

第三部分：项目执行

3.1 目标

本课题的研究范围为中国黄土高原的粗沙多沙区和澳大利亚东南部 Murrumbidgee 流域的中上游地区(即 MUMC)。研究目的在於优化大规模植被恢复¹活动对研究区水资源的影响。

该课题的目标是：

(A) 开发合适的软件，用以预测植被恢复政策对研究区可能带来的影响。这包括

1. 区域数据库的开发；
2. 植被适宜性的评估；
3. 基於 GIS 的模型工具的开发。

(B) 为使该课题成果得到应用、推广，并在植被恢复的决策上发挥积极作用，

4. 建立一个基於互联网的交互式模型；
5. 进行交流宣传活动，促进成果的应用。

各个子课题的成果要求如下表所列。更具体的内容在后面的研究方法中说明。

3.2 成果

子课题	成果	前提	应用
1. 区域气象、径流、土壤、土地利用和 DEM 数据库的合成。	<p>1.1) 建成 1980 年-2005 年间延河流域逐月的气象、径流以及土壤、土地利用和地形数据库。</p> <p>1.2) 整理完成 1980-2005 年间粗沙多沙区逐年降雨量、径流量、土地利用和地形数据。</p> <p>1.3) 同 1-1 要求一样，但针对 MUMC，且包含精度 1 公里的复合 AVHRR 数据。</p>	<p>1) 延河流域、粗沙多沙区和 MUMC 流域在研究时段内的数据现成。</p> <p>2) CSIRO ESS PDP 课题生成 MUMC 的 AVHRR 数据。</p>	开发的数据库将用于后面延河流域、粗沙多沙区和 MUMC 流域的模型构建及检验。

¹ 在本文中指的是所谓的“植被恢复、重建”，不光是植树，也包括栽种乔木和草本植物尤其是多年生草本植物。比如多次提到的“苜蓿”。

<p>2. 考虑土壤水分平衡，对乔木、灌木和多年生草本植物的适宜性进行评估、制图。</p>	<p>2.1) 延河流域植被适宜性和持续性制图，考虑降雨、潜在蒸发能力、景观位置和土壤水分平衡变化。</p> <p>2.2) 完成延河流域附近对比流域水量平衡数据的记录整理。</p> <p>2.3) 由延河流域工作总结提取简化的、适合粗沙多沙区的原则。</p>	<p>1) 完成可能选用的乔、灌、草树种的适宜性评价。</p> <p>2) 水保所收集的土壤水分数据可供使用。</p> <p>3) 对于 MUMC，将会使用根据 CSIRO 林研所的分析得到的适宜性地图。</p>	<p>适宜性地图，用于 GIS 模型。</p>
<p>3. 开发 GIS 工具预测植被恢复方案(植被类型及其空间分步)对它实施后 200 年间常年性和季节性河流流量频率持续曲线²的影响。</p>	<p>3.1) 开发 GIS 工具，采用月际数据，计算在保护当地高产农田的前提下，植被恢复(成果 2.1)对延河流域年际流量频率曲线的影响。</p> <p>3.2) 同 3.1，但针对粗沙多沙区，采用年际而非月际气象和径流数据(成果 2.2)。</p> <p>3.3) 同 3.1，但针对 MUMC，采用 AVHRR 的实际蒸散量和叶面积指数估计值。</p>	<p>1) CLW 和水保所都拥有中等水平的软件和硬件(硬盘、处理器和网络连接)。</p> <p>2) 成果 1.1, 1.2, 1.3 和 2.1, 2.3 按时完成。</p>	<p>植被恢复对流量频率曲线的影响模型建成并检验。其中，延河流域采用月际数据，粗沙多沙区采用年际数据。</p> <p>CRC_CH³的工具包将 VBA 开发的模型放在互联网上。</p>
<p>4. 采用 CRC_CH 工具包，开发基于互联网的交互式 GIS 模型工具。</p>	<p>4.1) 水保所提供用于互联网的 GIS 模型工具，供农业政策部门用于延河流域和粗沙多沙区的情景模拟。</p>	<p>1) CLW 和水保所专用高性能 PC 服务于网络。</p> <p>2) 完成水保所中文在线文献。</p>	<p>供政策部门分析植被恢复对径流的影响。提供植被恢复的合理部位和草、树种选择指南。</p>

