

## 五大连池地区矿泥分布特征及储量评价

尤传誉<sup>1</sup>, 冶雪艳<sup>1</sup>, 张海燕<sup>1,2</sup>, 曹玉清<sup>1</sup>

(1. 吉林大学环境与资源学院, 吉林长春 130021;

2. 黑龙江省水文地质工程地质勘察院, 黑龙江哈尔滨 150030)

**[摘要]**五大连池地区矿泥由于其具有独特的医疗作用已引起人们的广泛关注,并得到广泛利用。为确定其具体的分布特征、分布范围以及储量,本文结合研究区大量钻孔资料,通过对矿泥样品进行粒度分析并采用 Udden-Wentworth 粒级标准和 F. P. Sheppard 三角形法,确定该地区矿泥为灰黑或黑色淤泥质粉砂,其粘性大,附着力强,天然含水量大,且手感细腻。本区共分布矿泥六处,均位于药泉湖附近火山台地前缘的地势低洼地区,埋藏于地表以下 0.2 m ~ 2.5 m 之间。在上述研究的基础上,采用普通克里格法对矿泥储量进行估算,得到矿泥储量总计为  $18.421 \times 10^4$  t。

**[关键词]** 矿泥 分布特征 储量评价 普通克里格法

**[中图分类号]** P588.22 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2015)01-0061-07

**You Chuan-yu, Ye Xue-yan, Zhang Hai-yan, Cao Yu-qing. Distribution characteristic and reserve evaluation of the peloid in the Wudalianchi area, Heilongjiang Province[J]. Geology and Exploration, 2015, 51(1):0061-0067.**

### 0 引言

矿泥是包含一定量矿物元素和粘土类矿物的粘性土质。具有药用价值的矿泥不同于传统意义上的尾矿矿渣(刘恋等,2013),它是海湾、湖泊、泥沼等处的矿物和有机物沉积,经过复杂的物理化学和生物化学变化形成的产物(Carretero,2002)。矿泥在全世界的分布范围较为稀少,但由于其形成条件的特殊性,其中通常含有对人体健康有益的微量元素、矿物质以及微生物,并具有大比表面积、高比热、较强的阳离子吸附能力等特性,已经被广泛应用于医疗保健领域(Miko *et al.*, 2008; Khlaifat *et al.*, 2010)。矿泥对风湿病、牛皮癣、强直性脊柱炎等疾病的疗效和对人体的保健作用已经被大量的临床数据和应用实践所证实(Grozdev *et al.*, 2011; 秦俊法等,2011; Katz *et al.*, 2012)。Miko *et al.* (2008)通过对亚得里亚海东海岸 Makirina 湾的矿泥进行研究,证明不同类型以及不同含量的粘土矿物是矿泥具有医疗保健作用的重要原因;Khlaifat *et al.* (2010)通

通过对死海黑矿泥进行化验得出,矿泥的粒径处于极细粒范围内,能够与人体皮肤表面有良好的接触,有效渗入皮下组织;矿泥中包含的铜、锌、硒等元素对细胞代谢、氧化还原、弹性蛋白质合成方面起到了重要作用(高飞等,2004; Cook *et al.*, 2005)。由于其特殊的医疗保健作用,其不具有传统金属矿产可大规模集中开采的特性,对其储量的估算方法也不同于传统矿产储量估算。

黑龙江五大连池以具有保存完好的 14 座火山锥以及具独特医疗保健作用的矿水及矿泥著称于世(夏林圻,1997;邵济安等,2008)。矿泥的应用已有百余年历史(秦俊法等,2012),人口的增加及旅游业的大力发展造成了矿泥资源的不合理利用及破坏,使得矿泥储量减少(利施特万等,1997)。近年来,国内外学者对矿泥成因及疗效作了一定的研究,赵惠敏等(1997)认为五大连池矿泥为与多期火山喷发物源有关的表生泥质沉积;王希英等(2007)、郭新明(2008)对五大连池矿泥中钾、钙、钠、镁等元素进行测定,得出这些元素可参与人体辅酶的生物

