperate Winter dry season warmest mo. <22C	Valley 山谷	<i>undifferentiated</i> 未分化	1,270,420
35400	DCwb	温带冬季干冷最热月均温低于 22℃ Temperate Winter dry season warmest mo. <22C	steep south aspect 陡峭南坡	<i>undifferentiated</i> 未分化	1,371,165
40100	DCfb	温带湿润大陆性气候, 夏季凉爽 Temperate Humid continental Cool summer	steep north aspect 陡峭北坡	<i>undifferentiated</i> 未分化	125,425
44100	E	北方针叶林和苔原 Boreal coniferous forest and tundra woodland	steep north aspect 陡峭北坡	<i>undifferentiated</i> 未分化	1,376,479
44200	E	北方针叶林和苔原 Boreal coniferous forest and tundra woodland	Valley 山谷	<i>undifferentiated</i> 未分化	928,429
44300	E	北方针叶林和苔原 Boreal coniferous forest and tundra woodland	open flat 空旷平坦	<i>undifferentiated</i> 未分化	1,377,766
44400	E	北方针叶林和苔原 Boreal coniferous forest and tundra woodland	steep south aspect 陡峭南坡	<i>undifferentiated</i> 未分化	1,043,828
47100	Ft	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	steep north aspect 陡峭北坡	<i>undifferentiated</i> 未分化	4,265,832
47200	Ft	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	Valley 山谷	<i>undifferentiated</i> 未分化	3,019,791
47300	Ft	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	open flat 空旷平坦	<i>undifferentiated</i> 未分化	8,477,272

---

47400	Ft	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	steep south aspect 陡峭南坡	<i>undifferentiated</i> 未分化	3,856,580
47700	Ft	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	riparian valley 河谷	<i>undifferentiated</i> 未分化	68,312
47800	Ft	苔原, 高海拔草原 Tundra, high altitude steppe	riparian open 开阔河岸带	<i>undifferentiated</i> 未分化	760,145

---

表 3-8. 水生生态系统的保护对象、保护目标、和在保护优先区划中完成目标的比例

大小等级		保护目	满足的保	满足的保护
标识号	水生生态系统类型	标	护目标	目标的比例
		(a)	(b)	(b) / (a)
<b>金沙江-雅砻江生态流域单位</b>				
	小溪集水区 (面积 <1,000 km <sup>2</sup> )		集水区数量	
1142900	北方寒冷气候区, 混合比降	4	4	1.0
1140400	北方寒冷气候区, 较大比降	11	11	1.0
1140410	北方寒冷气候区, 较大比降 - 石灰岩	3	3	1.0
1140500	北方寒冷气候区, 极大比降	5	5	1.0
1111200	半干旱北方寒冷草原区	5	13	2.6
1170210	大陆性湿润气候区, 较小比降 - 石灰岩	1	1	1.0
1121200	苔原气候区, 较小比降	82	82	1.0
1120900	苔原气候区, 混合比降	29	29	1.0
1120910	苔原气候区, 混合比降 - 石灰岩	1	1	1.0
1120901	苔原气候区, 混合比降 - 永久积雪	10	10	1.0
1120400	苔原气候区, 较大比降	22	22	1.0
1120410	苔原气候区, 较大比降 - 石灰岩	2	2	1.0
1120401	苔原气候区, 较大比降 - 永久积雪	2	2	1.0
1180100	冬季干燥气候区, 平缓	4	4	1.0
1180110	冬季干燥气候区, 平缓 - 石灰岩	1	1	1.0
1182900	冬季干燥气候区, 混合比降	31	31	1.0
1182910	冬季干燥气候区, 混合比降 - 石灰岩	10	10	1.0
1180400	冬季干燥气候区, 较大比降	15	15	1.0
1180410	冬季干燥气候区, 较大比降 - 石灰岩	6	6	1.0
1180500	冬季干燥气候区, 极大比降	2	2	1.0
1180510	冬季干燥气候区, 极大比降 - 石灰岩	2	2	1.0
	小河集水区 (面积 < 10,000 km <sup>2</sup> )		河流长度 (km)	
1240300	北方寒冷气候区, 混合比降	304	383	1.3
1240500	北方寒冷气候区, 极大比降	216	340	1.6
1210200	半干旱北方寒冷草原区	61	204	3.3
1220200	苔原气候区, 平缓	892	892	1.0
1220201	苔原气候区, 平缓 - 永久积雪 pack	318	338	1.1
1220300	苔原气候区, 混合比降	667	693	1.0
1280100	冬季干燥气候区, 平缓	101	336	3.3
1280110	冬季干燥气候区, 平缓 - 石灰岩	95	317	3.3
1282300	冬季干燥气候区, 混合比降	604	604	1.0
1282310	冬季干燥气候区, 混合比降 - 石灰岩	170	201	1.2

大小等级		保护目 标	满足的保 护目标	满足的保护 目标的比例
标识号	水生生态系统类型	(a)	(b)	(b) / (a)
<b>岷江-大渡河生态流域单位</b>				
	小溪集水区 (面积 <1,000 km <sup>2</sup> )	集水区数量		
3142900	北方寒冷气候区, 混合比降	2	2	1.0
3140400	北方寒冷气候区, 较大比降	13	13	1.0
3140500	北方寒冷气候区, 极大比降	1	1	1.0
3140501	北方寒冷气候区, 极大比降 - 永久积雪	1	1	1.0
3170100	大陆性湿润气候区, 平缓	1	1	1.0
3121200	苔原气候区, 较小比降	11	20	1.8
3120900	苔原气候区, 混合比降	12	19	1.6
3120400	苔原气候区, 较大比降	11	18	1.6
3120401	苔原气候区, 较大比降 - 永久积雪	2	2	1.0
3180100	冬季干燥气候区, 平缓	19	19	1.0
3180110	冬季干燥气候区, 平缓 - 石灰岩	1	1	1.0
3182900	冬季干燥气候区, 混合比降	9	9	1.0
3182910	冬季干燥气候区, 混合比降 - 石灰岩	2	2	1.0
3180400	冬季干燥气候区, 较大比降	4	4	1.0
3180410	冬季干燥气候区, 较大比降 - 石灰岩	2	2	1.0
	小河集水区 (面积 < 10,000 km <sup>2</sup> )	河流长度 (km)		
3240300	北方寒冷气候区, 混合比降	152	300	2.0
3240500	北方寒冷气候区, 极大比降	227	250	1.1
3240501	北方寒冷气候区, 极大比降 - 永久积雪	22	46	2.1
3220200	苔原气候区, 平缓	67	222	3.3
3220300	苔原气候区, 混合比降	327	493	1.5
3280100	冬季干燥气候区, 平缓	328	349	1.1
3282300	冬季干燥气候区, 混合比降	92	114	1.2
3282310	冬季干燥气候区, 混合比降 - 石灰岩	11	38	3.3

大小等级		保护目 标 (a)	满足的保 护目标 (b)	满足的保护 目标的比例 (b) / (a)
标识号	水生生态系统类型			
<b>嘉陵江生态流域单位</b>				
小溪集水区 (面积 <1,000 km <sup>2</sup> )		集水区数量		
4142900	北方寒冷气候区, 混合比降	4	4	1.0
4140400	北方寒冷气候区, 较大比降	4	4	1.0
4140500	北方寒冷气候区, 极大比降	1	1	1.0
4170100	大陆性湿润气候区, 平缓	2	2	1.0
4170200	大陆性湿润气候区, 较小比降	1	1	1.0
4121200	苔原气候区, 较小比降	1	1	1.0
4120900	苔原气候区, 混合比降	2	2	1.0
4120400	苔原气候区, 较大比降	2	2	1.0
4120410	苔原气候区, 较大比降 - 石灰岩	1	1	1.0
4180100	冬季干燥气候区, 平缓	25	25	1.0
4182900	冬季干燥气候区, 混合比降	32	32	1.0
4182910	冬季干燥气候区, 混合比降 - 石灰岩	6	6	1.0
4180400	冬季干燥气候区, 较大比降	2	2	1.0
4180410	冬季干燥气候区, 较大比降 - 石灰岩	1	1	1.0
小河集水区 (面积 < 10,000 km <sup>2</sup> )		河流长度 (km)		
4240300	北方寒冷气候区, 混合比降	163	173	1.1
4240500	北方寒冷气候区, 极大比降	89	298	3.3
4270100	大陆性湿润气候区, 平缓	16	55	3.3
4220300	苔原气候区, 混合比降	198	319	1.6
4280100	冬季干燥气候区, 平缓	666	732	1.1
4282300	冬季干燥气候区, 混合比降	300	305	1.0
<b>乌江生态流域单位</b>				
小溪集水区 (面积 <1,000 km <sup>2</sup> )		集水区数量		
5170200	大陆性湿润气候区, 较小比降	1	1	1.0
5170210	大陆性湿润气候区, 较小比降 - 石灰岩	14	14	1.0
5174910	大陆性湿润气候区, 混合比降 - 石灰岩	2	2	1.0
5180110	冬季干燥气候区, 平缓 - 石灰岩	3	3	1.0
5182900	冬季干燥气候区, 混合比降	2	2	1.0
5182910	冬季干燥气候区, 混合比降 - 石灰岩	22	22	1.0
5180400	冬季干燥气候区, 较大比降	1	1	1.0
5180410	冬季干燥气候区, 较大比降 - 石灰岩	2	2	1.0
小河集水区 (面积 < 10,000 km <sup>2</sup> )		河流长度 (km)		
5272300	大陆性湿润气候区, 混合比降	21	70	3.3
5280110	冬季干燥气候区, 平缓 - 石灰岩	96	105	1.1
5282300	冬季干燥气候区, 混合比降	47	156	3.3
5282310	冬季干燥气候区, 混合比降 - 石灰岩	522	651	1.2

大小等级		保护目 标 (a)	满足的保 护目标 (b)	满足的保护 目标的比例 标识号 (b) / (a)
标识号	水生生态系统类型			
<b>长江生态流域单位</b>				
小溪集水区 (面积 <1,000 km <sup>2</sup> )		集水区数量		
9170100	大陆性湿润气候区, 平缓	8	8	1.0
9170200	大陆性湿润气候区, 较小比降	8	8	1.0
9170210	大陆性湿润气候区, 较小比降 - 石灰岩	4	4	1.0
9174900	大陆性湿润气候区, 混合比降	4	4	1.0
9174910	大陆性湿润气候区, 混合比降 - 石灰岩	5	5	1.0
9180100	冬季干燥气候区, 平缓	1	1	1.0
9182900	冬季干燥气候区, 混合比降	10	10	1.0
9182910	冬季干燥气候区, 混合比降 - 石灰岩	6	6	1.0
9180400	冬季干燥气候区, 较大比降	1	1	1.0
9180410	冬季干燥气候区, 较大比降 - 石灰岩	1	1	1.0
小河集水区 (面积 < 10,000 km <sup>2</sup> )		河流长度 (km)		
9270100	大陆性湿润气候区, 平缓	221	234	1.1
9272300	大陆性湿润气候区, 混合比降	127	146	1.1
9282300	冬季干燥气候区, 混合比降	174	205	1.2
9282310	冬季干燥气候区, 混合比降 - 石灰岩	181	365	2.0

## 图形

图 1-1: 长江上游蓝图规划试点区

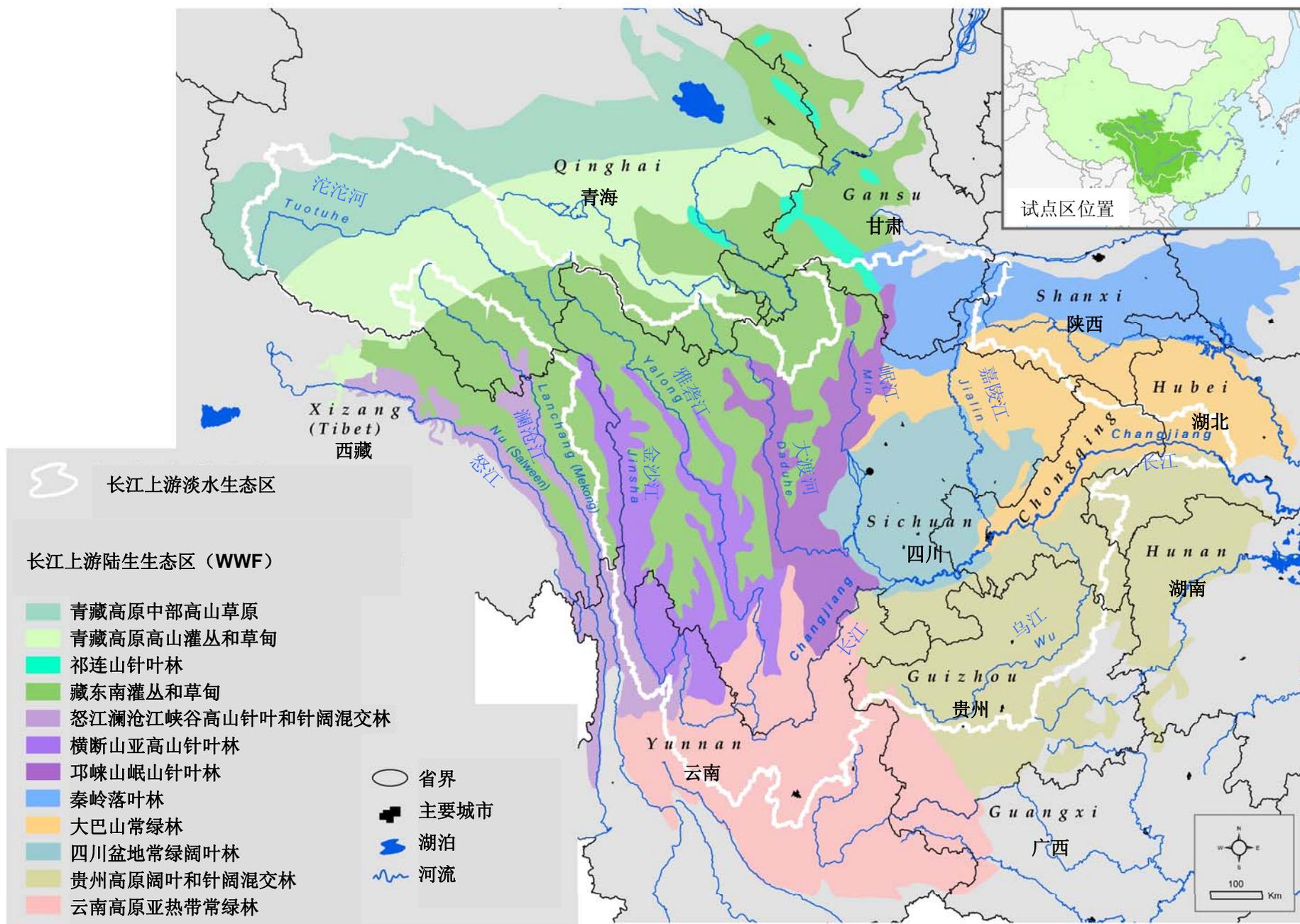


图 1-3: 保护对象和空间尺度 (引自Poiani 等, 2000)

