

青藏高原地热资源与地壳热结构

白嘉启¹, 梅琳², 杨美伶¹

(1. 中国地质科学院 地质力学研究所, 北京 100081; 2. 中国地质科学院 北京 100037)

摘 要: 青藏高原具有独特的地壳结构和高热背景。南部的喜马拉雅地块属于“热壳冷慢”型, 拉萨—冈底斯地体属于“热壳热慢”型地块, 该区域内中地壳范围内存在一低速高导层, 可能为部分熔融岩浆囊, 形成了规模宏伟的地热带。高原水热活动带主要出露在喜马拉雅—冈底斯—念青唐古拉之间, $> 25^{\circ}\text{C}$ 的水热区有 283 处, $> 80^{\circ}\text{C}$ 的沸、热泉有近 40 处。著名的羊八井高温热储地热田, 已经建成装机容量达 25.18 MW 的地热电站, 为拉萨输送了大量电力, 地热资源在高原能源结构中占有重要的地位, 具有巨大的开发前景和价值。

关键词: 青藏高原; 地壳热结构; 地热资源

中图分类号: P314.2

文献标识码: A

地热能是一种洁净、方便、蕴藏量巨大且可补充性的新能源, 在国家能源建设, 保证国民经济可持续发展, 具有显著的优势。面对 21 世纪新的世界石油危机, 为加强国家能源安全, 应大力加强地热资源的调查、勘查与开发工作。

我国地热资源丰富, 高温地热资源主要集中在青藏高原的南部。据有关资料, 西藏地区共有各种水热显示点 664 处, 其中藏南、藏中和藏东就占有 575 处。以班公湖—怒江缝合带为界, 南部块体热流量介于 $61\text{mW}/\text{m}^2 \sim 319\text{mW}/\text{m}^2$ 之间, 大大高于北部。在雅鲁藏布江流域及羊八井—那曲裂谷等地分布着数十处 90°C 以上的沸泉、喷泉, 200 余处热泉、温泉, 更有著名的羊八井等若干个地热田。羊八井地热发电站是我国第一台高温湿蒸汽地热发电站, 自 1977 年建厂, 至 1991 年装机容量已达 25.18 MW, 发电量占拉萨电网的 40% 以上。羊八井热田已成为青藏高原上一颗璀璨的明珠, 地热开发、综合利用已经结出可喜硕果^[1-3]。

1 青藏高原地壳热结构

素有“世界屋脊”之称的青藏高原处于印度板块—欧亚板块碰撞带上, 构造活动强烈, 地质构造复杂, 具有独特的陆—陆碰撞型地壳结构和高热背景, 形成了我国温泉数量最多、延伸最长、规模最宏伟的喜马拉雅地热带。

青藏高原的隆升是全球新生代以来最重大地质事件之一, 是地球上大陆板块与大陆板块碰撞造山的典型地区。它的深部结构、构造和形成演化一直是国内外地球科学家最为关注的

问题。高原地壳深部构造与山盆升降、地震活动、地热异常关系密切，特别是与地表高热流值、高温水热活动的形成有着密切的关系。约自 50 ~ 45Ma 开始发生的印度—欧亚陆—陆碰撞事件，印度大陆板块沿雅鲁藏布江缝合带俯冲于欧亚大陆板块之下，巨大的构造动力导致青藏地区发生广泛的区域性地壳变形和缩短、增厚，伴随大规模火山喷发和岩浆活动，高原快速隆升，以及频繁的大地震和地表水热活动，形成了蕴藏丰富的地热资源^[4~5]。

1.1 藏南高热流

1980 ~ 1984 年，中—法科学家联合开展的“喜马拉雅山地质构造与地壳上地幔的形成和演化”首次青藏高原深部地质合作研究项目，在地壳—上地幔构造演化、人工地震测深、大地电磁测深、古地磁与活动构造等方面开展了系统的调查研究工作，取得多方面的重要探测、研究成果，证实青藏高原地壳巨厚，指出雅鲁藏布江缝合带南北侧深部有多条达到上地幔的深断裂。研究期间，首次在藏南羊卓雍湖和普莫雍湖成功地开展了我国陆地湖泊热流测量。测量结果表明，羊卓雍湖的平均热流值为 176.68 mW/m²，普莫雍湖的平均热流值为 116.39 mW/m²^[6~7]，说明该区是高热流区，并可据此估算高原深部温度。

