

# 岩 溶 水 系 统

——山西岩溶大泉研究

韩行瑞 鲁荣安 李庆松 等著



地 质 出 版 社

书号: ISBN7-116-01386-5/P.1138

定价: 16.00元

内容简介

# 岩溶水系统

## ——山西岩溶大泉研究

韩行瑞 鲁荣安 李庆松等著

地质出版社

(京)新登字 085 号

## 内容简介

本书是作者多年对中国北方岩溶及岩溶水资源研究的总结。书中以系统理论和环境科学为指导,以山西岩溶大泉为例,全面研究了岩溶水系统的形成、水动力、水动态及水化学特征,水资源评价方法及开发保护问题。此外对山西 19 个岩溶大泉的特征分别进行了论述。本书是有关中国北方岩溶水系统的一本综合性论著,无论在理论上和实践方面都有广泛实用意义,它为广大岩溶工作者,特别是水资源开发、管理人员提供了一本有价值的参考用书,也可供大专院校师生及科研人员参考使用。

岩 溶 水 系 统

——山西岩溶大泉研究

韩行瑞 鲁荣安 李庆松 等著

责任编辑:屠涌泉 吴 依

地质出版社出版发行

(北京和平里)

桂林市瓦窑印刷厂印刷

※

开本: 787×1092 1/16 印张: 21.25 字数: 503 千字

1993 年 12 月第一版·1993 年 12 月第一次印刷

印数: 2000 册 定价: 16.00 元

ISBN7-116-01386-5/P. 1138

# 序

我国北方碳酸盐岩分布甚广，岩溶水资源十分丰富。山西省是我国主要煤炭能源基地，岩溶水对开发这一地区的能源资源，具有举足轻重的地位。

为了全面了解北方地区的岩溶分布及其发育规律，并对区域岩溶水资源作出评价，在80年代后期，由地矿、煤炭、冶金等部门，联合开展了《中国北方岩溶》的专题研究。通过这项工作，系统地研究了华北地区的岩溶特征，岩溶水的形成、赋存条件与分布规律，划分了岩溶水系统，建立了岩溶水系统模式，并在此基础上，分区计算了岩溶水资源，取得了丰硕成果。近年来北方岩溶研究又取得飞速发展，如相继对山西娘子关泉域、太原西山泉域、济南泉域、淄博泉域、山东羊庄泉域、山西阳泉及晋城等地区的岩溶水，进行了深入研究，分别对水资源作出评价，大大提高了区域岩溶水系统的研究程度。为了发展和建设能源及重、化工基地，经过详细勘探，开发了一批大型和特大型的岩溶水水源，如河曲龙口、保德铁匠铺、太原东山、河南焦作、山东淄博、枣庄等地，不仅加深了对岩溶水系统的认识，也为发展国民经济，作出了重要贡献。

另一方面，由于缺乏统筹规划与科学管理，岩溶水的大量开发，往往产生不同程度的负效应。例如泉域系统内补排平衡失调，造成大泉流量衰减，或泉域系统之间互相干扰，影响泉流量趋向枯竭。同时由于开发方式落后，水资源利用效率很低；而且不论农业灌溉或工业用水，浪费现象均极严重。工业废水与城市生活污水的不合理排放，使水质污染问题显得日益严重。

在当前全国改革开放的大好形势下，山西工农业和城市建设突飞猛进，对水资源的需求日益增多，供需矛盾日趋激化。如何进一步对水资源作出正确评估，以及如何统筹调度、合理开发利用与加强水资源的保护与管理，已是亟待解决的一个重大问题。为此，山西省水资源管理委员会，委托地矿部岩溶地质研究所，进一步系统地深入开展全省岩溶水系统与19处岩溶大泉的调查研究，是十分必要的；不论从理论研究上或实际应用来看，均具有重要意义。

《岩溶水系统—山西岩溶大泉研究》这部专著就是这项工作的研究成果；实际上这项成果也是多年来对山西省岩溶水资源研究的系统总结。全书共分总论与分论两大部分，总计约50万字。总论部分主要是有关山西岩溶水系统的基本理论，包括研究史、岩溶发育特征、岩溶泉的成因分类、动态、化学特征、水质污染、水资源评价方法，以及有关岩溶水资源的合理开发利用与管理保护，等等。分论部分主要对全省19个岩溶大泉，分别全面地进行详细论述，并对每一大泉的合理开发利用，提出了具体建议。

这一专著的主要特点，是普遍采用系统理论与系统分析方法，在充分考虑三水转化关系的基础上，把每个大泉泉域，作为一个具有统一渗流场、水动力场、水化学场的岩溶水系统，每个系统不仅具有巨大的储水空间，而且具有强大的传输能力与调蓄功能。在充分研究系统边界、岩溶水文地质特征、介质结构、基本参数、输入输出功能（包括地表水、地下水的相互转化、孔隙水、裂隙水、岩溶水之间的相互转化）等因素的基础上，建立比

较接近实际的概念模型；为建立数学模型提供了较好的保证条件。在岩溶水资源计算方面，主要在岩溶水系统研究的基础上，以泉域为单元，采用水均衡法，数理统计法，系统理论法等多种方法，计算天然资源。利用统计模型，研究岩溶大泉与降水量的滞后关系，预测泉水流量的变化趋势；研究泉水资源形成的多年调节特点，分析岩溶水系统调蓄功能。数值模拟方法得到普遍应用，随机模型、模糊数学和灰色模型等方法，有并驾齐驱之势。通过采用逐步回归数学方法，获得比较准确的长系列降水预报值，进行泉域水资源及其水位、水量变化趋势的预测、预报。