**[收稿日期]** 2014-09-17; **[修订日期]** 2014-11-05; **[责任编辑]** 陈伟军。

**[基金项目]** 国家自然科学基金项目“城市雨洪水地下回灌过程中复合型堵塞的机理、识别方法与控制技术研究”(项目编号:41472213)资助。

**[第一作者]** 尤传誉(1990年-),男,2013年毕业于西北农林科技大学,获学士学位,现从事矿产资源与地下水资源评价研究工作。E-mail: youchuanyu0716@163.com。



图 1 五大连池矿泥研究区概况

Fig. 1 Outline of the peloid areas in Wudalianchi

1 - 矿泥钻探区; 2 - 钻孔; 3 - 矿泥分布区; 4 - 房屋; 5 - 小河; 6 - 泉; 7 - 地类界; 8 - 熔岩台地; 9 - 耕地; 10 - 树木; 11 - 公路  
 1 - drilling area of peloid; 2 - borehole; 3 - distribution area of peloid; 4 - houses; 5 - creek; 6 - spring; 7 - property line; 8 - pedionite; 9 - farmland; 10 - trees; 11 - road

代谢,具有提高肌体免疫力的作用。但对其具体分布范围以及储量估算并没有进行系统的研究。本文通过对五大连池地区药泉湖附近钻孔样品数据进行化验并整理分析,确定矿泥特征以及矿泥分布范围;采用普通克里格法建立矿体三维可视化模型对矿泥储量进行估算,以期为该区的开发利用及保护工作提供依据。

### 1 研究区概况

五大连池自然保护区位于黑龙江省中北部,行政区划隶属黑河市管辖。区内管辖 56 个村镇,总人口 5.4 万人,区内有众多农场、林场、疗养院、矿泉水厂。区内水系较为发育,主要河流有讷谟尔河、引龙河、固西河、石龙河、药泉河等。湖泊多为火山熔岩流形成的堰塞湖,如头池、二池、药泉湖、月牙湖等,且有多处天然泉水出露。

根据当地居民多年开采矿泥的经验,矿泥多在药泉湖西侧及南侧分布,本次钻探研究工作主要将调查区域划分为七个区段(图 1),布设大量勘探钻孔,钻孔深度为 0.5 m ~ 10 m 之间。七个区段附近均有河流经过或泉水出露,地表有低矮灌木及农作物覆盖。

## 2 研究方法

### 2.1 岩性确定方法

利用英国 Malvern 公司生产的 Mastersizer 2000 型激光粒度仪对钻探样品进行粒度分析,并采用 Udden-Wentworth 粒级标准与 Sheppard 三角形法对矿泥沉积类型进行划分 (Moles *et al.*, 1995; Blott *et al.*, 2001)。

### 2.2 储量估算方法

#### 2.2.1 普通克里格法

普通克里格法(邢红星等,1997;张丹等,2005;邓明国等,2006)是一种无偏的、误差最小的、最优化的储量估算方法。首先将储量估算区域划分为大小一致的块段,将矿床地质参数看为区域变化量,以变异函数为工具来处理地质参数的空间结构关系,根据块段内每个样品的数据,给每个样品赋予一定的权,利用加权平均来对该块段品位做出最优估计,从而得出块段内地质参数的平均值。

利用克里格法求平均厚度,其公式为:

$$Z_v^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_i \quad (1)$$

式中  $Z_v^*$  为待估块段的估计值,  $Z_i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots n$ ) 为  $n$  个已知样品的真实值,为求得  $Z_v^*$  首先需要求得各样品的权系数  $\lambda_i$ ,可通过下式克里格方程组求得:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(X_i, X_j) + \mu = \gamma(X_i, V), i = 1, 2, \dots, n. \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases} \quad (2)$$

这是一个由  $n+1$  个方程组成的  $n+1$  个未知元 ( $n$  个  $\lambda_i$  和一个  $\mu$ ) 的方程组,可由下式进一步求克里格方差:

$$\sigma^2 = \sum_{i=0}^n \lambda_i \gamma(X_i, V) + \mu - \gamma(V, V) \quad (3)$$

