

FUJIAN DIRE  
YANJIU YU SHIJIAN

# 福建地热研究与实践

——纪念漳州国家地热节能示范项目实施20周年

庄庆祥 编著



地质出版社

# 福建地热研究与实践

——纪念漳州国家地热节能示范项目实施 20 周年

庄庆祥 编著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书采用逆向思维创新研究方法,以地质板块运动学说和地质力学理论为依据,通过对福建省温泉、地壳浅部浅层地热水的深入研究对比后,总结出全省温泉资源分布与富集等八大规律,并对与温泉分布联系的地震活动进行了探讨。本书还汇编了作者历年来地热研究探索与主持国家地热节能示范项目工作期间实践经验的部分论文、主要阶段的工作小结、总结和重要文件。

本书可供从事地热研究和管理人员参考使用。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

福建地热研究与实践:纪念漳州国家地热节能示范项目实施 20 周年/庄庆祥编著. —北京:地质出版社, 2010. 10

ISBN 978 - 7 - 116 - 06911 - 4

I. ①福… II. ①庄… III. ①地热-研究-福建省  
IV. ①P314

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 192796 号

---

责任编辑:祁向雷 沈 阳

责任校对:杜 悦

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 82324508 (发行部); (010) 82324577 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:[zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本:787 mm × 1092 mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

印 张:13.75

字 数:320 千字

版 次:2010 年 10 月第 1 版

印 次:2010 年 10 月第 1 次印刷

定 价:58.00 元

书 号:ISBN 978 - 7 - 116 - 06911 - 4

---

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

# 序

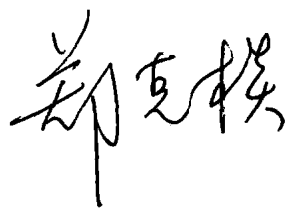
2009年我们庆祝了新中国成立60周年，2010年我们庆祝李四光倡导中国地热能开发利用40周年。地热作为一门年轻的学科在新中国成立之初尚不完善。虽然我们的祖先早在公元前数百年就留下了利用温泉洗浴和治疗某些疾患的记载，但地热在中国作为新能源资源的开发利用是前地质部部长李四光教授在1970年的号召，他指示我们应该像利用煤炭和石油那样，开辟地热新能源。40年来，在李部长的激励之下，中国地热能开发利用步上了一个个新台阶，并在世界上作出贡献。我国中低温地热资源直接利用的能量近20年来排名世界第一位，在国际地热界，中国受到世界的瞩目。

回顾中国地热能开发利用40年的历程，我们不能忘怀那些始终充满激情、一心执著奋斗的不朽志士们。他们经历过共和国的极端困难时期，习惯了甘苦，乐于奉献，不计报酬得失。他们克服了地热作为新兴学科的创始期的艰难，刻苦学习，努力钻研，学以致用。他们走过了共和国的风雨洗礼，能上能下，既是专家，又是普通工人，说干就干，一定要干出来。他们是共和国不会忘记的那些人。本书作者庄庆祥高级工程师，就是这些人的一名代表。

中国地热能开发利用曾风风火火遍及全国，尤其是东南沿海的福建、广东，凭借靠近环太平洋地热带的丰富地热资源和沿海经济的地理优势，地热能开发利用走在了全国的前沿。广东在国内率先建立了地热发电站；福建冬季不需要供暖，但创立了地热制冰制冷、皮革工业工艺流程等利用，还有广泛的地热养鳗和温室名贵花卉栽培等利用，并创建了全国首家温泉水厂，统一供应温泉热水，还有远距离输送等。本书的作者正是有了如此多样的经历，既从事地热资源的勘察，又承担国家地热节能示范项目的研究，又进而主持地热企业开发经营，争取最大限度地发挥效益，当然，除了经济效益，兼具社会效益和环境效益。作者具有好学好研的专家本色，凡事都留下了论文、总结、报告、设计等文字文献，期望这些对同仁、同事和后人能有所帮助。

本书中，作者还收集整理了过去发表的论文、总结、报告、设计等资料，

形成纪念国家地热节能示范项目实施 20 周年资料汇编，奉献给我国的地热事业和地热工作者。本书兼具既往经验的总结，又是应用地热学科的丰富教材。读者用当今的眼光来审读本书，会看到一些过去认识不全面之处，这是由于当时历史和时代的局限造成的，不足为奇；反而，由此可以体会到老一代地热工作者倾心追求事业的心路历程。我们应该学习他们的这种精神。

Handwritten signature of Zheng Kexie in black ink, consisting of three characters: 郑克桢.

2010 年 7 月 18 日

---

\* 郑克桢系国际地热协会理事，中国能源研究会地热专业委员会主任。

# 前 言

作者对地热能的认识是通过从事数十年地质工作磨炼，如转战中国大江南北（先后在北京、河北、湖南、贵州、福建等省、市）学习、实习、科研、找矿找水及病害水库处理钻探等；参加各种大小不同比例尺的地质、水文地质工程地质普查与勘探、探工、城市供水普查与勘探；地热详查与勘探、开采勘探；地热开发工农业、水产业、旅游业、体育、健康卫生等地热水综合利用；地热企业与研究所经营管理等种类繁多的课题研究、生产任务、科技攻关创新、科研与实践相结合、项目创建与经营管理等漫长而复杂的艰难历程，逐步得到提高、加深。在完成各项学习、课题研究与工作任务的同时，积累了一些宝贵的创新工作思维与方法，也取得了一些较成熟、获国家或部级奖励的科研成果。作者于1988年提交的《漳州盆地地热详查报告》经国家验收通过，完满完成上级交给的任务后，为响应我国伟大的科学家李四光部长倡导的开发利用地热的号召与漳州市政府提出的“尽快将科研成果转化为生产力”要求，开始主持经国务院于1989年4月批准的全国地热方面唯一的“国家地热节能示范项目”漳州热能开发利用系统工程建设和经营管理工作。然而该大型地热开发利用实践生产项目虽与作者原先从事的科研技术工作密不可分，但其工作内容、工作量与目的、性质、特点则有天壤之别，用一句谚语概括：“隔行如隔山”，一切必须从头开始，万事开头难，尤其对一个从校门到地质勘探事业单位、长期从事地质科学矿产普查找矿、开采勘察、储量评价等系统工程课题科研探索研究、思想与作风皆十分纯洁的一般技术人员（毫无生产经营与经商经验）来说，面对突如其来的工作环境转变与职业转行，想要打开工作新局面、闯出一片新天地，其难度是可想而知的。

