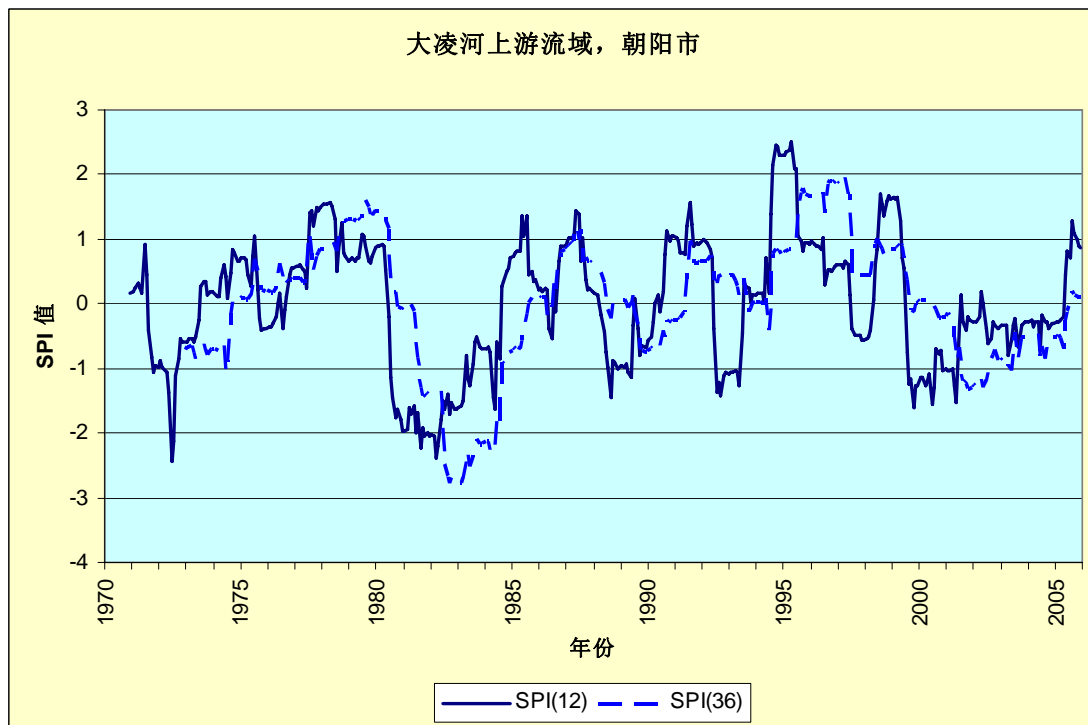


# 中英合作水资源需求管理项目 水资源综合管理方法汇编

2.  
水资源综合管理

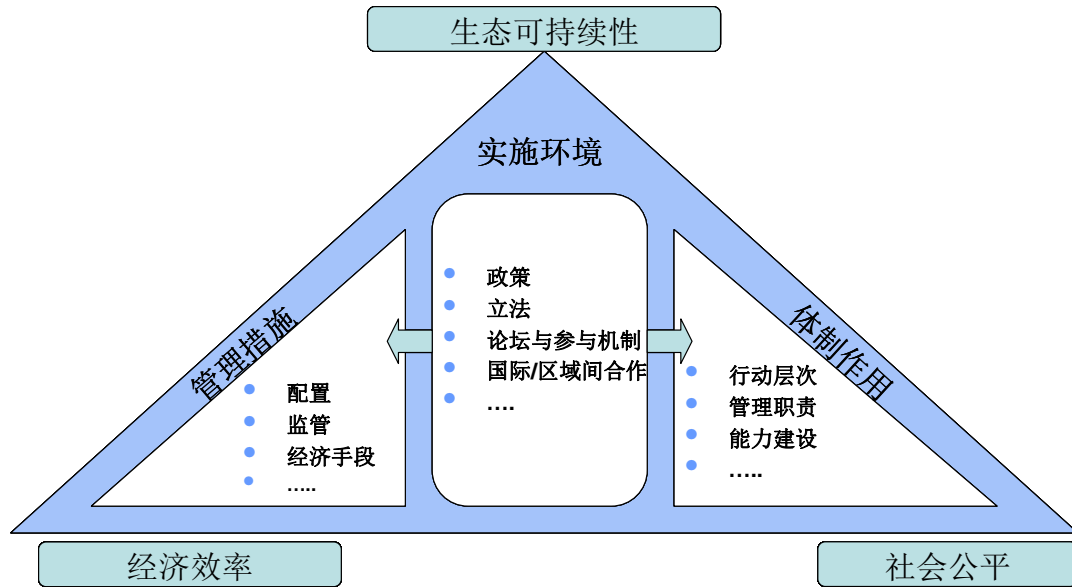
## 操作指南 2.5: 应用标准化降水指数 (SPI) 进行干旱评估

2010 年 5 月

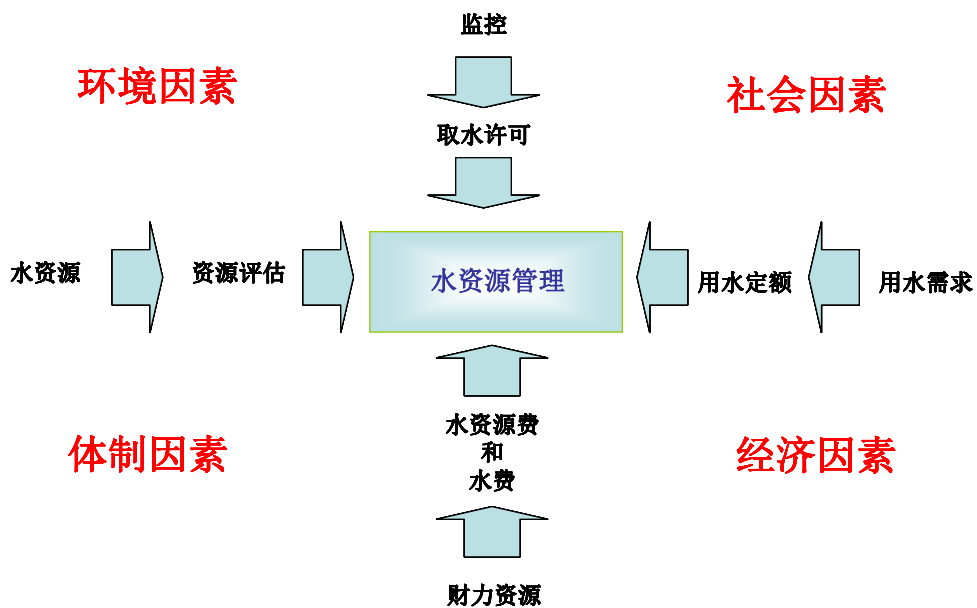


# 水资源综合管理 (IWRM)

(基本原理引自全球水伙伴)



## 水资源综合管理驱动要素



(第二幅图引自水资源需求管理援助项目)

**概述：**本手册描述了如何应用标准化降水指数 (SPI) 对干旱等级进行评估。本文介绍了如何建立数据文件并针对如何向干旱管理者展示分析结果提出了几点建议。

本文内容主要涉及：

- 简介
- 应用 SPI 的软件和数据要求
- 运行 SPI 计算程序
- 展示及应用 SPI 结果

本文是可持续的水资源规划、水量分配和管理主题系列之一。参考书目中有本系列的详细介绍。

在水利部的支持下，根据中英合作水资源需求管理援助项目 (WRDMAP) 的成果，特编写本方法系列，以辅助省、市、县各级水利（水务）部门的工作，以实现水资源的可持续利用。

## 1 简介

### 1.1 SPI 指数对干旱管理的作用

干旱是一种潜在的自然灾害，由一个季度或更长时期的降雨不足造成。长期降水短缺会引发工业、农业、生活或环境方面的用水短缺。

干旱指数有助于人们确定干旱的起始阶段及干旱等级。干旱临界值被定义为不同干旱等级之间的值，通常被称作“触发点”，因为该值会触发或引起一些后果。依据实际的管理程序，该触发点可能会触发一个早期预警程序，进而对供水进行逐轮缩减以保护水资源，抑或采取一些应急行动来减缓干旱带来的影响。