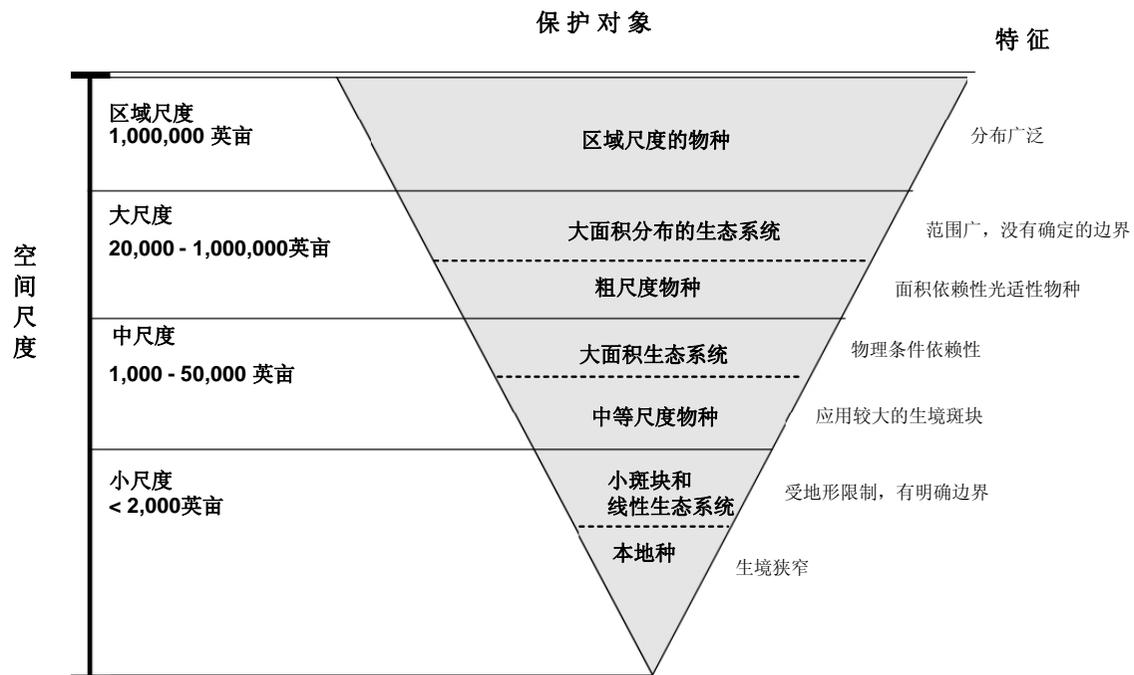


图 2-1: 长江上游试点区 Koppen-Trewartha 生态气候区

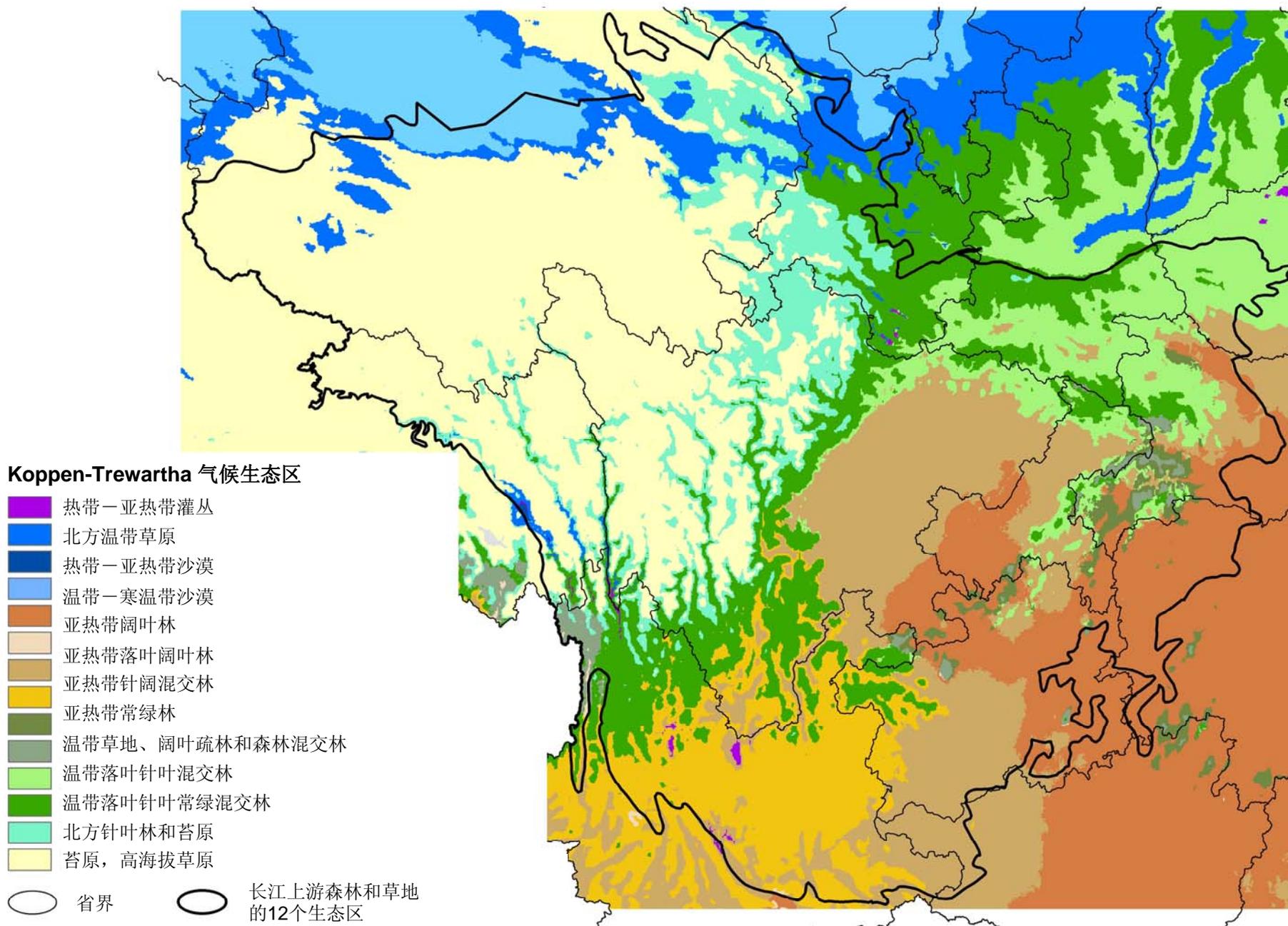
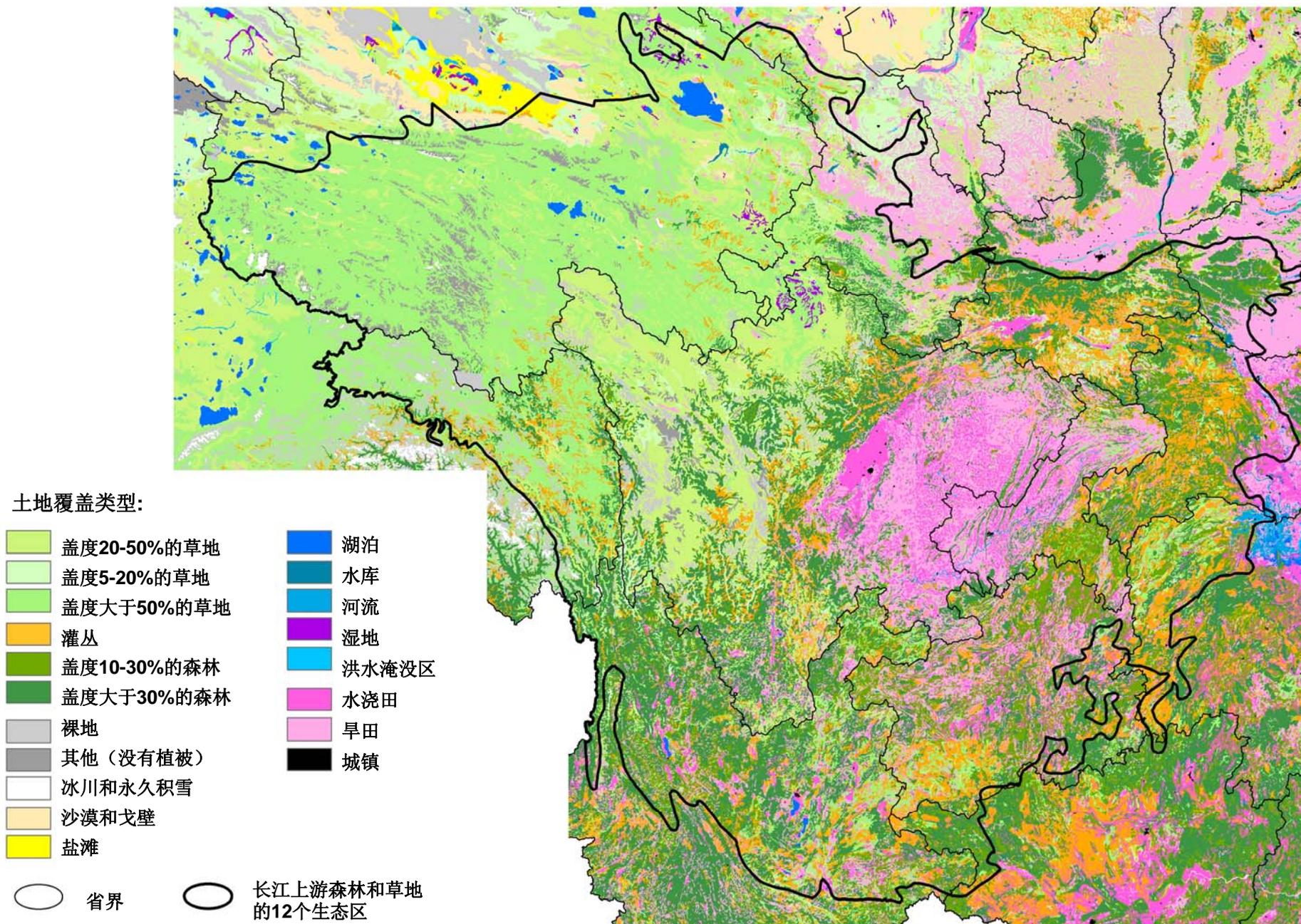


图 2-2:长江上游试点区的土地覆盖

来源: 国家测绘局 比例 1:1 百万



### 图 2-3: 模型A-植被类型

该图显示了26种优势植被类型。整个区域划分了220种植被类型（参见表3的详细描述）。

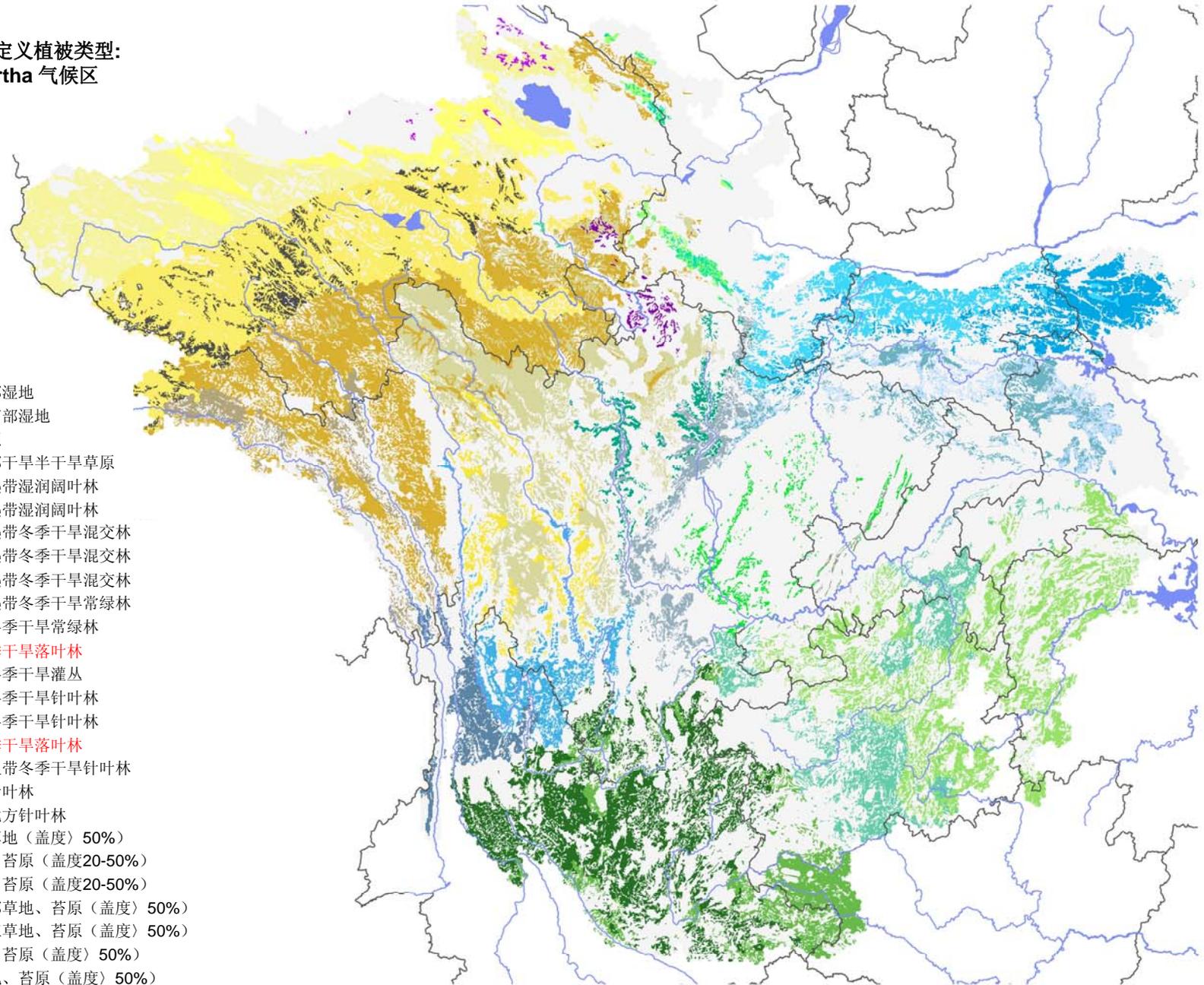
模型 A 通过下列数据定义植被类型:

- **Koppen-Trewartha** 气候区
- 陆生生态系统
- 土地覆盖

-  湖泊
-  河流
-  省界

#### 模型A-植被类型 (优势植被类型)

-  6400034 青藏高原中部湿地
-  6400035 青藏高原东南部湿地
-  6000037 青藏高原苔原
-  3021234 青藏高原中部干旱半干旱草原
-  2022351 贵州高原亚热带湿润阔叶林
-  2022347 四川盆地亚热带湿润阔叶林
-  2021951 贵州高原亚热带冬季干旱混交林
-  2021947 四川盆地亚热带冬季干旱混交林
-  2021954 云南高原亚热带冬季干旱混交林
-  2022054 云南高原亚热带冬季干旱常绿林
-  2023443 大巴山温带冬季干旱常绿林
-  2023441 秦岭温带冬季干旱落叶林
-  2223443 大巴山温带冬季干旱灌丛
-  2023545 横断山温带冬季干旱针叶林
-  2023544 怒江澜沧江冬季干旱针叶林
-  2023541 秦岭温带冬季干旱落叶林
-  2023542 邛崃—岷山温带冬季干旱针叶林
-  2024433 祁连山北方针叶林
-  2024442 邛崃—岷山北方针叶林
-  3124433 祁连山北方草地 (盖度) 50%)
-  3224745 横断山草地、苔原 (盖度20-50%)
-  3224735 藏东南草地、苔原 (盖度20-50%)
-  3124734 青藏高原中部草地、苔原 (盖度) 50%)
-  3124744 怒江、澜沧江草地、苔原 (盖度) 50%)
-  3124735 藏东南草地、苔原 (盖度) 50%)
-  3124737 青藏高原草地、苔原 (盖度) 50%)