² 英语是“Flow Duration Curve”。其 x 轴是流量大小，y 轴是每年达到该值的时间百分比。

³ 流域水文联合研究中心。

	4.2) 同成果 4.1，但由 CRC_CH 提供，用于 MUMC。	3) 水保所/CLW 能使用 CRC_CH 的工具包。	
5 与用户和科研人员交流。	5.1) 课题进行期间与制定农业政策的部门座谈。 5.2) 课题成果在国际期刊发表。	1) 制定有关政策的人员认识到预测工具的作用。	供延河流域、粗沙多沙区和 MUMC 流域高级决策人对植被恢复工作进行优化的工具。

3.3 研究方法，人员安排与项目旅行

下面是具体的研究思路，标题对应于上述 3.2 中的成果编号。

A1-1 完成延河流域数据库，它包含土壤、地形、土地利用和每月的气象(运行模型)、径流(检验模型)数据。

1980-2005 年间延河流域 7673 平方公里每个月的降雨和潜在蒸发能力空间分布将由台站记录数据插值得到，见英文版 15 页图 4。其中 1990 年元月以后的数据需要购买⁴。同期的径流数据可从延河流域内的五个水文站（见英文版 15 页图 4）得到。同样地，1990 年元月以后的数据需要购买。上述经插值得到的气象与径流数据库将纳入水保所现有的 GIS 中。水保所目前有数字化格式的土壤地图，显示土壤类型和一些物理、化学属性，比例尺是 1 : 100000，覆盖延河流域全部。另有精度 40 米的 DEM。预计本课题启动时（2003 年初）1980 年、1990 年和 2000 年延河流域的土地利用特征都会从遥感数据中获取。目前已有 1990 和 2000 年的图，而 1980 年的正在水保所处理。1980 年的图系由 Landsat MSS 提取，精度 80 米，1990 年的图由 Landsat TM 提取，精度 30 米，而 2000 年的图由 Landsat-7 的 Pan 波段提取，精度 15 米。该三期图都根据全国统一标准分为 8 大类，每类可再细分。用于植被恢复规划的植被适宜性图将在 2004 年 12 月完成。2005 年初夏（五、六月）完成土地利用图，经野外核查修正，供 GIS 建模，于 2005 年年底课题终期评定及研讨会时完成。这就是说，2005 年年底课题终期研讨会时将提交 1980 年至 2005 年的土地利用图共四期。采用最新数据进行模拟对于区域农业政策制定部门更有吸引力。2005 年的土地利用图将是本课题的直接成果。建设跨度 25 年的 GIS 工作量繁重，很大程度上依赖于水保所多年来投入巨大的 DEM 和土壤地图。

⁴就 Tim 所知，此前的数据是免费的。需要收集但不需购买。

这个模型经延河流域内五个水文站数据校准、检验，将用于延安试验示范区（707平方公里，有精度20米的DEM）。由于本课题时间尺度最小的建模是月际，水保所有可能在本课题外，进行短时段降雨-径流模型的探索（2000年1月建成流水槽，测量每次降雨时各自的径流量）。也可对其内部的两个小流域（面积8.27平方公里的纸坊沟和47平方公里的阳沟，都有5米方格的DEM）作些月际建模。

A1.2 完成粗沙多沙区土地利用、地形数据和逐年降雨量、径流量数据库。

黄土高原粗沙多沙区（134050平方公里，见英文版16页图5）跨秦东晋西，含45个小流域。其年降水数据将由90个气象站的数据插值得到，年径流资料需从62个水文站（分布在23个流域）购买。为避免冬季融雪造成的误差，我们将每年的4月1日至次年的3月31日定为一年，这样当年的降雨能以融雪方式汇入径流。水保所已有粗沙多沙区100米精度的DEM，系由1:250000的数据提取。他们也拥有1:100000的土地利用图，可以用于粗沙多沙区45个流域林地-非林地制图。

A1.3 同1-1要求一样，但针对MUMC，且包含精度1公里的复合AVHRR数据。

在MUMC流域27个小流域，生成类似的月际气象和径流数据（见英文版17页图6）。已有合适的DEM、土壤数据和土地利用图（1995年起）。估计1992年到2005年间由双周数据合成的AVHRR遥感数据届时将由ESS PDP课题生成。它将提供表面温度信息，用于日实际蒸散量（ET_a）制图，提供反射率用于叶面积指数（LAI）计算。利用气象台站网，将从具体遥感观察日的ET_a上推月际总和。有了降雨空间分布，我们夜就能计算剩余的水分（分成土壤水分、径流或地下径流）。用于模型检验的径流数据来自PINNEENA数据库，它由CRC_CH成员之一的NSW水土保持部所保管。