根据地表热流、地幔热流和地壳中放射性元素蜕变热量关系^[8~9]：

$$Q_0 = Q_r + AD \quad (1)$$

式中 Q_0 —地表热流， Q_r —地幔热流， A —地壳中放射性元素产热率， D —地壳中放射性元素分布的视厚度。

以及地壳中放射性元素和深部温度的关系^[9]：

$$T = \frac{Q_r Z}{K} + \frac{D^2 A}{K} (1 - e^{-Z/D}) \quad (2)$$

式中 T —地壳某深度处的温度， Q_r —地幔热流， Z —深度， D —地壳中放射性元素分布的视厚度， A —地壳中放射性元素产热率， K —岩石热导率。

计算的两湖地区地壳上部温度结果表明，两湖地区地壳下处于高热状态，羊卓雍湖于 10km 深，普莫雍湖于 20km 深就可以达到岩石熔融状态。这个解释或推测在同时期的其它地球物理探测结果中也得到印证。

据大地电磁测深资料分析，羊八井热田附近十几公里深度存在一个低阻层，它可能是热田水热系统的热源—岩浆房。这个推断可以按照羊八井热田 19 号井（原井位号）1000 m 之下（热储层以下）的传导地温梯度值对深部温度进行推算。假定未冷凝岩浆房温度为 700℃，该地点传导地温梯度为 4℃/100 m，以深度在 1000 m 时温度为 120℃为起点，则热源埋藏深度为：

$$H = \frac{700 - 120}{4} + 1000 \approx 15\text{km}^{[7]}$$

其中 H 为热源埋深深度。

这个结果与深反射地震和大地电磁测深资料所推测的热田热源—岩浆房埋藏深度基本吻合。

1.2 高原地壳结构

1985 ~ 1991 年，国际地学大断面（GGT）计划的中国亚东—格尔木地学断面项目完成。该研究将高原由南向北划分为六个地块：依次为喜马拉雅地块、冈底斯—拉萨地块、羌塘地块、可可西里—巴颜喀拉地块、昆仑—柴达木地块与祁连地块，具有以下地壳结构类型：

(1) 南喜马拉雅带和北喜马拉雅带，是一个新生的加热地块，地表热流值高达 91 ~ 146

mW/m^2 , 其热源可能是顺层侵位的壳源岩浆, 呈“准厚壳薄幔”、“厚壳薄幔”和“热壳冷幔”型结构^[9~10];

(2) 冈底斯—拉萨地块是一个喜山期构造热地块, 地表热流高而差异大, 从接近区域背景值的 66 mW/m^2 , 经 $106 \sim 140 \text{ mW/m}^2$ 的传导型甚高热流, 到 $319 \sim 394 \text{ mW/m}^2$ 的对流—传导型热流高异常, 这种热流分布制式说明, 壳内至少存在中地壳低速高导层, 厚壳薄幔层圈构造具有“厚壳薄幔”和“热壳热幔”型壳幔结构^[10];

(3) 羌塘、可可西里—巴颜喀拉和昆仑—柴达木地块与祁连地块四个前喜山期老地块合成稳定的冷地块, 热流极低 ($40 \sim 47 \text{ mW/m}^2$), 具有正常增温型壳幔结构, 呈“厚—准厚壳厚幔”和“冷壳冷幔”型结构^[10]。