干旱指数通常显示了某些时段内降水量同平均降水量的偏离程度。通过将

现状同历史平均水平进行对比得到，历史平均水平一般选用 30 年的数据系列计算得到。

中国国家气候中心开发了基于三种指数的气候干旱预警系统，如图 1 所示。

### 1.2 标准化降水指数 (SPI)

标准化降水指数 (SPI) 是由美国学者提出的，可以对不同时段内降水量的缺乏程度进行量化的表征。这些时段反应了干旱对不同水资源可用量的影响。土壤墒情反映了相对短时段内的降水异常，而地下水、河川径流及水库的水体储量则反映了长时段的降水异常。

任何地点 SPI 的计算都应以一个预期时段的长时间降水记录为基础，例如 SPI(24) 表示 24 个月，SPI(18) 表示 18 个月等。

根据 SPI 指数将旱涝等级进行了如下划分：

| SPI 指数分级     |    |
|--------------|----|
| 2.0 及以上      | 重涝 |
| 1.5 ~ 1.99   | 中涝 |
| 1.0 ~ 1.49   | 轻涝 |
| -.99 ~ .99   | 正常 |
| -1.0 ~ -1.49 | 轻旱 |
| -1.5 ~ -1.99 | 中旱 |
| -2.0 及以下     | 重旱 |

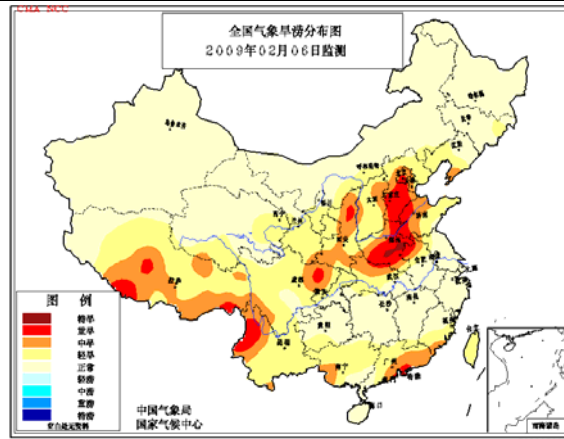
采用 SPI 指数单独地或作为综合评估方法的一部分进行干旱监测在国际上得到了广泛的应用。中国也使用 SPI 对干旱等级进行分级，但所采用的数值同上表中的数值略有不同（参见图 1）。

图 1: 中国旱涝监测

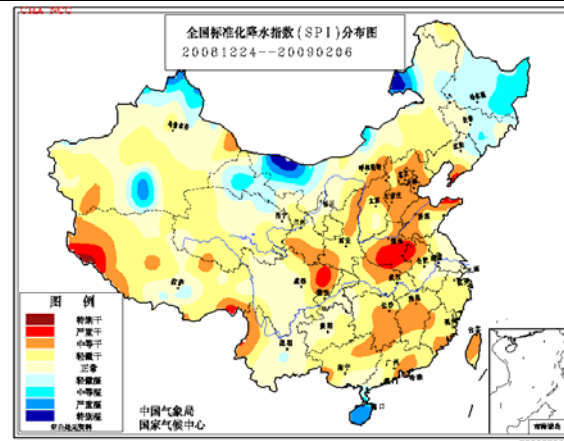
| 干旱等级 | 气象干旱综合指数 CI      | 标准化降水指数 SPI       | 降水距平百分比 (%)    |
|------|------------------|-------------------|----------------|
| 极度干旱 | $CI \leq -2.4$   | $SPI \leq -2$     | $\leq -80$     |
| 重度干旱 | $-2.4 \sim -1.8$ | $-1.5 \sim -1.99$ | $-80 \sim -50$ |
| 中度干旱 | $-1.8 \sim -1.2$ | $-1.0 \sim -1.49$ | $-50 \sim -25$ |
| 轻度干旱 | $-1.2 \sim -0.6$ | $-0.5 \sim -0.99$ | $-25 \sim 0$   |
| 正常   | $-0.6+$          | $-0.49+$          | $0+$           |

举例 (2009 年 2 月 6 日监测结果)