“漳州市地热梯级利用开发”项目并无前人的经验可借鉴，可算得上开我国地热能梯级利用之先河，在上级有关部门鼎力相助，经本人与同事们不懈努力，该项目入选国家节能示范项目，成为国家“七五”、“八五”新能源开发利用科技攻关项目试验基地，取得可喜的创新科技（工程技术应用）成果。此项目创建路途处处有荆棘，整个历程充满神奇与难以形容的艰辛，在地方配套资金分文未到位、生产建设资金严重短缺不足（建设资金短缺总金额约占整个项目总投资额的一半）的极其艰难条件下，经多渠道争取与八年顽强不懈拼搏的建设投入与产出，即边学习、边基建、边生产、边创收、边投入的艰苦卓绝奋战，该示范项目建设内容与质量不仅达到与满足了规划与设计要求，而且建设规模比原设计有所扩大，具备了较大规模、较强生产能力与较好的社会与经济效益，这的确是一件令人难以想象的奇迹与创举，曾一度被市政府确定为市重点国有企业，并被授予漳州市生产先进企业光荣称号，作者被同时授予市先进生产者称号；1995年获“福建省‘八五’节能先进单位”光荣称号，作者也同时获“福建省‘八五’节能先进个人”称号。该示范项目于1996年上半年获中国节能投资公司、福建省计划委员会、福建省建设委员会联合授权漳州市建设委员会代表国家组织的验收，同年获漳州市审计局审计顺利通过，

取得了较好的环保节能减排、社会与经济效益。1991~1996年间，国内外专家、学者、地热工作者莅临漳州国家地热节能示范项目现场参观、指导，中央、省、市电视台、主要报刊对该示范项目作了详细的宣传报道，起了很好的示范作用。然而，漳州市地热开发利用国家地热节能示范项目还将面临更大考验。20世纪90年代有关社会职能机构环保、节能减排低碳经济的意识淡薄，没有出台相关扶持政策；换届之后的新地方政府又对该项目支持乏力；国际经济危机，鳖、鳗鱼市场价格倒挂；1996年4、5月份，漳州九龙江西溪南岸遭受了一场百年不遇的特大洪灾，该项目原本两个收益较好的大型地热养殖场遭受重创；最终导致该项目后劲不足经营上出现严重亏损挽回乏力，不得不告一段落，进入总结阶段。然而，此项目是中国大地上首创地热能大规模、上档次、梯级综合利用的一次勇敢尝试、大胆的预演与创新，其科技创新与系统工程设计成果试验获得成功，圆满完成国家“七五”、“八五”新能源开发利用重点科技攻关项目的任务。

目前，项目创建与经营管理虽暂告一段落，项目审计、公司法定代表人（项目负责）退休离任述职报告评审、群众评议、干部退休离任考核、总结、离任审计等也相继结束，作者也已根据以上程序通过了国有企业法定代表人退休离任前的全部考核、评议与审计，按期办理了退休手续。本可歇下脚步，安度晚年，但作者仍不忘自己是科技队伍中的一员，有对人类社会奉献科学知识与技能和为国家再作贡献的义务。作者的以上良好愿望与理想得到其国内外子女们通力支持与长期不间断慷慨解囊资助，使作者得以继续从事地热研究与实践工作：一次次自费深入漳州市各区、县的地热异常区，对一些重点、具经济效益的温泉点进行实地考察调研；自费参加国内外各种地热学术交流活动。这一期间有幸得到以郑克桢主任为代表的中国能源研究会地热专业委员会、福建省能源研究会及其所属地热专业委员会等组织领导的大力支持与指导，为作者提供了认真学习《地热能》、《能源与环境》等刊物各期文章及其他相关的重要地热论著的机会；以及积极参加国际、国内地热能等新能源开发利用交流大会、地热新科学新技术培训学习班；充分利用各种平台，主动开展论文、意见、问题与建议的发表、发言；热情参加国内外地热研究与实践经验交流，力求达到相互学习、取长补短目的等众多宝贵与十分难得的机会。通过实地考察、学习国内外地热能开发利用较好的国家、兄弟省、市先进技术、经验，进行深入取经学习，极大地开拓了视野，扩展了知识面。通过以上反复多次深入广泛学习取经后，作者结合自身实践经历与理论探索开展了综合性总结与对比，其认识水平与知识积累程度得到显著的和质的提高，从而能够站在较高的角度用较开阔的视野，认真仔细实事求是科学地总结出该国家地热节能示范项目较完整系统的正反两方面的经验与教训；然后在作者之前曾经担任市政协委员期间先后多次向市政府提供开发漳州地热资源的口头与书面建议的基础上，对漳州市地热开发利用战略与战术问题出谋划策、提供一些参考意见，并对整个漳州市和福建省地热能开发利用进行了规划、部署。作者退休后，经过一段较长时间的宁静思考回顾、交流取经后，在总结自身经历、工作成果、科研创新的全部资料后，受到极大的鼓舞、获得巨大的勇气与力量，决心要为中国地热能事业发挥余热。因此再次全身心投入地热研究与实践事业中，对“福建省温泉资料”进行了系统的搜集、整理，最后汇编成册，然后对每个温泉点资料逐一进行分析、比较。经过反复对比、全面统计、深入研究与探索、汇总归纳找出规律后，总结出福建省温泉分布规律，并对作者近四十年地质、地热科学研究探索与地热开发利用系统工程实践进行了认真深入的系统归纳总结，还对其中一些