通过水资源系统的研究，在充分考虑环境、经济、社会等要素的基础上，建立不同类型的管理模型，例如根据现有取水工程的规模，开采资源的补给保证、水位降幅、泉水合理控制流量，和防止污染等约束条件，建立优化模型。根据地表水、地下水联合开发统一调度的原则，在充分考虑最大限度满足需水量，而又确保控制水位、防止水质恶化，以及投资经济合理的前提下，使水文模型、渗流模型与经济模型相结合，建立水资源优化调度模型，提出最佳供水量与水资源的联合调度方案。此外，还要考虑诸如防止岩溶塌陷、保护名胜大泉、工农业用水的合理分配、人工补给、矿区排供结合，以及提高水资源的利用效率等一系列问题。因此只有实行整体多目标优化管理，才能实现水资源的科学利用与保护；使水资源的开发利用，能获得最佳的经济效益、环境效益和社会效益。

综上所述，这一专著以系统论和环境科学为指导，把岩溶水系统研究，纳入系统工程的轨道；以山西 19 处岩溶大泉作为实例，全面研究了每一泉域岩溶水的形成、水动力、水动态、水化学特征，以及水资源评价与合理开发，是一本研究山西岩溶水系统的综合性论著，内容十分丰富而精辟，对研究我国北方岩溶水，具有典型意义。在理论研究上，不论是广度和深度，都达到一个新的水平；对推进我国岩溶水文地质学的发展，作出了重要贡献。这一专著，也为山西国民经济规划、工业布局、能源基地建设、国土整治，以及水资源的合理调度、科学管理与环境保护等，提供了科学依据，因此具有重要实用价值。

这本专著，主要由韩行瑞、鲁荣安等几位中、青年岩溶地质专家共同完成。主笔韩行瑞同志，现任中国地质科学院岩溶地质研究所副所长，长期从事岩溶及岩溶水资源的研究，造诣甚深。曾长期在山西参加岩溶水的开发实践工作，是我国卓有成就的中年岩溶水文地质学家之一。当兹新书即将出版之际，我有机会为推荐此书写作而感到非常荣幸，并愿为这本重要论著的问世，表示衷心的祝贺！我深信这本新书的出版，对促进我国岩溶水文地质研究理论水平的提高，以及对加快发展山西国民经济建设，均将具有重要影响与深远意义。

陈梦熊

中国科学院院士  
地矿部科技高级咨询中心高级顾问  
中国地质大学兼职教授  
长春地质学院兼职教授

一九九三年十二月，北京

## 前 言

岩溶水的开发利用具有全球意义。世界岩溶区总面积  $2200 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占世界陆地面积的 15% 左右。在这些地区，岩溶水往往成为主要的供水水源。国际上已形成了喀斯特水文地质学 (KARST HYDROGEOLOGY) 和喀斯特水文学 (KARST HYDROLOGY) 并举行了多次国际岩溶水资源学术讨论会。

我国是世界上岩溶最发育的国家之一。岩溶分布广泛，类型较多。全国岩溶区总面积约  $344 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，其中裸露面积  $90.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占国土面积的 9.5%。全国岩溶水天然资源总量为  $2034.24 \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{a}$ ，占全国地下水资源总量的 23.39%。山西省裸露岩溶区面积为  $2.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占全省面积的 17.5%，如果加上隐伏岩溶区，总面积为  $11.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占全省面积的 75.2%，是我国北方岩溶分布最广的省份。作为半干旱岩溶区的一个显著特征，是形成了众多的流量相对稳定的岩溶泉及相应的泉域，每个泉域都是一个完整的岩溶水系统。据统计，全省流量大于  $0.1 \text{ m}^3 / \text{s}$  的岩溶泉共 86 处，其中原始流量大于  $1 \text{ m}^3 / \text{s}$  的岩溶大泉为 19 处。全省岩溶泉原始总流量约  $100 \text{ m}^3 / \text{s}$  ( $31.5 \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{a}$ )，是城市及能源基地最重要的水源。近年来，由于各种原因，泉水流量不断减少，水质开始污染，严重威胁能源基地建设，在这种情况下，加强山西岩溶水的研究，无论从岩溶水文地质和岩溶水文学理论上，还是从国民经济发展方面都有重大意义。

在山西省水资源管理委员会委托下，中国地质科学院岩溶地质研究所对全省 19 个岩溶大泉进行了调查与研究，并对娘子关泉、三姑泉、延河泉、兰村泉等进行了长期定点研究。山西省水资源管理委员会办公室也给予配合。研究工作以系统理论及环境科学为指导，在深入研究地质背景条件下，广泛应用了水动力、水化学、同位素及计算机技术，并广泛参阅了前人及不同单位的研究成果。本书即是在上述研究工作基础上对山西岩溶水系统的全面系统的总结。全书分两大部分：总论部分对岩溶大泉的成因、水动力、水动态、水化学及水质、水资源进行了论述，对多年开发利用的经验教训进行了总结，最后提出了水资源科学管理和保护措施。分论对 19 个大泉分别进行了研究总结，力求利用最新资料并注意到泉水的最近状态，考虑到以往对泉水水化学及水质评价多采用不同单位不同期的资料，难以对比，本次研究采用了岩溶地质研究所近期在全省系统取样分析资料。水资源评价中尽力采用了至近期的长系列观测资料。

