

# 南水北调中线各段干旱的分类研究

谯季蓉 章 淹 林锦瑞

(北京气象学院, 北京 100081)

**摘 要** 利用我国近 500 年旱涝等级史料和新中国 40 多年实测雨量资料, 采用天气、气候、统计学方法, 对南水北调中线各段区域性干旱、插花(局地)干旱及持续性干旱等 3 类干旱进行了分型研究, 提出了其地理分布特点, 为提高南水北调的效益、合理使用水源提供了依据。

**关键词** 南水北调 中线 干旱 分类型研究

## 1 引言

我国东部地区受季风气候影响, 旱涝出现频繁。近年来, 由于工农业生产的发展, 华北地区水资源及供需形势十分紧张。遇干旱年时, 常形成水荒, 成为制约该地区可持续发展的严重问题。为此, 国务院提出了跨流域调水的方案。要实现跨流域调水, 气候条件的影响不可忽视。本文侧重研究调水方案站线的干旱规律, 以便合理使用水源, 使南水北调工程发挥最大效益。

研究某一区域性干旱的强度及其影响面积的大小, 不少文献<sup>[1~4]</sup>是使用定量指标如干旱指标进行计算, 求得区域的干旱等级。这种做法从总体上定量地确定某一区域的干旱等级是有益的, 但是, 它不宜于表达某一地区内干旱的地理分布状况, 特别是无法分析局地性干旱。同时, 对区域性干旱的持续性分析, 文献[1]仅考虑 $\geq 4$ 级干旱持续的年数, 却未考虑干旱强度在持续期内的变化。本文利用我国近 500 年旱涝等级历史资料<sup>[5]</sup>和解放后实测雨量资料, 采用天气、气候、统计学方法, 研究了中线各段流域干旱出现的地理分布特征: 包括区域性干旱和插花(局地, 以下同)干旱以及区域性持续干旱在持续期内强度的变化等问题, 供有关决策参考。

## 2 研究区域的划分和资料的应用

我们把南水北调中线分为北、中、南 3 段: 北段为海河水系流域, 中段为黄、淮两河在河南境内水系流域; 南段为丹江口水库及汉江上游来水流域。

在中线各段周围还有呼和浩特、大同、太原、临汾、长治、西安、信阳、徐州、菏泽、济南、德州等 11 个站。为增强资料的代表性和便于统计分析, 增补了衡水、邢台、新乡、许昌等 4 站, 对上述 4 站 1470~1995 年的资料和其它站点资料在 1470~1995 年间的空缺部分, 均采取站点参证和内插方法进行了插补。另外采用标准差

方法, 计算了 1980~1995 年共 28 个站的旱涝等级, 分析了中线 1980~1995 年旱涝等级分布图 (略)。上述资料经检验是可信的, 详情请参阅文献[1]。这一工作为今后的研究打下了基础。

### 3 中线各段干旱分类型研究

在气象灾害中, 以干旱对国民经济的发展和人民生活的影响最大。干旱的特点是强度大、面积广、持续时间长, 其地理分布既有成片 (大面积) 干旱, 也有插花干旱。干旱可具备上述特点中的一个特点, 也可以同时具备所有的特点, 从而造成各种不同程度的灾害。因此, 根据上述特点, 我们可把中线各段干旱分为 3 大类: 区域性干旱、插花干旱和区域持续性干旱。

#### 3.1 中线各段干旱的型式及其地理分布研究

为了能对中线各段干旱尤其是插花干旱作进一步分析, 我们利用中线各段  $\geq 4$  级干旱等级取众数, 先得到各段干旱地理分布的 7 种型式, 然后再分析插花干旱。7 种干旱型式为: 北旱型、中旱型、南旱型、全旱型、北中旱型、北南旱型、中南旱型。每型用一个典型年作代表 (图 1)。

分析上述各型在 526 年间出现的频次看出: 在 526 年中, 中线各段共出现各种不同型式的干旱 262 年, 占统计年数的 49.8%, 平均约 2 年出现 1 次不同型式的干旱。

在北、中、南三段中, 以北旱型出现频次最高, 约占总旱型的 22.9%; 其次为南旱型; 占 14.1%; 中旱仅占 11.1%; 而在北中、中南、北南旱型中; 以北中型频次最高, 中南型次之, 北南型最少。上述表明, 中线各段干旱的地理分布, 以北段和北中段出现频次最高, 占总旱型的 40.8%。中段干旱频次虽不高, 但它与南段干旱遭遇的次数较多, 故其干旱型约占 24.1%, 位居第 2; 南段由于其与北段干旱遭遇次数较少, 所以出现频次最低, 只占 20.2% (表 1)。