论文、报告、阶段性总结或小结（摘要）、重要文件进行汇编，于短短数月间完成了二十余万字《福建省地热研究与实践》的拙作。

此次研究不仅基本查明福建省浅部浅层温泉水分布规律，还得出如下较为成熟的福建省地热能资源的初步结论。福建省初步查明温泉点 215 个，按温度分类，最有经济价值的大于 100℃ 的热气相过热低温热水类型温泉 2 个，30 ~ 100℃ 液相热水类型温泉 213 个，其中高温热水类型（60 ~ 100℃）温泉 56 个，有较高利用价值的 16 个（水温 80 ~ 100℃），中温热水类型（40 ~ 60℃）温泉 106 个，低温热水类型温泉（30 ~ 40℃）51 个，福建温泉以中温热水类型和高温热水类型温泉为主。全省温泉平均温度 53.12℃，天然温泉露头最高水温 89℃（泉州市德化县南埕温泉），地热钻孔（孔深 70 ~ 200 米）孔口最高水温 122℃（漳州热田高温中心）；全省温泉总流量 1579.85 升/秒（13.65 万立方米/日）全省温泉平均流量 7.348 升/秒（643.87 立方米/日）、单个天然温泉露头最大流量 155.1 升/秒（1.34 万立方米/日、水温 35℃，永安市城关西桥头温泉暗河出口流量，为福建省唯一一条特大型的温泉暗河）、地热钻孔最大涌水量 1.045 万立方米/日（孔深 200 米，孔口水温 122℃，降深 30 米，漳州五中校内第二开采孔、3.4 中照片 1 ~ 4、浅层热气相低温过热水、汽化井喷高度约 30 米）、全省 200 米深度内浅层温泉水允许开采量约为 68.5 万立方米/日。全省温泉年总散热量相当标准煤 23.38 万吨；福建省闽南分区东南部漳州市次亚区是全省九辖市中地热能资源最丰富的地区，温泉星罗棋布，初步统计漳州温泉 82 个，占全省温泉总数的 38.1%，温泉平均水温约 56℃，温泉水年散热量相当标准煤 7.91 万吨，占全省温泉年散热量的 34%，5000 米深度地热储量估算相当标准煤 2 万亿吨、价值约 1000 万亿人民币，目前开采利用技术条件下有经济价值的约 2000 亿吨（指 10 个增强型热气相过热高、中温热储地热能富集区、段、带和 14 个浅层丰富地热水富集区与 13 个浅层中等—丰富地热水富集区等热储量总和）、价值约 100 万亿人民币，均占全省地热能储量的约 40%，漳州热田是全省最大的一个地热田，是全省乃至中国大陆沿海地区浅层温泉水分布区中唯一的一处热气相过热低温热水类型温泉区（200 米深度内、孔口水温 122℃），是继西藏羊八井、云南腾冲、台湾花莲之后，中国第四位温度最高的地热田，浅层地热水（100 米深度内）分布面积约 12 平方千米，平均水温 81℃，允许开采量约 2 万立方米/日，是福建省目前为止浅层地热水水温最高、流量最大、分布最广的特大型地热田，漳州市是名副其实的地热能大市、温泉的故乡。全省 200 米深度浅层温泉水富集区 51 个；全省 5000 米深度内估算地热能储量相当标准煤 5 万亿吨、价值约人民币 2500 万亿元，目前开采利用技术条件下有经济意义的约 5000 亿吨（指 19 个增强型热气相过热中、高温热储地热能富集区、段、带和 51 个浅层丰富、中等—丰富地热水富集区的地热储量之和）、价值约 250 万亿元人民币；5000 米深度内可能有 3 个热储温度大于 300℃ 的地热能资源富集区和 2 个热储温度大于 300℃ 的地热能资源富集段（开发利用价值巨大），地热发电等价值很大的 150 ~ 300℃ 地热能资源富集段 13 个、富集带 1 条。闽南分区东北部泉州市次亚区沿海（东部）地区地震频繁，历史上与现在均发生过 5 ~ 7 级以上较大的地震，虽至今没有发现地表天然温泉，但种种迹象表明其深部 5000 米以内可能储存有较丰富的地热能资源（所处构造部位决定的），有待进一步勘察与探明。初步调查确定全省 200 米深度内浅层温泉水相对贫乏区为闽北分区，但该分区相对于其他一些省、市，其储热储水（热）构造、岩性等条件仍有较明显的优势，因此必须对该区地热能继续深入



开展勘察调查工作，以寻找相对有价值的地热能高温富集区、段，查明其储量，寻找浅层温泉水富集区，探明其水温、水质与允许开采量；要重视全省非温泉区地壳浅部低能位的浅层常温地热能资源的调查评价工作，充分应用地源热泵技术，科学合理开发综合利用地壳浅部常温状态下的浅层地热能资源。在地热能开发利用上，要科学合理地地对高端高能位（包括地壳中、深部热气相过热中、高温热水类型与高温干热田类型）、中端中能位（地壳浅、中部液相高、中、低温地热水）与低端低能位（地壳浅部常温岩土水体）地热能进行开发利用。通过总结福建省地热资源开发综合利用历史与现状，初步认定，增强型地热系统开发利用工程不仅节能减排，防止气候变暖，还可能是遏制与预防地震灾害的重要手段。

