

Application of Distributed Wellhead Geothermal Power Plants in Indonesia

Zhengmin Cai¹, Wenming Zhang², Yingyi Zheng³, Shen Zheng¹, Yu Liu¹

¹Engineering Service Branch, CNPC Great Wall Drilling Company, Beijing

²Top-Drive Technology Branch, CNPC Great Wall Drilling Company, Beijing

³Kenya Project, CNPC Great Wall Drilling Company, Beijing

Email: caizhengmin@yahoo.com.cn

Received: Mar. 25th, 2016; accepted: Apr. 22nd, 2016; published: Apr. 27th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This paper analyzed the features of geothermal resources and current status of renewable energy development in Indonesia. A comparative study has been conducted on the technical differences between the centralized geothermal power plant and distributed wellhead geothermal power plant. It was pointed out that the distributed wellhead geothermal power plant had a good prospect of application for geothermal energy development in Indonesia. This paper provides a scientific reference for the optimum selection of geothermal power plant mode.

Keywords

Geothermal Resources, Centralized Geothermal Power Plant, Distributed Wellhead Geothermal Power Plant

分布式井口地热电站在印尼地热开发中应用前景分析

蔡正敏¹, 张文明², 郑颖异³, 郑申¹, 刘宇¹

¹中国石油集团长城钻探工程有限公司工程服务公司, 北京

²中国石油集团长城钻探工程有限公司顶驱技术分公司, 北京

³中国石油集团长城钻探工程有限公司肯尼亚项目, 北京

Email: caizhengmin@yahoo.com.cn

收稿日期：2016年3月25日；录用日期：2016年4月22日；发布日期：2016年4月27日

摘要

本文分析了印尼地热资源的特点及其开发现状，对集中式地热电站和分布式井口地热电站的技术特性进行了分析对比，研究表明分布式井口地热电站在印尼地热开发中具有较好的应用前景，为地热电站建站模式的优选提供了依据。

关键词

地热资源，集中式地热电站，分布式井口地热电站

1. 前言

随着地热资源开发技术的不断成熟，地热发电作为地热资源开发利用的主要方式正在加速发展，目前全球性的地热带主要有4个[1] [2] (图1)：

- 1) 环太平洋地热带——它是世界最大的太平洋板块与美洲、欧亚、印度板块的碰撞边界；
- 2) 地中海 - 喜马拉雅地热带——它是欧亚板块与非洲板块和印度板块的碰撞边界；
- 3) 大西洋中脊地热带——这是大西洋海洋板块开裂部位；
- 4) 红海 - 亚丁湾 - 东非裂谷地热带。

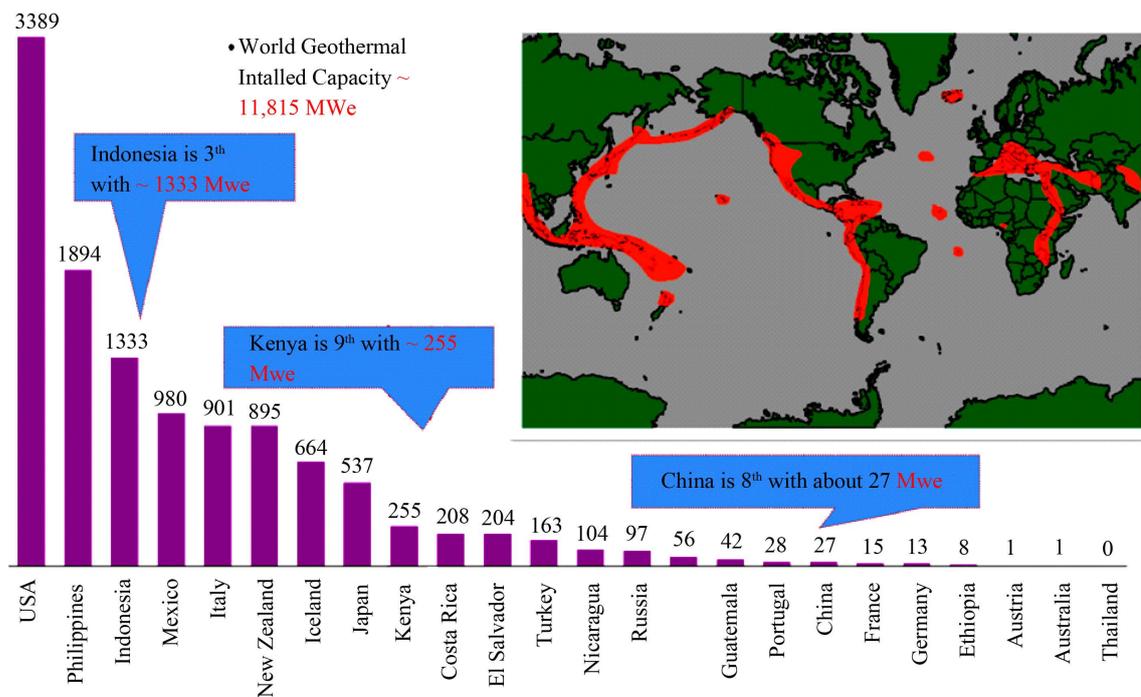


Figure 1. Installed capacity of geothermal power plants in the world's major countries

