

晋中市 城市雨水资源开发利用 潜势分析

朱俊峰 等 著

晋中市城市雨水资源 开发利用潜势分析

朱俊峰 等著

 气象出版社
China Meteorological Press

内 容 提 要

本书是中小城市雨水资源开发利用技术研究成果,分析了晋中市城市水资源现状和缺水程度及全市 11 个中小城市的雨水资源潜势,在试点试验研究的基础上,提出了晋中市城市雨水资源利用技术推广要点和政策建议,以及应向标准化、产业化发展的努力方向。

本书可供中小城市政府、城建、水务、气象部门以及机关、企事业单位、商务、学校等开展雨水资源利用时参考。

图书在版编目(CIP)数据

晋中市城市雨水资源开发利用潜势分析/朱俊峰等著.

北京:气象出版社,2014.8

ISBN 978-7-5029-5971-5

I. ①晋… II. ①朱… III. ①雨水资源-资源开发-晋中市

②雨水资源-资源利用-晋中市 IV. ①TV21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 166460 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码:100081

总 编 室:010-68407112

发 行 部:010-68409198

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑:崔晓军

终 审:汪勤模

封面设计:易普锐创意

责任技编:吴庭芳

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:880 mm×1 230 mm 1/32

印 张:3.5

字 数:100 千字

版 次:2014 年 8 月第 1 版

印 次:2014 年 8 月第 1 次印刷

定 价:18.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

编 委 会

主 编：朱俊峰

副主编：曹才瑞 郭继奋

成 员：李文金 张深毅 闫 栋

陈红萍 李文辉

前 言

山西省晋中市共辖 1 个中等城市(晋中市)、1 个小城市(介休市)和 9 个县城城区(简称“晋中市 11 个中小城市”,下同)。据晋中市 2011 年水资源数据,全市人均水资源年占有量为 360 m^3 ,仅为全世界人均值的 $4\%(1/25)$ 、全国人均值的 $16\%(1/6)$,远低于国际公认的极度缺水标准 500 m^3 。特别是榆次区(晋中市政府所在地)和介休市人均水资源年占有量分别只有 130 m^3 和 154 m^3 ,比国际公认的危及人类生存生活底线的 300 m^3 还要少 57% 和 49% 。由此可见,晋中市 11 个中小城市都严重缺水,缺水已经构成制约各城市社会、经济发展及生态环境改善的瓶颈。然而,随着城镇化的快速推进,城市人口不断增加,建成区面积成倍扩大,不仅加大了城市水资源严重紧缺的压力,更导致了雨水径流猛增及雨洪致灾的频繁发生。

为了缓解晋中市 11 个中小城市的水资源供需矛盾,达到寓雨水资源利用于城市雨洪灾害防御之中的目的,晋中市气象局、晋中市建设局组织科技人员对晋中市城市雨水资源利用进行探索性技术研究,并于 2005 年向山西省科技厅申报了“雨水资源在城市节水和防洪中的开发利用研究”课题,同年被批准,随即开始对晋中市城市雨水资源开发利用展开分析研究。首先,对各城市的降雨情况和雨水资源量进行分析和估算,结果证明,各城市的雨水资源量都较丰富,开发利用的潜力很大;其次,对国外、国内城市雨水利用概况及经验

做了客观分析,有许多好的技术方法和运行经验值得借鉴;第三,针对晋中市 11 个中小城市的实际情况,进行适用于中小城市雨水资源化开发利用的技术研究,选定试点小区和试点庭院,对雨水资源利用的技术工程如屋面、路面雨水径流的初期弃流、雨水管网、蓄水池等雨水收集设施和雨水收集入渗回补地下水设施、雨水径流调控排放设施等,做了详细勘察和设置布局,与小区整体建设工程统一设计、统一施工,于 2006 年建成。从 2007 年 5 月起,试点小区与试点庭院的雨水收集利用工程设施开始运行,至 2012 年,经过 6 年的运行实践并借鉴北京等大城市雨水利用技术和经验,初步总结了晋中市城市雨水资源利用的 4 项技术要点,提出了相应的经济、管理等政策建议,对晋中市城市雨水资源化开发利用的前景提出了向标准化、产业化发展的努力方向。

