

# 西藏地热活动与开发对地质环境的影响

胡先才, 孙继东, 姚中华, 荣 峰

(西藏自治区地质矿产勘查开发局地热地质大队, 西藏 拉萨 850032)

**摘 要:** 年轻的青藏高原, 新构造运动活跃, 地热活动频繁而强烈, 区内有各种类型的地热显示区(点)600 余处, 与地热活动相关的环境问题以及地质灾害有着复杂而又广泛的联系。探索地热活动与地质灾害及特殊地质环境类型形成之间的关系, 对于指导地热显示区及其周边的各项人类开发活动, 寻求开发利用地热资源与保护环境的最佳切入点发展地方经济、保护自然环境都有着重要的意义。

**关键词:** 地热; 地质环境; 西藏

**中图分类号:** X141

**文献标识码:** A

西藏拥有得天独厚的地热资源, 开发程度在国内也相对领先。羊八井和那曲地热田的开发利用在西藏的经济建设、人民生活的改善以及环境保护等方面已取得了令世人瞩目的成就。但由于地热显示区本身的特点或在开发利用过程中的不当开采行为, 引发的各类环境问题也较为突出。在地热活动和地质灾害之间就存在着某种内在的联系, 研究二者之间的关系及地质灾害发生的规律, 并为地热显示区及其周边地区的开发活动提供依据。对于寻求开发利用地热资源与保护环境同步发展的最佳方案, 发展地方经济, 保护自然环境都有着重要的意义。

青藏高原是中生代以来印度洋扩张、冈瓦纳大陆分解北移、印度板块与欧亚板块多次碰撞拼接的产物。第三纪以来, 随着高原的隆升产生了一系列的活动构造。这些活动构造是由一系列不同形态、不同力学性质、不同方向、不同强度、不同等级和不同序次的构造形迹所组成的构造群式构造体系。作为构造运动的伴生产物, 地热活动十分频繁、强烈。高原的现代地热活动开始于中更新世末期, 并延续至今。水热区的分布与活动构造关系十分密切, 水热活动强度最大的水热显示类型如水热爆炸、间歇

喷泉、沸喷泉、沸泉等均分布在冈底斯北坡—念青唐古拉构造带以南的近南北向活动构造带内。

由于地热活动的存在引起地质环境条件发生改变, 而导致坡面物质运动速度的加快、减缓或固结等多种地质环境作用类型, 表现为滑坡灾害的发生和热液对沉积物的胶结及土壤盐碱化的发生。

## 1 地热活动与滑坡

滑坡的发生, 表现为岩土体在重力作用下沿一个薄弱面整体下滑。如果滑坡体周边有地热活动存在, 必然会对滑动的特征及规律产生影响。一般情况下, 地热活动区地下水十分丰富, 对滑动面的浸润作用强烈、或具有在本来没有滑动面的岩土体中促成软弱滑动面的生成, 使之形成滑动。

措美县日诺热显示区的主要显示点出露于日诺村南侧雄曲河南岸的晚三叠统砂岩、板岩地层中, 大量沸泉与温泉沿东西向活动构造带出露。由于热水常年活动, 致使构造带北侧的山体已出现了重力作用下的整体位移, 五个并列的小山梁向北侧滑移距离均达 20 m 左右, 而且由于地热流体的浸润作用, 使滑动面间的摩擦系数减小, 整体滑移活动仍在进

**收稿日期** (Received date): 2003-11-30。

**基金项目** (Foundation item): 西藏自治区生态功能区划研究项目支持 (2001~2002)。[ Supported by Tibet Autonomous Region Ecological Foundation Division Research (2001~2002). ]

**作者简介** (Biography): 胡先才 (1966-), 男, 湖北公安人, 高级工程师, 从事地热资源评价与环境地质研究工作。[ HU Xian-cai, (1966-), male, born in Gong'an, Hubei. Senior engineer, Research field mainly covering geothermal resources assessment and environmental geology. ]

行。由于滑坡体向北推进,雄曲河向北侧侵蚀,并已直接影响到河流北岸大片农田及村庄的安全。一旦显示区内出现地壳内部应力的改变或者地震的发生,将会出现大规模的山体滑坡,日诺村一千余居民的生命安全将受到威胁。根据我们的调查五个小型滑坡体的方量均在 5 000m<sup>3</sup> 左右,若发生大规模滑动,必然会造成河流堵塞,而后若发生溃决,其损失将更为严重。措美县日诺滑坡体与地热活动的关系见图 1。