图1. 世界主要国家地热电站装机容量

印尼正处于亚欧板块、印度洋板块、太平洋板块三大板块交接的地理位置，是地震火山多发的活跃地带，具有丰富的地热资源，占到全球地热资源 40% 左右，发电潜力达 29,000 MW。

地热发电技术有以下主要优点：

- 1) 地热属于清洁能源且可再生，不产生温室气体；
- 2) 电站安全可靠，可以向电网不断输送电力，不存在间歇性和不确定性，几乎完全不受气候的影响，这使得地热发电厂可以成为提供基本负荷的电力能源系统，因此地热发电已经成为一种可快速商业化并能够并网发电的可再生能源的选择。

2. 印尼地热开发现状[3] [4]

印尼地热能源利用率为 5%，总发电量为 1333 MW (2014 年数据)，排在美国和菲律宾之后，是世界第三大利用地热能源的国家。印尼正在努力发展地热能源，印尼矿能部共规划了 58 个地热开发区，全国共确认了 265 处潜在的地热电厂选址。根据印尼矿物与能源部制定的地热能源开发利用规划中的明确规定，到 2025 年，地热发电可达 9500 MW，将地热发电量在全国电力中的比例提高到 12%，成为全球最大的地热利用国。

印尼的地热电站以集中式地热电站为主，第一座地热电厂在 1983 年建成，并于 1987 年得到扩建，目前该电厂装机容量为 140 MW。80 年代中期，世界最大的地热电力公司 Chevron 开发了位于西瓜哇 Salak 和 Darajat 的两处地热带，综合装机容量达到了 365 MW 左右。印尼的万隆地热电站拥有 40 眼地热井，于 1999 和 2009 年建成两套地热发电机组，总装机容量为 227 MW，第 3 号机组于 2013 年建成，装机容量为 127 MW，该电站的自动化管理水平很高，仅有几十名技术管理人员，是世界上最先进的地热电站之一。

目前，印尼的电力需求以每年 10% 的速度增加，由于大规模集中式地热电站的建站周期长、投资大，远远不能满足用电需求，而分布式井口地热发电模式(即在地热井口直接发电)以其建站周期短、投资小等特点正在逐步被推广应用。

3. 分布式井口地热电站与集中式地热电站的对比分析[5]-[9]

集中式地热电站和分布式井口地热电站的对比分析可从资源的综合利用效率、系统及设备的复杂性、适用性与可靠性，投资开发成本和建站周期等方面进行系统考虑。

■ 地热资源的综合利用效率对比

对于同一地热田，不同位置的地热井开采出的地热流体温度仍可能差异较大，集中式地热电站由于无法兼顾所有地热井，使得较低参数的地热井无法被利用，而较高参数的地热井不得不降低参数从而造成资源浪费。分布式井口地热电站可根据不同地热井的参数分别进行设计建站，使得每口热井的能源都能得到最大化的利用，因此单从地热资源利用效率来看，分布式井口地热电站具有明显优势。

■ 地热资源损失对比

集中式地热电站与地热井之间需要远距离的输送管线，在输送过程中会产生将近 20% 的能量损失，此外在地形地貌相对复杂的区域铺设管线难度较大，如果采用分布式井口地热电站，可以大大降低地热蒸汽的热量损失。

■ 热力系统及电站设备的复杂性

集中式地热电站由于汇集了来自不同热井的流体，可以采用大功率的汽轮机组，大型汽轮机组的热效率与分布式发电系统中采用的小型汽轮机相比，热效率较高，因此对于具有热流体参数相似并且距离相对较近的地热井具有比较优势。

分布式井口地热电站需要根据每口地热井的参数进行个性化的优化设计以实现热能利用最大化，这使得不同地热所需的汽轮机组及其辅助设备都要进行个性化定制或选型，相比较集中式地热电站而言，虽然不需要热流体管线，但增加了设备的种类和系统的复杂性。

■ 电站的移动性

井口式地热电站井口电站单机功率小，主要设备均可实现撬装化，便于运输和拆卸。当地热井产能衰减过大时可方便地进行电站迁移。当需要进行集中建站的时候，也可以将模块化的单元发电机组进行组合，适应性较强，提高了设备的重复利用性，避免了集中式电站由于地热资源参数降低影响发电效率等问题。

■ 电网运行安全性

由于井口地热电站的装机容量不是很大，并网时对现有电网不会带来很大的冲击，既可以承担电网的基本负荷，又可以承担调峰负荷，机组能够适应频繁启停的工况，给整个电网的运行调度带来方便。同时单个电站故障并不影响其他井口电站的正常运行，因此故障影响区域相对较小，整个电力系统的稳定性较好。