综上所述，福建省地热能资源非常丰富，地壳中、深部高端高能位地热能（热气相过热地热水类型与高温干热田类型）增强型地热系统开发利用工程是福建省最大的特色产业系统工程项目，开发利用前途广阔。地壳浅、中部中端中能位的地热能（主要是指液相高、中、低温地热水）资源开发综合利用已具规模，应再接再厉；应加强勘察探明地壳浅部低端低能位的地热异常区与浅层常温地热能资源储存量等工作，为进一步挖潜地壳中部与地壳浅部中端中能位的地热水资源潜力扩大其允许开采量与开采地壳浅部低端低能位的丰富常温地热能资源提供依据，广泛应用地源热泵新技术，综合开发循环利用好地壳浅部浅层常温地热能资源。

福建省独具一格的地热能资源分布特点，是其所处地球大地构造部位决定的，其成因机制完全可用地质板块运动学说和李四光先生的地质力学理论来解释。福建省地处欧亚大陆板块与太平洋板块、菲律宾（南太平洋）板块接触带上。地质年代的早期，这三大板块均以漂移为主，欧亚大陆板块向西、太平洋板块向东、菲律宾板块向南南东方向漂移，三大板块漂移的结果，在福建产生了两组方向互为垂直、力学性质却完全相反的合应力，其合应力方向自南往北产生 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 角的逆时针渐变，使得原先连接在一起的福建省与台湾省以台湾海峡分开隔海相望，亦在福建产生两组方向互为垂直、性质相反的断裂构造：近南北向（闽南北北东、闽中南部南北向、闽中北部与闽北北北西向）张、张扭性断裂构造面，如闽南西部至今保留下来的近南北向的长汀河；近东西向（闽南北西西向、闽中南部东西向、闽中北部与闽北北东东向）压、压扭性挤压构造带，如至今仍清楚可见的闽西南龙岩市武平、上杭、永定等县保留至今的近东西纬向挤压山脉与压、压扭性断裂面。到了新生代直至今日，以上三大板块皆与早期运动方向相反的方向运动，运动形式也发生极大变化，尤其是太平洋板块和菲律宾板块的运动最为剧烈，运动形式分别以向西、北北西方向向欧亚大陆板块俯冲，福建省所受这两大板块俯冲的合应力作用很大，尤其福建东南部的漳州、厦门、泉州沿海及靠近沿海的地区受以上两大地质板块俯冲合应力最集中也最大，新产生的合应力与原先的合应力方向一致，但力学性质各自互换。在这组新产生的合应力作用下，原先断裂构造线走向与倾角不变，但性质彻底互换为现在的地堑式的断裂群：闽南地区的北西西向先压后张断裂与北北东向的先张后压断裂；闽中南部地区东西向先压后张断裂与南北向先张后压断裂；闽中北部和闽北地区北东东向先压后张断裂与北北西向先张后压断裂。同时伴随而来的是对八闽大地较早形成的一组老断裂北西向或北北西向与北东向断裂群进行改组（兼扭剪性质），使之复合与复活，共同构成至今保留完好的福建近东西向的主要河流（主流）和近南北向山脉、支流水系地形地势，福建中部

受挤压抬升形成戴云山脉（南北走向），伴生了大量地堑式环状活动断裂，在这组地堑式活动断裂群作用下，福建中部岩浆隆起活动与沿海地区这组活动性地堑式断裂群引起的岩浆强烈隆起活动遥相呼应。福建省东带岩浆活动十分频繁与剧烈，如至今保留完好的第三纪—第四纪的漳州滨海火山口地貌。漳州盆地内众多丘陵山顶分布着的火山喷出物——黑色硅质岩、龙海牛头山火山口（11.6 Ma）、镇海火山口（0.72 Ma）、漳浦佛昙一带为基性玄武岩火山喷出物，漳州、厦门、泉州一带辉绿岩沿北西西向活动断裂侵入；福建中带位于屏南至闽清、漳平、华安一带以碱性橄榄玄武岩为主；福建西带明溪、宁化湖村一带，主要也为碱性的橄榄玄武岩、苦橄岩（苦玢岩），永安坑边为大面积火山集块岩、火山角砾岩、凝灰岩、凝灰熔岩、熔岩分布区。福建省分布着大面积的火山熔岩、凝灰熔岩、流纹岩、花岗岩，沿海地区还分布有大规模的辉绿岩、玄武岩等最新的浅层侵入岩均是沿着这组活动断裂侵入分布。以上火成岩（火山喷出岩、浅层岩、深层岩、岩脉）及其之上的这组地堑式活动断裂都是地热能储存与传导上升至地表的良好通道与载体，火山的喷发往往伴随有深部的岩浆侵入活动，火山口附近伴随有较高温度的温泉或特大流量的低温温泉，如园山火山口附近的漳州热田高温中心浅孔口水温达 122℃、自流量大于 1000 立方米/日；福建闽中西部永安坑边火山口附近的全省唯一特大型温泉暗河，出口水温虽不高，仅 35℃，但流量却达 1.34 万立方米/日，两者皆产生了惊人的散热量，说明这两地区火山岩浆热源依旧存在。研究表明，只有 60 Ma 以前侵入岩带上来的热量才已消失，但 60 Ma 以后侵入的岩浆给地壳带来了可观的热量，中国科学院地球物理研究所推算出漳州热田地壳深度 2.5 千米有大于 150℃ 的热储；其人工地震、重力、航磁、大地电磁、遥感等深部物探成果一致表明漳州盆地、华安汰内、漳浦、厦门、同安、泉州永春、安溪与德化等地 10 千米深度左右仍有岩浆熔粘体存在，漳州热田热源深度较浅、为 3~5 千米，指出福建地壳较薄一般 30 千米，东部沿海尤其东南部最浅、居里面深度约 7~10 千米，有 3 个低速、高导层，漳州一低速高导体位于 9 千米以内深度、横向延伸 100 千米、厚度 10 千米以上，为重力的高密度区，可能是巨大的岩浆房体，指出岩浆热是福建的主要热来源。