约自晚白垩世始开始, 特提斯洋板块沿雅鲁藏布江发生快速俯冲事件, 导致冈底斯—拉萨地块诱发大规模岛弧型火山喷发和中酸性岩浆侵入事件, 地块逐步褶皱隆升成陆, 形成冈底斯山脉。中间的大洋盆地闭合, 大洋盆地的残留体(蛇绿岩)沿地缝合带侵位, 并与混杂堆积和深海沉积物伴生在一起。地缝合带标志着两个板块焊接在一起的边界线。在新生代中晚期, 印度大陆向欧亚大陆快速俯冲, 在青藏及邻区产生强烈的近南北向挤压作用, 导致地壳在近南北方向的巨量缩短、地壳增厚, 青藏高原快速隆升。新生代晚期, 在近 SN 向的挤压背景下, 发育近 SN 向、NE—NNE 向与 NW—NWW 向裂陷作用, 形成羊八井—当雄、谷露等裂谷盆地与纳木错、崩错、达如错等断陷湖盆。NE—NNE 向与 NW—NNW 向断陷、裂陷盆地, 其盆缘断裂现今仍有强烈活动, 构成本区张性—张扭性活动断裂网络, 控制区内中强地震与主要地热田的分布^[11]。

1.3 岩石圈—地壳结构

1991 年起中国、美国、德国、加拿大四国合作开展了新一轮研究, 计划名为《喜马拉雅和青藏高原深剖面与综合研究》(“INDEPTH”)项目^①。在地壳精细结构构造、深部地质、区域构造等方面取得多项重要探测成果。该项目研究成果提出, 关于高原地块的地壳厚度和结构, 地壳厚度是南厚北薄。按照速度结构, 高原地壳为两层结构, 即可分为上下地壳两层结构; 从整体讲, 高原岩石圈更是一种“三明治”结构, 即上地壳(刚性强)、下地壳(粘塑性强)和地幔岩石圈三个物理力学性质不同的层构成; 其二, 上地壳以前陆巨型增生楔方式附在拉萨地块之前, 增生楔内部以大的逆冲、背冲和褶皱等构造方式增厚, 并有大量的岩浆体和部分熔融体参与地壳增厚; 其三, 上下地壳之间出现一个大型拆离层或是巨厚的剪切片理化带, 使上下地壳构造活动分开。地震深反射探测资料表明, 地壳内部地震反射亮点 YBS NBS DBS 分别在羊八井、宁中、当雄呈串珠状分布, 地质解释为 $13 \sim 20 \text{ km}$ 深度范围局部熔融体(图 1)^[11], 具有高导、低阻、重力亏损等特征, 在地表形成高温温泉热田^[12]。

1.4 构造体系的控制作用

1975~1985 年, 康文华等对青藏高原中南部、羊八井热田的研究认为, 青藏高原内部, 青康滇缅歹字型构造头部、岗底斯—拉萨区域东西向构造带、斑公—怒江区域东西向构造带, 加一纳一念青弧形构造带、南北向构造带呈一种多重的复合关系, 在它们的复合部位, 拉萨—冈底斯块体东段, 羊八井盆地的中部, 形成了羊八井热田。它的区域构造背景, 位于那曲至羊八井的弧形构造带(裂谷带)的南部, 该弧形构造带是晚近时期强烈活动的构造带, 强烈地震带和地热异常带, 羊八井盆地可能形成于晚第三纪, 而羊八井热田的形成时

① 赵文津. 青藏高原研究战略研讨会“INDEPTH 研究主要成果专题报告”[R]. 2005.