本书由韩行瑞、鲁荣安、李庆松为主编写，参加工作和编写的还有唐建生、梁永平。

山西省水资源管理委员会许四复高级工程师、贾泽民高级工程师、陈锋斌高级工程师、邓洁霖高级工程师、张履治高级工程师及地质科学院岩溶地质研究所袁道先学部委员、朱学稳研究员、张之淦研究员、谢云鹤高级工程师对本书提出了宝贵意见，王开申高级工程师、王濯凝副译审对全书进行了审校。工作中广泛应用了地质、水利、城建及其它单位的资料。本书的出版得到了山西省水资源管理委员会办公室大力支持，在此一并致谢。

# 目 录

## 第一篇 总 论

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第一章 山西岩溶大泉研究与开发历史 .....      | 1   |
| 第一节 古代到解放前 .....             | 1   |
| 第二节 50—60 年代 .....           | 4   |
| 第三节 70—90 年代 .....           | 5   |
| 第二章 岩溶发育规律 .....             | 8   |
| 第一节 形态组合特征 .....             | 8   |
| 第二节 半干旱区的气候、水文条件与岩溶 .....    | 13  |
| 第三节 寒武系奥陶系可溶岩与岩溶 .....       | 22  |
| 第四节 北方古环境与山西岩溶发育史 .....      | 29  |
| 第三章 岩溶大泉的形成 .....            | 35  |
| 第一节 岩溶泉域与岩溶水盆地 .....         | 35  |
| 第二节 岩溶泉的成因及分类 .....          | 36  |
| 第四章 岩溶泉水动态 .....             | 39  |
| 第一节 岩溶泉水动态特征 .....           | 39  |
| 第二节 岩溶地下水动态观测工作存在的问题 .....   | 39  |
| 第三节 泉水流量衰减原因分析 .....         | 41  |
| 第五章 岩溶水化学特征 .....            | 44  |
| 第一节 岩溶水化学成分的基本特征 .....       | 44  |
| 第二节 水化学类型与区域分布规律 .....       | 50  |
| 第三节 岩溶水的溶蚀能力和溶蚀量 .....       | 53  |
| 第六章 岩溶地下水污染 .....            | 61  |
| 第一节 岩溶地下水污染源及污染途径 .....      | 61  |
| 第二节 岩溶地下水污染程度评价 .....        | 62  |
| 第三节 污染物质的种类、含量及分布特征 .....    | 64  |
| 第四节 污染趋势分析 .....             | 68  |
| 第七章 岩溶地下水资源评价 .....          | 69  |
| 第一节 岩溶地下水资源评价概述 .....        | 69  |
| 第二节 水文学方法 .....              | 70  |
| 第三节 水文地质学方法 .....            | 80  |
| 第四节 系统理论方法 .....             | 95  |
| 第五节 山西岩溶大泉水资源总量 .....        | 99  |
| 第八章 关于“扩泉”及开发“深层岩溶水”问题 ..... | 101 |
| 第一节 关于“扩泉”问题 .....           | 101 |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 第二节 关于“深层岩溶水”问题 .....            | 106        |
| <b>第九章 岩溶水资源的开发利用与管理保护 .....</b> | <b>110</b> |
| 第一节 岩溶水資源开发利用概况 .....            | 110        |
| 第二节 山西岩溶泉域主要次生环境问题 .....         | 115        |
| 第三节 岩溶泉域水资源的管理与保护 .....          | 120        |

## 第二篇 分 论

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>第十章 娘子关泉(1) .....</b>       | <b>125</b> |
| 第一节 概 况 .....                  | 125        |
| 第二节 泉域及岩溶水盆地 .....             | 127        |
| 第三节 泉水成因及形成时代 .....            | 129        |
| 第四节 岩溶水动力特征 .....              | 131        |
| 第五节 泉域岩溶水水化学特征 .....           | 132        |
| 第六节 岩溶水水质污染现状 .....            | 135        |
| 第七节 岩溶泉水动态特征 .....             | 138        |
| 第八节 泉域水资源系统及水资源评价 .....        | 144        |
| 第九节 泉域岩溶水資源开发利用 .....          | 149        |
| <b>第十一章 辛安村泉(2) .....</b>      | <b>151</b> |
| 第一节 概 况 .....                  | 151        |
| 第二节 泉域和泉的成因类型 .....            | 152        |
| 第三节 泉水的补给及水动力特征 .....          | 154        |
| 第四节 岩溶水动态特征 .....              | 155        |
| 第五节 泉域水化学特征与水质状况 .....         | 157        |
| 第六节 岩溶水資源 .....                | 161        |
| 第七节 岩溶水資源开发利用 .....            | 164        |
| <b>第十二章 三姑泉及丹河排泄带(3) .....</b> | <b>165</b> |
| 第一节 概 况 .....                  | 165        |
| 第二节 泉域及泉的成因类型 .....            | 167        |
| 第三节 岩溶水动力特征 .....              | 167        |
| 第四节 岩溶水动态特征 .....              | 169        |
| 第五节 泉域岩溶水化学特征与水质现状 .....       | 171        |
| 第六节 岩溶水資源 .....                | 175        |
| 第七节 岩溶水資源的开发及保护 .....          | 179        |
| <b>第十三章 延河泉及沁河排泄带(4) .....</b> | <b>182</b> |
| 第一节 概 况 .....                  | 182        |
| 第二节 泉域及泉的成因类型 .....            | 182        |
| 第三节 岩溶水动力特征 .....              | 183        |
| 第四节 岩溶水动态特征 .....              | 184        |