特大型的漳州地热田和大型的福州热田均呈现椭圆形，其长、短轴走向分别与其所在区位上的这组活动性地堑式断裂的走向吻合一致，充分说明福建地热能分布、温度、储量、地热水的水质、水量均受这组最新的地堑式活动性断裂的明显制约；而经板块俯冲合应力作用改造与复活后的另一组老断裂群北东与北西向（包括北北西向）断裂因倾角较缓、切割较浅，对福建地热能、地热水的储存起次要的加强与补充作用。种种迹象（温泉水化学特征、水化学场、物理场、新构造运动等）表明，福建地壳（10~30 千米）内较浅部深度约 5 千米处可能埋藏有大范围的残留岩浆热源体，或蕴藏着从地幔热能传导上来形成的巨大储热层，这个高温热源体或储热层还不断吸收储存在岩石圈内长寿命放射性元素衰变生成热，地热能资源十分丰富、温度高、热源体或热储层规模巨大。福建省自南往北、由东向西温泉分布呈南密北疏、东多西少的显著特征，其温泉流量、温度、水质变化规律与温泉数量分布特征吻合一致，这证实福建省东南部所受两大板块俯冲的合应力最大。由于福建各分区内这组活动性断裂分布、活动性、相互交接、汇合等程度上的差异，造成地震与温泉水孕生活动程度不同，构成不同密集度、温度、储量的地热能、温泉水富集区、段、带，使福建省地壳内中、深部高端高能位地热能资源，浅、中部中端中能位地

热水，浅部低端低能位的浅层地热水分布与富集，呈现起伏与不均匀但仍有规律可循的变化。

本书研究表明，根据能量守恒定律与能量平衡原理，增强型地热系统利用工程有利于遏制与预防地震灾害，地热深孔钻探有利于深部地热能的释放，可起很好的防灾减灾的作用。福建省自1956年以来，开展了以寻找地壳浅部地热能——温泉水资源的勘察工作（详见表1）。从表1内可清楚看出福建省对地热能资源的认识随着国民经济发展与地热勘察工作程度的提高而正在深化之中，在开发利用地壳浅部中能位地热能——液相高、中、低温地热（温泉）水上取得了较显著的成绩，但仍停留在原始粗放型中端中能位的开采利用水平上，在开采地壳中、深部高端高能位地热能的增强型地热系统开发利用技术应用上和推广应用地源热泵新技术开发利用地壳浅部低端低能位浅层常温地热能上还未起步。在国际上科学有序开发利用清洁环保节能非常规新能源低碳减排大潮中，地热能资源是成本最低、最优质的非常规能源之一。开发福建丰富的地热能资源充分发挥福建特色——地热能优势，建设福建省地热能强省；兼顾做好地震灾害的遏制与预防等工作是一项艰巨的任务。作者坚信，全面系统开发利用福建省丰富的地热能资源这项功在当代、利在千秋的伟业一定会尽快实现，福建省一定会实现地热能大省向地热能强省的伟大跨越，让八闽大地早日盛开地热能开发利用的灿烂之花，并结出丰硕的成果。

我国《地热资源地质勘查规范》GB11615—89国家标准规定了地热资源按温度分为高温、中温、低温三类，按热田规模分为大、中、小型三级。但作者建议，对福建省诸多温泉资源的划定和评价，可以利用更通俗浅显的方法，作者大胆拟定如下讨论稿，起抛砖引玉作用，供同行们讨论修改之。

温泉点的定义标准：以地下水露头水温高出或等于当地年平均气温加 $10^{\circ}\text{C}$ 的泉点，称之为温泉。如福建省全省年平均气温 $17\sim 21^{\circ}\text{C}$ ，取 $20^{\circ}\text{C}$ ，即福建省的温泉点的水温必须大于或等于 $30^{\circ}\text{C}$ （ $20^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$ ），这一温泉标准不仅切合福建实际，而且较符合利用价值的原则。第四系松散岩类覆盖下的地热水分布区，在没有天然温泉露头点或温泉露头位于河床内难以查明的情况下，可以揭露地下热水层的自流钻孔（井）作为温泉，则以孔（井）口水温大于或等于 $30^{\circ}\text{C}$ （比当地年平均气温高出 $10^{\circ}\text{C}$ ）的地热水自流量作为该人工温泉点的流量，如无自流的基岩裂隙地热水含水层，则以降深10米（稳定水位在第四系含水层底板之上）的涌水量作为该人工温泉点的流量，对第四系地热水含水层则以降深5米的涌水量作为该人工温泉点的流量，温泉点密度以每平方千米1个左右为限，两温泉点间隔必须大于200米。

对既没有温泉天然露头又没有第四系覆盖的基岩地热水分布区，以揭露地下热水（孔口水温大于或等于当地温泉点标准水温）的典型性代表性钻孔作为人工温泉点，密度以每平方千米1个左右为限，两温泉点间距应大于200米，对自流孔以其自流量作为温泉点的流量，如无自流应以承压孔降深10米稳定水位的涌水量作为该人工温泉的流量。

温泉点开发利用选择优先顺序：首先尽可能的全部天然温泉点，其次是代表性的自流孔（井）人工温泉点，最后才是典型代表性的承压孔（井）人工温泉点。

值此国家地热节能示范项目——“漳州地热梯级综合利用项目”实施20周年之际，向为此项目付出巨大心血、投入大量建设资金的中国节能投资公司、福建省发展改革委员会（原福建省计划委员会）谨致以最热烈与衷心的感谢！