## 图 2-4: 基于 SRTM DEM 的地貌分类

高地地形通过 ISODATA 数据的坡位、光通量和坡度的聚类分析得到。河谷区通过地形模型来划定。

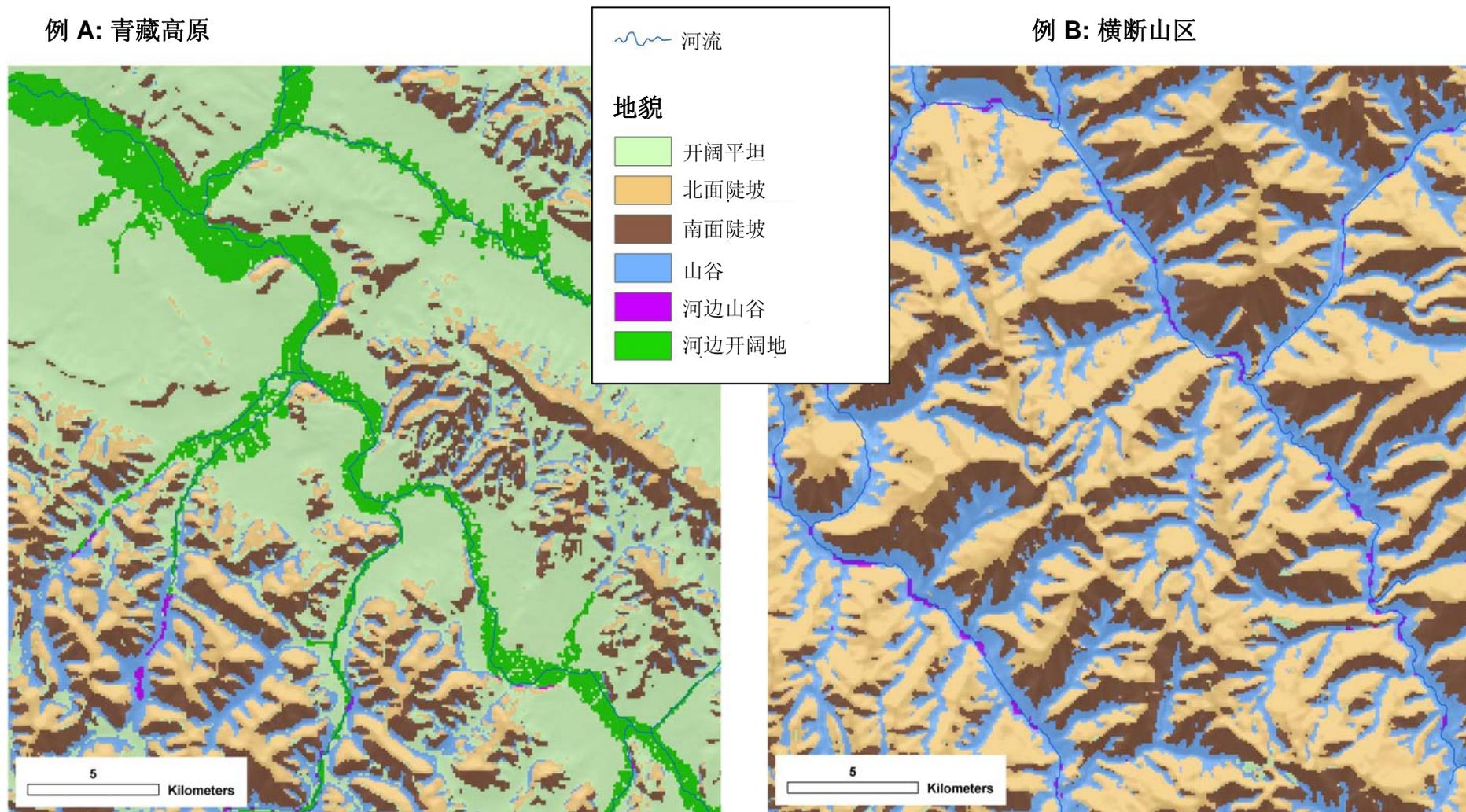


图 2-5: 长江上游研究区域的地质

来源: GDS公司的中国分省报告和图集, 比例1: 150万

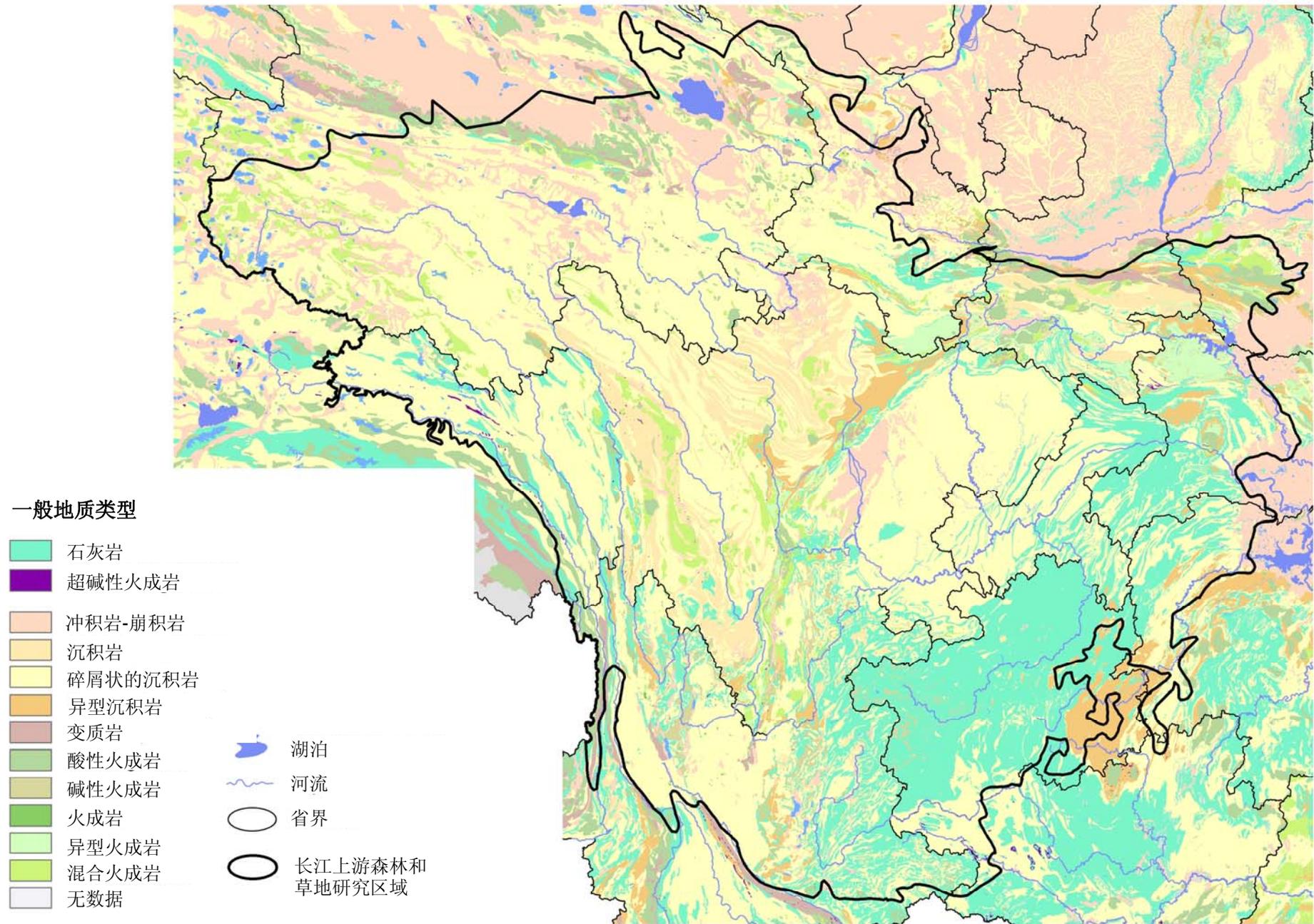


图 2-6: 模型 B 物理环境因子 (部分)

模型 B 定义环境因子, 基于:

- Koppen-Trewartha 气候生态区
- 地形
- 地质

模型 B  
环境因子  
(显示优势环境因子)

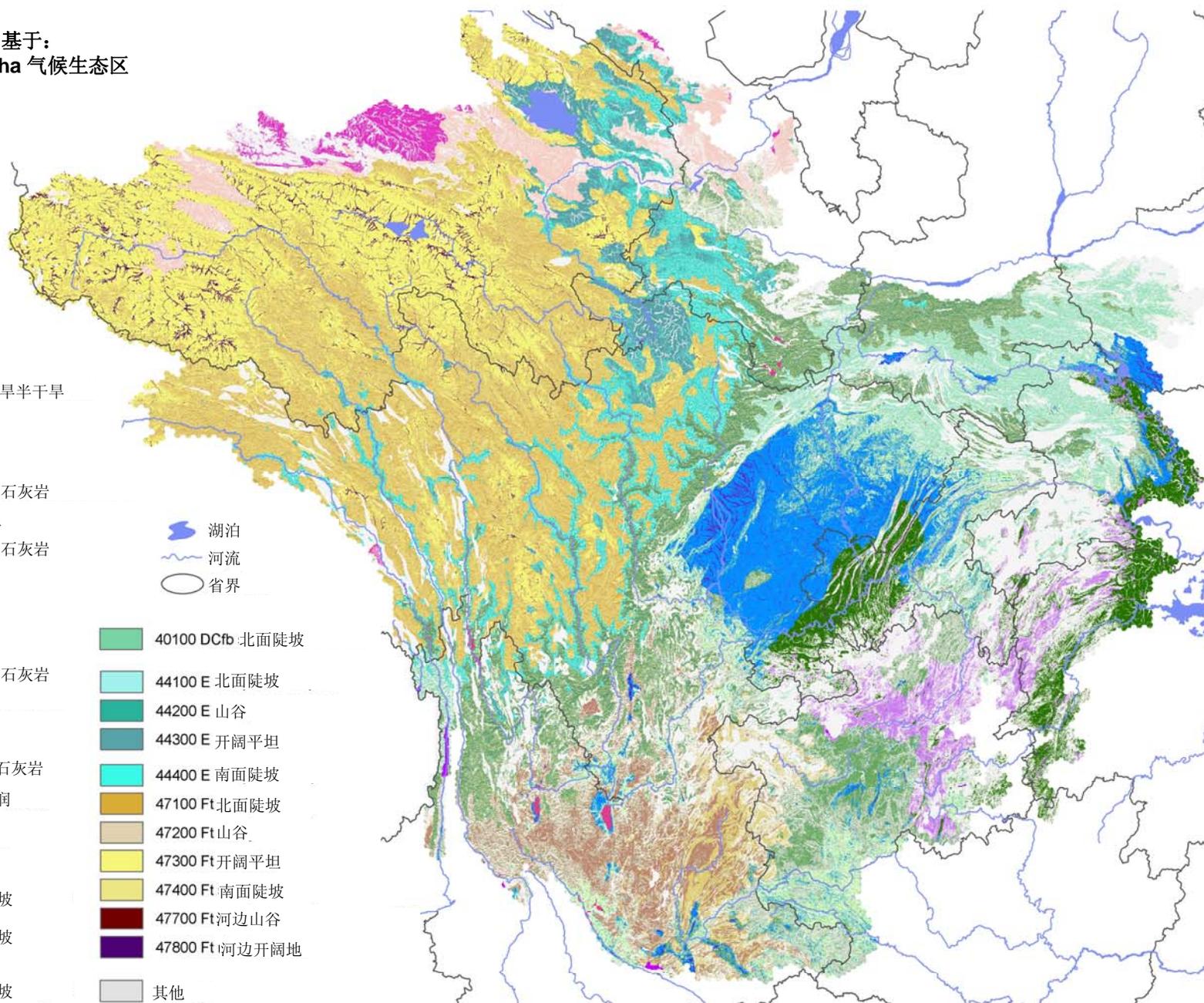


图 2-8: 陆生生态区评估代价/适宜度指数

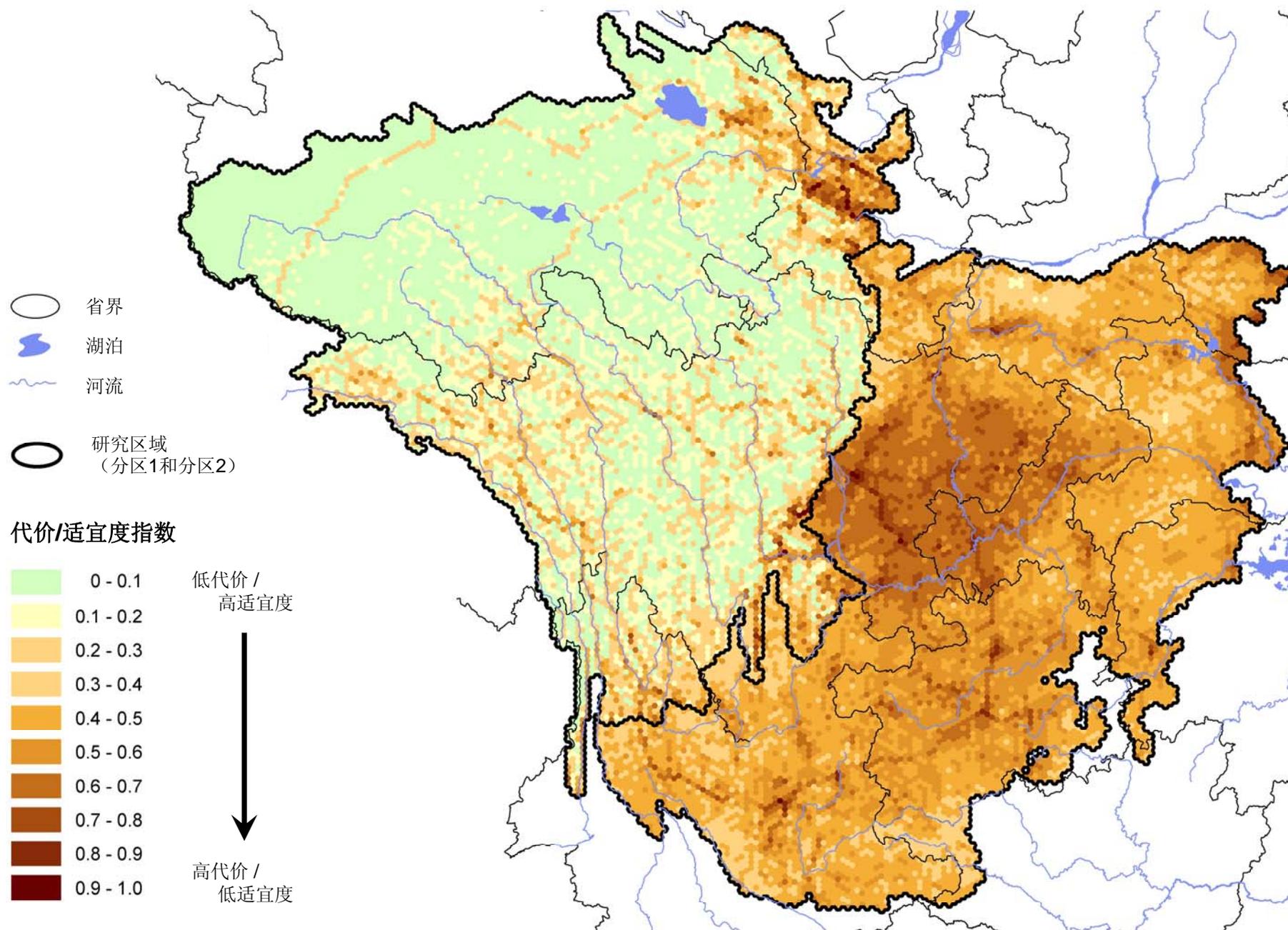


图 2-9: 种/面积曲线。物种随生境丧失的百分比，阴影部分表示如果选择其历史分布面积的10-30%可能对物种数量造成的影响，引自Dobson (1996)

