

学校编码: 10384

密级\_\_\_\_\_

学号: 33120121151620

廈門大學

硕士学位论文

基于可持续发展的金门县供水策略及保障研究

Water Supply Strategies and Security Research Based on Sustainable Development in Kinmen County

曹林丽

指导教师姓名: 薛雄志教授

专业名称: 环境管理

论文提交日期: 2015年4月

论文答辩时间: 2015年5月

2015年5月

基于可持续发展的金门县供水策略及保障研究

曹林丽

指导教师

薛雄志教授

厦门大学

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。
2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月

---

目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	III
<b>第一章 绪论 .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 研究背景 .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 水资源危机与应对.....	1
1.1.2 大厦金海域协同发展.....	2
1.1.3 金门县水资源概述.....	3
<b>1.2 各国多元水源利用情况 .....</b>	<b>3</b>
1.2.1 非常规水资源的开发和利用.....	3
1.2.2 典型的水资源开发利用模式.....	5
<b>1.3 水资源与可持续发展 .....</b>	<b>6</b>
1.3.1 可持续发展.....	6
1.3.2 水资源与可持续发展.....	7
<b>1.4 研究目的与意义 .....</b>	<b>9</b>
<b>1.5 研究内容和方法 .....</b>	<b>10</b>
1.5.1 研究内容.....	10
1.5.2 研究方法.....	10
<b>第二章 金门县水资源现状 .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 金门县基本概况 .....</b>	<b>13</b>
2.1.1 金门县自然环境.....	13
2.1.2 金门县人口状况.....	14
2.1.3 金门县产业概况.....	15
2.1.4 金门县发展规划.....	19
<b>2.2 金门县水资源概况 .....</b>	<b>20</b>
2.2.1 金门县气候.....	20
2.2.2 金门县水资源量.....	22

2.2.3 金门县水质状况.....	26
2.2.4 金门县水资源管理与水利工程.....	30
<b>2.3 金门县水资源利用情况 .....</b>	<b>31</b>
2.3.1 生活用水与军事用水.....	31
2.3.2 农业用水.....	32
2.3.3 工业用水.....	32
2.3.4 旅游用水.....	32
<b>2.4 金门供需水情况 .....</b>	<b>33</b>
<b>第三章 金门县水资源系统动力学模型建立.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 系统动力学 .....</b>	<b>34</b>
3.1.1 系统动力学相关概念.....	34
3.1.2 系统动力学建立流程.....	34
3.1.3 系统动力学建立原则.....	35
3.1.4 系统动力学因果关系图绘制与方程.....	35
<b>3.2 金门县水资源 SD 模型界限确定 .....</b>	<b>36</b>
<b>3.3 金门县水资源 SD 模型结构分析及模型构建 .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4 模型检验 .....</b>	<b>43</b>
<b>第四章 金门县水系统动态策略分析.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1 金门县水系统策略动态模拟 .....</b>	<b>46</b>
4.1.1 水资源系统相关策略点.....	46
4.1.2 水系统模拟方案.....	49
<b>4.2 金门县水系统模拟结果分析 .....</b>	<b>51</b>
<b>4.3 金门县水系统模拟方案选择 .....</b>	<b>53</b>
4.3.1 基于逼近理想点排序法的方案选择.....	53
4.3.2 基于工程面、经济面、政策面、风险面的策略分析.....	55
<b>4.4 金门县水资源可持续战略思考 .....</b>	<b>59</b>
4.4.1 金门县水资源长期发展的瓶颈.....	59
4.4.2 金门县水资源可持续发展应对措施.....	60

第五章 结论与展望 .....	65
5.1 主要研究成果 .....	65
5.2 不足与展望 .....	66
参考文献 .....	67
致 谢.....	72