表 1 福建省历来温泉（地热）资源勘察成果一览表

时间	工作程度及报告	主要成果及点评
1956 年	《福建温泉辑要》	收集福建省温泉 5 处
1959 年	《福建省温泉点》	记载福建温泉 136 处
1970 年	全省温泉调查	查出全省温泉 144 处
1983 年	《1/50 万全省水文地质区划》	收集全省温泉 192 处
1960 ~ 1969 年	福州热田初步勘察	受“文革”影响未提交报告
1970 ~ 1999 年	南靖县汤坑地热勘探	热田面积 0.35 平方千米，水温 40 ~ 77℃，允许开采量 0.4 万立方米/日，相当于标准煤 1.021 万吨/年。虽勘探孔较多，但地面调查工作严重欠缺，遗漏重要的温泉群调查。1985 年作者陪同法国德蒙热三位专家到现场发现此地热群，最高水温 82℃，比热田最高的孔口水温还高出 4℃ 以上，热田主控热控水构造不清
	福州热田勘探	热田面积 9 平方千米，平均水温 72℃，允许开采量 0.98 万立方米/日，相当于标准煤 2.676 万吨/年，开采阶段发现一钻孔孔口水温 97℃，为热田最高的水温。该热田勘察阶段长达近 20 年之久，地热孔众多，热田边界清楚，评价允许开采量合理准确，科学性、真实性强。但地面工作量（地质）严重欠缺，控热控水构造断裂、高温中心、温泉点等不清
	厦门杏林热田普查	热田面积 0.6 平方千米，水温 20 ~ 93℃，最大允许开采量 0.4336 万立方米/日，相当于标准煤 1.45 万吨/年。该热田地面地质工作量很少，普查孔也不多，热田边界难确定，由于工作精度较低，限制了热田向东部浅海方向发展和海底温泉的发现，控热控水构造也不清楚
	永泰城关梧桐普查	最高水温 67℃，全部钻孔涌水量之和的最大允许开采量 0.22 万立方米/日，相当于标准煤 0.3425 万吨/年。地面水文地质工作量过少，未发现温泉点、控热控水构造断裂不清
	连江县贵安详查	热田面积 0.7 平方千米，水温 26 ~ 84℃，最大允许开采量 0.3 万立方米/日，相当于标准煤 0.938 万吨/年。地面水文地质工作量少，控热控水断裂不清
	莆田市涵江普查	热田面积 3.1 平方千米，水温 40 ~ 58℃，最大允许开采量 0.6281 万立方米/日，相当于标准煤 0.808 万吨/年。地面水文地质工作量少，边界与控热控水断裂不清
	漳州盆地 226 平方千米水文地质普查	大于 31℃ 地热田面积 1.1 平方千米，基岩单孔热水涌水量一般小于 40 立方米/日，得出热田有热无水的结论，认为热田受北西向断裂带控制。由于地面水文地质调查粗糙，没有发现任何一个天然温泉点，热田的控热控水断裂判断失误，没有一个普查孔可揭露高温地热水富集带，对热田的定性严重错误
1985 年法国专家考察漳州地热	作者陪同法国地热专家德蒙热（三位）对漳州、厦门主要温泉点实地考察与分析样，提交有报告。在考察中发现多处新的温泉点，法国专家对我们中方关于漳州热田成因、北北东和北西西向控热、控水断裂构造、野外逆向思维调查创新方法、观点非常赞赏。经双方共同努力，报告对漳州地热详查起一定的促进作用，更加坚定我们对漳州热田的设计与部署勘察工作	

时间	工作程度及报告	主要成果及点评
	1986年7月至1987年6月省水文地质队与中科院地热室横向联合	双方共同提交“漳州热田基本特征与成因分析”报告，作者作为水文队课题组负责人将自己关于热田的高温中心、控热控水构造理论观点指出，得到中科院地热室专家们的坚定支持，共同参加野外地质填图（重新），发现大量北西西、北北东向断裂（活动性）证据，调查范围由226平方千米扩大到550平方千米、整个漳州盆地，在这两组活动性断裂交汇部位的工人疗养院（温泉）内打出了间歇性的高温（孔口水温105℃、孔底水温121.5℃），井喷高度近30米，涌水量大于1000立方米/日的热气相过热低温热水，初步建立起地热成因模式。但可能不只是对流传热型，而是火山传热型或火山对流传热混合型
	1985年中科院物理所开展泉州—汕头剖面地震、重力、人工地震试验，并对全省开展了1:20万深部物探勘察工作	该试验提供漳州、厦门一带沿海地壳5千米深度内可能存在高温热储的信息，证明漳州一带（福建省东南部）可能是火山成因类型的高温温泉，或是火山-对流混合型的高温温泉类型。该信息对指导福建省寻找具重大国民经济价值——地热发电节能减排的热气相过热高温（或低温）地热水热储意义重大。可惜该项意义重大的工作因受地面建筑物干扰过大，成果不太明显，有待引进国内外先进设备、技术、人才，将深部物探工作做深做透，为深孔验证奠定更扎实可靠的基础
1970 ~ 1999年	《1:2.5万漳州盆地地热详查报告》	1984~1987年完成报告提交，获地矿部找矿二等奖，新发现温泉6处8个温泉群（点），热田面积扩大为7.891平方千米，两组控热控水断裂交汇部形成热田高温中心区，在工人疗养院内打出高温高产井喷热气相地热热水，孔口105℃、单孔涌水量大于1000立方米/日（降深10米），并在地热田内多处打出单孔用水量大于1000立方米/日的地热水，地质图重新填制才满足本次工作要求，发现热田外围20多个地热异常点（水温25~30℃）。但热田资源评价却得出基岩地热水允许开采量0.7598万立方米/日，相当标准煤1.98万吨/年，平均水温70℃的结论。报告审查意见认为地热水资源评价存在严重问题，但执笔者仍坚持其错误，没有做任何更改
	《云霄火田—漳浦盘陀地热普查报告》	三个异常区总面积6.42平方千米，水温54.5~62℃、允许开采量2.009万立方米/日；相当标准煤2.501万吨/年。该报告在资源评价等问题上存在严重原则性错误：1. 工作区年平均气温21℃，那么温泉水温必须大于或等于31℃，这是温泉定义的硬性指标，任何人都不能改变的定理，但该报告硬把2个泉水点（水温才28.4℃和30℃）也当成新发现的温泉点统计进正式报告中；2. 允许开采量严重失实，如盘陀热异常区区区不足2平方千米，温泉点的总流量才不足2升/秒（0.012~1.044升/秒）、水温30~59℃，仅凭唯一的一个地热普查孔水温60℃、涌水量1019.3立方米/日，便武断地得出该异常区地热水水温60℃，允许开采量达1.2681万立方米/日之巨的错误结论，同一个执笔评价人之前对漳州地热田（特大型高温热气相过热地热水地热田面积近10平方千米）的允许开采量评价只有0.7598万立方米/日，如此一个特大型高温热水（含热气相热水）地热田允许开采量仅及区区一个中小型中温地热田一半多一点。该执笔者对同一工作区另一个热异常区孙坑热异常区、面积近2平方千米、温泉水温62℃、温泉群总流量14.911升/秒（1288.3立方米/日），却因自己布孔失误、造成普查孔（唯一的一个）孔口水温45℃（比温泉水水温低17℃）、涌水量485.57立方米/日（比温泉流量少802.73立方米/日），不仅不从主观上找出布孔失误的原因，还把这样一个丰富中温温泉水富集区的允许开采量错误地确定为2023.4立方米/日，不及中等丰富中温温泉水富集区盘陀热异常区的16%。可见该报告和漳州热田（详查）报告皆出自同一人之手的资源评价部分的准确度、科学性、可靠性、严肃性、真实性非常值得商榷