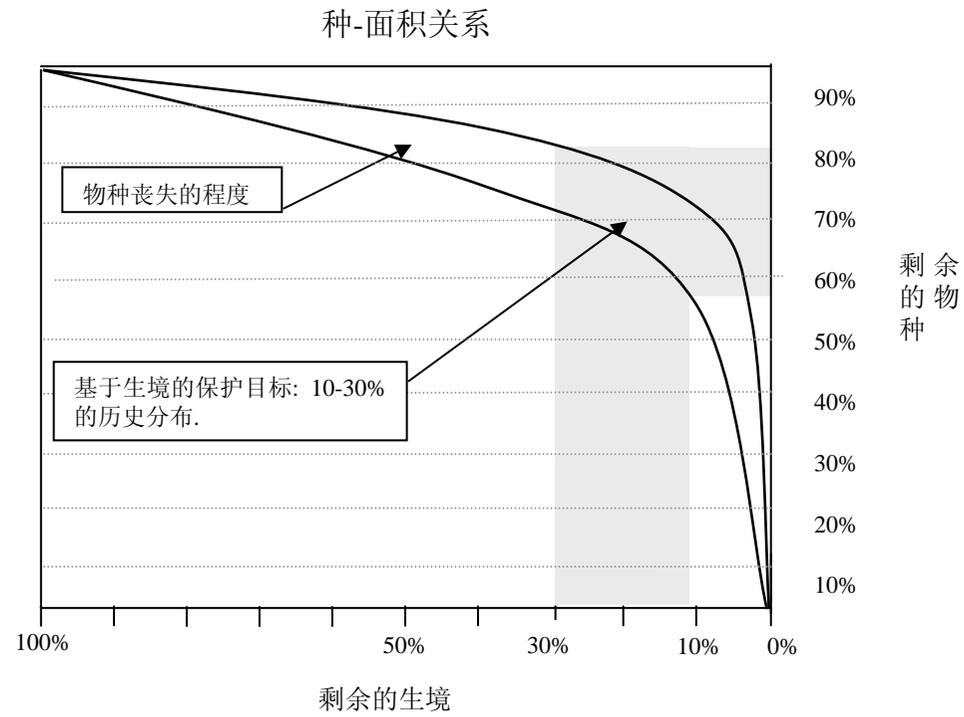
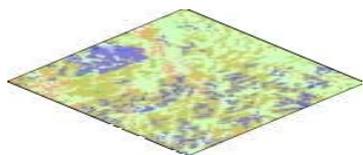
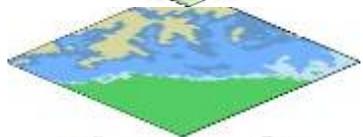


图 2-10: 优先保护区域设计过程

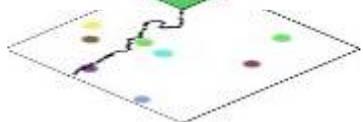
选择生物多样性保护对象



粗筛  
植被类型

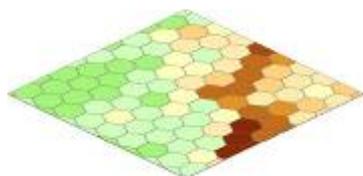


粗筛  
物理环境



细筛  
受威胁物种

计算生存力和生态整体性



代价/适宜度指数

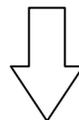
- 公路和铁路的密度
- 人口密度
- 人类改变的土地

设置保护目标

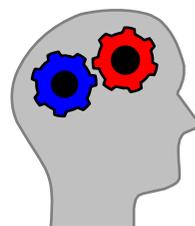
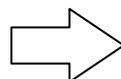
30 % 历史分布

30 % 历史分布

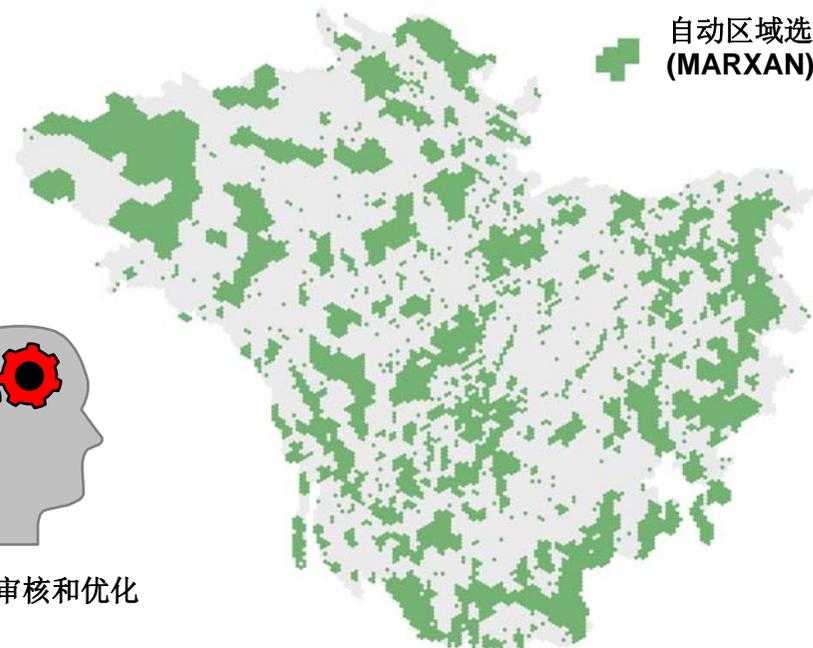
每个物种在每个生态区需要的最小生境



优先保护区域设计:



专家审核和优化



自动区域选择  
(MARXAN)

图 2-11a: 长江上游森林和草地生态区生物多样性优先保护区域

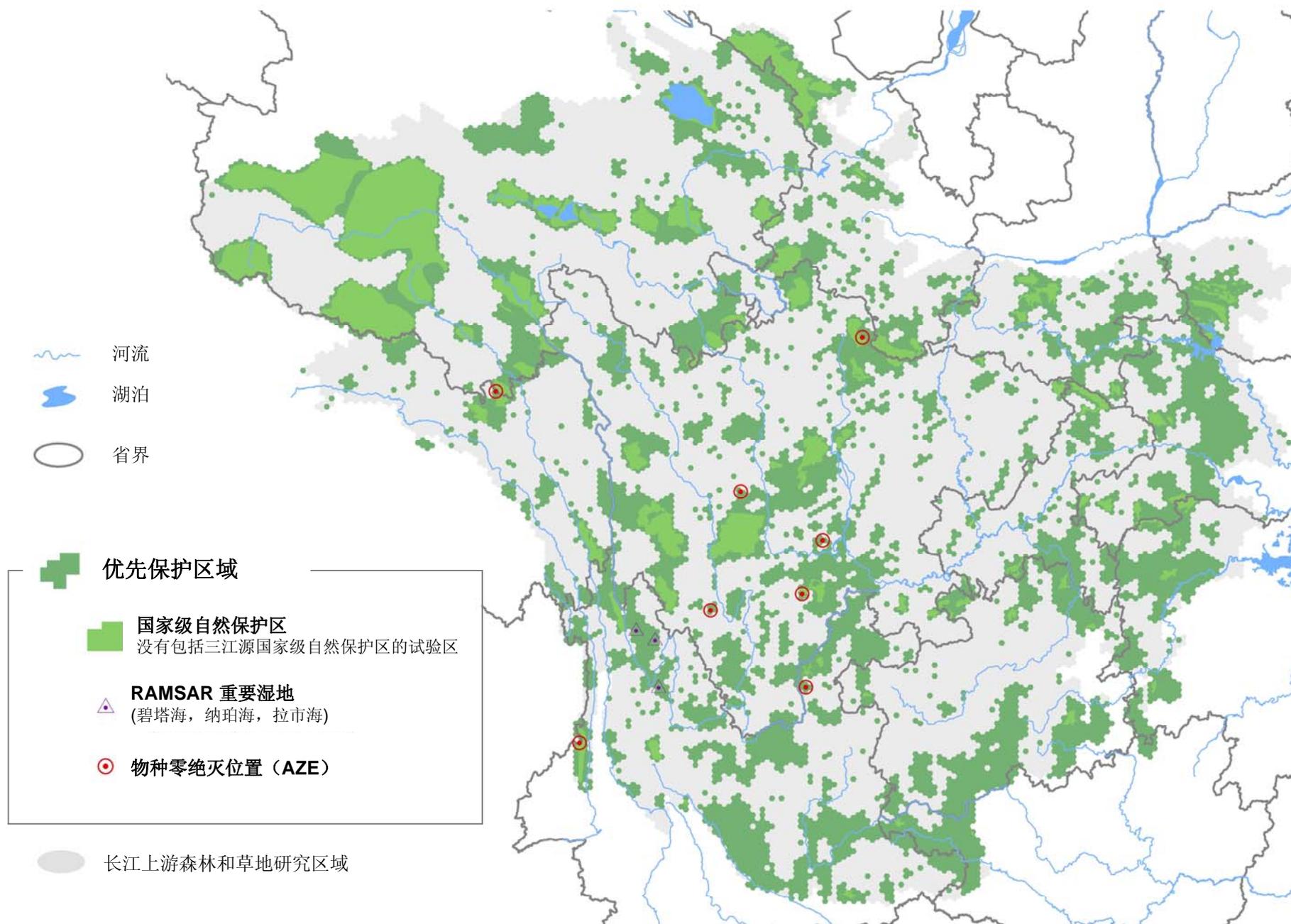


图 2-11b: 长江上游森林和草地生态区生物多样性优先保护区域

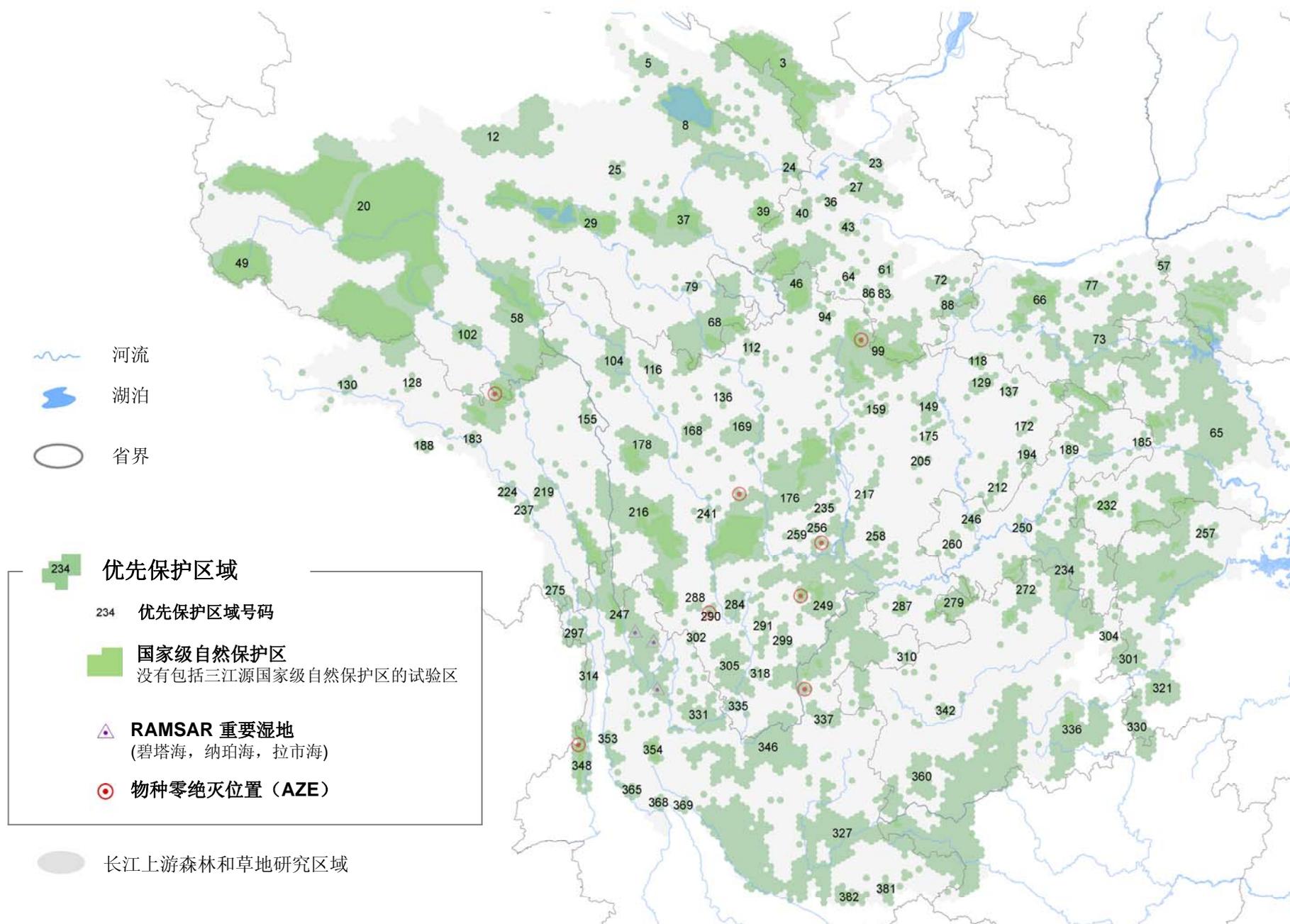
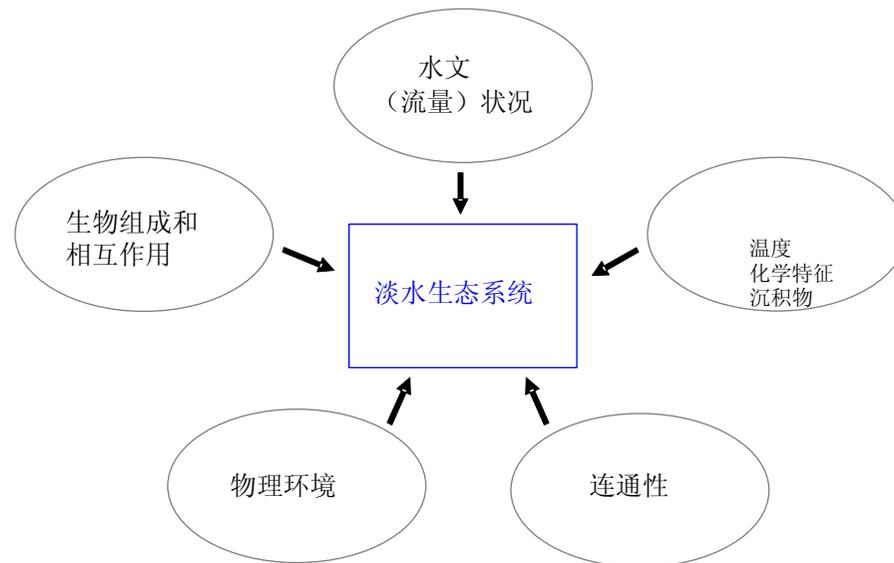


图 3: 影响淡水生态系统结构和功能的因子 (引自Karr 1986)