■ 投资开发成本

相比于集中式地热电站，井口地热电站的投资相对较小，边开发边发电的建站模式将缩短整个开发周期并显著提高资金的利用效率和投资回报率，因此分布式井口地热电站在印尼具有较为广阔的应用前景。

■ 建站周期

通常集中式地热电站需等待所有热井钻探完成并取得测井数据后进行设计，热力管线的建设也需要相对较长周期，导致整个电站的投资开发周期较长。而分布式井口地热电站不需要热力输送管线，建站周期较快，对于较大的地热田，可以边打井边建电站，极大地缩短了地热资源的利用周期。

4. 分布式井口地热电站在印尼的应用[7]

众所周知，印尼是一个由众多岛屿组成的国家，因此离岛的电力需求很大，分布式地热电站恰恰满足了这个条件，不用特别大的装机容量就能够满足岛屿上的用电需求，且安装简单，设备撬装化后运输方便。目前井口电站已经在印尼取得了初步成功应用，如在武隆布建立的装机容量为 5.4 MW 的离岛地热电站(图 2)，其基本情况如下。

该地热电站采用转速为 3000 r/min 的汽轮机，气液分离器采用立式分离器，分离后蒸汽干度 99.5%。凝汽器采用混合式凝汽器，抽真空系统采用了两级射汽抽气器，虽然省掉了真空泵，节约了整个电站的自耗电率，同时也浪费了将近 20% 的地热蒸汽。

该电站的不凝结气体含量为 3% 左右，考虑到腐蚀性气体含量高，同时电站基本都修建在山坳里，所以地热蒸汽中分离出来的不凝结气体易在生活区聚集，因此电站的建筑设计采用的是封闭式钢结构，防止设备受腐蚀性气体影响。

整个电站的冷却塔处不凝结气浓度相对较高，硫化氢气体经冷却塔顶部电扇吹除冲稀后，其浓度仅为 3~5 ppm，远远低于世行规定的最低浓度指标 10 ppm，因此无需进行不凝性气体收集和额外的后续处理。

整个井口电站自动化程度较高，运行平稳，满足了整个地区的供电需求，值得进一步推广应用。表 1 为武隆布井口地热电站主要技术参数。

5. 结论及建议

综上所述，由于印尼国家的地域特点，离岛分布式井口地热电站的建设有很大的推广前景，又由于



Figure 2. Cloth wellhead geothermal power station in Wulong
图 2. 武隆布井口地热电站

Table 1. Main technical parameters of wellhead geothermal power station in Wulong
表 1. 武隆布井口地热电站主要技术参数

序号	指标名称	单位	数值	备注
1	总装机容量	MW	6	
2	机组台数	台	2	
3	单台机组额定发电功率	MW	3	
4	单台汽轮机额定耗汽量	t/h	27.67	6 bar(a)饱和蒸汽
5	汽轮机汽耗率	kg/kWh	8.35	含汽封用汽
6	经济寿命	年	20	

各地热井的参数差异，采用分布式地热电站可以根据每口地热井的资源特性，确定最佳机组参数，极大的发挥单井的潜能，避免资源的浪费。

同时分布式井口地热电站具有建站周期短、配套设施投资低、建设和运行方式灵活的特点，适合资金短缺地方的地热资源快速滚动开发。

基金项目

该项目为中国石油集团“可再生能源技术开发与应用研究”科研项目，课题名称：“肯尼亚地热开发技术研究与现场试验”。

参考文献 (References)

- [1] 袁银梅. 地热资源及其利用[J]. 中国西部科技, 2006(34): 33-34.
- [2] 林丽, 郑秀华, 詹美萍. 地热能源利用现状及发展前景[J]. 资源与产业, 2006, 8(3): 20-23.
- [3] 印尼电力市场投资环境. 中国企业投资印尼电力市场前景研究报告[R].
- [4] 侯福志. 地热: 21 世纪的能源宝库[J]. 地球, 2003(1), 9-10.
- [5] Mohammed, Y.S., Mustafa, M.W. and Bashir, N. (2013) Status of Renewable Energy Consumption and Developmental Challenges in Sub-Sahara Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **27**, 453-463. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.044>
- [6] Mwangi, S.M. (2013) Application of Geochemical Methods in Geothermal Exploration in Kenya. *Procedia Earth and*

Planetary Science, **7**, 602-606. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeps.2013.03.220>

- [7] 蔡正敏, 强卫东, 高冬梅, 等. 浅谈分布式井口地热电站在肯尼亚 Olkaria 地区的应用[J]. 可持续能源, 2014, 4(6): 57-62.
- [8] Geirdal, C.A.C., Gudjonsdottir, M.S. and Jenson, P. (2015) Economic Comparison of a Well-Head Geothermal Power Plant and a Traditional One. *Geothermics*, **53**, 1-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geothermics.2014.04.003>
- [9] DiPippo, R. (2012) *Geothermal Power Plant Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact*. 3rd Edition, Elsevier, Oxford.