时间	工作程度及报告	主要成果及点评
1970 ~ 1999 年	漳州热田开采勘探阶段	热田面积大于 10 平方千米 (约 12 平方千米), 漳州五中内第二开采孔孔口水温 122℃, 井喷高度 30 米左右, 自流量大于 1000 立方米/日, 推算降深 30 米涌水量大于 1 万立方米/日, 热田允许开采量大于 2 万立方米/日, 平均水温 81℃, 热田向东北、东南方向扩大约 4 平方千米, 在下庄、下庵两处新的地热田扩大区均打出大于 1000 立方米/日 (单孔) 的高产热水、水温均比详查阶段高出 10℃ 以上。热田每年散热量相当于标准煤 6.257 万吨/年。有待做群孔抽水试验进行允许开采量的验证工作和编写 1:1 万热田勘察报告
	福建省建设志中《地下热水 (温泉)》初稿	1999 年福建省建委主编该报告, 收集全省温泉 188 个, 对全省各地温泉开发综合利用现状进行非常认真细致地归纳、总结。温泉开发利用现状叙述全面真实可靠。但对全省温泉 (地热) 点的统计还欠全面, 主要受没有一个统一的温泉统计标准影响, 造成温泉点与地热点定义上的混淆、对有些温泉点举棋不定

向对该示范项目给予关心爱护与大力支持、为中国地热事业发展呕心沥血作出突出贡献的科学家与前辈们: 被尊称为中国地热之父的中国能源研究会地热专业委员会首任主任任湘教授; 中国科学院汪集旻院士; 中国能源研究会地热专业委员会郑克桢主任等; 中国矿业联合会地热开发管理专业委员会宾德智主任等; 中国科学院地质与地球物理研究所熊亮萍研究员等表示由衷的感谢! 向曾对该示范项目给予大力支持的原福建省矿管委与储委方平彬主任、原福建省水产厅张文良厅长; 原中共漳州市委曹德淦书记、原市政府梁绮萍、杨水来常务副市长、曹盛文副市长; 漳州市发改委 (原市计委)、中闽轻纺公司; 福建省人事厅、地矿厅、矿管委、储委、科委与建委等领导、机关部门致以衷心的感谢! 对为该示范项目作出贡献的中国地球物理学会地热专业委员会主任庞忠和教授; 福建省能源研究会郭其朝常务副理事长、福建省能源研究会地热专业委员会主任赵云华教授级高级工程师等专家; 清华大学怀力田、蔡启林等教授; 中国地质大学苏民生、韩庆之等教授; 北京大学邹伦教授; 中国建筑设计院; 漳州市政府下属的人事局、科技局 (原市科委)、科协、建委、国土资源局、环保局、水产局、二轻局、教育局、工人疗养院、漳州五中、漳州七中、工程咨询公司等领导机关、学校、科研单位; 以及厦门大学、福州大学、中国科学院广州能源研究所、福州市能源研究所等大专院校、科研单位的领导和专家致谢! 并对给予作者工作、科研项目上大力无私帮助的所有单位、同行们、漳州市广大干部与人民群众表示衷心的感谢!

并向曾经一起奋战过的中国人民解放军建字七三二部队的首长、战友; 贵州省江口县委、县政府、县水电局; 福建省第一水文地质队 (原福建省水文工程地质队) 及二分队、地热详查组等长期并肩战斗在一起的领导、同事; 原福建省地质二团一中队及 203 钻机等单位的领导、同仁; 以及漳州市地热开发公司、漳州市能源研究所的同志们给予的帮助、支持表示亲切的谢意!

对福建省电视台漳州市记者站李清勇站长等新闻界的朋友们给予的热心支持帮助以及对国家地热节能示范项目给予的关注和报道致以诚挚的谢意!