上密切相关；深部地质过程与地壳效应耦合在一起，形成一个完整的地壳熔融、深部变形、构造运动、地震活动、水热活动系列地质动力学过程^[11]。

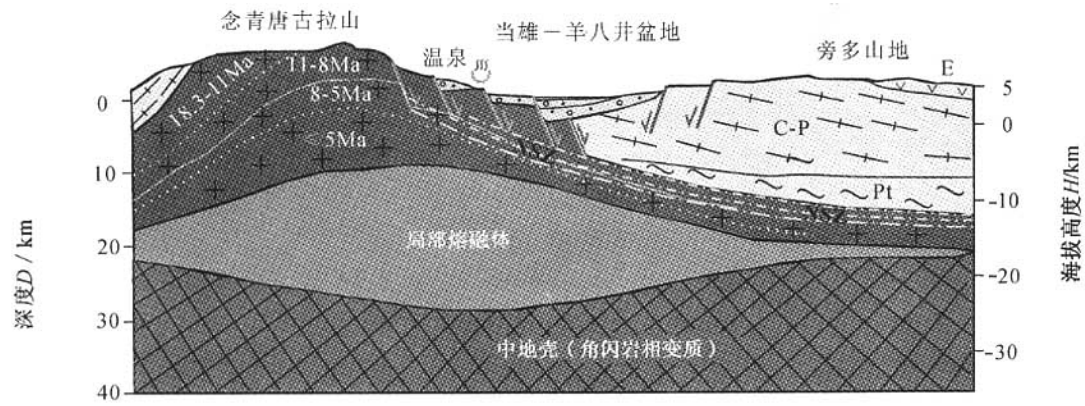


图 2 当雄—羊八井盆地构造样式图

Fig.2 Tectonic style of the Damxung-Yangbajain basin

2 高原地热资源

2.1 区域地热资源

由于青藏高原具有上述特点的地壳热结构，因此蕴藏了丰富的地热资源，并具有明显的分布特征：高原上水热活动带的强度分布，呈现由南向北逐渐减弱的特点，最强烈最集中的水热显示区，主要出露在西藏南部的喜马拉雅—冈底斯—念青唐古拉之间，常见有水热爆炸、间歇喷泉、沸喷泉、喷气孔和沸泉、热泉等。

西藏 >25℃ 的温泉（水热区）共有 283 处，以班公湖—怒江缝合带为界，南部地热带高温地热资源丰富，水热显示、温泉放热量占全藏的 2/3 以上；在喜马拉雅山北麓、雅鲁藏布江流域及羊八井—当雄裂谷地区，>80℃、达到或接近沸点的沸泉就有 37 处，90℃ 以上的沸泉、喷泉 20 余处^[5]。西藏地区部分主要温泉情况见表 1^[2]：

表 1 西藏地区部分主要温泉表

Table 1 Part of major hot springs in Tibet

序号	地区	低温℃ ≥25- < 40	中温℃ ≥40- < 60	中高温℃ ≥60- < 80	高温℃ ≥80- < 100	沸泉℃ ≥100 或当地沸点	温泉数
1	噶尔	1	0	2	0	6	9
2	普兰	0	0	2	1	3	6
3	萨噶	0	0	0	0	3	3
4	昂仁	0	7	2	0	5	14
5	定日	2	2	2	0	1	7
6	谢通门	1	4	6	0	3	14
7	萨迦	0	0	0	0	1	1
8	岗巴	0	1	0	0	2	3

续表 1

序号	地区	低温℃ ≥25- < 40	中温℃ ≥40- < 60	中高温℃ ≥60- < 80	高温℃ ≥80- < 100	沸泉℃ ≥100 或当地沸点	温泉数
9	南木林	2	1	4	0	3	10
10	尼木	0	2	4	0	1	7
11	当雄	2	1	3	0	5	11
12	那曲	1	3	0	0	3	7
13	墨竹工卡	0	1	0	1	1	3
14	措美	0	1	1	1	4	7
15	隆子	0	0	3	0	1	4
16	错那	0	1	1	0	1	3
17	波密	3	5	1	0	1	10
18	林芝	0	5	3	3	1	12

青藏高原南部（西藏境内）除上述 25℃ 以上温度统计的部分温、热泉资料外，该区的各类水热显示点共有 664 处，见表 2^[15]：

表 2 西藏水热显示点统计表
Table 2 Statistics of hot spring manifestations in Tibet

资源分区	水热显示（处）	泉水平均温度（℃）	热储平均温度（℃）	可采资源量（×10 ⁴ kW）	热储面积（km ² ）	可及背景资源量（×10 ¹⁵ kJ）	背景资源量（10 ¹⁵ kJ）
藏南	234	58.19	142.76	8096.2877	255.5	441.9111	1558.3333
藏中	151	46.42	120.19	11564.3029	130.11	231.1055	729.5834
藏东	190	39.73	105.63	7666.9661	82.0	140.5015	469.7029
藏西	49	51.4	134.02	1763.7682	47.49	74.5826	231.8613
藏北	40	9.6	76.58	791.5142	5.0	30.5644	106.9803