表 1 中线各段干旱地理分型统计

| 旱 型         | 北旱型  | 北中旱型 | 全旱型  | 南旱型  | 中南旱型 | 中旱型  | 北南旱型 | 合 计 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 频次 / 年数     | 60   | 47   | 39   | 37   | 34   | 29   | 16   | 262 |
| 占总旱年总次数 / % | 22.9 | 17.9 | 14.9 | 14.1 | 13.0 | 11.1 | 6.1  | 100 |

#### 3.2 中线各段插花旱的型式及地理分布研究

普查了 1470~1995 年中线各段旱涝分布, 看出在偏涝或正常年份, 各段有时会出现局部干旱现象。这种局地干旱也会给当地造成严重的灾害。这种状况关系到南水北调能否真正使沿线各段全面受益的问题。为此, 本文对此进行了研究。另外, 在偏旱或正常年份, 各段有时也会出现局地洪涝现象, 对此我们将在以后文章中予以讨论。

##### 3.2.1 插花旱的定义和型式

定义: 在中线各段偏涝或正常年份出现 1~2 个 (不超过 3 个) 干旱等级  $\geq 4$  级的站, 即为 1 次插花旱。

根据上述定义, 插花旱的型式为偏涝型和正常型 2 种 (图 2)。据统计, 1470~

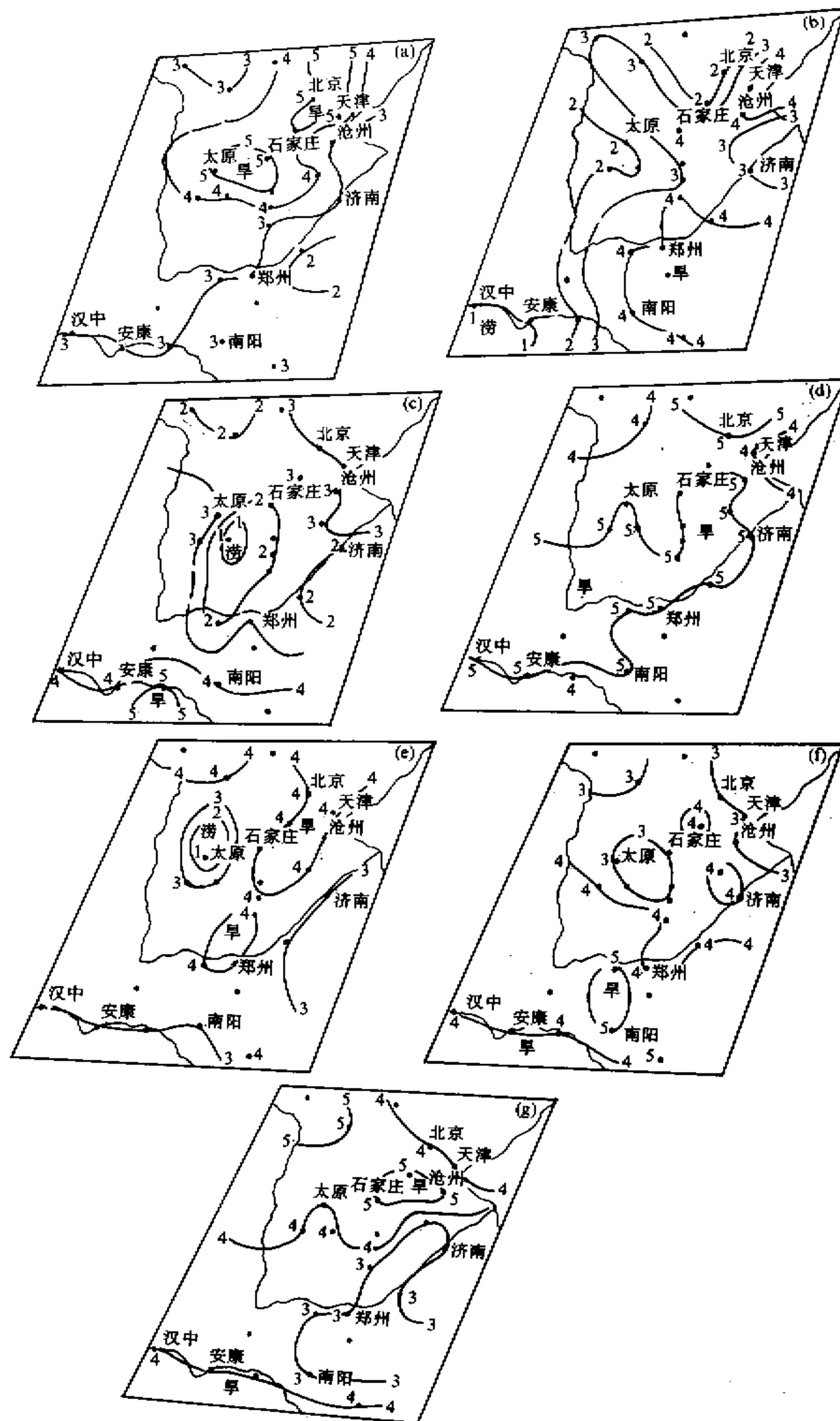


图1 1470~1995年中线各段干旱型式

(a) 北旱型 (1902 年); (b) 中旱型 (1933 年); (c) 南旱型 (1976 年); (d) 全旱型 (1640 年);  
 (e) 北中旱型 (1541 年); (f) 中南旱型 (1661 年); (g) 北南旱型 (1628 年)