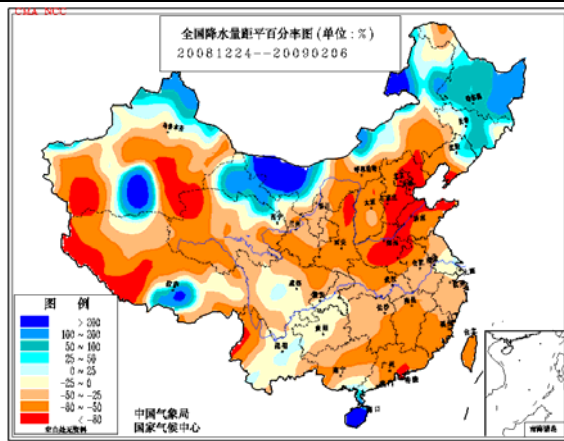
CI



SPI



降水距平百分比 (%)



来源: 中国国家气候中心 <http://ncc.cma.gov.cn>

## 2 应用 SPI 的软件和数据要求

### 2.1 计算软件

SPI 计算程序可以从以下网址免费下载:

[http://drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi\\_program.htm](http://drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi_program.htm).

该程序是已经进行过编译 (在 C++ 下编译), 因此所有用户都可以直接运行程序 SPI\_SL\_6.exe, 并根据弹出窗口上的提示完成计算。

经过编译的程序是不允许用户自行更改输入数据和输出数据格式的。因此为了确保计算程序顺利运行, 有必要严格遵循程序对文件格式的要求。

### 2.2 降雨数据

计算 SPI 的时间段通常以月为单位, 需要用到月数据。从气象站收集的逐月数据资料应对干旱风险评估地区有良好的代表性。

在使用该数据开始 SPI 分析之前, 应检查逐月数据质量的可靠性及适宜性。

由于 SPI 是一种统计方法, 如果可以得到更长时间序列的数据, 则程序可以提供更加可靠的统计结果。

建议在开始 SPI 分析之前, 使用相关法对缺失的单站数据进行补齐。

以大凌河为例, 当使用一定数量的测站数据来计算综合降雨值的时候, 很重要的一点是有一个固定的方法来对持续的干旱指标监测过程中出现的数据空白进行填补。不可避免地, 一些测站的数据不是 100% 的完整, 或者不能及时的获得一些测站的近期数据。如果每次做 SPI 分析时采用的数据填补方法都不一样, 那么分析结果很可能就会变得毫无意义。

#### 图框 1: 代表性降雨

在为朝阳大凌河流域上游制定干旱临界值或触发点的过程中, 众水文学家对 55 个雨量站的数据记录进行了检查, 并最终决定使用其中 30 个数据质量较好、具有代表性的测站数据进行 SPI 分析。使用这 30 个雨量站数据绘制出一个月均系列数据, 这一月均系列数据代表了整个上游流域的历史降雨模式。

### 2.3 输入文件格式

一旦决定使用该月数据进行分析, 必须将该数据转化为指定的格式才能运行 SPI 计算程序。

所有的输入数据必须有 3 个数据序列: 年、月以及月均降水值 (参见输入文件示例)。降水值需取整数值, 不能包含小数。

应特别注意数据列之间的间距以及数据缺失的情况。如果有数据缺失, 程序会以 -9900 将该数读入, 从而会造成计算错误。

## 3 运行 SPI 计算程序

输入文件的文件名后缀必须是 “.COR” —— 该 SPI 计算程序不能识别其他扩展名的文件。文件名的长度不受限制, 但文件名中不能包含空格也不能使用下划线 “\_”。

例如正确的文件名可以是: “UpperDaling1970-2005.COR” 或 “Chaoyang.COR”。

当使用该程序对临界值进行评估时, 以下形式的输入文件:

“UpperDaling1970-2005.COR” 可以清楚地显示统计的时间范围。但是, 在日常的干旱监测中使用该 SPI 计算程序时, 由于每进行一次连续的逐月分析, 数据系列中都会加入新的数据, 因此输