式中  $\gamma(V, V)$  为待估块段本身平均变异函数;  $\gamma(X_i, V)$  为第  $i$  样品和待估块段本身的平均变异函

数;  $\gamma(X_i, X_j)$  为第  $i$  样品和第  $j$  样品间的平均变异函数;  $n$  为样品数。

化为矩阵形式即:

$$K \cdot \lambda = M \quad (4)$$

$$K = \begin{bmatrix} \gamma(X_1, X_1) & \gamma(X_1, X_2) & \dots & \gamma(X_1, X_n) & 1 \\ \gamma(X_2, X_1) & \gamma(X_2, X_2) & \dots & \gamma(X_2, X_n) & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma(X_n, X_1) & \gamma(X_n, X_2) & \dots & \gamma(X_n, X_n) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$M = \begin{bmatrix} \gamma(X_1, V) \\ \gamma(X_2, V) \\ \vdots \\ \gamma(X_n, V) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

#### 2.2.2 参数的确定

固体矿产储量估算时要考虑矿床的面积、厚度、品位、体重等参数(曹俊臣等,1996;郑文元,2006;皮桥辉等,2014)。五大连池地区矿泥具有医疗保健的特殊性,故不考虑品位这一参数。各钻孔内矿泥厚度较大且较为离散,采用克里格法对矿泥厚度进行插值,利用自然尖灭法(汪劲草等,2008)确定矿体范围的零点边界线,将区域内矿泥划分为大量的小单元体。通过下式求取矿泥块段体积:

$$V = \sum_{i=1}^n S_i \cdot Z_i \quad (8)$$

式中  $V$  为块段矿泥体积;  $S_i$  为矿泥的单元体面积;  $Z_i$  为矿泥单元体平均厚度。

对矿样品采用封蜡排水法测定其体重,利用下式计算矿泥储量:

$$Q = V \cdot D \quad (9)$$

式中  $Q$  为矿泥的储量,  $V$  为矿泥总体积,  $D$  为矿泥体重。

## 3 结果与讨论

### 3.1 矿泥分布特征

#### 3.1.1 岩性特征

结合本次矿泥样品化验以及前人研究,可将具有医疗作用的矿泥岩性定为灰黑或黑色淤泥质粉砂。由粒度分析得出勘探样品的粗、细粒级含量平

均值统计如表 1 所示。

由表 1 可知,在粒度分布方面,各层序的细颗粒成分含量差别不大;但对于粗颗粒成分含量,矿泥中的含量最大,与黑色腐殖土层以及黄色粘土质粉砂层具有较为明显的差别。通过粒度频率分布曲线得出了各样品的平均粒径、中值粒径、偏度、和峰态等粒度参数对比见图 2。由图 2 可知,灰黑或黑色淤泥质粉砂(矿泥)的平均粒径、中值粒径以及标准偏差值均大于腐殖土层和粘土质粉砂层。

表 1 勘探样品粗细粒级含量平均值统计表  
Table 1 Average content of coarse and fine fractions in the samples

岩性或层序	极粗砂 + 粗砂 (%)	细粉砂 + 粘土 (%)
黑色腐殖土层	0.09	67.44
灰黑或黑色淤泥质粉砂	2.44	61.72
黄色粘土质粉砂	0.44	58.97

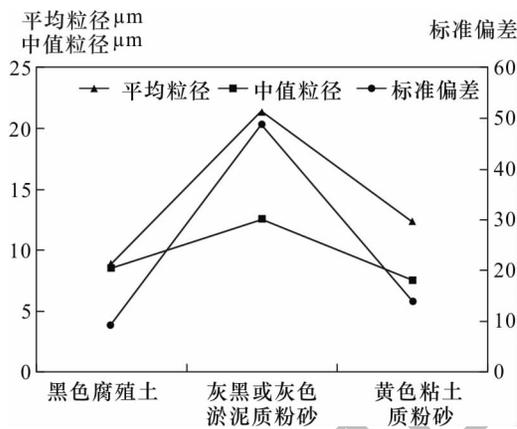


图 2 勘探样品粒度参数平均值对比图  
Fig. 2 Comparison of the average granulometry parameters for the samples