### 图 3-2: 岷江流域河流 & 集水区

下图显示了河流网络和集水区层次结构，该结构作为分析框架用来进行设置生态系统保护目标，评估生态状况和设计生物多样性优先保护区域

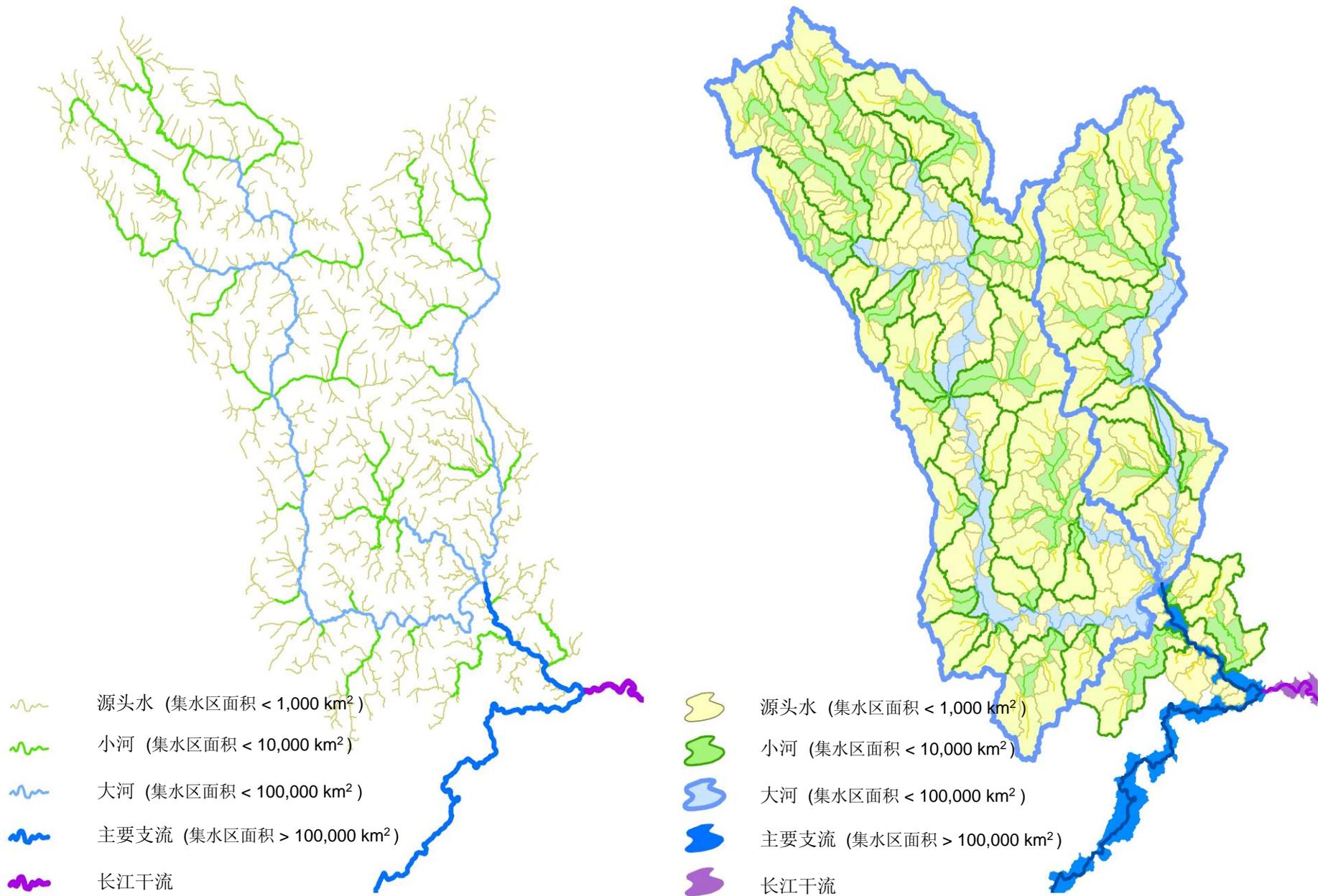


图 3-3a: 长江上游流域河流大小类别

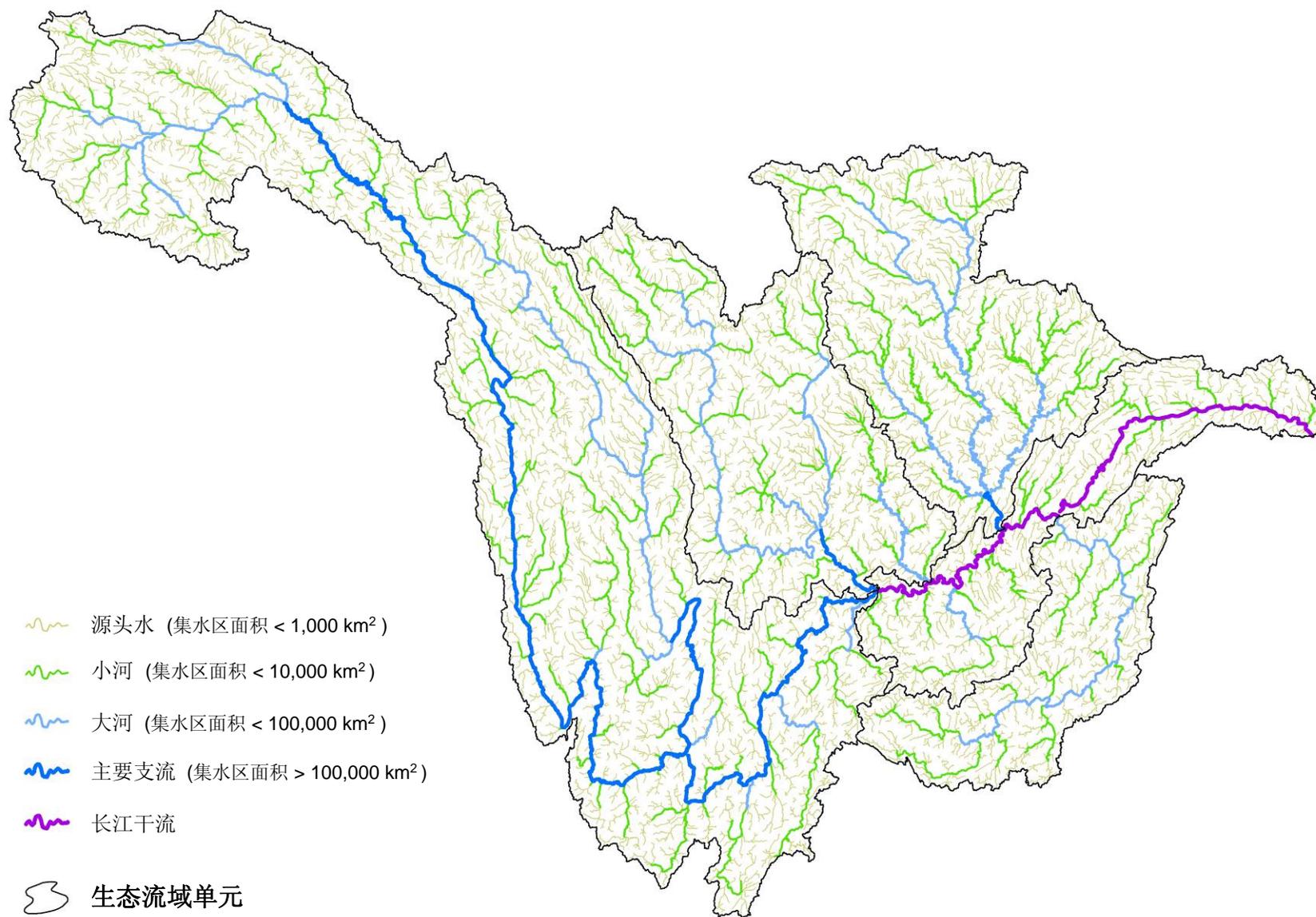


图 3-3b: 长江上游流域集水区大小类别

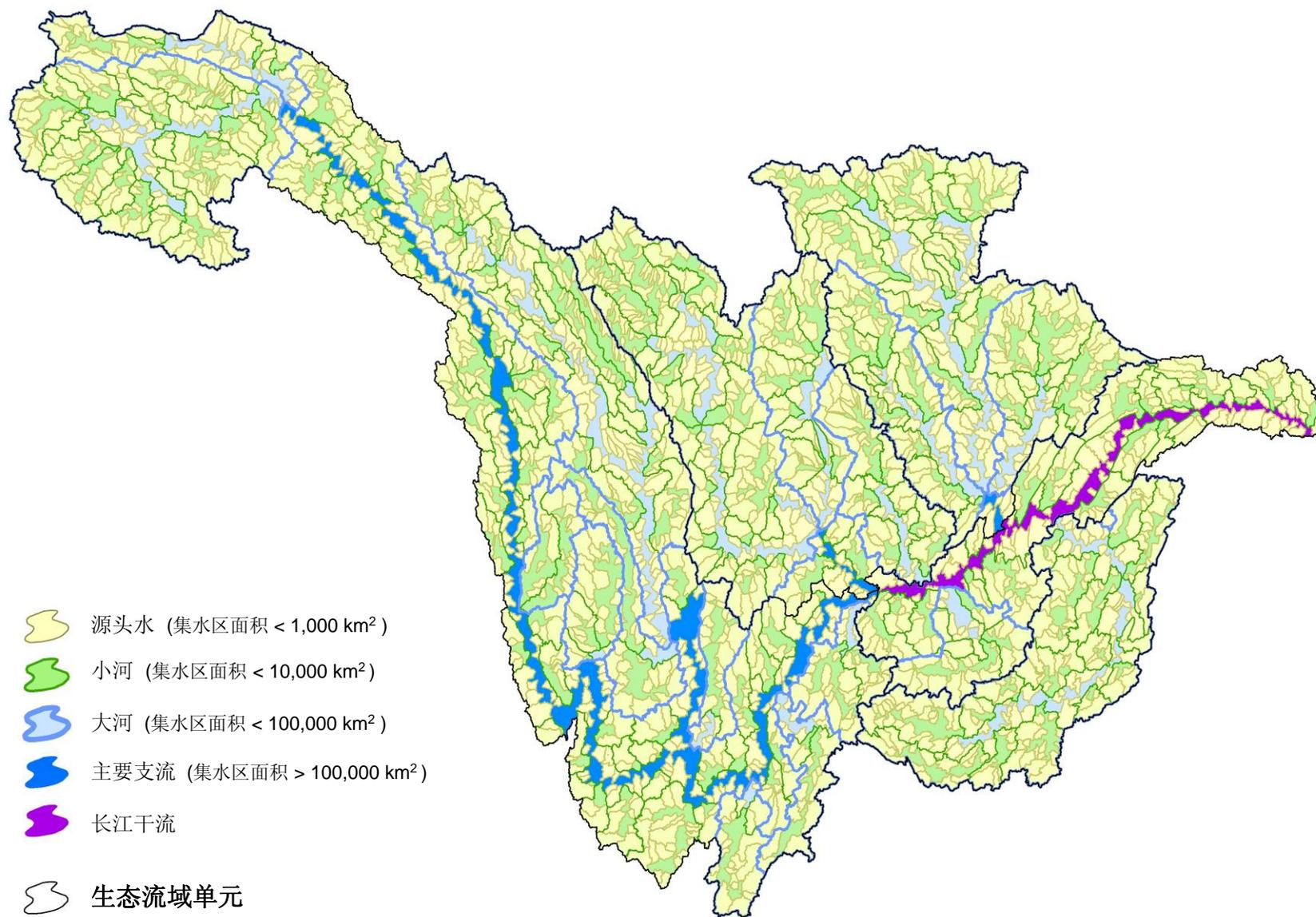
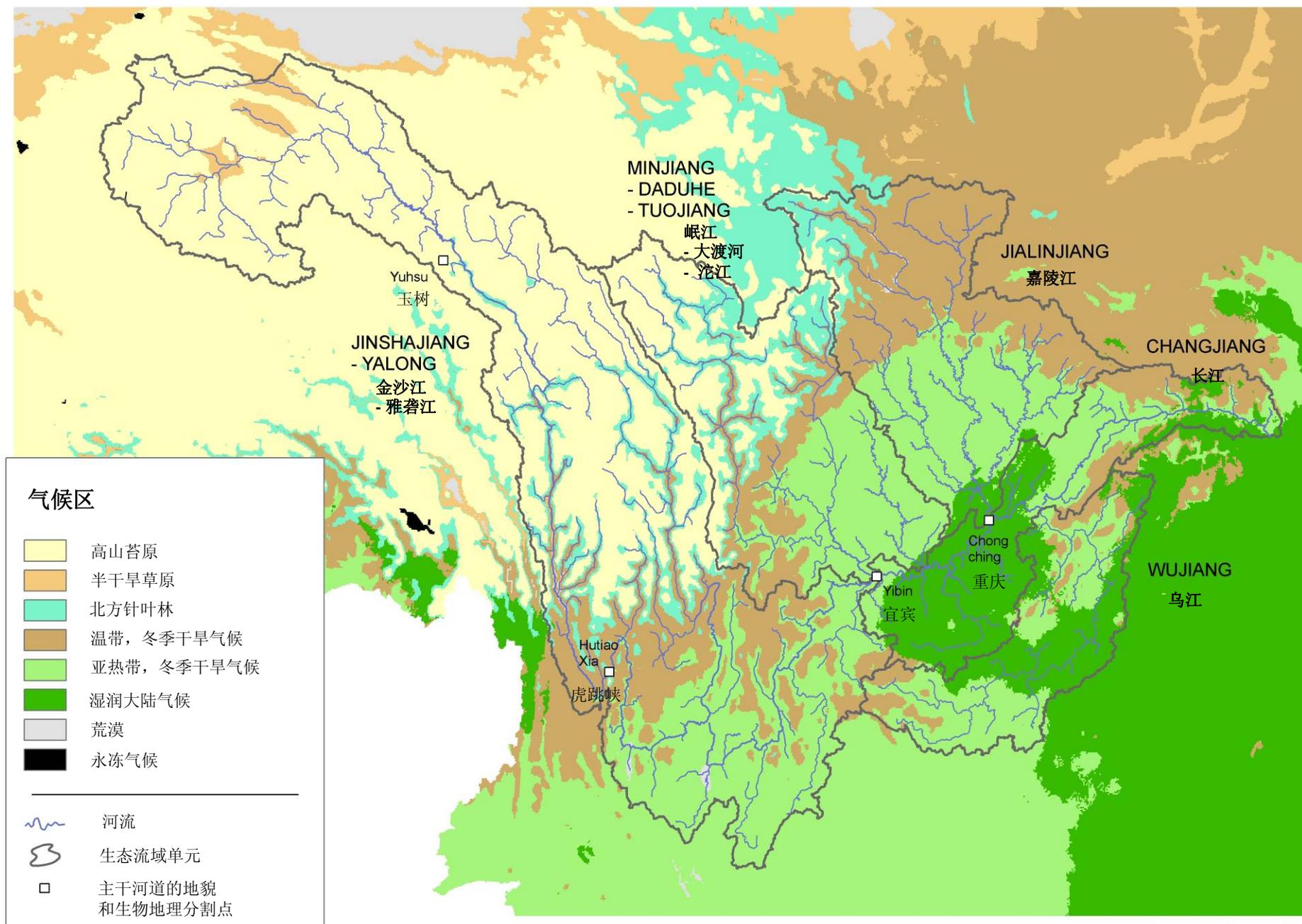