由于著者学术研究水平及实践经验有限,难免有不准确乃至错误之处,敬请专家与同行批评指正。

著者

2014 年 2 月

目 录

前言

1	概述	(1)
2	晋中市城市雨水资源潜势分析	(5)
2.1	城市缺水现状	(5)
2.2	城市雨水资源的潜力	(7)
3	国内外城市雨水利用概况	(24)
3.1	国外城市雨水利用概况	(24)
3.2	国内城市雨水利用概况	(27)
3.3	山西省城市雨水资源化利用现状	(29)
3.4	晋中市城市雨水资源化利用现状	(31)
4	晋中市城市雨水资源化利用技术试验	(32)
4.1	试验的必要性和紧迫性	(32)
4.2	技术试验	(36)
5	晋中市城市雨水利用技术推广要点	(66)
5.1	雨水利用的 3 类基本形式	(66)
5.2	各类下垫面雨水利用 4 项技术措施	(68)
5.3	各类区域雨水利用技术方式	(73)
5.4	雨水利用工程设施运行、维护与管理 3 项 保障工作	(82)

6 晋中市城市雨水资源化利用的政策建议	(85)
6.1 国内外城市雨水利用政策现状	(85)
6.2 晋中市城市雨水利用政策建议	(88)
6.3 制定城市雨水资源化利用条例和法规建议	(93)
6.4 结束语	(95)
参考文献	(97)

1 概 述

水是城市发展的命脉,是城市发展高度依赖的基础资源,也是城市可持续发展的关键因素。晋中市 11 个中小城市中除和顺、左权、榆社、寿阳 4 个县城城区外,其余 7 个中小城市均处于天然水资源极度缺乏状态。例如晋中市城区的水资源已显示出“令人吃惊的缺水信号”。信号一是“地表水逐年衰减”,城区范围内的 10 条主要河流中,除潇河、涂河常年有一部分清水基流外,其余均属无尾时令河,无利用价值。而且从第二次水资源评价(1980—2000 年)结果看,晋中市城区地表水比第一次评价(1956—1984 年)减少 16.5%,衰减明显。信号二是“地下水严重超采”,据地下水动态监测资料显示,因地下水严重超采,已形成了 1 个较大范围的地下水漏斗区和 3 个超采区,分别为城区内液压件厂漏斗区(见图 1.1 和图 1.2),源涡水源地周围超采区,城区南东阳、北田、庄子超采区,以及城区北鸣谦等乡镇超采区。超采总面积达 293 km^2 ,其中严重超采区有 152 km^2 ,年地下水超采量达 $1\,000 \text{ 万 m}^3$,城区供水基本上是靠超采地下水维持。信号三是“水环境日趋恶化”,由于城区规模扩大、发展加快,大量的工业和生活污、废水未经处理直接排入河道,使河流污染加剧,反过来又污染浅、中层地下水,使地下水水质严重恶化。