入文件的文件名应显示最近的一个月是哪个月，例如 2009 年 3 月完成计算的文件名可以写成 “UpperDaling1970-2009Feb.COR”。

开展日常监测的计算时应特别小心，应使文件名井然有序、有条理，或者为各个数据系列的计算分别建立子文件夹。

可以使用写字板或记事本程序来编辑输入文件。通常，建立新数据文件最简单的方法就是打开一个已有的数据文件，替换其中的数据，再对该文件进行换名保存。

建立一个文件夹，其中应包括 SPI 的可执行程序以及至少一个后缀为 “.COR” 的文件：

用 Windows 的 Explorer 浏览器选择 SPI\_SL\_6.exe 文件，然后单击 “打开” 就可以运行该程序。

程序在一个单独的窗口运行。首先，该程序会提示用户将要计算的时段数。如果需要计算两个时段，就输入 “2”，然后，再输入第一个时段所要计算的月份数，例如 SPI<sub>(3)</sub>，就输入 3，3 代表三个月，然后再输入第二个系列的月份数。

进而，该程序会提示用户所用的输入文件名。只需键入该文件名并按回车 (Enter) 即可。

接下来程序会提示用户输出文件的文件名。同输入文件的命名规则一样，输出文件的文件名中同样不应包含空格及下划线。保持输出文件有序的一个方法是使输出文件同所用的输入文件同名，仅是后缀不同，输出文件的扩展名为 “.OUT”。（文件扩展名包括句点或在内，不能超过 4 位）。建议用户在保存日常监测的计算结果时，保持数据文件及子文件夹的有序性。

当用户给出了输出文件的文件名之后，该程序会自动打开一个以该名称命名的输出文件。由于程序的运行通常仅

需要几秒钟的时间，该程序窗口运行程序几秒钟后便会关闭。

后缀为 “.OUT” 的文件可以使用记事本或写字板打开并打印（需要注意的是通常输出文件的打印页数很多）。

应注意的一点是，SPI 计算程序输出文件对用户的帮助不大：其中没有记录显示此次计算用户所选择的时间点，而且该信息没有给出每一列的标题。这使得做好记录以及保持文件名和子文件夹井然有序显得更加重要。

## 4 展示及应用 SPI 结果

我们注意到前面提到过，SPI 计算程序的标准输出文件对用户的帮助不大，因此通常需要对其进行一些进一步的处理，以将计算结果表示成可以展示给干旱管理者的形式。

为了绘制 SPI 值随时间变化的图，或者想在今后的计算中使用 SPI 值——例如在 SPI 系列的基础上再生成一个综合指数，用户可能会希望将 SPI 计算结果导入 Excel 表。打开一个 Excel，使用 “文件-打开” 命令，选择该后缀为 “.OUT” 的输出文件就可以了（记得在文件类型中应选择 “所有文件”）。接下来 Excel 会打开文件导入向导。