|             |                      |     |
|-------------|----------------------|-----|
| 第五节         | 泉域岩溶水化学特征与水质现状       | 186 |
| 第六节         | 岩溶水资源                | 188 |
| 第七节         | 岩溶水资源开发              | 190 |
| <b>第十四章</b> | <b>坪上泉(5)</b>        | 191 |
| 第一节         | 概 况                  | 191 |
| 第二节         | 泉域及泉的成因类型            | 192 |
| 第三节         | 泉水补给及水动力特征           | 193 |
| 第四节         | 泉域水化学特征与水质现状         | 194 |
| 第五节         | 泉水的动态特征              | 196 |
| 第六节         | 岩溶水水资源评价             | 197 |
| 第七节         | 泉水的开发利用及保护           | 200 |
| <b>第十五章</b> | <b>广灵泉(6)</b>        | 201 |
| <b>第十六章</b> | <b>红石楞泉(7)</b>       | 206 |
| 第一节         | 概 况                  | 206 |
| 第二节         | 泉域及泉的成因类型            | 206 |
| 第三节         | 泉水补给及水动力特征           | 208 |
| 第四节         | 泉水水化学特征与水质状况         | 209 |
| 第五节         | 岩溶水资源及开发利用           | 210 |
| <b>第十七章</b> | <b>兰村泉(8)与晋祠泉(9)</b> | 211 |
| 第一节         | 概 况                  | 211 |
| 第二节         | 岩溶水系统或岩溶泉域的划分        | 211 |
| 第三节         | 岩溶水的补给及水动力特征         | 213 |
| 第四节         | 泉水成因及类型              | 215 |
| 第五节         | 水化学及水质特征             | 216 |
| 第六节         | 岩溶水动态特征              | 221 |
| 第七节         | 岩溶水资源                | 223 |
| 第八节         | 岩溶水资源开发利用            | 228 |
| <b>第十八章</b> | <b>洪山泉(10)</b>       | 230 |
| 第一节         | 概 况                  | 230 |
| 第二节         | 泉域和泉的成因类型            | 230 |
| 第三节         | 泉水的补给及水动力特征          | 232 |
| 第四节         | 泉水动态特征               | 232 |
| 第五节         | 泉水水化学特征与水质状况         | 233 |
| 第六节         | 岩溶水资源评价              | 236 |
| 第七节         | 泉水的开发利用及保护           | 238 |
| <b>第十九章</b> | <b>广胜寺泉(11)</b>      | 239 |
| 第一节         | 概 况                  | 239 |
| 第二节         | 泉域和泉的成因类型            | 239 |
| 第三节         | 泉水的补给及水动力特征          | 240 |

|              |                       |     |
|--------------|-----------------------|-----|
| 88 第四节       | 泉水动态特征 .....          | 240 |
| 88 第五节       | 水化学特征与水质状况 .....      | 241 |
| 00 第六节       | 岩溶水资源评价 .....         | 244 |
| 19 第七节       | 泉水的开发利用及保护 .....      | 246 |
| <b>第二十章</b>  | <b>郭庄泉(12)</b> .....  | 247 |
| 59 第一节       | 概 况 .....             | 247 |
| 89 第二节       | 泉域及泉的成因类型 .....       | 248 |
| 19 第三节       | 泉水的补给及水动力特征 .....     | 249 |
| 89 第四节       | 泉水动态特征 .....          | 251 |
| 59 第五节       | 岩溶水水化学特征与水质状况 .....   | 251 |
| 00 第六节       | 岩溶水资源评价 .....         | 253 |
| 10 第七节       | 岩溶水资源开发利用及保护 .....    | 256 |
| <b>第二十一章</b> | <b>龙子祠泉(13)</b> ..... | 257 |
| 805 第一节      | 概 况 .....             | 257 |
| 805 第二节      | 泉域和泉的成因类型 .....       | 257 |
| 805 第三节      | 泉水的补给及水动力特征 .....     | 258 |
| 905 第四节      | 泉水动态特征 .....          | 258 |
| 015 第五节      | 泉水水化学特征与水质现状 .....    | 261 |
| 115 第六节      | 岩溶水资源评价 .....         | 263 |
| 115 第七节      | 泉水开发利用及保护 .....       | 265 |
| <b>第二十二章</b> | <b>古堆泉(14)</b> .....  | 266 |
| 815 第一节      | 概况 .....              | 266 |
| 815 第二节      | 热储盆地的形成条件及泉水成因 .....  | 266 |
| 815 第三节      | 泉水水化学与水质特征 .....      | 267 |
| 125 第四节      | 泉水动态特征 .....          | 269 |
| 855 第五节      | 岩溶水资源评价及开发利用 .....    | 270 |
| <b>第二十三章</b> | <b>神头泉(15)</b> .....  | 271 |
| 085 第一节      | 概 况 .....             | 271 |
| 085 第二节      | 泉域和泉水成因类型 .....       | 272 |
| 085 第三节      | 泉水的补给及水动力特征 .....     | 274 |
| 585 第四节      | 泉域地下水氢氧同位素特征 .....    | 274 |
| 585 第五节      | 泉域水化学特征与水质现状 .....    | 277 |
| 885 第六节      | 岩溶水动态特征 .....         | 279 |
| 885 第七节      | 岩溶水资源评价 .....         | 281 |
| 885 第八节      | 岩溶水开发利用 .....         | 284 |
| <b>第二十四章</b> | <b>下马圈泉(16)</b> ..... | 286 |
| 885 第一节      | 概 况 .....             | 286 |
| 885 第二节      | 泉域及泉的成因类型 .....       | 286 |
| 045 第三节      | 岩溶水的补给及水动力特征 .....    | 288 |