通过几个典型钻孔来介绍矿泥的特征,如图 3 与图 4。

图 3 中层序 1 为黑色腐殖土层,富含植物根系,粘性小,附着力弱,天然含水量较小(为 18%),松散易碎;a 与 b 图中层序 2 为黑色淤泥质粉砂(即矿泥),含有铁锰结核,天然含水量大(为 59%),呈半固态或近流态,粘性大,附着力强,细腻软塑;层序 3 为黄色粘土质粉砂,呈半固态较为致密,底部变硬;层序 4 为黄色中细砂,含黏土层,较密实,呈半固体状,向下含水量变大。c 图中为 7 号区域采样点,由于各钻孔中均不含灰黑色或黑色淤泥质粉砂,层序 2 及层序 3 均为黄色粘土质粉砂,故此处不存在矿泥。

图 4 可明显发现,腐殖土层的土壤富含植物根系,松散易碎,这与其天然含水量低有关。而矿泥由于天然含水量高,粘结性好,使其能够紧密的粘结在一起。

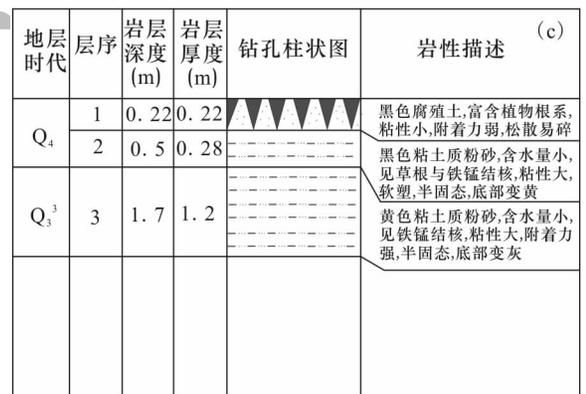
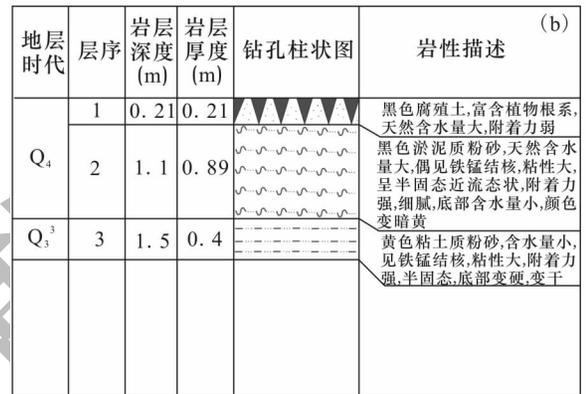


图 3 典型矿泥勘探钻孔柱状图

Fig. 3 Representative drilling columnar diagram of the peloid

a - 1 号区域钻孔柱状图; b - 2 号区域钻孔柱状图; c - 7 号区域钻孔柱状图

a - columnar diagram of the drillhole No. 1; b - columnar diagram of the drillhole No. 2; c - columnar diagram of the drillhole No. 7

通过以上分析,黑色淤泥质粉砂矿泥与上部的腐殖质土层以及下部黄色粘土质粉砂具有较为明显的区别,矿泥不仅具有粘性大,附着力强,天然含水量大,手感细腻的特点,而且其中的粗颗粒含量与其