厦门大学博硕士论文摘要库

## Table of Contents

<b>Abstract (in Chinese)</b> .....	<b>I</b>
<b>Abstract (in English)</b> .....	<b>III</b>
<b>Chapter 1 Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Background</b> .....	<b>1</b>
1.1.1 Water Resource Crisis and response .....	1
1.1.2 Cooperation in Xiamen-Kinmen sea island .....	2
1.1.3 Water Resources in Kinmen County .....	3
<b>1.2 National Water Resources Utilization</b> .....	<b>3</b>
1.2.1 Development and Utilization of Unconventional Water .....	3
1.2.2 Typical utilization Mode of Water Resources .....	5
<b>1.3 Water Resources and Sustainable Development</b> .....	<b>6</b>
1.3.1 Sustainable Development.....	6
1.3.2 Water Resources and Sustainable Development.....	7
<b>1.4 Research Purpose and Meaning</b> .....	<b>9</b>
<b>1.5 Research Contents and Methods</b> .....	<b>10</b>
1.5.1 Research Contents.....	10
1.5.2 Research Methods .....	11
<b>Chapter 2 Water Resources Status in Kinmen County</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 Overview of Kinmen County</b> .....	<b>13</b>
2.1.1 Natural Environment of Kinmen County.....	13
2.1.2 Population of Kinmen County .....	14
2.1.3 Industry of Kinmen County .....	15
2.1.4 Development Plan of Kinmen County .....	19
<b>2.2 Water Resources in Kinmen</b> .....	<b>20</b>
2.2.1 Climate in Kinmen County .....	20
2.2.2 Kinmen Water Quantity .....	22

2.2.3 Kinmen Water Quality .....	26
2.2.4 Water Management and Water Engineer in Kinmen .....	30
<b>2.3 Water Resources Utilization in Kinmen.....</b>	<b>31</b>
2.3.1 Life Water and Military Water .....	31
2.3.2 Agricultural Water .....	32
2.3.3 Industrial Water .....	32
2.3.4 Tourism Water .....	32
<b>2.4 Water Supply and demand in Kinmen.....</b>	<b>33</b>
<b>Chapter 3 System Dynamic Model of Kinmen Water Resources .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 System Dynamic .....</b>	<b>34</b>
3.1.1 Concepts Related to System Dynamic .....	34
3.1.2 Process to Build System Dynamic .....	34
3.1.3 Principle to Build System Dynamic .....	35
3.1.4 Causality diagram and Equations of System Dynamic .....	35
<b>3.2 System Dynamic Model Boundaries of Kinmen Water Resources.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3 Structure Analysis and Model Building of System Dynamic .....</b>	<b>37</b>
<b>3.4 Model Test.....</b>	<b>44</b>
<b>Chapter 4 Strategies Analysis of Kinmen Water Resource System ....</b>	<b>46</b>
<b>4.1 Strategies Stimulation of Water Resource System .....</b>	<b>46</b>
4.1.1 Relevant Strategies of the Water System .....	46
4.1.2 Plans Stimulation of the Water System.....	49
<b>4.2 Results Analysis of the Water System Stimulation.....</b>	<b>51</b>
<b>4.3 Water System Stimulation Plans to be Chosen.....</b>	<b>53</b>
4.3.1 Plans to be Chosen by TOPSIS.....	53
4.3.2 Plans to be Chosen by Engineering, Economics, Policies and Risks Aspects.....	55
<b>4.4 Sustainable Development Strategy Thinking of Water Resource System in Kinmen .....</b>	<b>59</b>



4.4.1 The Water Resource Bottleneck in Kinmen Long-term Development	59
4.4.2 Measures for Water Resource Sustainable Development in Kinmen	60
<b>Chapter 5 Summary and Prospect</b>	<b>65</b>
<b>5.1 Achievement of the Research</b>	<b>65</b>
<b>5.2 Shortcomings and Prospect</b>	<b>66</b>
<b>Reference</b>	<b>67</b>
<b>Acknowledgements</b>	<b>72</b>

厦门大学博硕士学位论文摘要

## 摘要

水资源是重要的基础性自然资源和战略性经济资源。随着人口增长、经济发展和城市规模的扩大,对水资源的需求和依赖程度越来越大,人类对水资源的开发利用程度也越来越深。同时,各国也开始意识到用水压力带来的挑战。为了实现可持续发展,各国已经开始采取多方面措施去缓解用水压力,从多元供水体系方面来讲主要有地表水与地下水联用、海水淡化、中水回用、雨水收集利用等途径。