|                     |                       |            |
|---------------------|-----------------------|------------|
| 第四节                 | 泉水水化学与水质特征 .....      | 289        |
| 第五节                 | 岩溶水资源评价及开发利用 .....    | 290        |
| <b>第二十五章</b>        | <b>柳林泉(17) .....</b>  | <b>294</b> |
| 第一节                 | 概 况 .....             | 294        |
| 第二节                 | 泉域及泉的成因类型 .....       | 296        |
| 第三节                 | 泉水的补给及水动力特征 .....     | 297        |
| 第四节                 | 泉水的动态特征 .....         | 299        |
| 第五节                 | 水化学特征与水质现状 .....      | 299        |
| 第六节                 | 岩溶水资源评价 .....         | 303        |
| 第七节                 | 泉水的开发利用现状及建议 .....    | 305        |
| <b>第二十六章</b>        | <b>天桥泉(18) .....</b>  | <b>306</b> |
| 第一节                 | 概 况 .....             | 306        |
| 第二节                 | 泉域及泉的成因类型 .....       | 306        |
| 第三节                 | 泉水的补给及水动力特征 .....     | 308        |
| 第四节                 | 岩溶水动态特征 .....         | 309        |
| 第五节                 | 泉域岩溶水水化学特征与水质现状 ..... | 310        |
| 第六节                 | 岩溶水资源评价及开发利用 .....    | 313        |
| <b>第二十七章</b>        | <b>老牛湾泉(19) .....</b> | <b>315</b> |
| <b>主要参考文献 .....</b> |                       | <b>318</b> |
| <b>英文目录 .....</b>   |                       | <b>320</b> |
| <b>英文摘要 .....</b>   |                       | <b>325</b> |

# 第一篇 总论

## 第一章 山西岩溶大泉研究与开发历史

### 第一节 古代到解放前

我国是认识和利用泉水最早的国家之一。在出土的甲骨文中已发现许多用泉水命名的地名，如酒泉、麦泉等。泉字的写法也很形象，是表示凹下的地形中有水流出。最有意思的是在汉初学者的《尔雅·释文篇》中列出了各种各样的泉，可以说是我国最早的泉水分类（表1-1）。其中提到的滥泉、沃泉、酒泉等，分别为上升泉、下降泉、溶洞泉。

表 1-1 《尔雅》中的泉水分类

| 词 目      | 《尔雅》原文      | 前人注释                            | 水文地质释义                             | 附 注                                             |
|----------|-------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 滥泉       | 滥泉正出，正出，涌出也 | ③：今诗采菽、瞻仰，俱借作檻                  | 上升泉                                | 《诗·小雅·采菽》：“觶沸檻泉”                                |
| 沃泉       | 沃泉县出，县出，下出也 |                                 | 下降泉                                | 《诗·曹风·下泉》：“冽彼下泉”                                |
| 洿(qui)泉  | 洿泉穴出，穴出，仄出也 |                                 | 按仄出(侧出)解，可能是河岸上出露的侵蚀泉；穴按洞穴解则可能是溶洞泉 | 《诗·小雅·大东》：“有洿洿泉”                                |
| 肥泉       | 归异出同流，肥     | ①：毛诗传曰，所出同所归异为肥                 | 同一泉源的几股泉水                          | 《诗·邶风·泉水》：“我思肥泉”                                |
| 湏(fèn)泉  | 湏，大出尾下      | ①：今河东汾阴县有水，口如车轮许，喷沸涌出，其深无限，名之为湏 | 深层水涌流而出的大泉                         | 《公羊传·昭五年》：“喷泉者何？直泉也；直泉者何？涌泉也。”喷(pēn或fēn)，与湏音近或同 |
| 灋(jiān)泉 | 泉一见一否为灋     |                                 | 间歇泉                                |                                                 |
| 汧(qiān)泉 | 汧，出不流       | ①：水泉潜出，便自停成汧池                   | 停滞不流的溢泉                            |                                                 |
| 埒(liè)泉  | 山上有水，埒      | ①：有停泉                           | 山上的风化壳水或上层滞水补给的泉                   | 《列子·汤问》：“一源分为四埒，注于山下。”《列子》相传为战国时列御寇著，今本可能是晋人所作  |
| 𡵚(xué)泉  | 夏有水冬无水，𡵚    | ②：言山上污下，夏有停泉，至冬竭涸者名𡵚            | 山上的季节性泉                            |                                                 |

①〔晋〕郭璞《尔雅》注；②〔宋〕邢昺《尔雅》疏；③〔清〕郝懿行《尔雅义疏》 据沈树荣

山西是我国北方泉水最多的省份，仅岩溶泉（流量大于  $1\text{m}^3/\text{s}$ ）就有 19 处（图 1-1）。我国古代对山西泉水的记载，最早见于《山海经》，“悬之山晋水出焉”，可能是指晋祠泉。据《水经注》记载，晋祠泉水于公元前 453 年战国时代即开始大规模引泉灌溉。又据《太原县志》《晋祠志》《晋水志》记载，“妨自汉元初三年春，正月甲戌修理太原西沟渠灌溉官私田，郾道元水经注所谓因智伯遏晋水灌晋阳之遗迹，而蓄以沼池者也……”，