藏南高温资源区：该区有地热显示区（点）234 处，泉水平均温度 58.19℃，包括拉萨市、日喀则、山南、林芝地区；该区具有较大发展前景的显示区（点）有：亚东县康布、康马县城、谢通门县恰嘎、定日县百巴、江孜县金嘎、察隅县竹瓦根、岗巴县可措、当雄县羊八井、宁中；尚未开发而最具开发价值的有墨竹工卡县日多、昂仁县搭格架、当雄县羊易、拉多岗、谷露水热显示区。

藏东低中温资源区：有地热显示区（点）190 处，泉水平均温度 39.73℃，它包括昌都地区 14 个县，主要有芒康县曲孜卡、江达县青泥洞、昌都县竹固寺。

藏中中温资源区：有地热显示区（点）151 处，泉水平均温度 46.42℃，主要有那曲地热田。

藏西高一中温资源区，有地热显示区（点）49 处，泉水平均温度 51.4℃，包括阿里地区 6 个县，主要有朗久、那不如、门士、齐吾贡巴、玛旁雍错等^[15]。

2.2 热田深部热源

西藏境内热储温度高于 150℃ 的地热田多集中分布在沿雅鲁藏布江缝合线及其两侧近代活动构造带内。羊八井热田是我国目前已知的热储温度最高的地热田，其深部热储平均温度

252℃, 最高记录达 329.8℃。羊八井热田位于念青唐古拉变质岩体和冈底斯陆缘火山—岩浆弧交接部位, 根据人工地震法资料和大地电磁 (MT) 资料表明, 羊八井热田深部约 22km 处存在一低速层, 可解释为岩浆体; 根据热田深部测温结果, ZK4002 孔 1850m 深处, 井温可达 300℃ 以上, 地热梯度超过 150℃/km, 据此推算, 在 5 km 深左右即可达到花岗岩熔融温度; 在 1270—1850m 井段矿物蚀变特征出现黑云母、白云母和绢云母细脉充填物, 这些矿物组合温度在 300℃ 以上, 并且是富钾流体形成物, 为岩浆热液表现, 以上资料从不同角度证明羊八井热田深部存在高温熔融岩浆热源^[16-17], 表明该热田地热资源具相当潜力^[16]。

2.3 地热资源开发现状与展望

西藏地热资源开发开始于 1975 年, 相继成功地建成了羊八井、那曲、朗久等地热电站。

羊八井地热电站始建于 1977 年, 目前装机容量已占拉萨电网的 41.1%, 冬季发电占电网的 60% 以上。到 1991 年共装机 9 台计 25.18MW, 1993 年以后的年发电量在 100GW.h 上下, 2004 年单年度最高达到 109.7GW.h, 截止 2005 年 9 月底, 累计总计发电 1820GW.h^[3, 16-18]。

那曲地热电站 80 年代后期建成, 装机容量为 1.0MW; 朗久电站 80 年代末 ~ 90 年代初建成, 装机容量为 2.0MW, 为那曲地区和阿里地区狮泉河政府机关和群众提供了部分工作和生活用电^[15]。