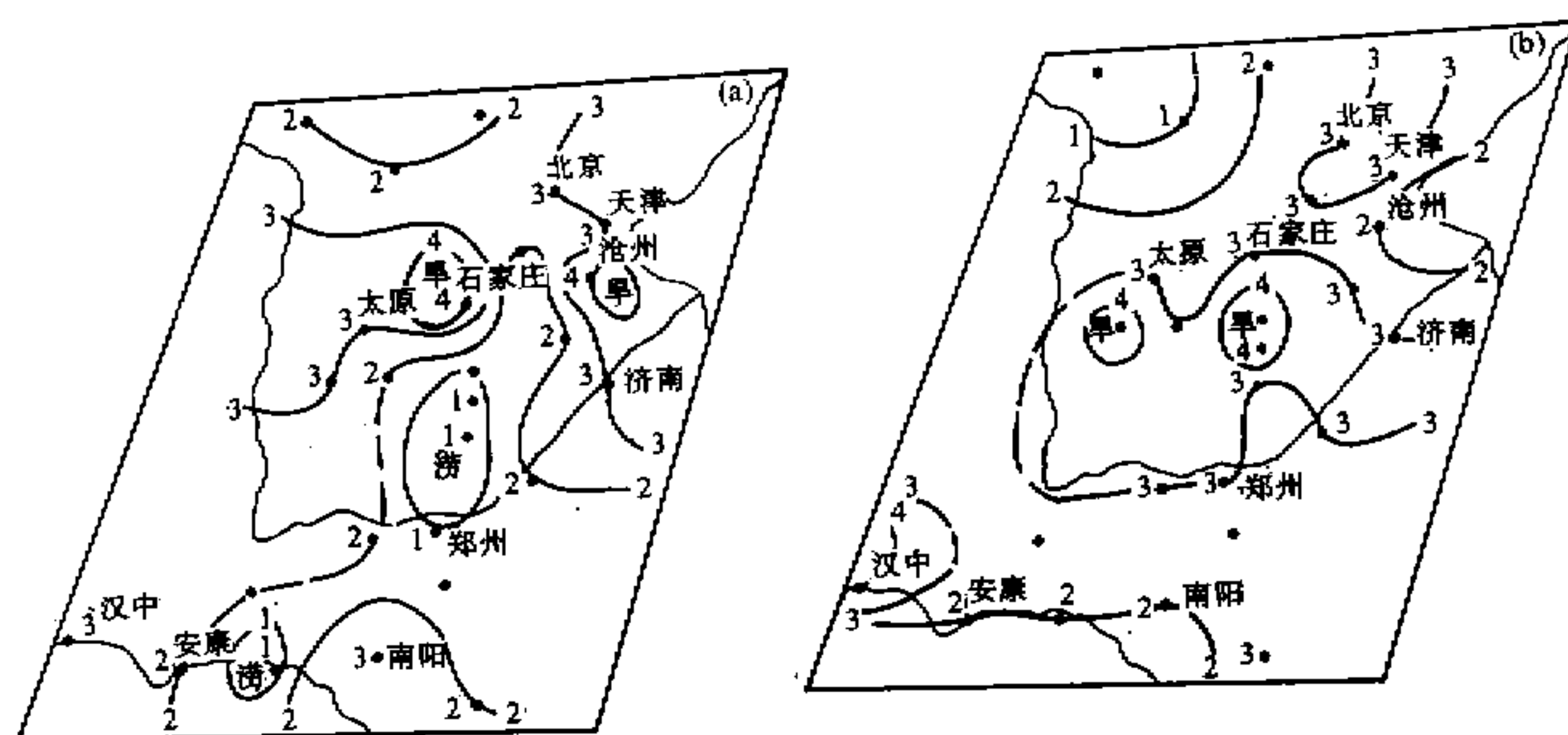


图2 1470~1995年中线各段出现插花旱的型式  
(a) 偏涝型 (1937年); (b) 正常型 (1946年)

1995年间, 上述两型在中线各段出现的机率分别为 38.3% 和 33.5%, 两者之和为 71.8%, 说明在 526 年中, 约有  $2/4 \sim 3/4$  的年份, 中线各段出现插花旱, 需要水。

### 3.2.2 中线各段插花旱的地理分布

1470~1995年间, 中线各段共出现插花旱 215 站次, 其中以北段出现站次最多, 占插花旱总次数的 60.5%; 中段次之, 占 25.6%; 南段最少, 为 14.0%。在出现插花旱的站点 (由于图面所限, 衡水、邢台、新乡、许昌等 4 站未参加统计) 中, 以北京和邯郸出现次数最多, 分别占该段站次的 15.8% 和 10.2%, 安康出现插花旱次数最少, 只有 2 次, 占 0.9% (表 2)。插花旱的强度大多数为 4 级, 但也有 5 级。526 年中, 共出现 5 级插花旱 11 站次, 其中以北京最多, 为 4 次; 其次, 天津、洛阳各 2 次, 邯郸、南阳、郧县各 1 次。

表 2 1470~1995 年中线各段插花旱站次统计

| 台站            | 北<br>京 | 天<br>津 | 保<br>定 | 石<br>家<br>庄 | 沧<br>州 | 邯<br>郸 | 安<br>阳 | 郑<br>州 | 洛<br>阳 | 郧<br>县 | 南<br>阳 | 安<br>康 | 合<br>计 |