随着城镇化进程的加快和大县城建设的快速推进,城市

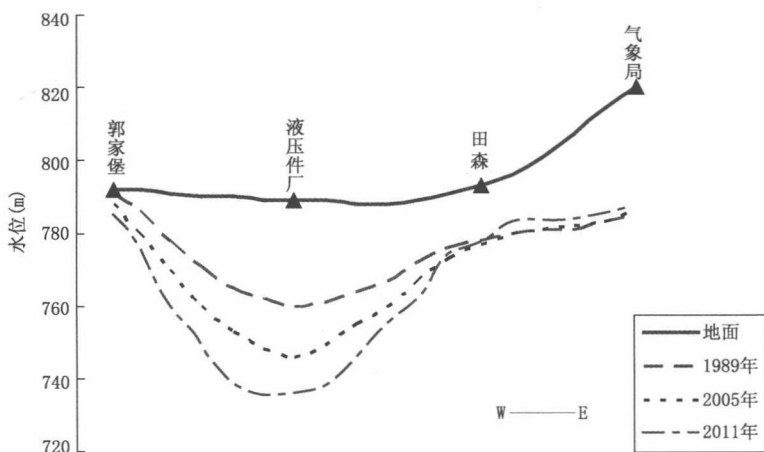


图 1.1 2011 年晋中市城区地下水降落漏斗(E-W)剖面图

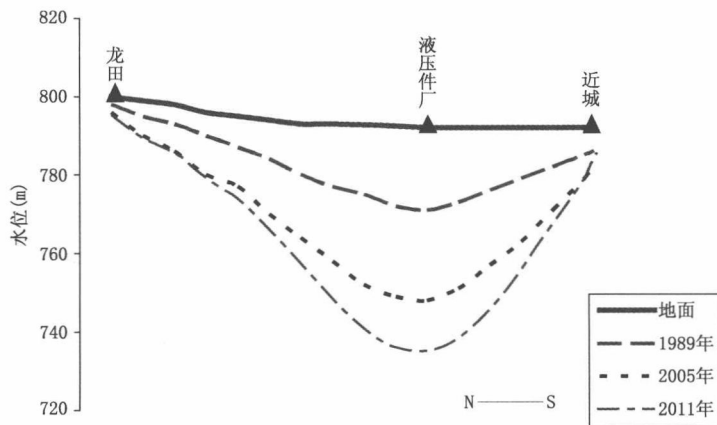


图 1.2 2011 年晋中市城区地下水降落漏斗(N-S)剖面图

人口猛增,工业企业规模不断扩大,城市需水量呈现快速上升态势,水资源的供需矛盾愈加突出。在当前这种水资源极度紧缺,而需水量又快速上升的情况下,晋中市的 11 个中小城市都面临着如下不协调状态:一方面,城区需水量不断上

升,水资源供需矛盾不断加剧,水污染问题日趋严重;另一方面,又有相当量宝贵的雨水资源白白地从城区排出,不仅浪费了水资源,更增大了水污染和污水处理量。尤其值得注意的是,随着城市规模的扩大,城区的建筑、街道、广场等不透水面积大幅度增加,使得降雨产生的径流量加大,雨水的流失量增加,而地下水的补给量却因城区雨水渗透面积减小而减少,城区的洪涝灾害加重,并且大量的雨水径流对河流等水体造成严重污染,这些问题严重制约城镇化进程的加快发展,威胁人民生命和财产的安全,导致城市的生态环境不断恶化。图 1.3 给出了城镇化加快发展对水资源和生态环境的影响关系。

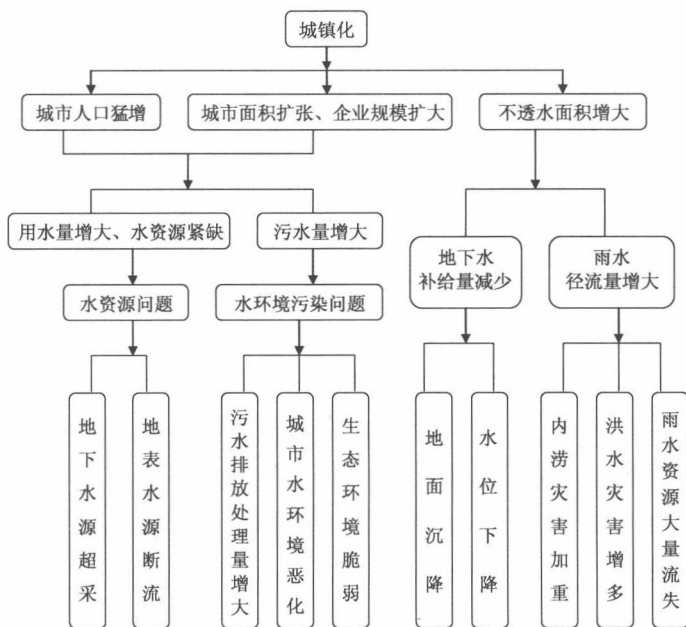


图 1.3 城镇化加快发展对水资源和生态环境的影响关系

因城市缺水,而雨水又是优质廉价的资源性水源,所以,城市雨水资源开发利用逐渐引起了人们的重视,并认识到缺水城市实现可持续发展,必须把雨水作为重要的基础资源之一。从 20 世纪 60 年代起,城市雨水资源开发利用首先在发达国家逐步发展起来。1989 年,德国首先出台了《雨水利用设施标准》(潘安君 等,2010),对住宅、商业、工业区域的雨水利用设施的设计、施工和运行实施管理,在过滤、储存、控制与监测 4 个方面制定了标准,后经多年的发展和完善,到 21 世纪初,已有“第三代”雨水利用技术标准出台。1991 年,国际雨水收集利用协会(IRCSA)在我国宝岛台湾正式成立,每 2 年召开一次交流大会。2013 年,第 16 届国际雨水收集利用交流大会在北京召开。至此,城市雨水收集利用在世界上已有 60 多年的实践和发展历程。

中国的城市雨水利用起步较晚,从 20 世纪 90 年代起,一些缺水的大中城市如北京、西安等相继开展了雨水利用的探索与研究。由于缺水形势严峻,北京雨水利用产业已率先进入示范与实践阶段。通过示范工程的带动,目前已实现了城市雨水利用的标准化和产业化,并于 2003 年 4 月在北京中关村科技园区昌平园成立了“北京泰宁科创雨水利用技术股份有限公司”,使城市雨水利用的产业化迈上了一个新台阶。