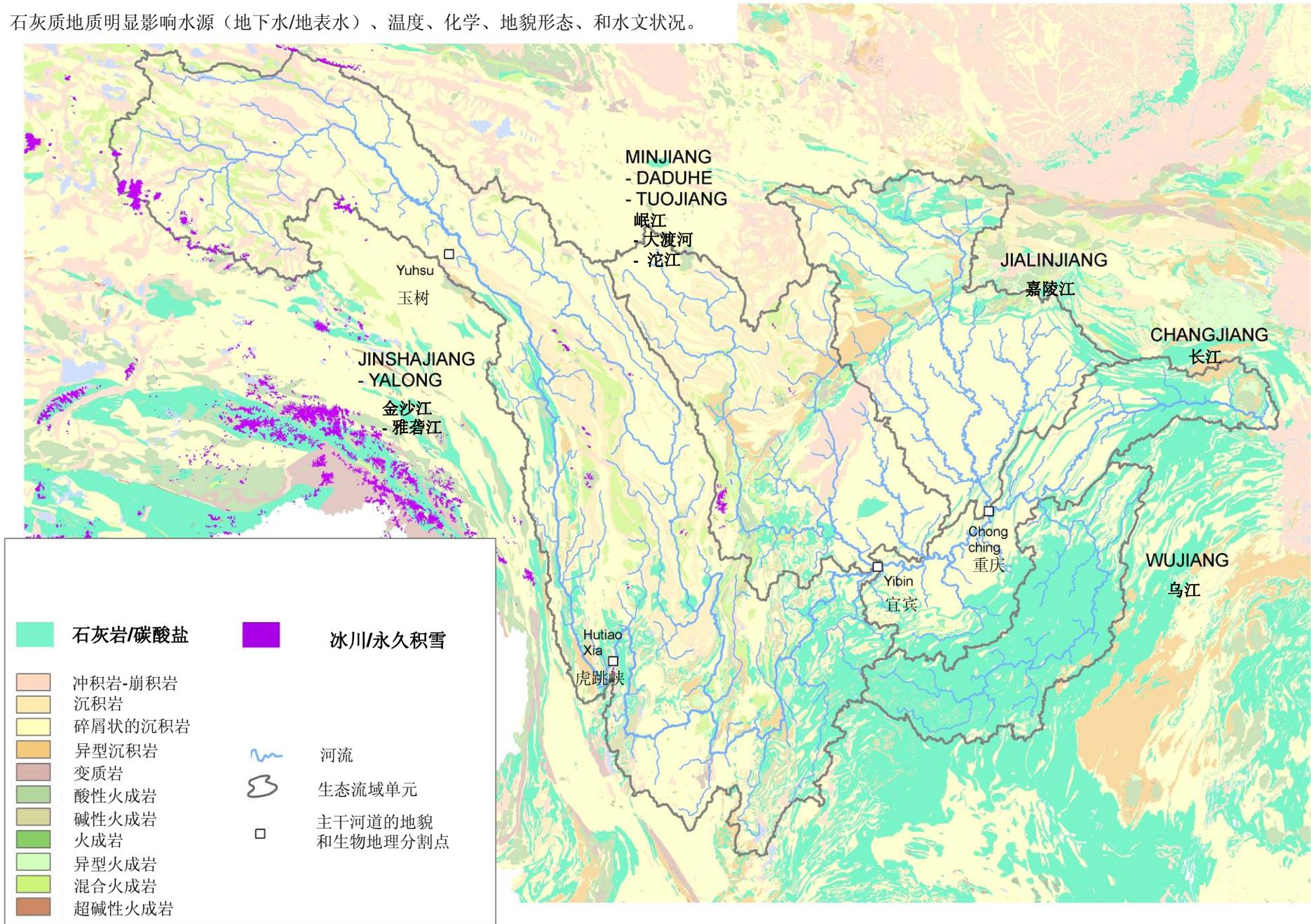
图 3-4: 长江上游试点区Koppen Trewartha 生态气候区 (以流域和河流为背景)



### 图 3-5: 地质和冰川/永久积雪

进行水生生态系统分类，集水区需要根据石灰岩/碳酸盐覆盖集水区的面积比进行分类。

石灰质地质明显影响水源（地下水/地表水）、温度、化学、地貌形态、和水文状况。



### 3-6: 岷江流域: 河流比降类别

在生态系统分类中，需要分别统计集水区每个比降级别的河流总长度

比降是水生生态系统分类的一个因子，与流速、基岩、河道单元形状和河床内生境的类型和分布相关。

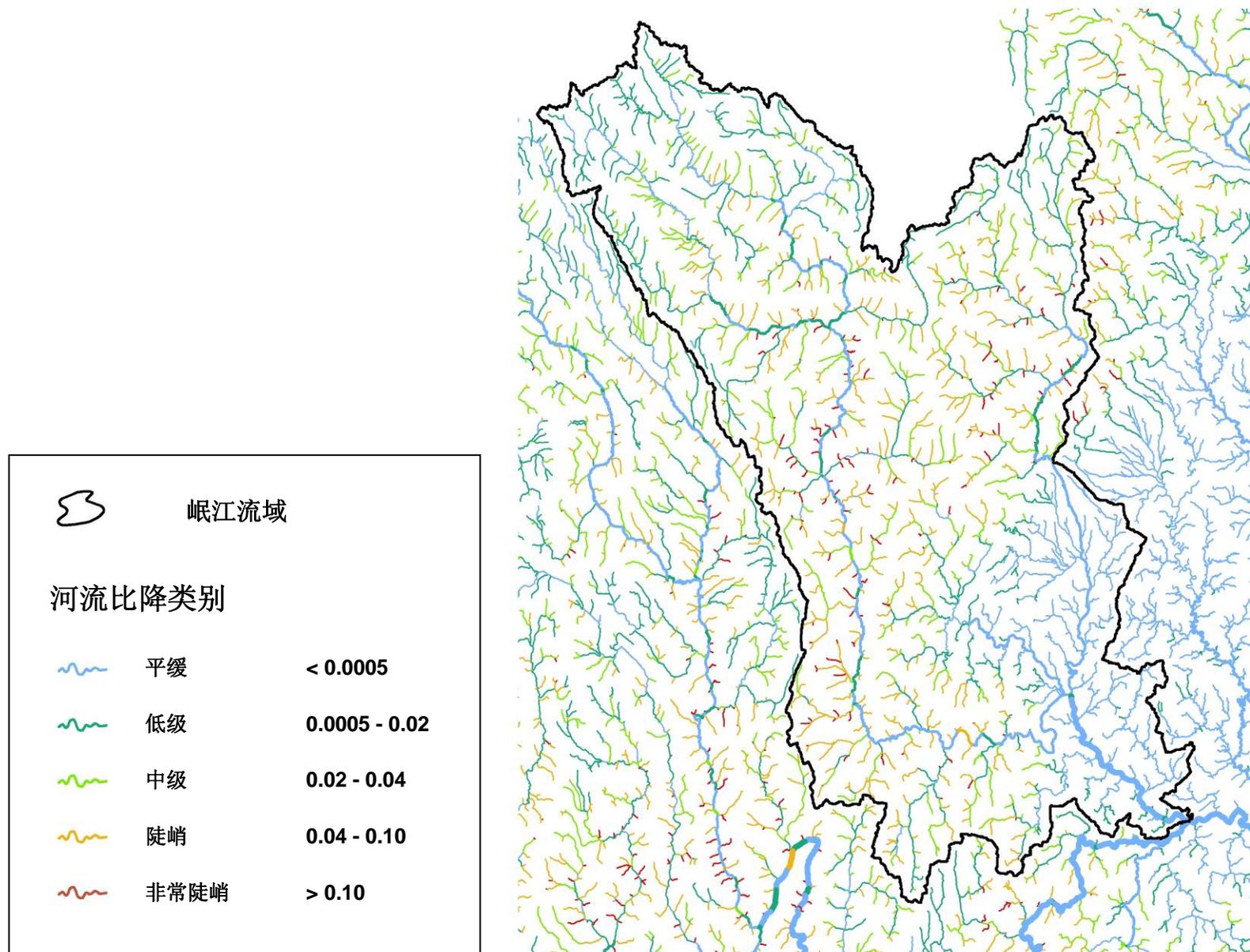


图 3-7: 水生生态系统分类: 源头水集水区 (面积 < 1,000km<sup>2</sup>)

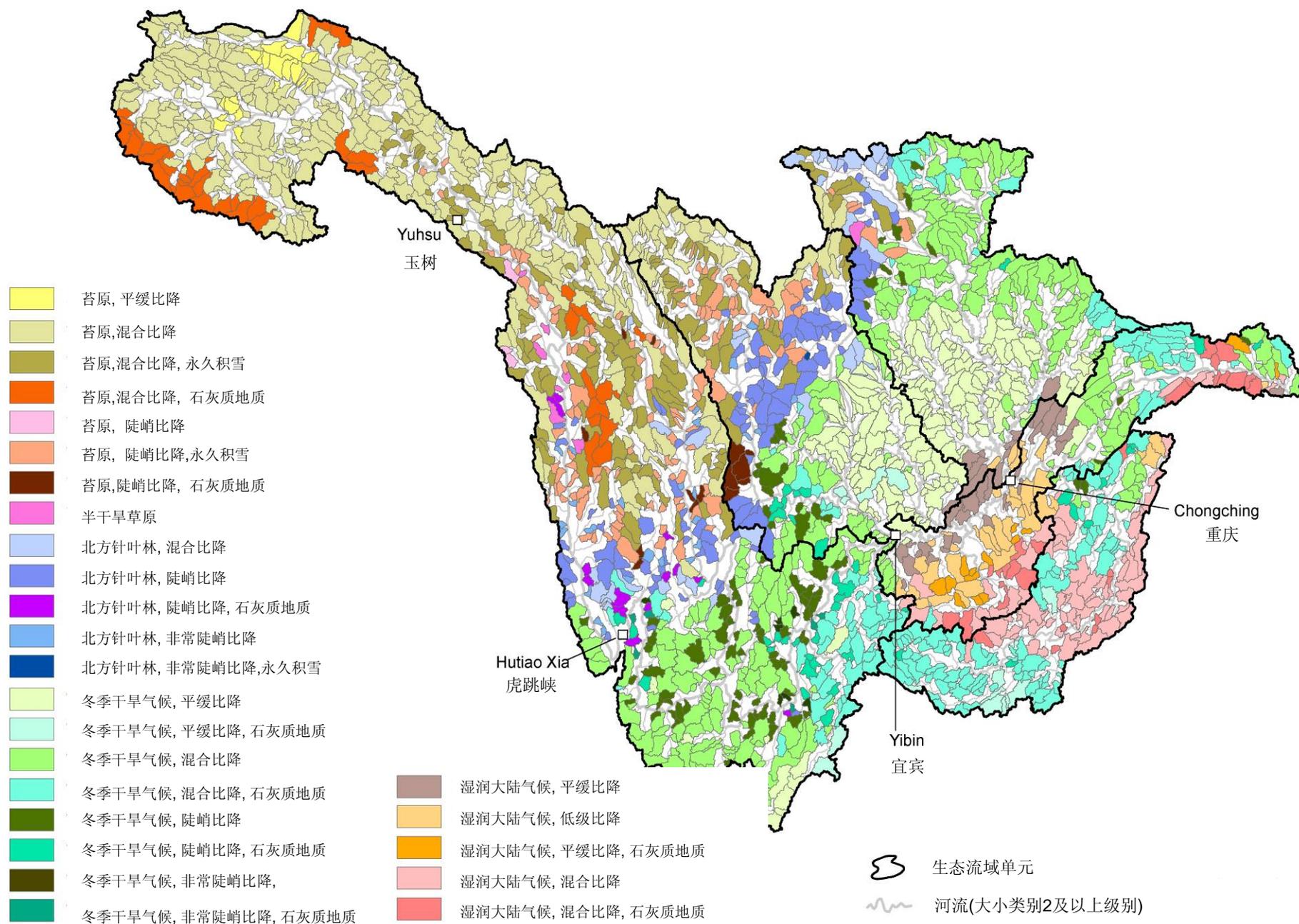


图 3-8:水生生态系统分类: 小河集水区 (面积 1,000-10,000 km<sup>2</sup>)