|---------------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 频次/年数         | 34     | 21     | 16     | 19          | 18     | 22     | 16     | 19     | 20     | 14     | 14     | 2      | 215    |
| 占插花旱<br>总次数/% | 15.8   | 9.8    | 7.4    | 8.8         | 8.4    | 10.2   | 7.4    | 8.8    | 9.3    | 6.5    | 6.5    | 0.9    | 100    |

插花旱虽然只出现在局部地区, 且多为偏涝、正常年份, 但它对该区造成的灾害也是严重的。以北京为例, 历史上北京的 4 次 5 级插花旱分别出现在 1748 年 (乾隆十三年)、1755 年 (乾隆二十年)、1763 年 (乾隆二十八年) 和 1854 年 (咸丰三年)。在这期间, 北京年雨量只有多年平均年雨量的 53%~57%, 夏季 (6~8 月) 雨量只有多年夏季平均雨量的 37%~53%<sup>[6]</sup>。尤其值得注意的是, 在这 4 次 5 级插花旱中, 有 3 次在北京邻近地区出现水灾: 1748 年 (乾隆十三年二月) 直隶、天津等 15 州县水灾<sup>[7]</sup>、1763 年直隶、霸州等 35 州县水灾<sup>[8]</sup>、1854 年 (咸丰 4 年秋) 保定府属大水灾<sup>[9]</sup>。可见在北段区内的旱涝分布极不均匀, 因此不能忽视对插花旱的分析 (表 3)。

上述表明, 插花旱出现的型式为偏涝型和正常型, 两型在 526 年中出现机率分别为

38.3%和 33.5%。中线各段插花旱, 北、中段出现站次多于南段, 其中又以北京频次最高, 平均约 6~7 年就出现 1 次插花旱。插花旱强度虽然大多数为 4 级, 但 5 级插花旱及其造成的灾害也不能忽视。