又云“汾水势与太原平，而晋水高出汾水之上，决汾水不足以拔城，惟合二水之后而城可灌也”。晋泉的灌溉范围，历史上曾北上今金胜、董茹村、南下清徐，“唐魏徵架渡槽引晋水灌汾东农田”。由此可见，古代充分利用晋泉水位高、水量大的特点，引水自流灌溉的范围远大于现在。

山西的神头泉、洪山泉、广胜寺、龙子祠、古堆泉等都因水位高、流量大且稳定，被古代劳动人民大规模引泉作为灌溉和饮用水源。在长期的开发利用中，对泉的特征、管理、保护都积累了很多经验。

洪山泉，据碑文记载，于宋朝开始治理，修渠引泉，分东河、西河、中河，渠系有渠干、渡槽、隧洞，灌田 15200 余亩。十分有趣的是，清朝嘉庆九年七月十日所立的中河碑记中，记述了泉水一度被污染和村民定约保护泉水的过程：“我邑源水流膏所以养人原非害人也，并可知民命攸关断在水利。奈何石屯村鱼利之家，虎踞中河上流，掩造草纸放毒下流八村受害。仁者于此有痛心，……掩造草纸并黑蒲纸全用石灰，遂致满河流毒。生等村庄尽居下流，接水灌地者共计八村。不特连年不登，且大

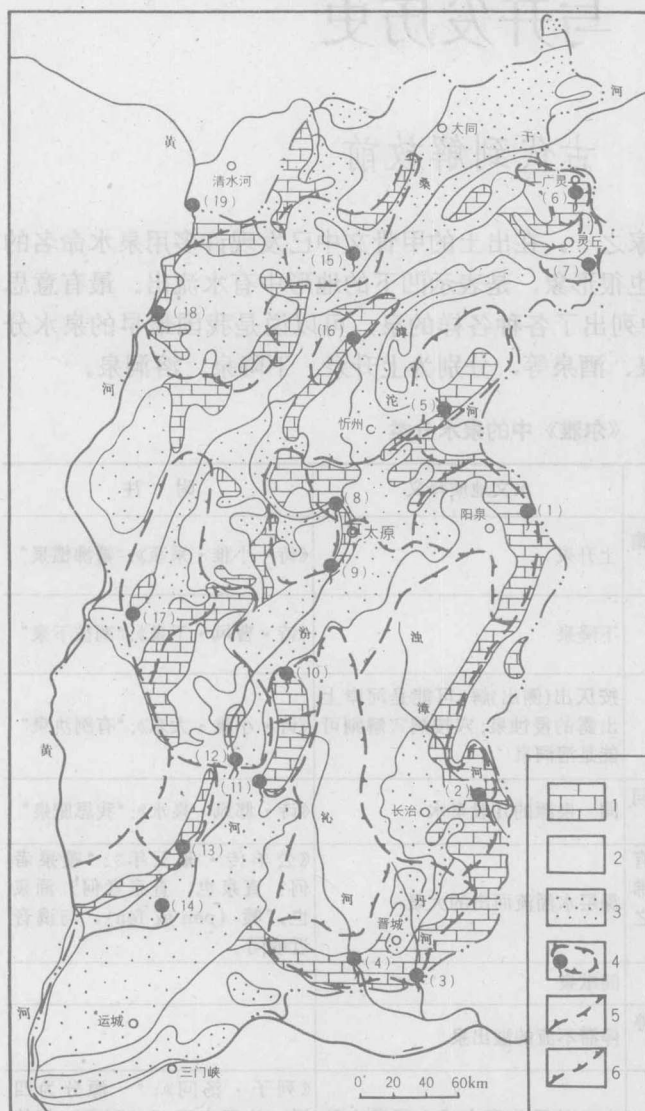


图 1-1 山西省岩溶大泉分布图

1—可溶岩区；2 非可溶岩区；3—松散层；4—岩溶大泉及其泉域范围；5—推测地下水分水岭；6—推测地下水阻水边界

泉点名称：(1)—娘子关泉；(2)—辛安村泉；(3)—三姑泉；(4)—延河泉；(5)—坪上泉；(6)—广灵泉；(7)—红石楞泉；(8)—兰村泉；(9)—晋祠泉；(10)—洪山泉；(11)—广胜寺泉；(12)—郭庄泉；(13)—龙子祠泉；(14)—古堆泉；(15)—神头泉；(16)—下马圈泉；(17)—柳林泉；(18)—天桥泉；(19)—老牛湾泉

有碍于吃水。利在一己，害在众人。……自禁之后各宜痛改前非，不得仍蹈复辙，掩造草纸等物。尚有不遵示谕，仍前掩造者，许诸公者乡保等立即扭禀列案，以凭按法究治。”

从这里可以看到古代人民对水源保护是十分认真的。

根据《古今图书集成》所汇总的材料，还可以看到有关泉水特性的记载，实际上提供了很多宝贵的水文地质资料：

(1) 据《山西通志》所载，“在孟县西南五十里，其地盛夏无泉可汲，到隆冬方涌出。”这种冬季涌出的季节性间歇泉，表明了泉水流量变化对降水补给有半年的滞后时间，这和某些岩溶泉的动态滞后现象相似。