高原地热作为一种能源, 高温地热资源主要分布西藏地区的南部地区, 还有当雄县羊易、谢通门恰嘎、岗巴县可措等七、八个热田具有建地热发电站的前景; 西藏是一个能源十分缺乏的地区, 水力发电远不能满足人民群众生活和经济发展需求, 地热发电投资少, 见效快, 对生态环境污染少, 具有明显优势, 应根据当地情况资源状况适当发展^[19]。地热资源是一种可以直接利用的补充能源, 一些高温地热田距离像拉萨、那曲、狮泉河这样的首府或重要市县不远, 可以较方便地综合开发利用, 距离城镇近的可以为办公、居室直接供暖; 进行梯级开发, 建立温室, 种植蔬菜等农产品, 如羊八井热田利用发电后排放的尾水建立了 50000m² 的温室, 成为拉萨市常年的主要蔬菜供应基地之一, 那曲热田也已经建成地热温室, 进行蔬菜种植。在高原具有比较充沛资源远景的热田还有 20 多处, 如位于谢通门、尼木、当雄、聂拉木、定日、昂仁、噶尔县等地的热田, 都可以像羊八井热田那样, 发展地热温室种植和养殖, 提高综合利用效能。

地热资源还是具有多种用途的资源, 热泉、温泉不仅释放大量的热能, 可以用于居住采暖, 还可以用来洗浴, 游泳, 有些天然出露的温泉水, 本身就是一种品质很好的矿泉水, 具有很好的饮用和医疗价值, 可以适度开发。因此, 地热资源既是能源资源, 又是旅游和疗养资源, 很适于发展高原和山区地方经济, 具有重要的经济和社会价值。现在, 西藏南部不少地热点, 比如亚东县康布、噶尔县门士、普兰县玛旁雍错等地热显示点都建有比较简陋的浴室或露天洗浴, 建议当地政府或有关单位应该加以引导和支持, 给予一定投资, 建成比较正规、卫生条件好的度假村、游泳池或浴室, 发展旅游事业。青藏高原是一个新开发的旅游胜地, 近年来吸引着愈来愈多的国内外游客, 地热资源必将会给青藏高原的旅游事业增添新的亮点和更绚丽的色彩。

3 结论与建议

青藏高原具有独特的陆—陆碰撞型的地壳结构, 喜马拉雅带和冈底斯带呈“厚壳薄幔”

和“热壳冷幔”型结构;地表热流值高,地热资源丰富,西藏雅鲁藏布江流域及羊八井—当雄裂谷带, $>80^{\circ}$ 的沸泉达 37 处;已经建成羊八井等 3 处地热发电站。地热发电、综合利用等开发方兴未艾,具有很大潜力和美好前景,因此,建议有关部门积极组织高原地热资源的勘查和开发工作,走可持续发展的道路,进行科学规划、适度开发、严格保护,积极进行热水回灌技术试验和推广,并高度注意保护环境,让丰富的地热资源成为高原永远的明珠。

致谢: 本文撰写过程中得到了赵文津院士、康文华、黄尚瑶、郑克桢、吴珍汉研究员等同志的悉心指导和热情支持,在此一并表示衷心感谢!