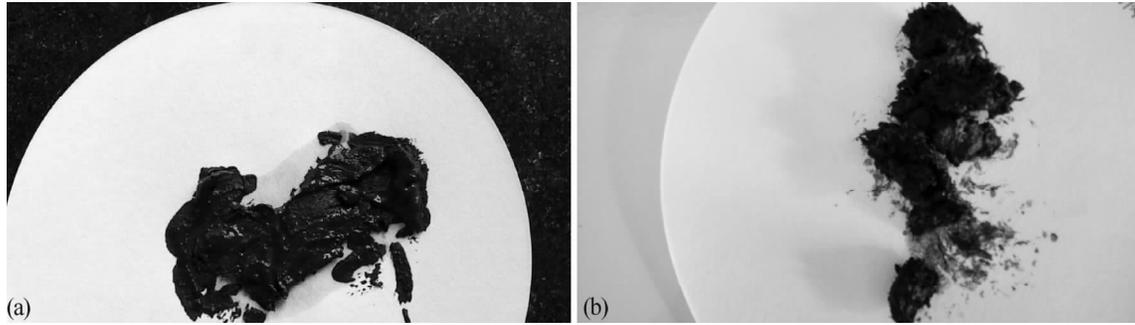


图 4 钻孔矿泥及腐殖质土层实体图  
Fig. 4 Stereograms of peloid and humus from the borehole

a - 矿泥; b - 腐殖土层  
a - peloid; b - humic soil

他两者相比相对较多。

### 3.1.2 矿泥分布范围

根据 130 个勘探钻孔数据,可确定 6 处矿泥区(图 1)。矿泥区域集中分布在药泉湖西部及南部地势低洼处,沿火山台地前缘地带排布。地表分布有少量块状熔岩,有多处泉水出露或漫流,在地表形成湿地沼泽,长有塔头苔草和乌拉苔草等草甸植被。矿泥一般埋藏于地表以下 0.2 m ~ 2.5 m 之间,上部覆盖有黑色腐殖土层。

### 3.2 矿泥储量结果

本次矿泥估算区域共计六处,现以 3 号区域为例子以介绍。通过克里格法对离散的钻孔矿泥厚度进行插值,按照厚度尖灭的位置对矿泥分布范围圈定。将矿泥矿床划分为大量的小单元体,建立三维实体模型(图 5)。图中地表有一明显凹陷,该处为所在地区的一处水域。

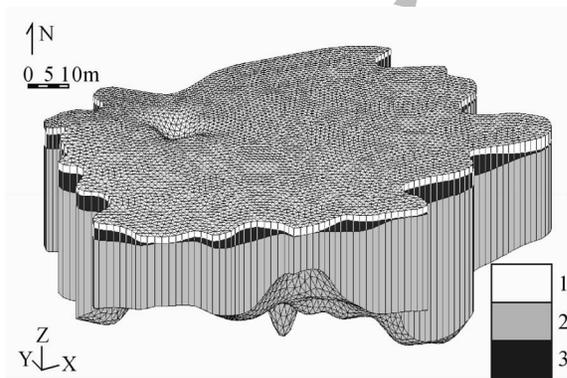


图 5 3 号区域矿泥三维实体模型图  
Fig. 5 3D model diagram of the peloid in the No. 3 area

1 - 腐殖土; 2 - 粉砂; 3 - 矿泥;  
1 - humus; 2 - silt; 3 - peloid

根据式(8)计算得 3 号区域的矿泥体积为 20536.80m<sup>3</sup>,其他五处矿泥区厚度及面积的处理方法与 3 号区相似,在此不再赘述。经估算,将矿泥厚度及体积数据列于表 2。

从表 2 可知,除 5 号区域外,其余区域的矿泥厚度基本在 0 m ~ 1.9 m 左右浮动。而 5 号区域矿泥厚度较小可能是由于该区域为当地居民的耕作区,长年累月的耕作将原始矿泥的厚度削薄以及不合理开采造成。本次估算五大连池地区矿泥体积共计为 101534.78 m<sup>3</sup>。对矿泥样品采用封蜡排水法测定得其体重  $D$  为 1814.3 kg/m<sup>3</sup>。依据式(9),得出矿泥储量为 18.421 × 10<sup>4</sup>t。