金门作为离岛,淡水资源量少,蓄水能力差;地下水部分处于超采状态,造成土壤盐化。随着政策的进一步放开与两岸关系的发展,金门的人口数量会进一步增加,经济水平也持续提升,水资源供需矛盾将持续加剧。对金门的水资源进行分析,探讨多元水源利用方式尤其是非常规水源利用对水环境的改善能力,提高水资源的利用效益,不仅有利于金门自身水安全保障能力,更有助于实现厦金海域的进一步融合,推动两岸关系和平发展方针政策在大厦金区域的落实。

本文综观各国水资源的开发利用实践,深入了解金门水资源开发利用中存在的问题及其管理现状,结合金门县自身的特点,分析金门的可使用水源,寻找金门的水资源系统运动规律,并建立不同情境进行模拟预测,定量分析金门的多元水源利用对金门缺水状况的改善能力,并提出相关对策建议,从而促进水资源可持续利用与厦金经济、社会、环境的协调发展。

论文主要研究成果如下:

结合金门的人口、经济、环境以及发展规划等资料信息,深入金门调研,全面分析了金门县水资源供需现状以及存在的问题,为进一步研究提供了资料基础。考虑水平衡因子影响,建立了金门县的水资源系统动力学模型。给出水系统的动态策略点,并通过保持供水现状、中水回用、中水回用兼大陆引水、中水回用兼海水淡化、综合型五个方案进行供需比研究,采用 TOPSIS 法对方案进行了定量化,得出五个方案分别在短期(2012年-2020年)与长期(2021年-2030年)的排序选择。不论是短期还是长期来看,综合型供水方案为最优方案,中水回用会起到部分缓解作用,大陆引水在短时间内对解决水资源短缺问题具有重要作

用,海水淡化是长期来看解决水资源问题的必要手段。此外,定性的对海水淡化、中水回用与大陆引水策略在工程、经济、政策、风险各方面的分析,也为进一步的决策分析提供了科学依据。

通过定量的情景模拟与定性的策略分析,得出大陆引水是解决金门短期供水的最优方案,海水淡化是金门水资源长期安全保障的根本途径,进而提出了金门县水资源可持续发展的安全保障措施,强调了厦金海域环境保护的必要性。

**关键词:** 金门; 水资源; 供需; 供水策略

## Abstract

Water resources are important strategic resources. With the population growth, economic development and expansion of city scale, more and more water resources are needed. The development and utilization of water resources is accelerated. At the meantime, countries are beginning to realize the harm of water pressure. In order to gain the sustainable development of water resources, countries have taken various measures to alleviate the water pressure, which are surface water and groundwater combination, seawater desalination, water reuse, rainwater collection and utilization from the water supply aspects.

Kinmen County is an island where the evaporation is more than the rainfall affected by climate and the runoff is large because of the terrain. The amount of fresh water in Kinmen is little and the water storage capacity is poor. Groundwater is over exploited somewhere and this may cause soil salinization. With the further opening policies and the development of relations across the Taiwan straits, the population in Kinmen will increase and the economic will rise which will exacerbate the contradiction between supply and demand of water resources. It is not only beneficial to the water safety in Kinmen, but also conducive to the further integration between Xiamen and Kinmen to analyze the water resources, to figure out the ability to alleviate water pressure by multiple water resources and to improve the water use efficiency.

It is analyzed that water resources can be used and searched for the motion law of the water resources system, based on the development and utilization of water resources and in-depth understanding of the problems of water resources and the management status of Kinmen. The paper set up different scenarios to the quantitative analysis of the multiple water use for the improvement of the water shortage situation in Kinmen and put forward relevant suggestions to promote the coordinated sustainable development utilization of water resources and economy, society, environment. The main outcomes and results of this paper are as follows:

Combined with population, economy, environment and development plan of Kinmen, the comprehensive research has been done to analysis water resources supply and demand present situation and existing problems in Kinmen and to provide data for further study. Water resources system dynamics model is established considering the water balance factor and dynamic strategies are given. They are water supply, water reuse, water reuse and continental water diversion, water reuse and water desalination, and comprehensive supply method respectively. The ability of water supply and demand is quantified by the method of TOPSIS and it is concluded that which plan should be chosen during the short-term (2012-2020) and long-term (2021-2030). The integrated plan of water supply is the optimal solution. Water reuse will play a part of the relief. Continental water diversion in a short period of time plays an important role to solve the water shortage problem. Water desalination is the necessary way during the long term. In addition, it is qualitative analyzed to seawater desalination, water reuse and water diversion in engineering, economy, policy, risk analysis, and decision making, which provides a scientific basis.