以下几个例子给出了一些可以用来显示 SPI 分析结果的方法。

输入文件及程序运行界面示例

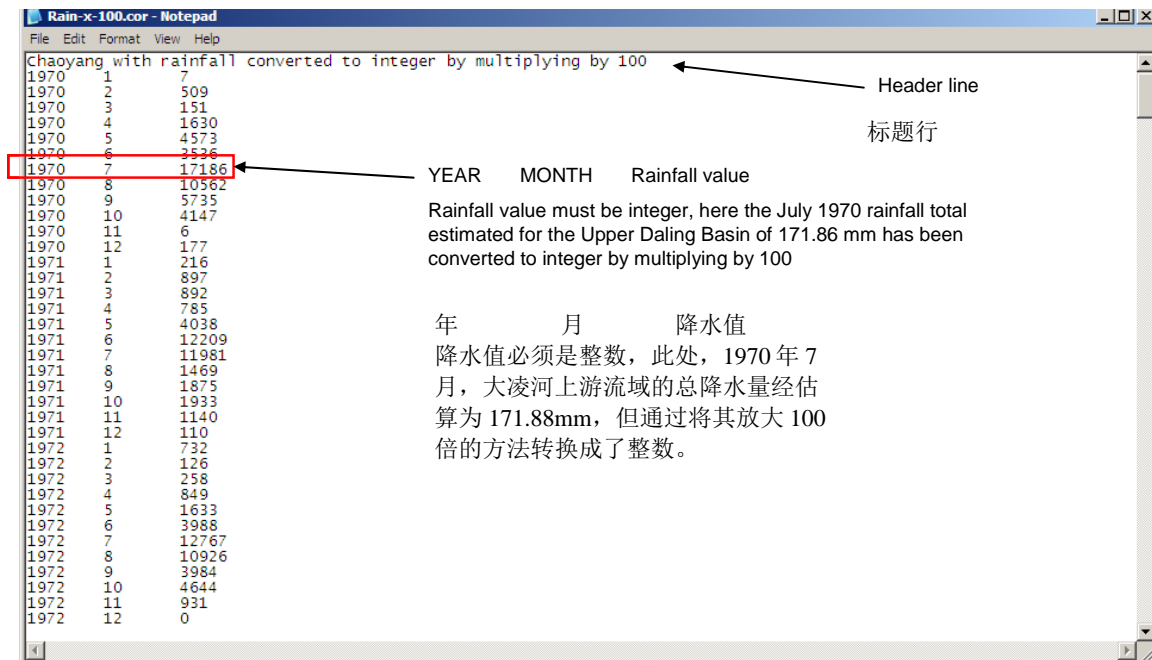


图 2: SPI 计算程序输入数据文件 (使用记事本程序打开)