随着社会的进步和经济的发展以及越来越严峻的水资源供需矛盾,从 2005 年开始,晋中市气象局、晋中市建设局组织科技人员对晋中市城市雨水资源开发利用进行了探索性技术研究。

2 晋中市城市雨水资源潜势分析

2.1 城市缺水现状

晋中市水资源存在天然性不足。截至 2012 年,全市多年平均降水量为 477 mm(1954—2012 年),比全国多年平均降水量偏少 24%,比山西省多年平均降水量偏少 6%。据晋中市 2011 年水资源公报,2011 年全市水资源总量 117 589 万 m^3 ,年人均水资源量仅 360 m^3 ,只有全世界年人均水资源量的 4%,全国年人均水资源量的 16.2%,比山西省年人均水资源量的 382 m^3 还少约 6%。

按照国际公认的缺水标准:年人均水资源量低于 3 000 m^3 为轻度缺水;低于 2 000 m^3 为中度缺水;低于 1 000 m^3 为重度缺水;低于 500 m^3 为极度缺水;低于 300 m^3 即为危及人类生存生活底线的灾难性极度缺水。晋中市 2011 年人均水资源量仅 360 m^3 ,当属极度缺水地区。而晋中市及介休、平遥、灵石、祁县等 5 个中小城市年人均水资源量小于 300 m^3 ,即属于危及人类生存生活底线的灾难性极度缺水地区。2011 年晋中市水资源状况见表 2.1。

从表 2.1 可看出,晋中市和介休、平遥、灵石、祁县、太谷等 6 个中小城市为严重极度缺水区域,人均水资源量比国际极度缺水标准还少 36%~74%。为了更加直观地了解平川

地区极度缺水程度,以榆次区为例制作图 2.1。

表 2.1 2011 年晋中市水资源状况

市县	年平均 降水量 (mm)	水资源 总量 (万 m ³)	人均 水资源量 (m ³)	占全世界人均 水资源量 (%)	占全国人均 水资源量 (%)
晋中市	401.8	8 353	130	1.4	5.8
太谷县	423.8	9 539	317	3.5	14.0
祁 县	416.1	7 868	295	3.3	13.3
平遥县	410.1	11 108	219	2.4	9.9
介休市	465.5	6 288	154	1.7	6.9
灵石县	483.7	5 816	221	2.5	10.0
榆社县	542.4	11 998	884	9.8	39.8
左权县	520.8	17 717	1 092	12.1	49.2
和顺县	549.0	16 506	1 139	12.7	51.3
昔阳县	540.6	10 269	449	5.0	20.2
寿阳县	491.2	12 127	573	6.4	25.8
全 市	476.8	117 589	360	4.0	16.2

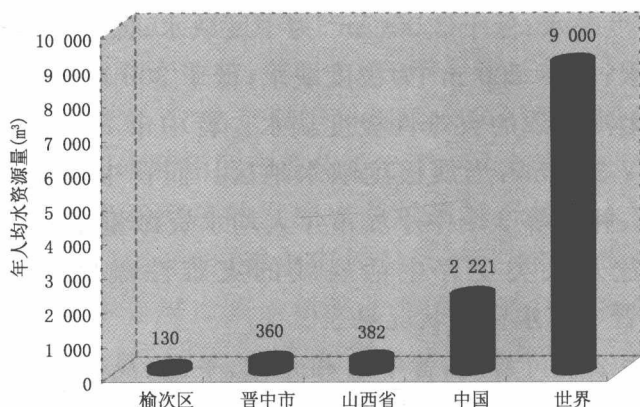


图 2.1 榆次区 2011 年人均水资源量比较

由图 2.1 可见,榆次区人均水资源量只有全市的约 36%、全省的约 34%、全国的约 5.9%、全世界的约 1.4%,已经处于十分严重的极度缺水状态,缺水形势极其严峻。

东山地区水资源相对较多,但人均水资源量也只有全世界的 5%~12%,全国的 20%~50%,其中,昔阳县亦属极度缺水区域。

随着晋中市经济的高速发展,城镇化进程的不断推进,城市用水量大幅度增加,现有的水资源量已远不能满足快速增长的用水量需求,使得水资源的供需矛盾日趋严重。特别是平川地区的 6 个县(区、市),严重极度缺水状态已经构成了城镇发展的瓶颈。总之,全市极度缺水的形势十分严峻。