A2.1 延河流域植被持续性及适宜性制图，考虑的因素包括降雨量、潜在蒸发力、景观位置和土壤水分平衡变化。

将月际降水量图和潜在蒸发能力图对照，根据乔、灌、草（多年生，如深根系的苜蓿）所需水分的不同，同时也考虑景观位置和土壤特征，制作植被适宜性地图，显示实施植被恢复措施的适用树种。该模型将应用在植被恢复时最可能选用的乔灌草种类包括苜蓿。A2.1的成果是地图，可用在在A3.1里。对于MUMC，将会使用由CSIRO林研所的分析得到的适宜性地图。

A2.2 完成延河流域土壤水分对照数据的记录收集整理

水保所将对土壤上部 5 米深的水分作对比观测⁵，地点两个一组，一是林地，一是景观位置相似的农地，相距不远。两个地点同一天测量，以便大气候条件相同，不同的只是植被类型和数量。5 月到 10 月，每月一次，测点不变。计划将这些对照点放在降雨测量点的近处。另外，还要测三次(5 月、7 月和 10 月)10 米深的土壤。这些数据将用在土壤水分长期变化的校准验证上。

A2.3 由延河流域工作总结提取简化的、适合粗沙多沙区的原则。

它们将基于距河流远近、坡度等级、土壤属性，以及年均降雨和潜在蒸发的比率，提出适宜的植被类型、密度和位置。从 2.1 和 2.2 中得到的结论将简化成一套适宜性规则，应用到整个粗沙多沙区，见 A3.2。考虑到时间和空间精度，该简化规则只使用粗沙多沙区现有的数据。

A3.1 开发 GIS 工具，修正多年降雨-径流关系式(张槽，2001)，以包括乔灌草，还有苜蓿，计算植被恢复(成果 2.1)对延河流域年际流量和季节性流量频率曲线的影响。用权重重迭法将这些数据和适宜行地图综合，为当地保留一定的高产农田。

用于综合这些数据的方法基于多年降雨-径流关系式(张槽，2001)。这些数据将用 VBA 应用程序包在 ArcView 中。具体而言，就是开发一个 VB 应用软件。在这个修正的关系式里，将显示作为降雨量和三种植被类型(乔灌草，再加上现有的农田)函数的径流量曲线。将评估植被生长状况，允许调整诸如干旱等因素来影响植物生长曲线，尤其在栽种初期。植被恢复完成了多久是要考虑的一个关键因素，因为新造林地生长迅速，比老林地蒸发更多水分。要对照土地利用图和陕西省土地局 1995 年所作的土地生产力评估数据，依据专业知识，确定高产农田所在。这些地将从植被恢复规划中排除，不过允许一些沿河地带的造林。

A3.2 将多年降雨-径流关系式模型予以改进，应用在粗沙多沙区。需要将简化了的适宜性评价规则(A2.3)和现存的林地等因素纳入考虑。

在整个粗沙多沙区，该方法将使用现有的年际数据，用 VBA 在 ArcView 中开发。它将基于年降水，用 A1.2 开发出的年流量数据校准。它将显示植被恢复和气候变化(由 25 年记录的降雨数据反映出来)对径流的影响。200 年的建模可以用平均状态，或者采用 25 年记录的变率，这样就可以显示植被恢复和干旱、渍涝对河流流量的影响。对于延河流域的模型，我们要设置一个限制条件，即产量最高的农田(通常平整而接近水源)

⁵英文是‘paired sites’。

最后变成林地。流域可以模拟成 100% 的林地，以便有关决策部门和个人对不同政策的效果有更好的理解。

A3.3 同 3.1，但针对 MUMC，将 AVHRR 的 ETa 和叶面积指数估计值纳入模型。

MUMC 的建模将与延河流域 A3.1 相似，但要加入 MUMC 的实际蒸发量，该值由时间、空间密度大的 AVHRR 数据估算。估计带有遥感数据的建模结果跟没有它的结果相比，月际水分平衡的更好。这会得到检验，因为建模的输入数据将分别包括和不包括遥感数据。