(2) 据《山西通志》，“在襄陵县西十八里薛村里。世传赵宗时，村之人加姓，贾姓者，刈麻田间，谋凿井灌麻。忽白衣老人之曰离此西南一亩许可凿”，少焉白衣不见，二人遂于其地凿井，无水，再凿亦无。凿至八眼水方出，其七眼水俱出焉，遂通流为八眼”。襄陵县，今属襄汾。这个传说描绘了地下含水不均一性，很可能是脉状水，打通了水脉之后产生了水力联系。

(3) 据《山西通志》，“在洪洞县北八十里，人溺入不沉，故名，俗传为海眼”。该县的位置可能靠近霍山南端，该区有很多水头很高的岩溶涌泉，人溺入不沉，可能是说泉水上涌力量很大。

从以上列举的资料可以看出，山西古代人民对泉水的利用、泉水保护、泉水特征的记载比较丰富，这些资料是非常宝贵的。尽管资料较为分散，但应看到，我国有许多地方志，尤其是明清两代，各地修地方志的风气非常之盛。不但全国有统一志，各省有通志，各府、州、县均有志。一些泉水另有专志，都提供了有关地下水和泉水的历史资料。特别应该指出的，山西很多大泉附近有大量的碑文，是对泉水最直接的记载，可惜这些碑文还没有引起有关部门的重视和保护。

近代对泉水的调查研究工作是和山西的地质、水利工作分不开的。

山西省地质工作已有 100 年历史。最早对山西寒武奥陶系碳酸盐岩地层进行地层学研究的是德国人李希霍芬（1870 年）和美国人维里士（1904 年）。但当时的工作极为粗略。对山西寒武奥陶系有系统了解和阐述者，当推我国老一辈地质学家王竹泉先生，他自 1911 年至 1920 年曾先后数次来山西调查地质矿产，足迹遍山西各地，达 66 个县。在他的报告中，不仅对山西的地层、矿产作了奠基性的论述，同时也论及山西大泉的成因。认为很多大泉与断层和溶洞有关。此外，夏树芳、刘鸿允等也提到了大泉的成因，看法与王竹泉相似。

40 年代，方鸿慈曾先后在《地质论评》上发表了《华北涌泉概况》和《济南地下水调查及其涌泉机构之判断》等论文，并作出了华北涌泉地理分布图一幅，较为全面地论述了华北各地涌泉的地质、水文地质条件和泉水的物理、化学成分和性质等。该文将华北地区泉的分布分成若干区，在“山西省涌泉区”作者标出 27 个泉，多在各大盆地边缘。他指出“华北之基盘岩中，含水率最高的岩层为奥陶纪石灰岩及其上累积之石炭纪石灰岩夹煤层，多数之涌泉系贮于此等基盘岩之水涌出而形成者，其次为寒武纪及震旦纪之石灰岩层……”，认为太原晋祠泉是“崖锥泉”（Talus spring），即涌水沿锥状或扇状堆积物边缘涌出，文中还给出了娘子关泉水的某些化学成分（1930 年）。

山西岩溶大泉的流量观测工作最早始于 30 年代。当时的“山西省水利委员会”对一些

大泉进行了偶测。如 1933 年实测晋祠泉流量约为  $2.0\text{m}^3/\text{s}$ , 1942 年 10 月 1 日测得其流量约为  $2.0\text{m}^3/\text{s}$ 。

由上述可见, 山西岩溶大泉的开发和研究有悠久的历史, 最早可追溯到公元前 453 年, 在我国和世界上都是较早的。

我国古代人民对泉水特性的认识, 在当时曾处于世界领先地位。这些资料对研究泉水的变化和沿革仍有参考价值。

我国老一辈地质、水利工作者做了大量的地质和水文方面的基础工作, 对泉的成因也做了开拓性的探讨。

## 第二节 50—60 年代

这个阶段是对岩溶泉的初步开发利用研究阶段。大泉观测工作已初步开展, 为城市供水、电厂供水, 在很多大泉的出露区进行了勘探工作, 例如兰村泉、晋祠泉、郭庄泉、龙子祠泉、娘子关泉等, 但多局限于泉口地带。煤炭部门对某些矿区进行了水文地质勘察, 地质部门对某些岩溶区进行了水文地质普查。1958—1959 年北京地质学院对山西省部分地区进行了 1/20 万的综合性水文地质普查。在这些工作的基础上, 开始对岩溶和岩溶泉进行了初步的理论研究。

1960 年, 钱学溥在《水文地质工程地质》杂志上发表了《山西高原喀斯特发育特征》的论文。该文描述了山西岩溶形态景观与南方典型岩溶区的差异; 指出在山西发现的“角砾状石灰岩”与中奥陶统石灰岩中所夹石膏层分布范围大致相符, 可能是石膏喀斯特的产物, 一些煤田中发现的柱状陷落也可能与石膏的溶蚀及喀斯特塌陷有关; 对山西高原喀斯特发育史进行初步分期。

对山西岩溶大泉最早论述的是 1959 年北京地质学院谢英等人的文章《山西奥陶纪灰岩喀斯特的成因及其勘探方法》。该文在对神头泉、兰村泉、晋祠泉、洪山泉、郭庄泉、广胜寺泉和龙子祠泉进行调查的基础上, 对山西岩溶泉提出了一些初步认识:

- (1) 山西省奥陶纪灰岩中地下水是极为丰富的, 但富水性又是不均一的;
- (2) 灰岩中地下水主要为大气降水补给, 其次为地表水补给;
- (3) 喀斯特溶洞水储存于一定的储水构造之中。这些储水构造都是一些巨型的向斜和背斜构造;
- (4) 在大地构造控制下, 各泉可能有水力联系;
- (5) 山西诸泉均有扩大之可能。

不难看出, 这些观点有的已被验证和发展, 有些被证明是不正确的。

1965 年, 钱学溥写了《山西高原喀斯特泉水》一文, 对泉水的认识已有明显提高。作者提出, 可将山西的岩溶称为“裂隙喀斯特”, 认为喀斯特地下水和地表水相似, 也有一个地下的、相当固定的集水流域。各独立大泉之间没有水力联系。但同样认为, 山西高原喀斯特泉水大多具有进一步扩大的潜力。

综上所述, 50 年代到 60 年代对泉水的开发利用规模还不大, 还没有出现严重超采现象; 泉水观测工作已开展, 但系列还不够长; 勘探工作还多局限于泉口地带, 因而对泉的认识虽已有很大进步, 并提出了一些正确的看法, 但还不够系统和深入, 研究工作还多半

处于描述和定性阶段；对泉水资源的形成还认识不足，水文地质工作主要处于找水阶段，还没有建立完整的水资源概念，出现了以在泉口挖泉为主要方式的扩泉活动。

### 第三节 70—90 年代

这个时期是岩溶泉开发（图 1-2）和研究大发展的时期。由于山西能源重化工基地及城市用水量增大，工农业的发展，对泉水的开发大大增加，很多泉区都建立或扩大了水源，采取扩泉、群井抽水或调水方式开采，广大农村的供水问题也促进了在补给径流区找水工作的开展。岩溶水文地质的调查工作的深度和广度大为增加。不仅加强了水源地的勘探工作和普查工作，而且还专门开展了很多重大的岩溶泉域的研究工作。

1976 年，山西省地质局水文队编绘出版了山西省 1/50 万水文地质图及说明书。该图标出了全省主要岩溶泉的位置，并对流量进行了普查和统计。该成果是本省岩溶水文地质的基础资料。

1978 年—1982 年，地科院水文所与山西省水文队等单位完成了《山西省娘子关泉域岩溶地下水资源评价及其开发利用》的国家重点科研课题。该项成果以娘子关泉域为典型进行了岩溶发育规律、水资源评价等方面的研究，首次将岩溶泉域作为岩溶水系统加以研究，大大推进了山西及中国北方岩溶及岩溶水资源研究工作。

1980 年—1982 年，地科院地质力学所完成了《太原西山裂隙岩溶地下水系统》的研究课题。在应用水化学和同位素方法探讨岩溶裂隙水运移和赋存规律方面有相当进展，推动了太原西山的岩溶水研究工作。

1984 年山西地质局第一水文队完成了《太原西山地区岩溶水资源评价研究》。对太原西山的岩溶水文地质条件及岩溶水资源进行了系统的研究。

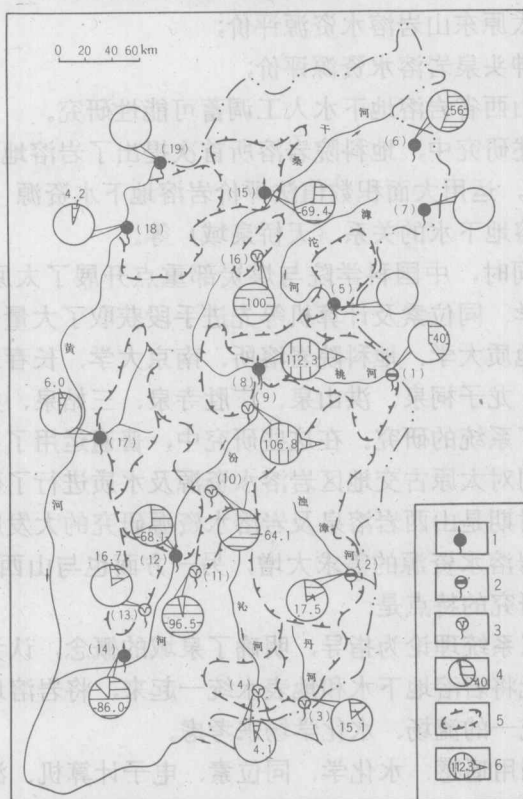


图 1-2 山西省岩溶大泉开发利用现状图

1—直接抽取岩溶泉水；2—岩溶大泉提水工程；3—岩溶大泉渠道引水工程；4—岩溶大泉在本省的利用现状，数字表示当年（88 年）的利用率（%）；空白表示未利用或泄入省外；5—岩溶泉域范围；6—利用率超过 100% 的泉水

泉点名称：(1)—娘子关泉；(2)—辛安村泉；(3)—三姑泉；(4)—延河泉；(5)—坪上泉；(6)—广灵泉；(7)—红石楞泉；(8)—兰村泉；(9)—晋祠泉；(10)—洪山泉；(11)—广胜寺泉；(12)—郭庄泉；(13)—龙子祠泉；(14)—古堆泉；(15)—神头泉；(16)—下马圈泉；(17)—柳林泉；(18)—天桥泉；(19)—老牛湾泉