表 3 1470~1995 年北京 5 级插花旱雨量统计

| 年 份  | 夏季雨量 / mm | 占多年夏季平均雨量 / % | 年雨量 / mm | 占多年年平均雨量 / % |
|------|-----------|---------------|----------|--------------|
| 1748 | 226       | 46.8          | 347      | 57.0         |
| 1755 | 216       | 44.8          | 327      | 53.7         |
| 1763 | 255       | 52.8          | 342      | 56.2         |
| 1854 | 183       | 37.9          | 334      | 54.8         |

### 3.3 持续性干旱及其强度的分型研究

持续性干旱对人类生产活动和生活造成的灾害要比一般干旱更严重。以往对持续性干旱的分析仅考虑  $\geq 4$  级持续干旱的年数, 而未考虑在持续期内干旱强度的变化。但是实际上, 在干旱持续演变中, 4 级和 5 级的出现是随机的。据统计, 在 1470~1995 年间, 中线各段持续 3 年以上的干旱共 46 次, 其中 35 次在持续期限内出现 5 级干旱, 占总次数的 76.0%。这些不同强度的持续性干旱造成的灾害亦有一定的差别。因此, 在分析持续性干旱强度时, 不能只看持续期的长短, 还要看持续期内干旱强度的变化。

#### 3.3.1 持续性干旱指数

持续性干旱指数是进一步分析某区持续性干旱灾害严重程度的重要参数, 给出以下表达式:

$$S = \frac{N_5}{N} \times 100\%, \quad (1)$$

式中,  $S$  为持续性干旱指数,  $N_5$  为持续期内 5 级干旱出现的年数,  $N$  为持续期年数。持续性干旱指数分为 4 个等级:

|                      |    |
|----------------------|----|
| $0 < S \leq 0.2$ ,   | 较强 |
| $0.2 < S \leq 0.4$ , | 强  |
| $0.4 < S \leq 0.8$ , | 更强 |
| $0.8 < S \leq 1.0$ . | 极强 |

#### 3.3.2 中线各段持续性干旱类型

根据持续性干旱的等级, 可将 1470~1995 年间中线各段持续性干旱分为 4 类:

##### (1) 较强持续性干旱型

在 526 年中, 该型在中线各段共出现 4 次, 其中北段 1 次 5 年连旱 (1742~1746 年); 中段 1 次 6 年连旱 (1615~1620 年); 南段 2 次 6 年连旱 (1584~1589、1990~1995 年)。

##### (2) 强持续性干旱型

526 年中, 该型共出现 22 次, 其中北段 6 次 3 年连旱 (1484~1486 年、1627~1629 年、1689~1691 年、1811~1813 年、1845~1847 年、1934~1936 年), 4 次 4 年连旱 (1599~1602 年、1614~1617 年、1720~1723 年、1875~1878 年); 中段 5 次 3 年连旱 (1527~1529 年、1784~1786 年、1845~1847 年、1951~1953 年、1959~1961

年), 1 次 4 年连旱 (1811~1814 年), 1 次 5 年连旱 (1719~1723 年); 南段 4 次 4 年连旱 (1481~1484 年、1719~1722 年、1875~1878 年、1959~1962 年), 1 次 8 年连旱 (1634~1641 年)。

在上述强持续性干旱型中, 中线各段皆为“赤地千里, 尸骸枕籍”<sup>[10]</sup>的悲惨情景。

### (3) 更强持续性干旱型

526 年中, 该型共出现 8 次, 其中北段 1 次 7 年连旱 (1637~1643 年); 中段 2 次 3 年连旱 (1784~1786 年、1899~1901 年), 1 次 4 年连旱 (1941~1944 年), 1 次 7 年连旱 (1686~1692 年), 2 次 8 年连旱 (1584~1591 年、1634~1641 年); 南段 1 次 3 年连旱 (1927~1929 年)。

在更强持续性干旱中, 中线各段多为“川竭井枯, 蝗蝻相继, 瘟疫流行, 可食皆尽, 人相食”<sup>[6]</sup>的极其悲惨的情景。

### (4) 极强持续性干旱型

该型只在中段出现 1 次 4 年连旱 (1875~1878 年)。这次大旱, 中段曾有 18 个月不雨, 造成农作物枯死, 赤地万里, 出现“弟食其兄, 子食其父”的令人发指的情景。而且此次特大干旱, 除中线外, 还有山西、陕西、山东、江苏、安徽等地, 灾情之重, 为 3000 年所罕见<sup>[11]</sup>。