参 考 文 献

- [1] 黄尚瑶,王钧. 中国地温分布的基本特征 [M]. 北京:地震出版社,1990.
- [2] 黄尚瑶. 中国温泉分布图—1:600 万中国温泉分布图说明书 [M]. 北京:中国地图出版社,2005. 192~208.
- [3] 多吉. 羊八井高温地热田的深部勘探 [A]. 中国地热勘查开发 100 例 [C]. 北京:地质出版社,2005.
- [4] 陈墨香,汪集场,邓孝. 中国地热资源的分布及其开发利用 [J]. 资源科学,1991 (5): 40~46, 58.
- [5] 佟伟,童铭陶,张知非,等. 西藏地热 [M]. 北京:科学出版社,1981.
- [6] Flanshtuo, Jupart, 康文华, 沈显杰, 李德禄, 白嘉启, 等. High heat flow in southern Tibet [J]. Nature, 1984, 307 (5946): 32~36.
- [7] 康文华, 李德禄, 白嘉启. 西藏南部热流测量 [A]. 中国地质科学院地质力学研究所刊, 第 6 号 [C]. 北京:地质出版社,1985. 167~175.
- [8] 沈显杰. 青藏高原隆升的构造热演化机制 [J]. 地质科学,1986, 21 (2): 101~113.
- [9] 卡普麦耶 O, 海涅尔 R. 地热学及其应用 [A]. 北京大学地质系地热室译 [C]. 北京:科学出版社,1981.
- [10] 吴功建,肖序常,李廷栋. 揭示青藏高原的隆升——青藏高原亚东—格尔木地学断面 [J]. 地球科学,1996, 21 (1): 34~40.
- [11] 吴珍汉,胡道功,吴中海,等. 西藏羊八井——当雄—谷露地堑的地质特征与形成时代 [C]. 青藏高原地质过程与环境灾害效应文集. 北京:地震出版社,2005. 228~234.
- [12] 赵文津, K. D. Nelson, 徐中信, 等. 雅鲁藏布江缝合带的双陆内俯冲构造与部分熔融层特征 [J]. 地球物理学报,1997, 40 (3): 325~336.
- [13] 康文华, 李德禄, 白嘉启. 西藏羊八井热田地热地质 [A]. 中国地质科学院地质力学研究所刊, 第 6 号 [C]. 北京:地质出版社,1985. 17~80.
- [14] 西藏羊八井地热田编委会. 西藏羊八井地热田 [M]. 拉萨:西藏人民出版社,1988.
- [15] 谢鄂军. 西藏地热资源开发利用方案探讨 [J]. 西藏科技,2002 (3): 16~27.
- [16] 多吉. 典型高温地热系统—羊八井热田基本特征 [J]. 中国工程科学,2003, 5 (1): 42~47.
- [17] 郑克桢. Process and Prospects of Industrialized Development of Geothermal Resources in China [A]. 2005 世界地热大会论文集, 见:北京地热国际研讨会论文集 [C]. 北京:地质出版社,2002.
- [18] Millo. Geothermal Resources Development in China (Tibet) Project: CPR/93X01 2nd Interim Repot. Geothermica Italianasrl Pisa, 1995.
- [19] 汪集场. 中国地热资源及其开发利用 [A]. 北京地热国际研讨会论文集 [C]. 北京:地质出版社,2002.

GEOHERMAL RESOURCES AND CRUSTAL THERMAL STRUCTURE OF THE QINGHAI-TIBET PLATEAU

BAI Jia-qi¹, MAI Lin², YANG Mei-ling¹

(1. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081;*

2. *Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081*)

Abstract: The Qinghai-Tibet Plateau has a unique crustal structure and a high-heat background. The Himalaya terrane in the south is of “hot crust-cold mantle” type and the Lhasa-Gangdise terrane is of “hot crust-hot mantle” type. There is a low-velocity, high-conductivity layer in the middle crust under the region, which is probably a partially molten magma pocket, forming a gigantic geothermal zone. The hydrothermal activity zone of the plateau is mainly exposed between the Himalaya and Gangdise-Nyainqêntanglha. There are 283 hydrothermal areas with temperatures > 25 °C and nearly 40 boiling and hot springs with temperatures > 80 °C. In the famous Yangbajain high-temperature reservoir geothermal field a geothermal power station with an electricity-installed capacity of 25.18 MW has been built, which supplies vast amount of electric power to Lhasa. The geothermal resources occupy an important position in the energy structure on the plateau and have great development prospects and value.

Key words: Qinghai-Tibet Plateau; crustal thermal structure; geothermal resources

(上接第 398 页)

AESTHETIC PRINCIPLES AND TECHNIQUES FOR MAKING A GEOSCIENCE PRESENTATION REPORT

WANG Jin¹, ZHANG Ping², BING Ying¹, WANG Yan¹

(1. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;*

2. *Geological Museum of China, Beijing 100034, China*)

Abstract: This paper points out some common problems in geoscience presentations. According to the practical experiences, the authors put forward some proposals for how to make a successful presentation. Key technical points in using Microsoft PowerPoint to produce a presentation of a geoscience report are described in regard to the page layout, color matching, font processing, picture compression, aspects and so on.

Key words: geological sciences; presentation; PowerPoint; slide making and designing; picture compression