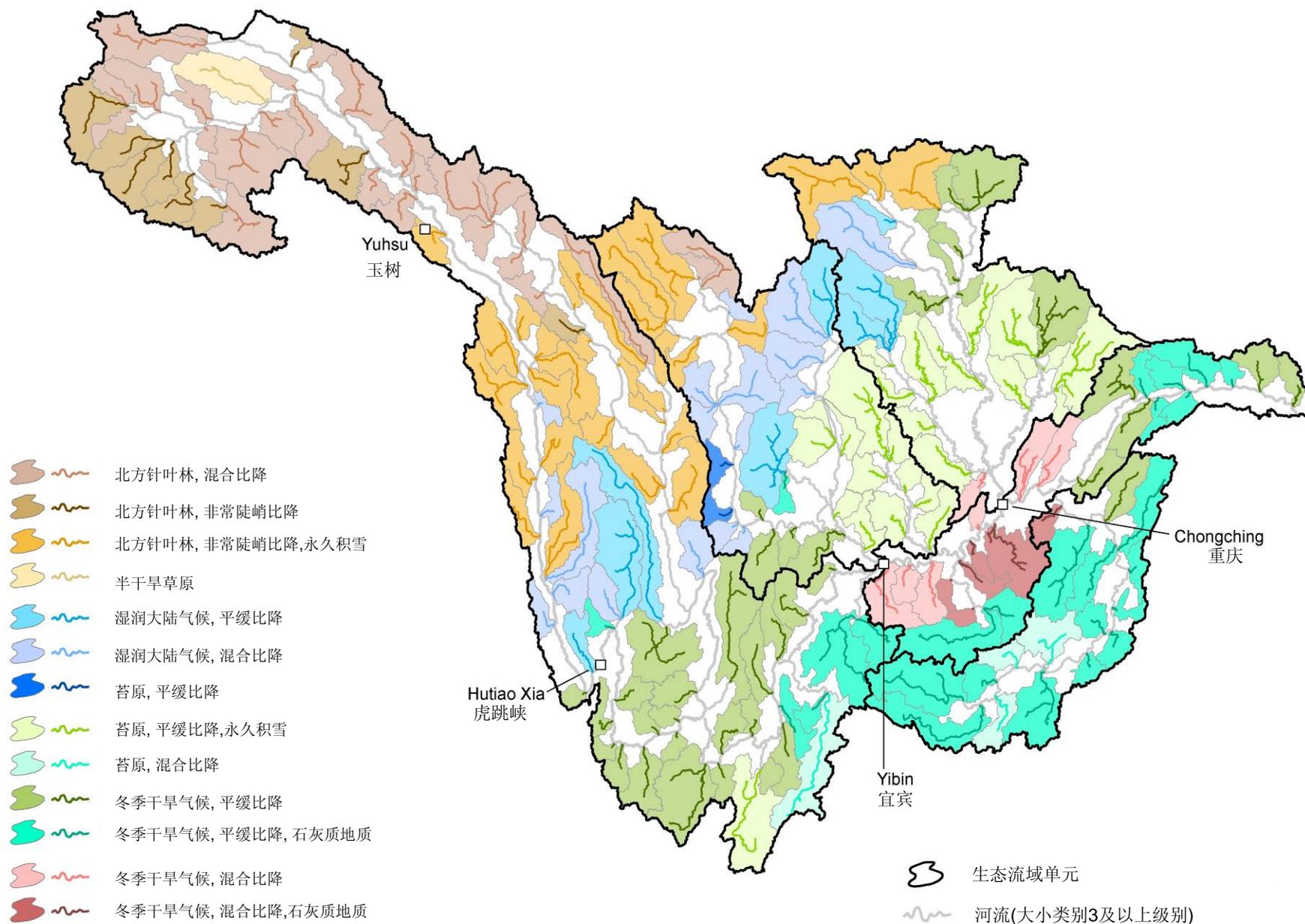


图 3-9: 岷江流域: 适宜性指数因子

 岷江流域

 河流

 保护区

 大坝

 村庄/居民点

 主要公路

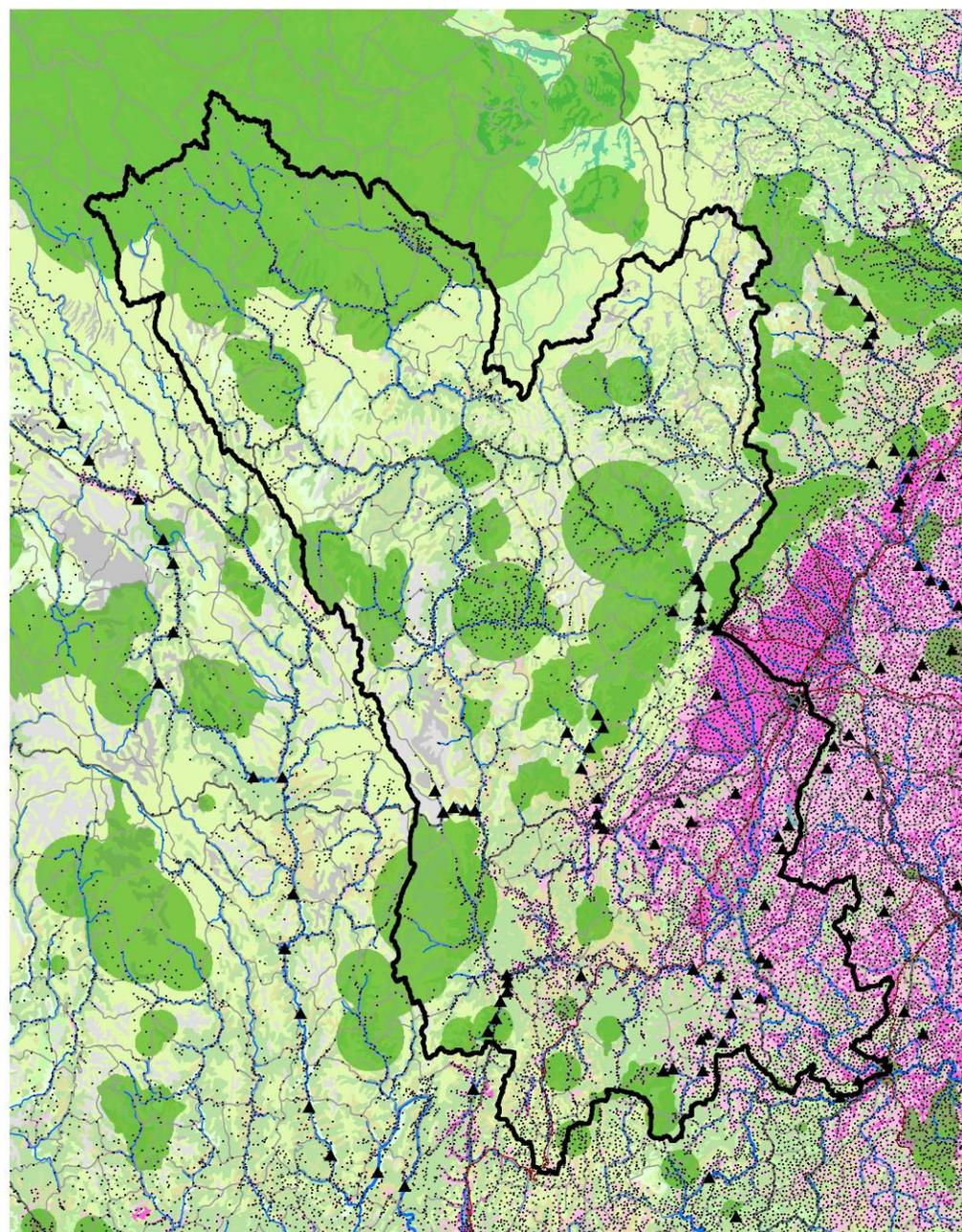
 次要公路

 铁路

 灌溉农田

 非灌溉农田

 城市



### 图 3-10a: 岷江流域: 适宜性指数 – 源头水集水区

适宜性指数是实现了对生态状态的粗尺度的评价和保护代价的评估，提供了集成经济、社会制度和生态因子确定优先保护区域的机制

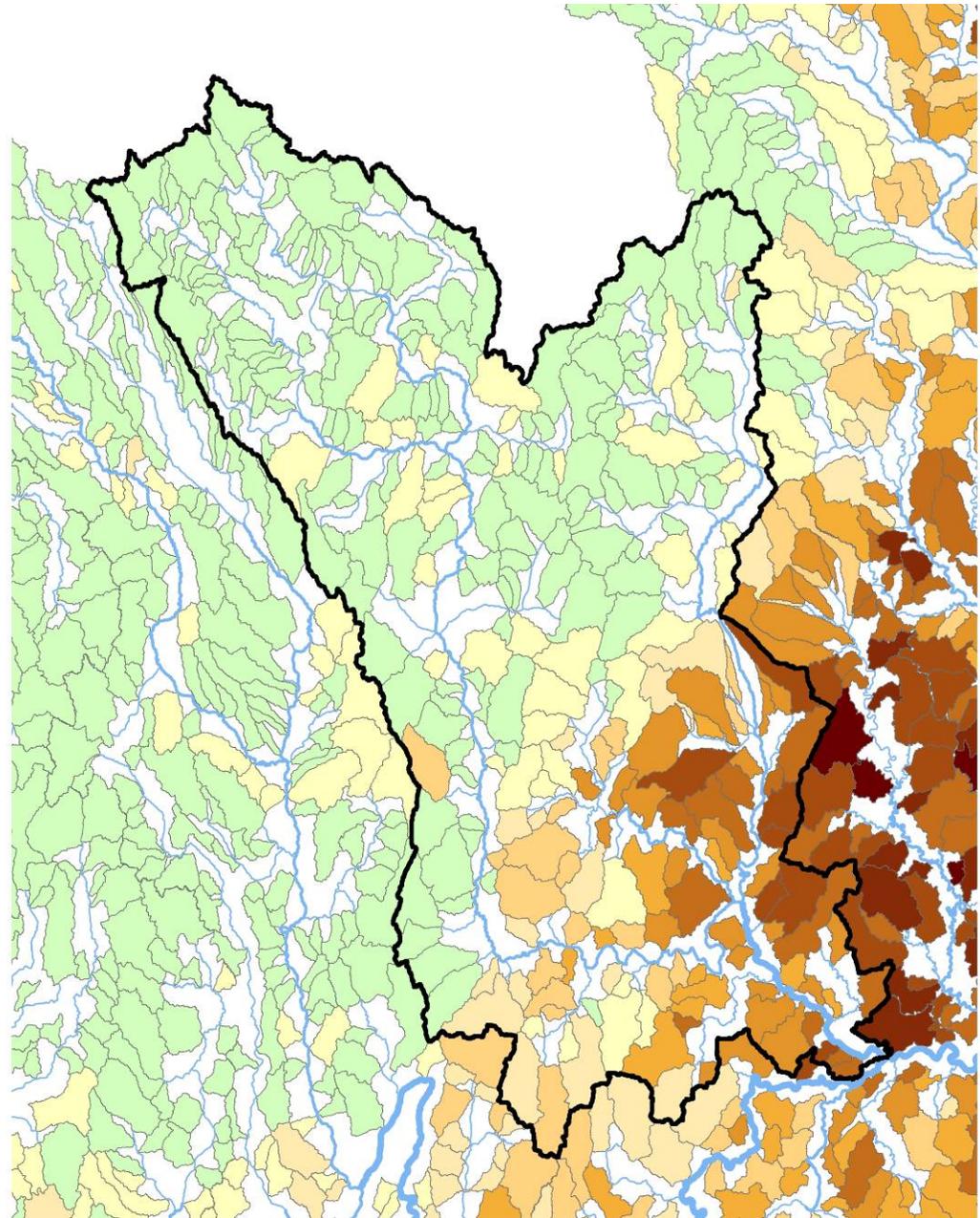
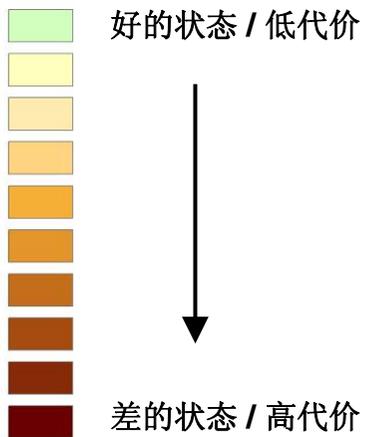
 岷江流域

 河流

代价 / 适宜性指数因子:

- 道路密度
- 铁路密度
- 村庄密度
- 被转换土地覆盖
- 城镇面积
- 灌溉农业
- 水坝密度
- 土地保护状态

代价 / 适宜性指数



### 图 3-10b: 岷江流域: 适宜性指数 – 小河集水区

适宜性指数是实现了对生态状态的粗尺度的评价和保护代价的评估，提供了集成经济、社会制度和生态因子确定优先保护区域的机制

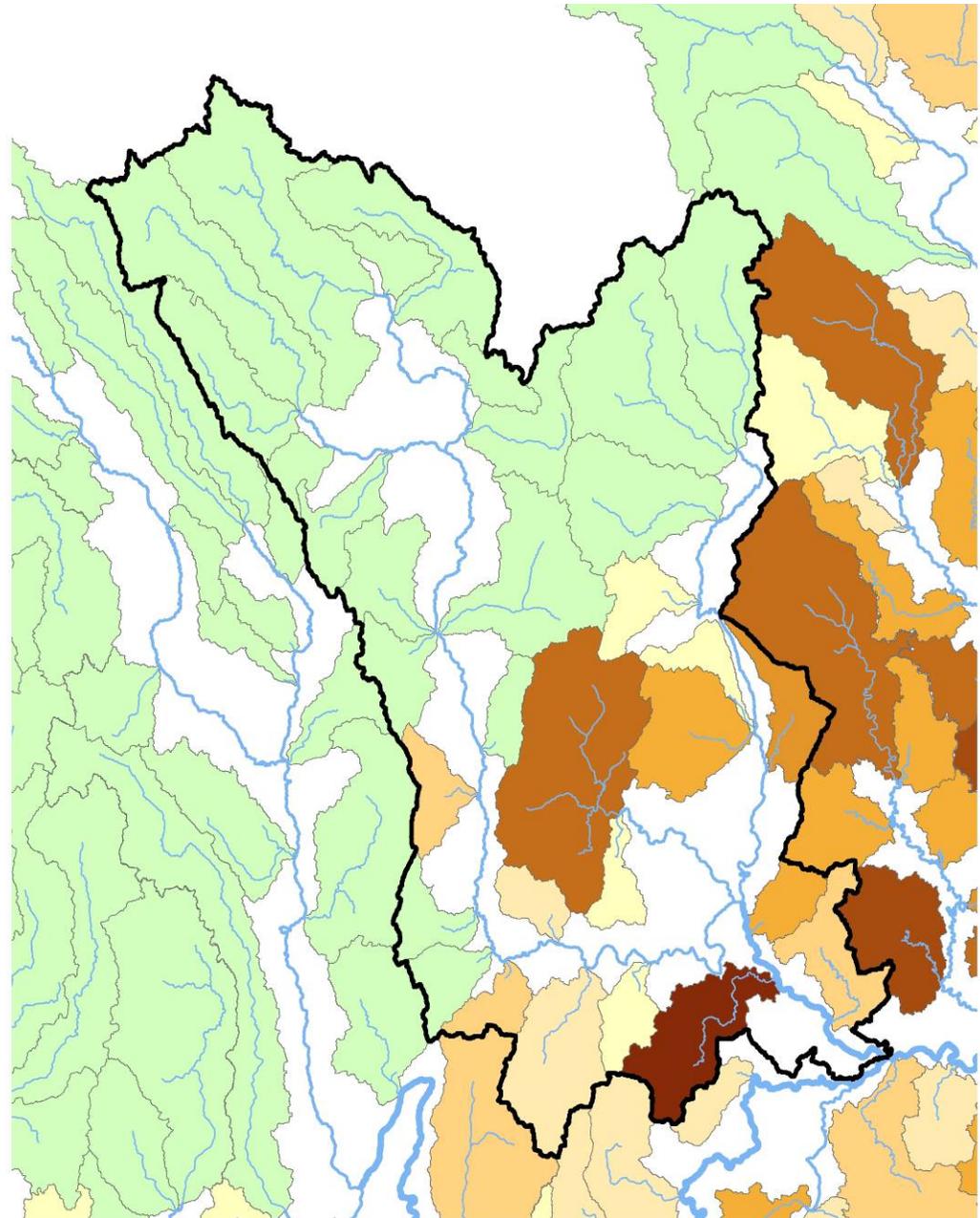
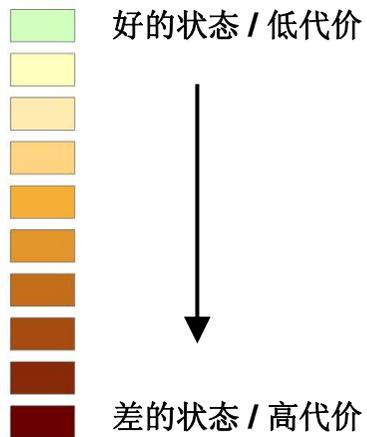
 岷江流域

 河流

代价 / 适宜性指数因子:

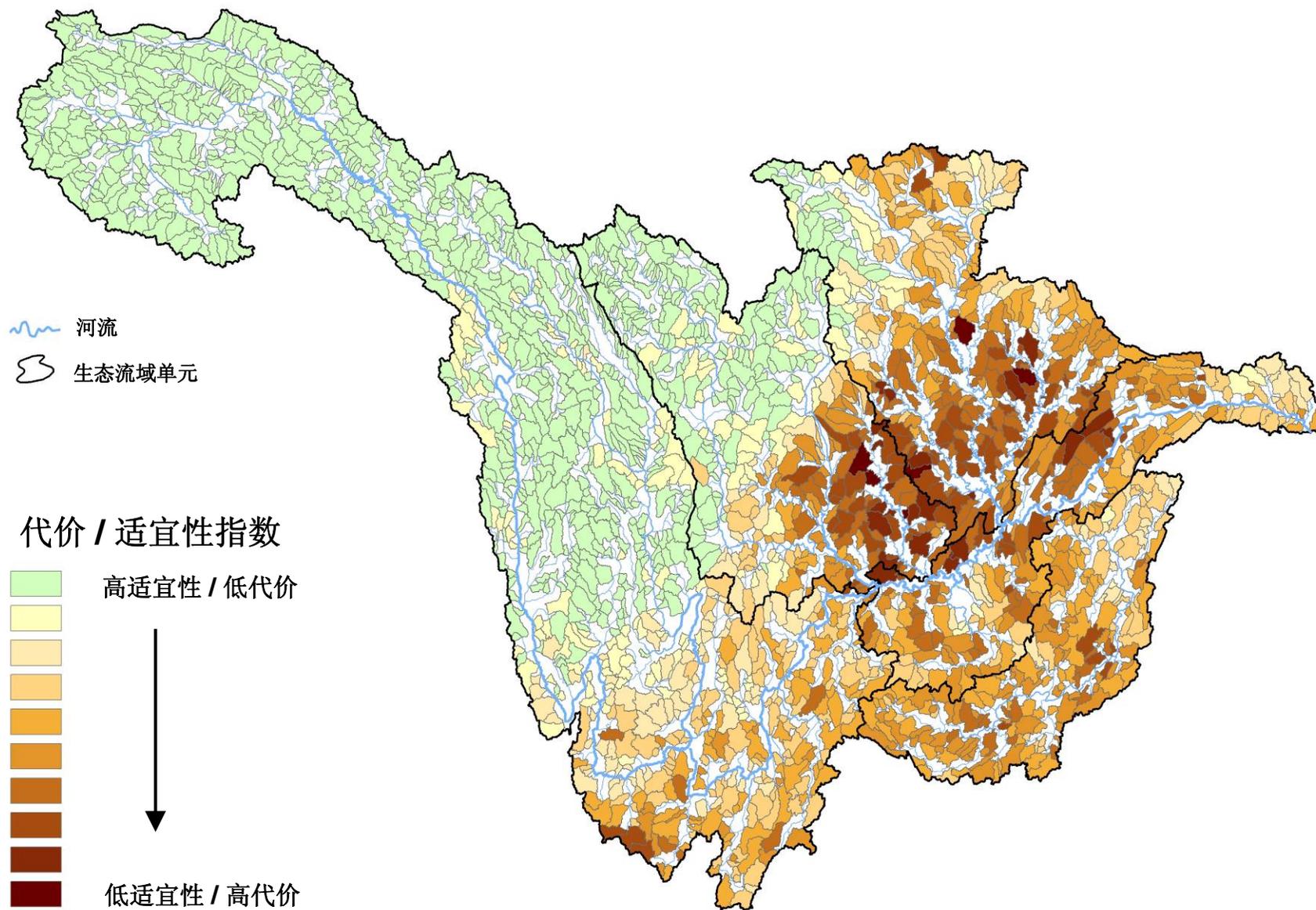
- 道路密度
- 铁路密度
- 村庄密度
- 被转换土地覆盖
- 城镇面积
- 灌溉农业
- 水坝密度
- 土地保护状态