表 2 矿泥总体积计算表

Table 2 Reserves results of the peloid volume

区域	厚度(m)	体积(m <sup>3</sup> )
1 号区	0 ~ 1.76	16570.25
2 号区	0 ~ 1.81	16353.12
3 号区	0 ~ 1.89	20536.8
4 号区	0 ~ 2.14	31191.66
5 号区	0 ~ 0.75	2458.1
6 号区	0 ~ 1.68	14424.85
总计		101534.78

前人应用几何法对矿泥储量进行估算,没有考虑体重的因素,求得矿泥的体积为 66118.47 m<sup>3</sup>。与传统的矿产储量估算方法相比较,克里格法具有明显的优点,它能够更加科学地、最大限度地利用离散化数据点,使估算得到的储量更加精确,而且是无偏的、估计方差最小的估计,为储量的评价和开发利用提供了依据。

## 4 结论

(1) 五大连池地区矿泥为灰黑或黑色淤泥质粉砂,多集中在第四系地层中,位于火山台地前缘,沿水系发育低洼地带分布,上部覆盖有约为 0.2 m 的腐殖质土层;

(2) 通过普通克里格法对矿泥的储量进行估算,对离散的钻孔资料进行插值,按照矿泥厚度尖灭的位置对矿泥分布范围圈定,建立三维实体模型,得到了较为精确的资源储量值,共计  $18.421 \times 10^4 \text{t}$ 。