2.2 城市雨水资源的潜力

2.2.1 晋中市降水量情况

晋中地处中纬度典型的大陆性季风气候区,四季分明,冬、春季少雨,降水量占全年的 17.5%;夏、秋季多雨,降水量占全年的 82.5%。

全市历年平均年降水量为 476.8 mm,介于 401.8 mm(榆次区)~549 mm(和顺)之间。最多年降水量为 1 069 mm(出现在和顺县的 1963 年),最少年降水量为 201 mm(出现在榆次区的 1997 年)。

(1) 晋中市年降水量分析

晋中市 11 个中小城市的年降水量,具有汛期雨量高度集中、年际变化大、地区分布不均等特点。由于降水变率的

不稳定性和地形影响,致使各地降水的季节性和地域性差异很大。因此,对降水资料的合理分析是科学估算雨水资源量的前提,以下将全市 53 年(1960—2012 年)的年平均降水量与距平值制成表 2.2,为城市雨水资源潜力估算提供便利。

表 2.2 晋中市 1960—2012 年历年平均降水量和距平值表 单位:mm

年份	年降水量	距平值	年份	年降水量	距平值
1960	485.8	1.0	1987	467.1	-17.7
1961	543.2	58.4	1988	597.0	112.2
1962	555.7	70.9	1989	450.6	-34.2
1963	736.9	252.1	1990	544.4	59.6
1964	698.9	214.1	1991	414.9	-69.9
1965	335.2	-149.6	1992	385.4	-99.4
1966	598.7	113.9	1993	462.2	-22.6
1967	575.7	90.9	1994	447.3	-37.5
1968	467.2	-17.6	1995	471.9	-12.9
1969	577.5	92.7	1996	538.6	53.8
1970	460.3	-24.5	1997	280.1	-204.7
1971	688.0	203.2	1998	404.9	-79.9
1972	298.6	-186.2	1999	333.1	-151.7
1973	639.4	154.6	2000	376.8	-108.0
1974	362.2	-122.6	2001	388.3	-96.5
1975	511.5	26.7	2002	494.2	9.4
1976	521.1	36.3	2003	570.1	85.3
1977	628.2	143.4	2004	416.6	-68.2
1978	527.5	42.7	2005	447.5	-37.3
1979	435.2	-49.6	2006	442.0	-42.8
1980	396.3	-88.5	2007	529.9	45.1
1981	457.0	-27.8	2008	368.7	-116.1
1982	465.0	-19.8	2009	530.2	45.4
1983	550.2	65.4	2010	399.8	-85.0
1984	414.3	-70.5	2011	594.6	109.8
1985	592.0	107.2	2012	534.7	49.9
1986	282.2	-202.6			

由表 2.2 可见,全市平均年最多降水量为 736.9 mm (出现在 1963 年),平均年最少降水量为 280.1 mm(出现在 1997 年),年最多降水量是年最少降水量的 2.63 倍。从年平均降水量和距平值变化曲线(见图 2.2)来看,变幅波动很大,尤其是 20 世纪 80 年代之前,雨量偏多且年际变化大,而自 90 年代以来,雨量相对偏少,年际变化也趋减小,尤其是近十几年来,年平均降水量比较平稳,徘徊在平均线上下。

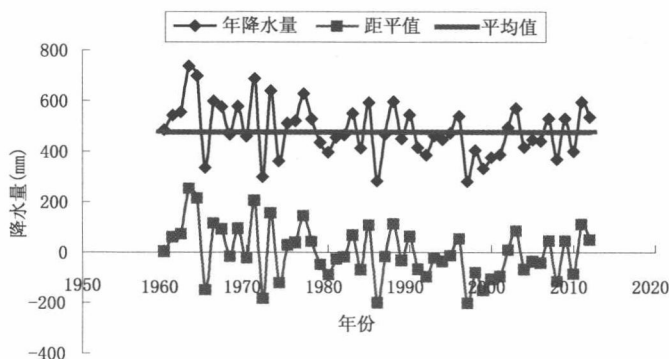


图 2.2 晋中市年降水量、距平值变化曲线

(2) 晋中市月降水量分析

全市历年各月平均降水量分配极不均匀。1 月份为降水最少月,降水量仅为 2.9 mm;7 月份为最多月,降水量为 117.4 mm(见图 2.3)。降水主要集中在 5—9 月,这 5 个月的降水量占全年降水量的 81%,降水最集中的是 7—9 月,其降水量占全年降水量的 61%,且多集中于几次大雨或暴雨降水过程,尤其是主汛期的降水强度大、历时短,大量的降水形成地表径流,往往造成城市雨洪灾害,但同时亦是城市雨水收集利用的最好时期。