代价 / 适宜性指数



### 图 3-11a: 适宜性指数 – 源头水集水区

适宜性指数是实现生态状态的粗尺度的评价和保护代价的评估，提供了集成经济、社会制度和生态因子确定优先保护区域的机制



### 图 3-11b: 适宜性指数 – 小河集水区

适宜性指数是实现了对生态状态的粗尺度的评价和保护代价的评估，提供了集成经济、社会制度和生态因子确定优先保护区域的机制

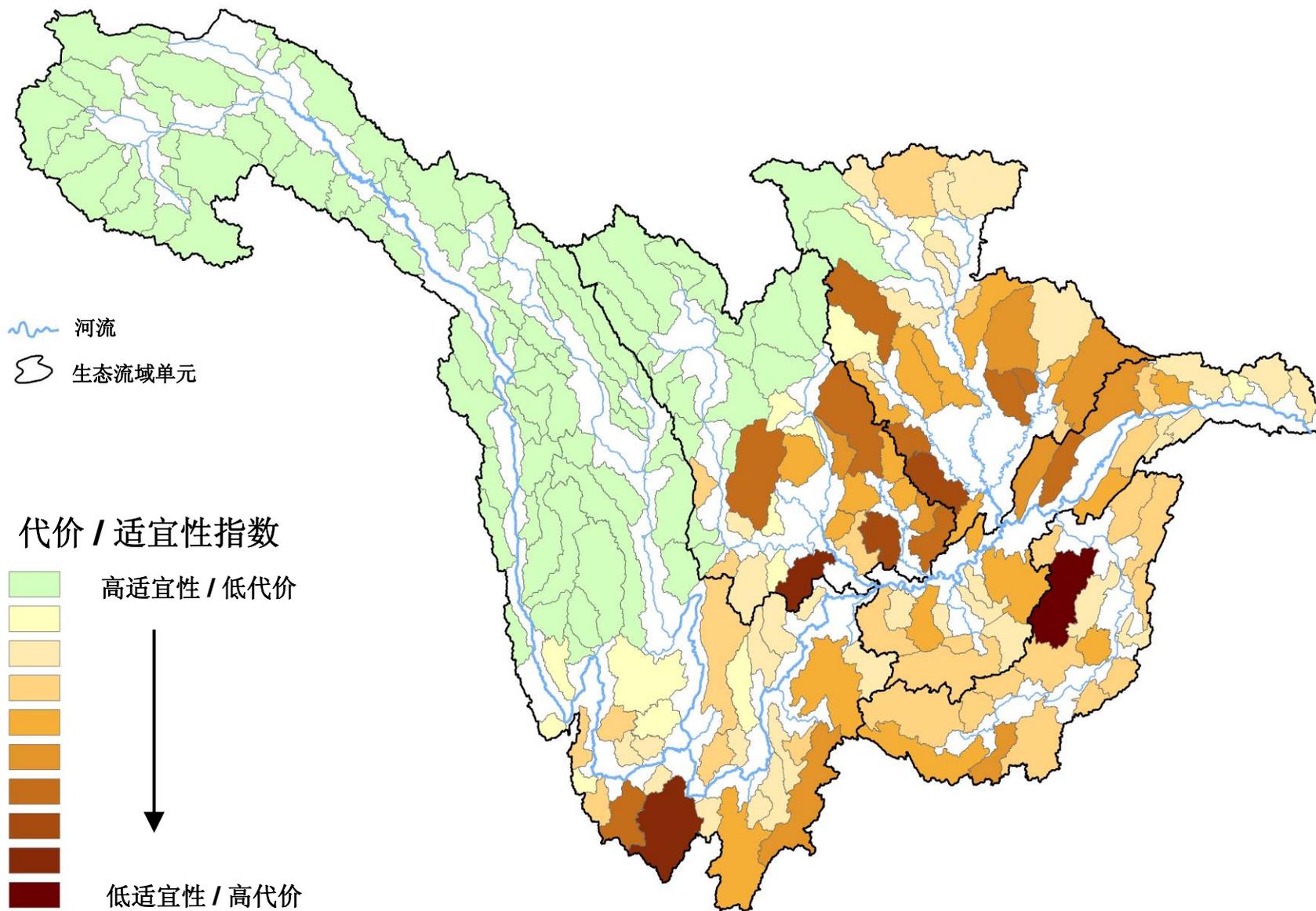
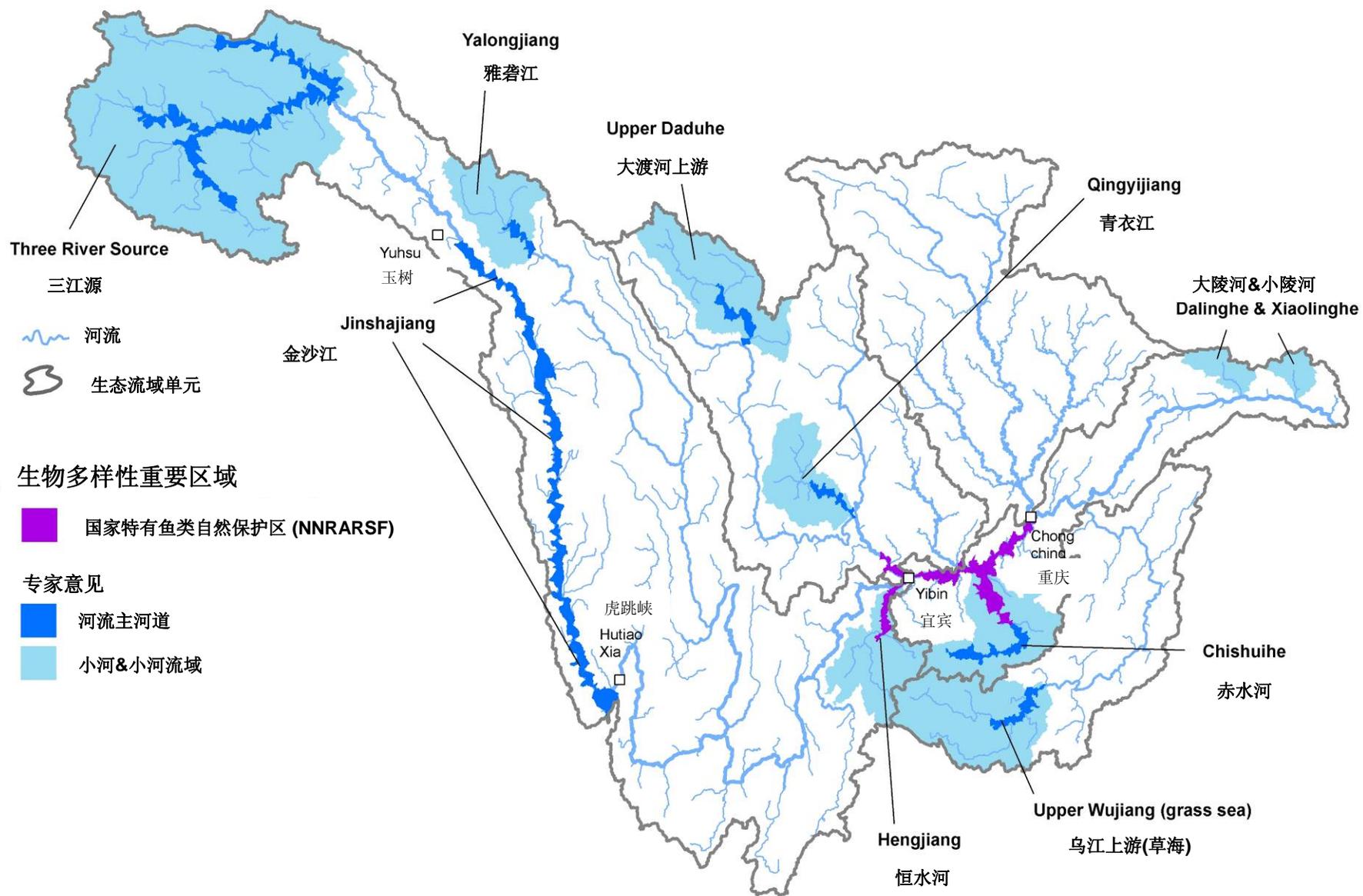
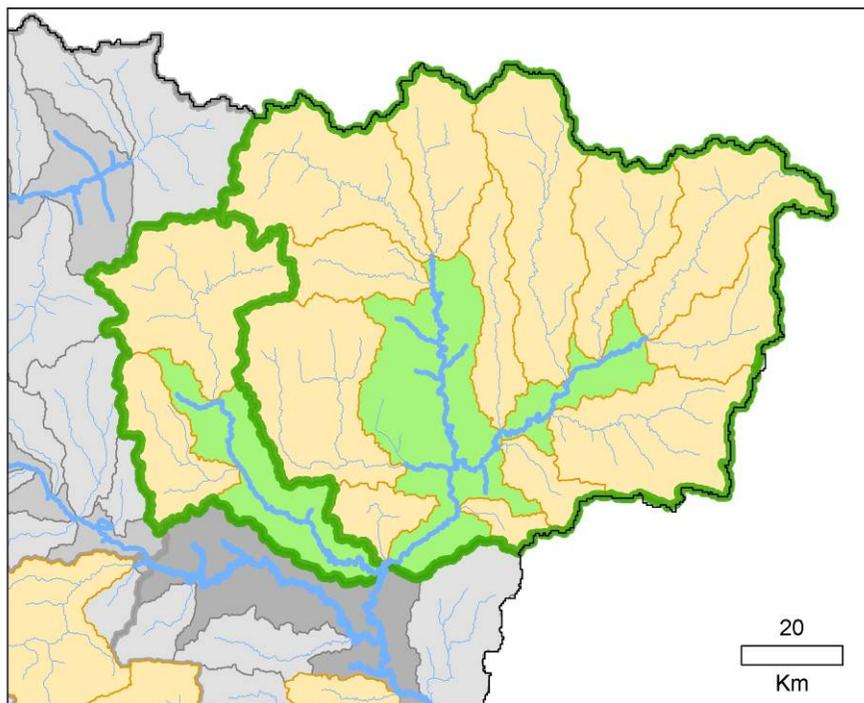


图 3-12: 专家选择的生物多样性重要区域



### 图 3-13: 生物多样性重要保护区域设计中的河流连通性

该图显示了河流连通性在MARXAN优先区选择中的作用. MARXAN模型分析中,在计算MARXAN代价时, 河流连通性因子起到减小代价的作用, 因而影响到优先区尽量选择源头水和小河集水区相连的区域。



选择的生物多样性重要区域规划单元:

-  源头水集水区
-  小河流域
-  河流主河道(专家意见)

规划单元:

-  源头水集水区
-  小河集水区

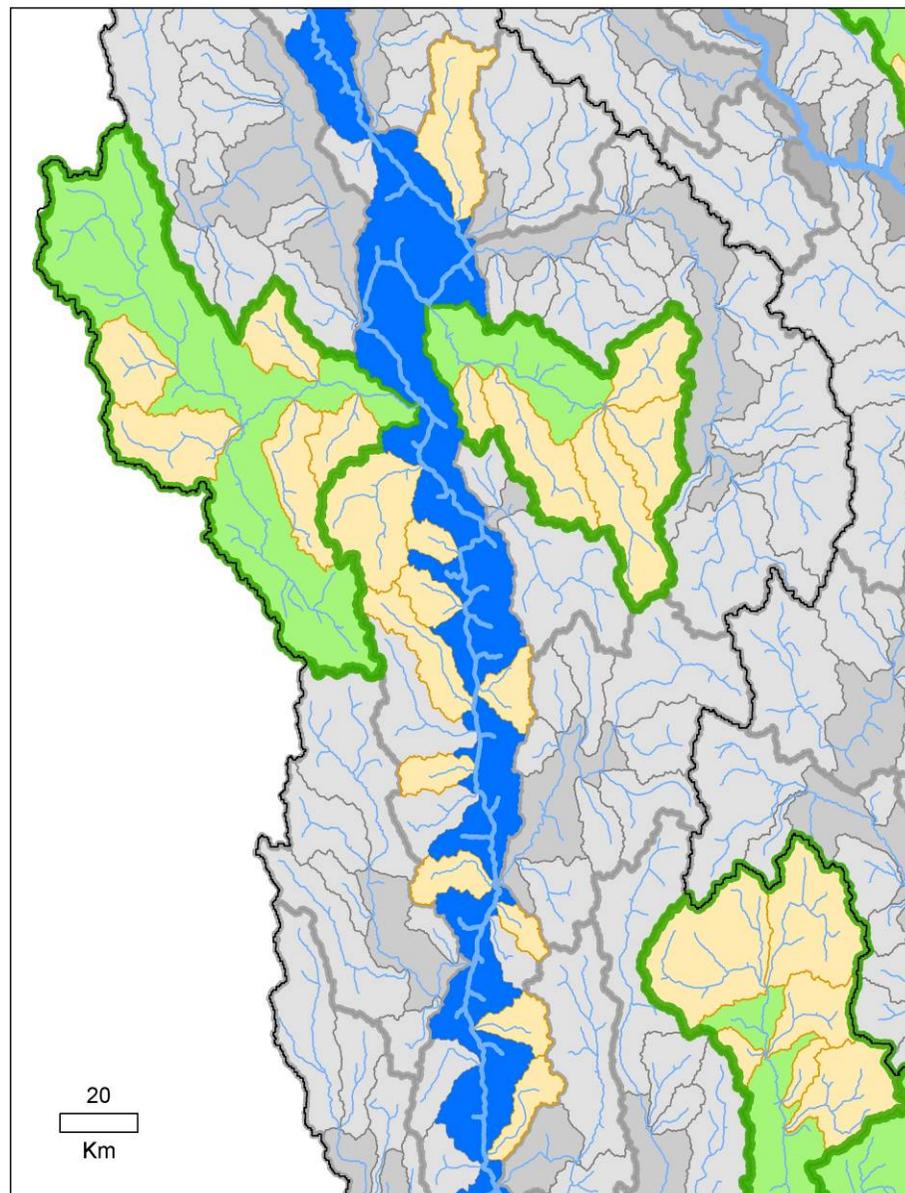


图 3-14: 长江上游水生生物多样性优先保护区域