(3) 由于矿泥资源属于不可再生资源,当地政府以及居民应当重视,做到科学合理开发,有效利用,最大限度的发挥矿泥资源的潜在价值。

## [References]

- Blott S J, Pye K. 2001. Grad stat: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments [J]. *Earth Surf. Process, Landforms*, 26: 1237 - 1248
- Cao Jun-chen, Ran Hong-yan. 1996. Distribution regularities and metallogenetic geological characteristics of super-large non-metal deposits in China [J]. *Geology and Exploration*, 04:1 - 8 (in Chinese with English abstract)
- Carretero I M. 2002. Clay minerals and their beneficial effects upon human health [J]. *Appl Clay Science*, 21(3 - 4):155 - 163
- Cook A G, Weinstein P, Centeno J A. 2005. Health effects of natural dust [J]. *Biological Trace Elements Research*, 103: 1 - 15
- Deng Ming-guo, Li Wen-chang, Qin Shun-de, Jiang, Yang Xue-shan, Wang Jin-liang, Lin Zhi-fa, Zhao Wen-quan. 2006. Application of Kriging in reserves estimation of No. 10 - 9 ore Gejiu tin deposit [J]. *Geology and Exploration*, 06:67 - 70 (in Chinese with English abstract)
- Gao Fei, Liu Jun-fu, Wang Hong, Wang Guo-rang, Fan Hua-jun. 2004. The relation of zine and copper of trace elements with chronic renal failure [J]. *Studies of Trace Elements and Health*, 06:13 - 15 (in Chinese with English abstract)
- Grozdev I S, Voorhees A S, Gottlieb A B, Hsu S, Leibold M G, Bebo B F, Korman N J. 2011. Psoriasis in the elderly: From the Medical Board of the National Psoriasis Foundation [J]. *National Psoriasis Foundation Journal of the American Academy of Dermatology*, 65(3): 537 - 545
- Gao Xin-ming. 2008. Research on effects of the trace element from Wudalianchi peloid [J]. *Studies of trace elements and health*, 02:61 - 62 (in Chinese)
- Katz U, Shoenfeld Y, Zakin V, Sherer Y, Sukenik S. 2012. Scientific Evidence of the Therapeutic Effects of Dead Sea Treatments: A Systematic Review [J]. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 42(2):186 - 200
- Khlaifata A, Al-Khashman O, Qutob H. 2010. Physical and chemical characterization of Dead Sea mud [J]. *Materials Characterization*, 61:564 - 568
- Liu Lian, Hao Qing-qing, Hao Zi-guo, Zhang Jin-qing, Fei Hong-cai. 2013. Current status of the comprehensive utilization of metallic mine tailings in China [J]. *Geology and Exploration*, 03:437 - 443 (in Chinese with English abstract)
- Miko S, Koch G, Mesic S, Sparica M, Sparica M, Cepelak R, Bacani A, Vreca P, Dolenc T, Bergant S. 2008. Anthropogenic influence on trace element geochemistry of healing mud (peloid) from Marikina Cove (Croatia) [J]. *Environmental Geology*, 55:517 - 537
- Moles A, Norcross B L. 1995. Sediment preference in juvenile pacific flatfishes [J]. *Netherlands Journal of Sea Research*, 34(103): 177 - 182
- Lishtvan N N, Bambalov H H, Zhang Ze-you, Wang Sheng-zhong. 1997. Environmental function and ecological effect of transformed mires [J]. *Journal of northeast normal university*, 03:117 - 123 (in Chinese with English abstract)
- Pi Qiao-hui, Wang Deng-hong, Miu Bing-kui, Zhang Qing-wei, Chen Yun, Jing Yuan, Wang Chan, Xia Zhi-peng. 2014. Research on the distribution rule and evaluation of dispersed element resources in tailings storage of the Dachang mine [J]. *Geology and Exploration*, 02:291 - 302 (in Chinese with English abstract)
- Qin Jun-fa, Li Zheng-xi, Lou Man-teng. 2011. The Mud Therapy in China: Cure [J]. *Guangdong Weiliang Yuansu Kexue*, 12:1 - 28 (in Chinese with English abstract)
- Qin Jun-fa, Li Zheng-xi, Lou Man-teng. 2012. The Mud Therapy in China: Cure [J]. *Guangdong Weiliang Yuansu Kexue*, 01:1 - 20 (in Chinese with English abstract)
- Shao Ji-an, Zhang Wen-lan. 2008. The evolving rift belt-Wudalianchi volcanic rock belt [J]. *Earth Science Frontiers*, 15(6):241 - 250 (in Chinese with English abstract)
- Wang Jin-cao, Wei Long-ming, Zhu Wen-feng, Wan Fang-liang, Mo Zhi-ming. 2008. Texture and Tectonic Style of "Five-storeyed Type" for the Tungsten Deposits in the Nanling Mountains, Southern China-An Example from the Meiziwo Tungsten Deposit [J]. *Geology and Exploration*, 07:894 - 899 (in Chinese with English abstract)
- Wang Xi-ying, Xie Zhen-hua. 2007. Testing and analyzing of the trace elements from Wudalianchi peloid [J]. *Studies of trace elements and health*, 03:69 (in Chinese)
- Xia Lin-qi. 1990. On the evolution of volcanic magma from Wudalianchi, China [J]. *Acta petrologica sinica*, 01:13 - 29 + 97 (in Chinese with English abstract)
- Xing Hong-xing, Ju Tai-zhong, Lin Jian-yang. 1997. The ordinary Kriging's application to mineral calculation of reserves [J]. *Geology and Exploration*, 04:46 - 51 (in Chinese with English abstract)
- Zhang Dan, Liu Gang. 2005. Simple analysis on Kriging in calculating mine reserves [J]. *Journal of Wuhan University (Natural Science Edition)*, S2:230 - 232 (in Chinese with English abstract)
- Zhao Hui-min, Liu Jia-qi, Yuan Bao-yin. 1997. The main characters of the Wudalinchi mine mud and its medicinal value [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 02:141 - 147 (in Chinese with English abstract)
- Zheng Wen-yuan. 2006. Dynamic analysis of mineral resources supplies [J]. *Geology and Exploration*, 04:86 - 89 (in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