By quantitative scenario simulation and qualitative strategy analysis, it is concluded that the mainland water diversion is the optimal solutions for short-term water supply in Kinmen, however seawater desalination is the basic way for long-term security. There are some security measures should be taken for the water resources sustainable development and it is emphasized of the necessity of environmental protection in Xiamen and Kinmen sea area.

**Key words:** Kinmen county; Water resources; Demand and supply; Water supply strategies

## 第一章 绪论

### 1.1 研究背景

#### 1.1.1 水资源危机与应对

水资源既是人类赖以生存的基础性自然资源,又是国民经济发展、社会安定、政治稳定不可或缺的重要战略性经济资源<sup>[1]</sup>。“七分海洋,三分陆地”是全球的真实写照。在这仅有的三分陆地上,淡水资源的总量仅占全球水资源总量的2.53%,而这部分淡水资源中易于人类开采使用的水资源量不足1%。1998年4月在德国波恩召开的“全球水政策—跨国水资源管理合作会议”指出:在21世纪,世界各国将为另一种液态资源而争战杀戮,这种资源就是人人不可或缺的水,水已成为21世纪最重要的“战略物资”。很多区域引发战争的导火线都归因于水资源短缺,比如以色列-阿拉伯战争,这也导致出现“水比油贵”的场景。由于受到气候变化影响,降雨模式、河流、地下水等都在发生变化,这也进一步加剧了水资源短缺压力<sup>[2][3][4]</sup>。2002年8月28日,在约翰内斯堡举行的可持续发展世界首脑会议指出:水资源危机将是未来十年内人类将面对的最严峻的挑战之一。据《世界水资源发展报告2014:水资源与能源》估计,2050年全球对水资源的需求将增长约55%,超过40%的人口将面临严重的用水压力。水质方面,目前全世界大约7.68亿人无法获得清洁用水,25亿人仍然在使用未经过处理的水<sup>[5]</sup>。

中国水环境问题复杂,是世界上13个比较缺水的国家之一<sup>[6]</sup>,主要是因为人口大国,水资源的人均占有量少。我国的十大流域有着30%左右的地表水为IV-V类和劣V类,四成重点湖泊(水库)存在污染问题<sup>[7]</sup>。进入21世纪,我国各地频频出现砷超标、镉污染等水资源污染事件,遭受经济损失严重。据悉,地下水收到了比较严重污染的城市占到64%,而城市地下水基本上清洁的仅仅为3%。在华北部分地区,因为地下水超采,导致地下水位下降,部分城市已发生地面沉降、海水倒灌等现象,严重威胁地下水源安全。

随着人口数量增加、经济不断的发展、城市规模的扩大,对水量水质的需求越来越大、越来越高程度,人类加快了对水资源的开发利用程度。利用的水源类

型也越来越多,主要包括常规性水资源和非常规性水资源。常规水资源主要是地表水和地下水,非常规水资源主要是海水淡化、中水回用、雨水利用等。水资源若开发利用存在不合理现象,就会引发水环境变化,甚至会造成水资源枯竭,如随意筑堤修坝、开挖水井等工程,会造成河湖、湿地等生境变化,水环境恶化,降低生态系统净化水的能力<sup>[8]</sup>。所以如何透过问题的本质与环境的特性,深化对水资源的认识,加强对非常规水资源的可持续利用,以解决水资源供需矛盾,已经逐步成了各国重视的课题<sup>[9]</sup>。