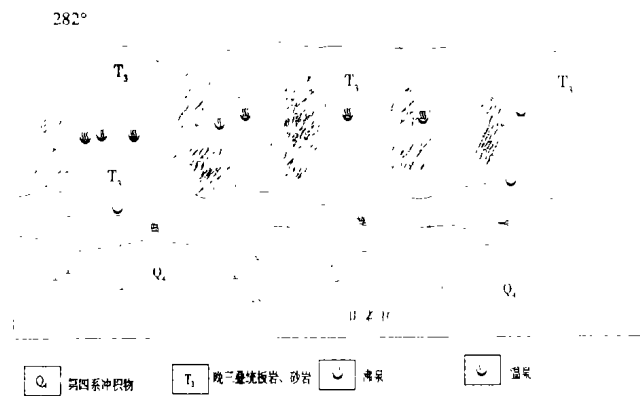
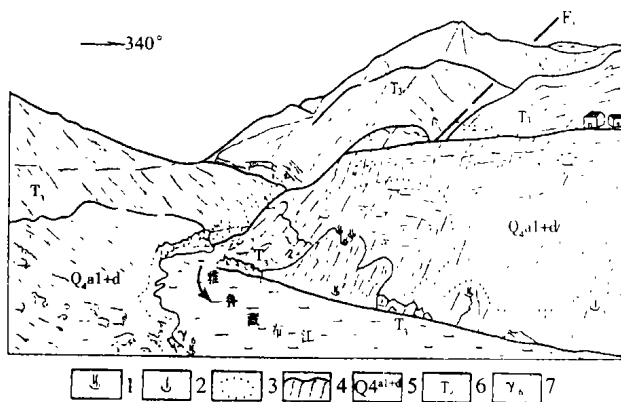


图 1 措美县显示区的地热活动与滑坡示意图

Fig. 1 Sketch map of geothermal activities and landslide in Rinuo geothermal manifestation area of Cuomei County

昂仁县色米地热显示区出露于雅鲁藏布江西岸的冲积与坡积物地层中,由于地热流体的浸润作用,使沿江一些边坡较大的松散堆积物出现了滑坡,而且新的滑坡面在已滑动的滑面后侧正在孕育形成,该显示区地热活动与滑坡体的相互关系见图 2。



1. 沸泉 2. 温泉 3. 蚀变带界线 4. 硅华体, 5. 冲积+堆积物 6. 三叠系砾岩, 硅质岩 7. 喜山期花岗岩

图 2 西藏昂仁县色米地热显示区示意图素描图

Fig. 2 Sketch map of Semi geothermal manifestation area of Angren County in Tibet

根据我们的调查研究,发现地热活动引发滑坡产生的机理有如下特点:地热活动区往往都是岩石与矿物蚀变最为强烈的地区,一些强度较高的岩石大多沿结构面或热流体上升通道蚀变为软弱层位,如花岗岩体中由于蚀变形成的“高岭土”层,基性或超基性岩体的绿泥石化、绿帘石化形成的软弱层等都可能成为滑坡体的滑动面以及崩塌结构面。丰富的地下水对结构面的浸润降低结构面的摩擦系数,在重力作用下极易岩土体的滑动。

在西藏几乎所有地热显示区都存在由于地热活动使山体内结构面被地热流体浸润,或强烈的水热蚀变使岩层软化诱发滑坡和崩塌地质灾害的现象。

## 2 地热活动的化学沉积与水土流失

地热活动带来热水化学沉积物的固着与胶结是对人类环境有积极意义的一种表生过程,它即可以稳定岩坡、山体又可形成有旅游价值的泉华景观。

在西藏的地热显示区普遍存在泉华沉积物,这些泉华物质多易将热显示区周边的松散沉积物胶结,或在松散沉积物的表层形成坚硬的泉华沉积物外壳,增加其内部结构应力,起到固着和定位的作用,减缓了水土流失发生的速度,稳定危岩体,保护边坡。