上述表明, 持续性干旱造成的灾害不完全取决于干旱期的长短, 还取决于干旱的强度。

### 3.3.3 中线各段持续性干旱地理分布的特点

由上述统计看出, 中线各段强持续性干旱造成的灾害都非常严重, 但其中以中段最严重, 这里不仅出现强持续性干旱次数 (15 次) 最多, 持续期限最长 (2 次 8 年连旱), 而且持续强度极大, 所以该段为遭受干旱最严重的地区; 其次是北段, 其特点是强持续性干旱次数较多 (12 次), 主要集中在 5 年以下 (占 91.7%) 的强持续性干旱中, 其造成的灾害虽很严重, 但仅次于中段; 南段出现次数最少 (8 次), 持续期从 3~8 年不等, 其强度只达到强级, 虽然造成的灾害也很严重, 但由于其出现次数较少, 所以相对于北、中段而言, 灾害程度较小 (图 3)。

## 4 结语

(1) 若把中线各段自 1470~1995 年间的区域性干旱和各段之间干旱遭遇综合来看, 中线各段干旱的地理分布以北段旱型 (北旱、北中旱) 出现频次最高, 约占总旱年的 40.8%; 中段旱型 (中旱、中南旱) 约占 24.1%; 南段旱型 (南旱、北南旱) 频次相对较少, 约为 20.2%。

(2) 当中线各段为偏涝或正常年份时, 出现 1~2 个干旱等级  $\geq 4$  级的站, 即定义为 1 次插花旱。1470~1995 年间, 插花旱型式有偏涝型和正常型两种, 它们出现的机率分别为 38.3% 和 33.5%, 两者之和为 71.8%, 表明在 526 年中约有 2/4~3/4 的年份, 中线各段出现了插花旱, 都需要水。

(3) 1470~1995 年间, 中线各段出现插花旱 215 站次, 其中以北段最严重, 占插花旱总次数的 60.5%; 中段次之, 占 25.6%; 南段最少, 占 14.0%。插花旱的强度多