### 1.1.2 厦金海域协同发展

为了促进厦门成为海峡西岸重要的中心城市,也为了早日完成祖国的统一,国家采取了多项举措,比如将厦门规划为经济特区,将海沧区、杏林区、集美区建立为台商投资区等等。金门位于台湾海峡西部,厦门市东海面上,面积约为150 km<sup>2</sup>。金门是一海岛,它具有很大的经济价值、科学价值、军事价值和生态价值<sup>[10]</sup>。随着两岸关系的缓和以及民间交流合作的日趋频繁,自2001年1月1日试行“小三通”开始,金门逐步成为了两岸之间文化、贸易、移民的中继站,目前,两岸三通基本实现,金门成为维系大陆与台湾往来的重要通道和港口<sup>[11]</sup>。金门县长于2006年提出共建“金厦和平特区”也是两岸期待共同发展的表现。

厦金海域位于厦门金门之间,有着丰富的自然资源和地理优势,对两地的经济发展和社会稳定具有重要的意义。随着厦漳泉城市圈的融合以及两岸互相往来的频繁,厦门、金门等城市对海域内环境会产生很大的影响甚至破坏,如:游客数量的增加带来了环境污染,海砂过度开采、鱼类过度捕捞使海洋资源逐渐衰退。由于海岸带区域资源的脆弱性和敏感性,其资源一旦遭到破坏就很难恢复。为了促进两岸自然-社会-经济更加互补、更加均衡、更加和谐的发展,两岸合作势在必行。

厦门、金门作为海岛而言,人均水资源量十分有限,而水资源是保障厦金两地社会发展、经济增长和生态平衡的重要战略性资源。作为两岸合作的策略性的背景研究,以“区域公共利益”为共同追求目标,从对金门具有重要性和约束性的水资源方面入手,了解金门的水资源供需现状,从金门自身的角度和大陆角度分析如何改善金门的水资源状况,提高进门水资源的利用效益,促进两岸的和平发展。

### 1.1.3 金门县水资源概述

金门属亚热带海洋性气候,与同纬度大陆地区或台北地区相比,存在降水少、蒸发大,没有巨川长流,湖库规模小,地形蓄水条件差等问题<sup>[12]</sup>。金门地区水资源主要依靠湖库蓄水和地下水,有极为少量的海水淡化。现有供水设施计有湖库 13 座,总有效蓄水容量为 605 万  $\text{m}^3$ ,农塘大概 466 口,蓄水量约 166 万  $\text{m}^3$ ,自来水厂深井 23 口,海水淡化厂 1 座。近几年由于农业和工业用水需求,金门县的地下水处于超抽状态,每年超抽量在 300 万  $\text{m}^3$ <sup>[13]</sup>。金门地区水资源已经开始无法承载当地需水,需要改善供水能力,提高该县水资源承载力。

随着两岸关系的缓和,两岸在经济、资源等各方面的交流越来越频繁,2015 年 1 月 1 日起的开放大陆游客自由行政策,加之金门的中长期规划——建设“免税岛”、“教育文化大学岛”、“国际观光休闲岛屿”和“养生医疗健康岛”<sup>[14]</sup>,金门地区的游客数量将大幅度增加,迁入人口数也会增多。一方面,这将带动金门的经济发展与社会进步,而另一方面,水资源的日益紧缺却会进一步制约金门社会经济的可持续发展。金门的供水日益濒临“枯竭”的窘境,为满足地区用水需求,避免水压力危及地方发展,亟需在天然水资源开发利用总量管制的前提下,以水源多元化规划理念开发新水源,优化水资源综合利用效用。

## 1.2 各国多元水源利用情况

### 1.2.1 非常规水资源的开发和利用

#### (1) 海水淡化

没有水资源,一切生产生活都无从谈起,更不用说可持续发展。而海水,在地球上的占有量为七成,向海洋要水是解决水资源短缺的重要途径。目前,有 120 余国或地区开始走上海水淡化的道路,如美国、日本等。上个世纪六十年代,西班牙加那利群岛就兴建了以蒸馏法为主的海水淡化厂<sup>[15]</sup>。沙特、以色列等缺水地区的海淡水使用量占到总淡水资源的 70%左右。从海水淡化开始到 2011 年,全世界的海淡厂多余 1.6 万家,日产淡水量超 0.7 亿  $\text{m}^3$ 。这表明一些国家已掀起了以海水淡化为核心的海水综合利用产业化热潮。

人们对海水淡化研究的深入,海水淡化热潮的掀起,无不证明海水淡化对人类未来淡水资源供应的重要性。

#### (2) 中水回用



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.