搭格架地热显示区位于长马曲河的源头,打加芒错的排泄出口处地形坡度大,地理位置位于河缘强烈剥蚀区,而且有巨厚的松散物质堆积层,但由于这一地区存在大规模的地热显示,松散堆积物普遍被热液沉积物胶结,或在松散沉积物表层形成了壳状泉华层,泉华物质为硅质或钙质层,耐冲刷剥蚀能力强,因而地貌景观保存完好,包括处于极易遭受河流冲刷地段的间歇喷泉复杂的地下结构也保存完好,为人类留下了一处奇特的自然景观,目前正在当地建立西藏第一批地质遗迹类自然保护区。

搭格架地热显示区沉积物结构剖面图如下:在搭格架地热显示区泉化沉积物出露面积近 2km<sup>2</sup>,而且处于河流源头。对这一地区及整个长马曲河流域的水土流失起到了明显的控制作用,即使在夏季洪水期,这一河流水体清澈,含砂量极小,而且坚固的泉化层减缓了河流的向源侵蚀作用,对打架芒错的稳定蓄水控制效果也十分明显。在藏北地区保留了一块完好的带状湿地。

与搭格架类似的地热流体化学沉积物对第四系

松散层的胶结与保护作用几乎在大多数地热显示区内均有不同程度的表现,尤其是藏北地区一些古地热显示区大面积的泉华沉积物对水土保持起到了良好的作用,这一类显示区如噶尔县门士热显示区、普

兰县齐吾棍巴、那曲县谷露等地,热显示区在西藏的出露面积较之国土面积虽然有限,却存在着阻止水土流失的效果。就其整体意义而言,也是十分有效的。

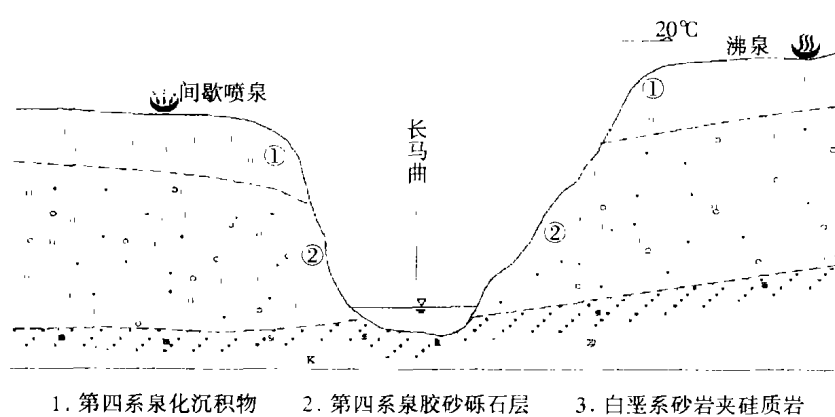


图3 昂仁搭格架地热显示区内化学沉积物对松散堆积的固结作用

Fig.3 Consolidation effect of chemical sediment on incompact deposit in Dagejia geothermal manifestation area of Angren County

### 3 地热活动与土壤盐碱化

地热田排泄流体多为高矿化度水,排泄流体流经区形成土地盐碱化也是地热对地质环境的一个重要影响。这一现象表现较为突出的热显示区以那曲地热田为代表。

那曲地热田位于那曲镇以南 1km,热田排泄地

热流体矿化度较高,平均在 2 000mg/l 左右。排泄的热流体沿着凹谷地带向次曲河排泄,从热田到次曲河近 3km 的流程中形成了 200~400m 宽度不等的盐碱地,总面积达 120hm<sup>2</sup>,这一地带内与周边的良好牧草场形成鲜明的对比。盐碱化地带表面白色盐化沉积物广布,土壤板结、寸草不生。

在西藏其他热显示区内查明土地盐碱化,或排泄热流体对牧场均形成破坏的面积统计见表 1。

表 1 部分热显示区排泄热流体对牧场形成破坏的面积统计见表

Table 1 the area of grassland destroyed by geothermal water in some geothermal manifestation area

| 显示区名称                    | 那曲  | 谷露 | 董翁  | 罗马  | 可措 | 哲古 | 模麓 | 搭格架 |
|--------------------------|-----|----|-----|-----|----|----|----|-----|
| 草场破坏面积(hm <sup>2</sup> ) | 120 | 10 | 4   | 4   | 16 | 4  | 40 | 30  |
| 显示区名称                    | 宁中  | 续迈 | 羊八井 | 拉多岗 | 日多 | 邱桑 | 门士 |     |
| 草场破坏面积(hm <sup>2</sup> ) | 6   | 10 | 60  | 25  | 5  | 6  | 6  |     |