- 曹俊臣, 冉红彦. 1996. 中国非金属超大型矿床分布规律及成矿地质特征[J]. 地质与勘探, 04:1-8
- 邓明国, 李文昌, 秦德先, 蒋顺德, 杨学善, 王金良, 林知法, 赵文权. 2006. 克立格方法在个旧矿区芦塘坝 10-9 号矿体储量计算中的应用[J]. 地质与勘探, 06:67-70
- 高飞, 刘军福, 王宏, 王国让, 樊华军. 2004. 微量元素锌铜与慢性肾功能衰竭的关系[J]. 微量元素与健康研究, 06:13-15
- 郭新明. 2008. 五大连池火山矿泥中微量元素对皮肤的作用研究[J]. 微量元素与健康研究, 02:61-62
- 刘恋, 郝情情, 郝梓国, 张金青, 费红彩. 2013. 中国金属尾矿资源综合利用现状研究[J]. 地质与勘探, 03:437-443
- N. N. 利施特万, H. H. 班巴洛夫, 张则有, 王升忠. 1997. 改造后沼泽的环境功能与生态效应[J]. 东北师大学报(自然科学版), 03:117-123
- 皮桥辉, 王登红, 缪秉魁, 张青伟, 陈云, 荆元, 王婵, 夏志鹏. 2014. 大厂矿区尾矿稀散资源分布规律与潜力评价研究[J]. 地质与勘探, 02:291-302
- 秦俊法, 李增禧, 楼蔓藤. 2011. 中国的泥土疗法:治病篇(一)[J]. 广东微量元素科学, 12:1-28
- 秦俊法, 李增禧, 楼蔓藤. 2012. 中国的泥土疗法:治病篇(二)[J]. 广东微量元素科学, 01:1-20
- 邵济安, 张文兰. 2008. 演化中的裂谷带——五大连池火山岩带[J]. 地学前缘, 06:241-250
- 汪劲草, 韦龙明, 朱文凤, 万方良, 莫志明. 2008. 南岭钨矿“五层楼模式”的结构与构式——以粤北始兴县梅子窝钨矿为例[J]. 地质学报, 07:894-899
- 王希英, 谢振华. 2007. 五大连池矿泥中微量元素的测定分析[J]. 微量元素与健康研究, 03:69
- 夏林圻. 1990. 论五大连池火山岩浆演化[J]. 岩石学报, 01:1397
- 邢红星, 琚太忠, 林建阳. 1997. 普通克里格法在矿产储量计算中的应用[J]. 地质与勘探, 04:46-51
- 张丹, 刘刚. 2005. 克里格法储量计算浅析[J]. 武汉大学学报(理学版), S2:230-232
- 赵惠敏, 刘嘉麒, 袁宝印. 1997. 五大连池药用矿泥的主要特点及其药用价值[J]. 岩石学报, 02:141-147
- 郑文元. 2006. 矿产资源可供性动态分析的一种方法——试论储量品位与成本价格关系及其模型编制[J]. 地质与勘探, 04:86-89

## Distribution Characteristic and Reserves Evaluation of the Peloid in the Wudalianchi Area, Heilongjiang Province

YOU Chuan-yu<sup>1</sup>, YE Xue-yan<sup>1</sup>, ZHANG Hai-yan<sup>1,2</sup>, CAO Yu-qing<sup>1</sup>

(1. College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun, Jilin 130021;

2. Hydrogeology and Engineering Geology Prospecting Institute of Heilongjiang Province, Haerbin, Heilongjiang 150030)

**Abstract:** The peloid in the Wudalianchi area, Heilongjiang Province has attracted considerable attention because of its special functions in health care and medical treatment. The purpose of this work is to determine its distribution characteristics, distribution range and reserves. We use data of boreholes and the Udden - Wentworth grade - size standard and Sheppard Triangle method for grain size analysis of samples, and determine the peloid as black or grey clayey sand, which is smooth and fine in appearance and soft to handle with strong adhesive force. Such peloid is distributed in six places at depths 0.2 m to 2.5 m beneath the ground near the Yaoquan Lake, in the front of volcanic tablelands where topography is low. The Kriging method is used to estimate the peloid reserves in Wudalianchi, which is approximately  $18.421 \times 10^4$  t in total. This research will provide scientific basis for development and protection of the peloid in the Wudalianchi area in the future.

**Key words:** peloid, distribution characteristic, reserve evaluation, Kriging method