向辛勤培养作者茁壮成长的母校园丁们: 福建省晋江希信小学黄一民校长等老师; 晋

江第五中学的蒋介积校长、陈苗等领导、老师；中国地质大学（原北京地质学院）的张心平、李晋明等老师致以衷心的感谢与崇高的敬礼！以及向大学朝夕相处、患难与共的姜兆钧、宋祈真、蔡和生、李和平、张玉发、王金贵、李绥胜等 51644 班的全体同窗学友们致谢！

作者能有对社会作出微薄贡献的今日，是与亲人们作出千辛万苦无私奉献分不开的，此深情厚谊让作者终生难忘。对此，特向含辛茹苦培养作者长大成人的祖母、父母等亲人；对浓浓亲情的胞兄胞妹们；20 世纪 60 年代末 70 年代初曾经雪中送炭帮助过作者渡过难关完成学业的旅居海外亲戚蔡先姨母与庄荣坤表兄；几十年来默默无闻无私奉献作出巨大牺牲支持作者倾注全力科研与实践工作的海内外家人、子女等亲人们深表愧疚与谢意！

相关资料浩如烟海，资料收集、统计、对比与分析是一项十分艰巨的工作，况且，作者又年近古稀，体能和精力有限，在家人与朋友的支持、资助与鼓励下，作者克服种种困难、全身心投入其中，终能在短短数月完成此稿。地热田、增强型地热田规模等级划分只是探讨阶段，还没有实际经验可进行对比，仅供讨论与参考用，有待今后实际应用中摸索提高与完善之。书中难免有遗漏错误之处，欢迎有识之士提供中肯的意见，将十分乐意接受！为了让读者对本书能获得全面系统的了解，本书还汇编了作者历年来从事地热科学研究的地热勘察、科研报告等摘要与主持国家地热节能示范项目实践工作期间的部分论文、阶段性小结、总结文章，以及一些相关必要的附件，供读者参考，欢迎批评指正。

庄庆祥

2009 年 11 月 17 日

# 目 录

## 第一部分 福建地热总论

1 福建省温泉资源概况 .....	(3)
1.1 福建省温泉资源分布特征与规律 .....	(3)
1.2 福建省温泉资源评价探讨 .....	(27)
2 福建省地热能储量估算探讨 .....	(40)
2.1 开发地热能的益处及储量估算深度 .....	(40)
2.2 地热资源量估算 .....	(41)
3 福建省地热能开发利用历史回眸 .....	(46)
3.1 地热能利用历史简述 .....	(46)
3.2 地热能利用现状 .....	(46)
4 福建省地热能开发利用意见与对策的探讨 .....	(51)
4.1 做好地热能开发利用前期工作 .....	(51)
4.2 应对策略 .....	(52)
4.3 应对措施与建议 .....	(57)
5 关于“遏制、预防地震与开发利用地热能关系”的研究、探讨 .....	(61)
5.1 中国及邻国几次大地震灾害简述 .....	(61)
5.2 遏制、预防地震灾害与逆向思维之我见 .....	(62)
5.3 破解遏制与预防地震灾害世纪难题的可行程度 .....	(64)
5.4 遏制与预防地震灾害发生的措施与应注意的事项 .....	(68)
参考文献和资料 .....	(71)

## 第二部分 福建地热相关的论文及报告

1:2.5 万漳州地热详查报告摘要 .....	(75)
漳州热田成因模式探讨 .....	(79)
漳州盆地地下热水的来源和运移途径的初步研究 .....	(84)
福建省漳州盆地地热田基本特征及成因分析——专题科研总结报告 .....	(92)
GENESIS ANALYSIS OF ZHANGZHOU BASIN GEOTHERMAL SYSTEM .....	(94)
漳州水热系统：关于成因的概念模型 .....	(101)



漳州盆地水热系统的成因分析 .....	(103)
地热梯级利用的研究 .....	(109)
漳州地热梯级利用 .....	(110)
利用地热水养鱼试验 .....	(114)
中小城镇可持续发展先进适用技术指南工程卷——漳州地热水产养殖现状及技术研究 .....	(116)
关于“统一规划、统一管理、统一开发、统一利用漳州地热资源”的初步建议 ..	(123)
关于世界新能源开发利用实验室漳州地热试验站规划用地初步布置说明 .....	(126)
漳州市天隆温泉公寓小区温泉水供给工艺设计书 .....	(127)
漳州温泉城建设规划意见 .....	(130)
关于漳州地区温泉(地热)资源开发综合利用的几点看法与建议 .....	(132)
漳州市申办国家温泉城市建设规划方案探讨 .....	(140)
漳州地热开发利用现状及前景 .....	(151)
漳州市地热开发公司(原漳州市地热联合开发部)关于综合开发利用漳州市区地热 资源项目建议书的报告 .....	(153)
关于漳州市区地热资源综合开发利用建议书 .....	(154)
对节能示范项目备选项目评选结果的复函 .....	(158)
漳州市区地热资源综合开发利用总体规划 .....	(159)
福建省漳州市市区地热资源综合开发利用示范项目第一期可行性研究报告 .....	(160)
福建省漳州市地热开发公司上报漳州地热养鳖基地(扩建工程)项目建议书 .....	(162)
漳州市地热养鳖基地(二期扩建工程)可行性研究报告 .....	(163)
建设漳州市地热高优农业——中华鳖苗孵化、越冬、深加工基地项目可行性研究报告 .....	(164)
关于漳州地热开发综合利用国家节能示范项目第三期工程项目建议书 .....	(171)
漳州地热—城市生活热水供给系统 .....	(172)

### 第三部分 附件及其他

1 作者简介 .....	(179)
2 主要勘察报告与论文 .....	(180)
3 福建省温泉一览表 .....	(181)
4 漳州市国家地热示范项目图集 .....	(191)
跋 .....	(199)
编后语 .....	(201)