### 4 地热开发诱发地面沉降

地面沉降的形成主要是由于含水层的疏干而导致的,在羊八井热田由于大规模开采地下热水,已经形成了地面沉降,并带来了严重的危害。1992 年由于地面不均匀沉降的发生,导致羊八井二厂厂房裂缝,3.15kw 开关室西侧约 3 000m<sup>2</sup> 地面出现大量热流体渗溢现象,开关室内蒸汽弥漫,温度高达 70℃,

二厂的正常生产被迫中断,为此自治区人民政府组织各方专家进行论证,研究对策,采取水文、工程、地球物理等手段勘查,初步掌握了引起地下热水渗溢原因,以及造成地面沉降、厂房裂缝的症结所在。通过工程措施向沉陷裂缝注入大量水泥浆,封堵热流体渗溢通道,抢险工程历时近 2 个月,最后恢复了二厂的正常运行发电。

据近年来羊八井地热田的统计资料,几年的高强度开采整个热田地下水水位下降达 10 m 以上,

深部承压水水头也明显下降,含水层的疏干现象明显,而热田的天然补给量又十分有限,导致地面沉降最大已达 260mm,而且沉降是不均匀进行的,对地面建筑潜在威胁巨大。真正要从根源上对地面沉降达到治理的目的,合理的办法只有采取回灌措施,使开采量与补给量及回灌量之间达到动态平衡,防止含水层进一步被疏干,前述的灌浆填隙的办法只是治标不治本的应急措施。目前羊八井、那曲都已将回灌工程纳入了下一步开发的规划之中,地面沉降现象将得到抑制。

## 5 结论

地热开发与天然条件下的地热活动都可能改变地质环境背景,诱发各类地质灾害,包括改变地质体结构特征、诱发崩塌、滑坡、疏干含水层引起地面沉降,地热流体浸流造成土地盐碱化等现象,西藏地热活动分布广泛,其危害程度因地而异,治理对策应根据具体情况而定。

应加强对西藏地热资源空间分布规律与规模;地热流体的物理化学性质;地热资源合理开发方案;

综合利用与环境保护对策的综合研究,在研究基础上制定相应的规划,使宝贵的资源为西藏地方经济的发展更好的服务。

在西藏这样一个地热活动广泛存在的地区,开展各类开发活动都应注意因地制宜,特别是大型的建设项目的选址在考虑到能够综合利用地热资源的前提下,须尽量回避地热显示区不良地质体给工程建设带来的各种危害。

西藏地热资源十分丰富,开发潜力巨大,应用领域广泛。应注重在开发中加强环境保护对策的研究。使西藏的地热资源在开发利用中发挥良好的经济效益与生态环境效益。

## 参考文献(References):

- [1] QIN Chang-long *et al.*. Zoning of geothermal resources in Tibet, Geothermal geological brigade Bureau of Mineral and Resource of Tibet, 1991. [覃昌龙,等.《西藏自治区地热资源区划》,西藏地热地质大队,1991.]
- [2] HU Xian-cai *et al.*. Present situation of geothermal development and environmental assessment in Tibet., Geothermal geological brigade Bureau of Mineral and Resource of Tibet, 2001. [胡先才,等.《西藏地热资源开发利用现状与环境影响评价》,西藏地热地质大队,2001.]

# Research on the Influence of Geothermal Activities and Exploitation to Geological Environment in Tibet

HU Xian-cai, SUN Ji-dong, YAO Zhong-hua, RONG Feng

(Geothermal Geological Brigade, Bureau of Mineral and Resource of Tibet Lhasa 850032, Tibet, China)

**Abstract:** Tectonic movement is active and geothermal activities are frequent and intense in the young Tibet Plateau, where there are more than 600 geothermal manifestations of all kinds. Environmental issues and geological disasters related to geothermal activities are complex and interdependent. To guide human development activities in geothermal manifestation area or around and to find the best cut-in of geothermal development and environmental protection for local development and natural environment protection, it is necessary to explore the relation between geothermal activities and geological disasters.

**Key words:** terrestrial heat; geological disasters; Geothermal ; Geological environment