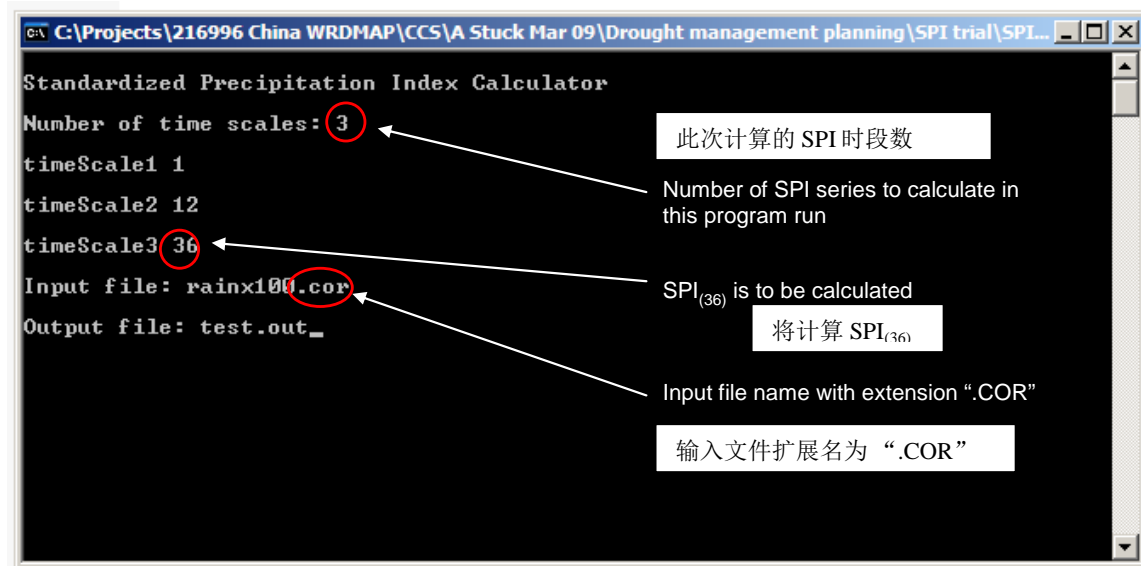


图 3: 运行时 SPI 程序界面

几种显示输出结果的示例

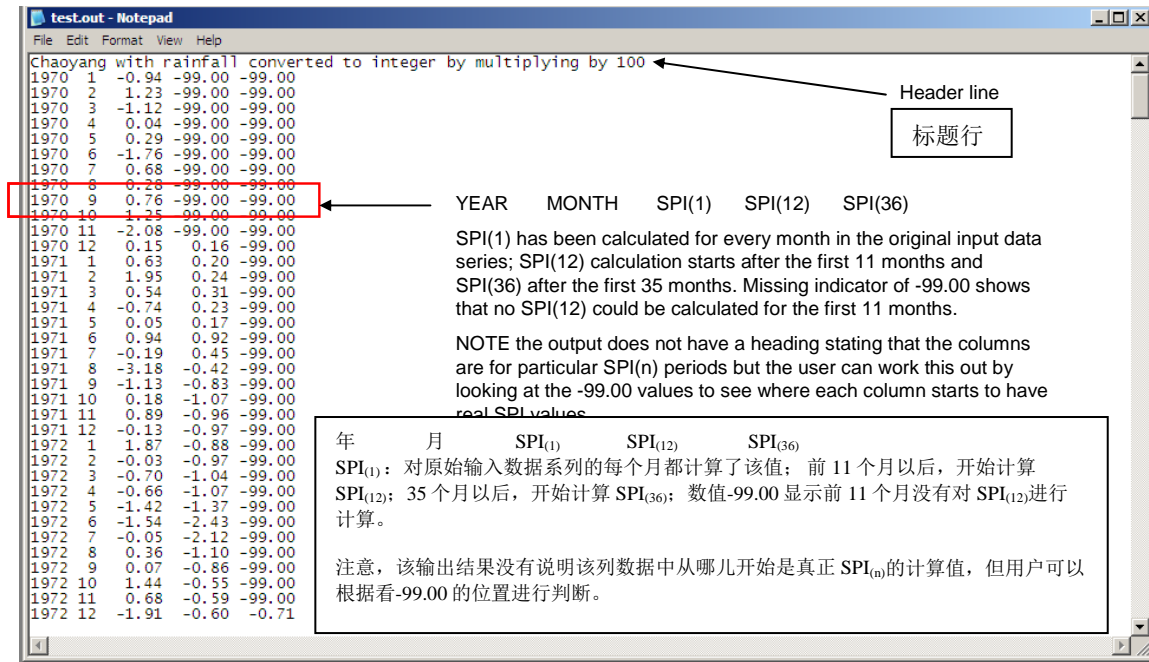


图 4：SPI 计算结果标准输出格式（使用记事本打开）

使用SPI方法的干旱分级

| 年份   | 1980   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 月  | 1  | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
| 降水(mm)   | 1.8  | 2.4  | 4.2   | 10.0  | 13.3  | 63.7  | 87.4  | 75.6  | 12.0  | 20.8  | 0.6   | 3.4   |
| SPI - 本月   | 0.56   | 0.43 | -0.19 | -0.57 | -1.70 | -0.64 | -0.62 | -0.47 | -1.71 | 0.26  | -1.22 | 0.61  |
| SPI <sub>(3)</sub> - 3个月   | 1.76   | 2.06 | -0.13 | -0.70 | -1.85 | -1.59 | -1.38 | -1.25 | -1.34 | -1.07 | -1.64 | -0.17 |
| SPI <sub>(6)</sub> - 6个月   | -0.02  | 0.25 | 0.53  | 0.47  | -0.93 | -1.67 | -1.58 | -1.63 | -1.88 | -1.75 | -1.65 | -1.38 |
| SPI <sub>(12)</sub> - 12个月   | 0.87   | 0.85 | 0.88  | 0.86  | 0.54  | -0.16 | -1.12 | -1.35 | -1.74 | -1.64 | -1.80 | -1.96 |
| SPI <sub>(24)</sub> - 24个月   | 0.92   | 0.92 | 0.90  | 0.93  | 0.73  | 0.57  | 0.01  | -0.30 | -0.62 | -0.59 | -0.59 | -0.55 |
| SPI <sub>(36)</sub> - 36个月   | 1.47   | 1.47 | 1.45  | 1.51  | 1.32  | 1.15  | 0.24  | 0.21  | 0.19  | -0.07 | -0.10 | -0.14 |
| 综合SPI = SPI <sub>(12)</sub> *0.6+SPI <sub>(24)</sub> *0.3+SPI <sub>(36)</sub> *0.1 | 0.95   | 0.93 | 0.94  | 0.95  | 0.68  | 0.19  | -0.65 | -0.88 | -1.21 | -1.17 | -1.27 | -1.36 |
| 干旱等级   |  |      |       |       | IV    | III   | II    | II    | I     | I     | I     | I     |
| 情况描述:  | 朝阳地区全年大旱, 旱象以朝阳、北票尤重。<br>全区年均降水量只有333mm, 比正常年少153mm。<br>全区有700多万亩耕地, 大部分靠车拉、人挑水播种, 其中251万亩种两次, 51万亩种3次。<br>全区绝收130万亩, 收成无几的有250万亩。<br>播种活动到7月15日才种完。<br>全区大部分河、溪断流, 水库、塘坝、机井、水井大量干涸, 20多万人口吃水发生困难。 |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