A4.1 水保所提供用于互联网的 GIS 模型工具，供农业政策部门的情景模拟。

我们将给中、高级农业政策制定人员开发出一个基于互联网的 GIS 建模工具，供其模拟各种不同植被恢复方案的后果。CRC_CH 工具包能生成互联网工具，用它将 A3.1、A3.2 和 A3.3 中开发的工具，从 ArcView 中分离。该模拟要求很直观。例如，用可移动的滑杆⁶，设置流域的植被类型百分比，输出的图将显示随时间变化的流域径流量。决策人可以改变的也就是乔灌草合计占流域面积的百分比，他们可以交互式调整该值来进行模拟。该模型工具要将植被(乔灌草)合理分布图考虑在内，见上述 A2.1 和 A2.3。在水保服的服务器提供中文的用户界面，显示中文文本。另有中文的用户指南，供下载。要考虑维持一定面积的高产农田，要对适宜林草地的比例作个限制。在此限制下，生成规划图，显示植被恢复时不同植被种类的可能分布区域。模型输出的结果要包括格式数据⁷，说明所用数据库和模型版本。

互联网 GIS 建模工具的样本将在课题第三年中(2005 年 6 月)拿出，供用户评议，以便进行可能的改进，尤其是在模型结果的可视化方面。就是说，要用户明白我们开发的工具，领会其运行的结果。有关政策制定和管理人员可在网上用它模拟植被恢复，分析各种方案的不同后果。将数据置于网上，减轻了版本控制问题，因为，不同的模拟所用的数据库是一致的。

A4.2 同 A4.1，但针对 MUMC，且由 CRC_CH 提供。

在 CRC_CH 网页上，提供一个 MUMC 月际植被恢复-流量分析工具。MUMC 建模和延河流域建模的主要不同，是我们将应用已有的适宜性地图，而不是本课题自己创造的(A2.1 为延河流域制图)。CLW 将对他们开发的 MUMC 数据库作出相似的决定。

⁶ 英文是 slide bar

⁷ 英文是 metadata。

A5.1 与有关部门决策人员的会面

课题进行期间，每次澳洲科学家去中国，都要与制定农业政策的部门座谈，中国科学家也要与会。目前计划的中国之行有三次，时间分别是：头年第三个月，次年第七个月和第三年第八个月。首次的会议主要是让农业科研人员更好了解农业政策的决策过程，以便模拟模型的针对性更强。后两次会议上，农业决策者使用我们趋於成熟的模拟工具。在跟中期评定同时进行的那次上，ArcView 模型的初步结果要拿出来展示。我们还计划在赵永安访澳后(2005年5月)送出一批光盘，给有关的政策部门、科研人员和普通用户试用，越多越好，上面是基於互联网的模型工具和数据，听取他们的意见，再在最终版本中改进。

希望中国的科学家能跟这些人更定期地见面，或者通话，通报最新进展。我们打算拜访的部门和个人有：

1. 延河流域治理委员会(秦大河院士，国家气象局局长；王寿森，陕西省副省长；刘小文，陕西省副秘书长；唐军昌博士，科技部副部长)
2. 延安试验示范区指导委员会(陈宜瑜，中科院副院长；王寿森，陕西省副省长；周万龙，陕西省水土保持局局长；李瑞支，延安市副市长；刘小文，陕西省副秘书长；张翼，陕西省黄土高原世行贷款项目延河流域项目办公室主任；李锐研究员，水保所所长)
3. 中国科学院西部行动计划所包括得其他科学院和中央部委的高层决策及管理人员。

在粗沙多沙区，延河流域和延安示范区以外，我们要和黄委会特别是中游局交流成果。该局直接负责黄土高原的水土保持政策和实施。

本课题我们主要工作在两个区域进行：7673 平方公里的延河流域和 134050 平方公里的粗沙多沙区。在延河流域的模拟是以月为时间单位的，而在粗沙多沙区，以年为单位。

至於在澳洲，主要通过 CRC_CH 建立的联络网进行。MUMC 是 CRC_CH 的重点流域之一，由 NSW 州水土保持部的 Carolyn Young 女士负责协调。

A5.2 课题成果在国际期刊发表。

本课题的科研人员将发表专业论文。预计在课题进行期间会陆陆续续完成数篇文章，一些综述文章在最后六个月写成。