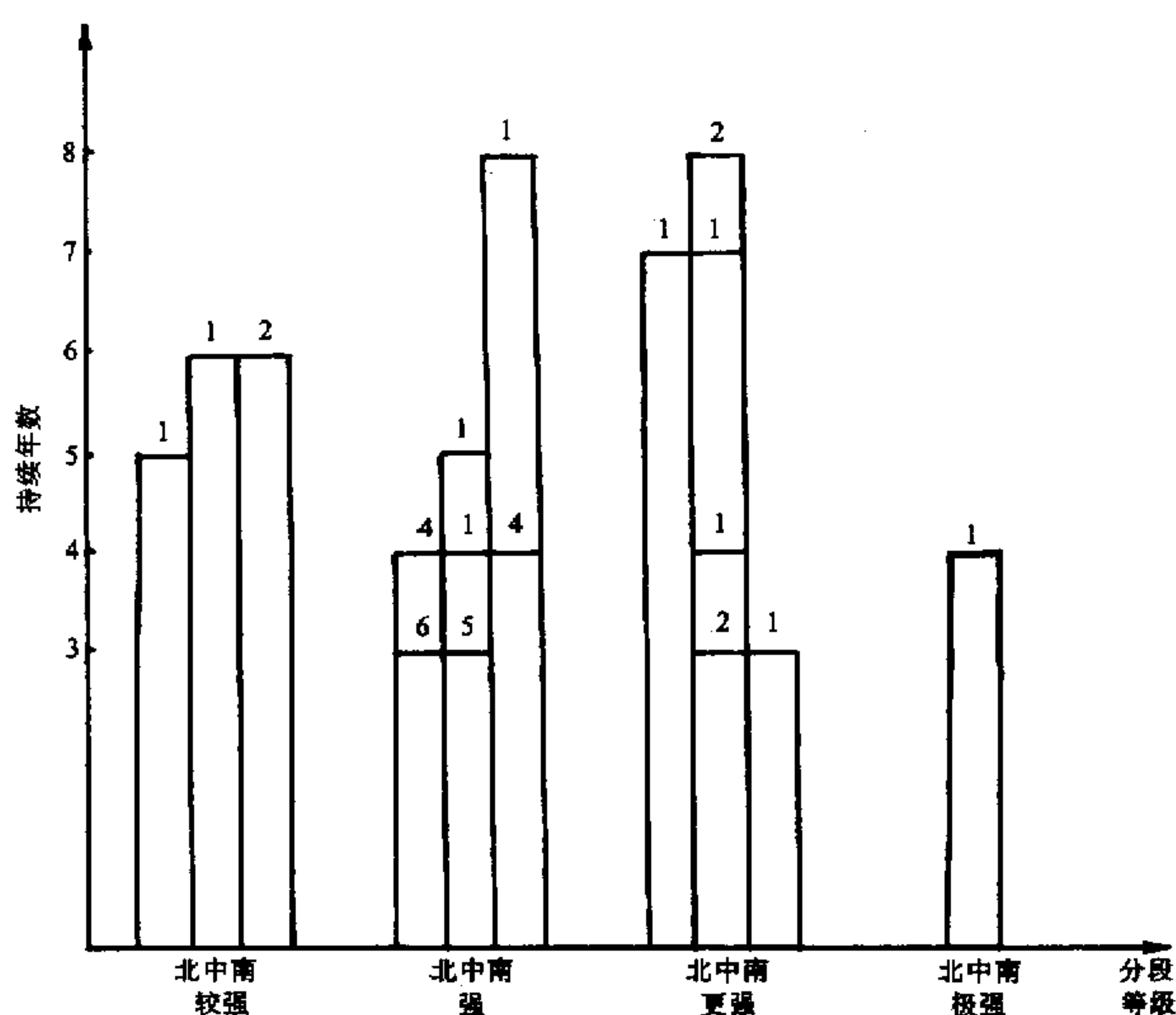


图3 1470~1995年中线各段强持续性干旱统计  
方格顶部的数字表示该段出现的与其相应持续年数的干旱次数

为4级,但也有5级。526年中,中线各段共出现5级插花旱11站次。北京的4次5级插花旱中有3次在其周围地区出现水灾。表明该段旱涝分布极不均匀,因此在南水北调中,对插花旱的分布应给予充分的重视和考虑。

(4) 统计分析表明,持续性干旱造成的灾害不完全取决于持续期的长短,还决定于持续的强度。

(5) 1470~1995年资料分析表明,中线各段以中段干旱灾害最为严重,其次是北段,灾害相对较轻的是南段。

### 参 考 文 献

- 1 譙季蓉等, 1997, 南水北调中线地区旱涝变化的长期特征, 气候与环境研究, 2(4), 339~346.
- 2 宋慧珠等, 1994, 区域干旱统计分析, 水科学进展, 5(1), 18~25.
- 3 张先恭, 1978, 中国东半部近五百年干旱指标的分析, 全国气候变化学术讨论会文集, 北京: 科学出版社, 46~51.
- 4 徐瑞珍等, 1978, 我国近五百年旱涝的初步分析, 全国气候变化学术讨论会文集, 北京: 科学出版社, 52~63.
- 5 中国气象科学研究院, 1981, 中国近五百年干旱分布图集, 北京: 气象出版社.
- 6 北京市气象局气候资料室, 1987, 北京气候志, 北京: 北京出版社, 134~135.
- 7 佐藤武敏, 1993, 中国灾害史年表, 日本东京株式会社国书刊行会, 1748.

- 8 佐藤武敏, 1993, 中国灾害史年表, 日本东京株式会社国书刊行会, 1763.
- 9 佐藤武敏, 1993, 中国灾害史年表, 日本东京株式会社国书刊行会, 1854.
- 10 国家科委全国重大自然灾害综合研究组, 1993, 中国重大自然灾害及减灾对策(分论), 北京: 科学出版社, 118~119.
- 11 王邨, 1992, 中原地区历史干旱气候研究和预测, 气象出版社, 16.

## Drought Patterns along the Mid-Line of Water Transfer from South to North China

Qiao Jirong, Zhang Yan and Lin Jinrui

(*Beijing Meteorological College, Beijing 100081*)

**Abstract** By use of data 526 years drought and flood historical and 45 years rainfall data in China, the regional / scattering drought and consistent drought of each part along the mid-line of water transfer from South to North China are classified, and the geographical distribution features are shown also, that may give some suggestions for the reasonable use of water-resources from South to North China.

**Key words** water transfer from South to North China mid line drought classification research