图 5：为触发干旱管理规划中的行动，应用综合 SPI 指数进行日常干旱评估实例（使用 Excel 制作）

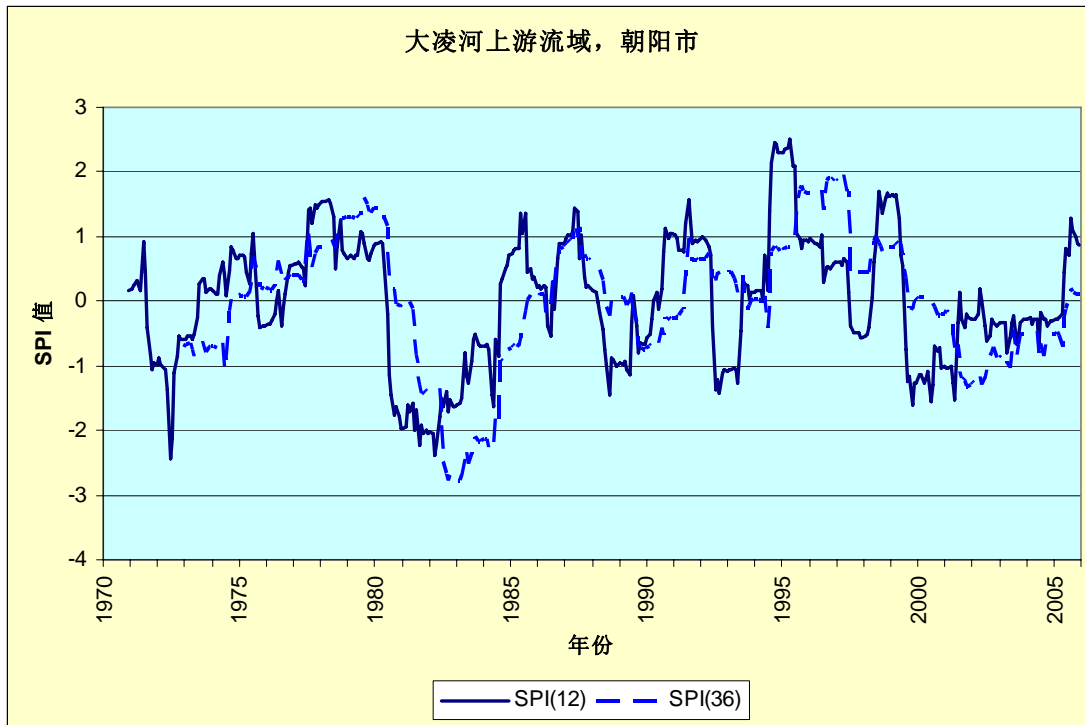


图 6：（使用 Excel 制作）

## 文件参考表

### 词汇:

CI 气象干旱综合指数

SPI 标准化降水指数

### 书目:

#### 水利部水资源综合管理文件汇编相关材料:

指导手册 2.5: 干旱管理规划的制定——水资源管理者指南

实例 2.5: 辽宁省朝阳市干旱管理规划的制定——侧重于水资源方面

#### 如需有关水资源综合管理的更多信息 – 推荐网站:

中华人民共和国水利部: [www.mwr.gov.cn](http://www.mwr.gov.cn)

全球水伙伴: [www.gwpforum.org](http://www.gwpforum.org)

WRDMAP 项目网站: [www.wrdmap.com](http://www.wrdmap.com)



## 中英合作水资源需求管理项目

水资源综合管理方法汇编  
根据 **DFID** 出资的水资源需求管理援助项目  
(2005-2010)  
中央案例研究文件编写计划

2.  
水资源综合管理

文件由以下部分构成:

专题报告

指导手册

操作指南

实例

培训材料

如需更多信息请联系:

[mwr.iwrm.info@mwr.gov.cn](mailto:mwr.iwrm.info@mwr.gov.cn)

