

# 包气带浅层地热容量计算方法商榷

王国良,卢长军,董卫宏,王琴萍  
(天津市地质调查研究院,天津 300191)

**摘要:**对浅层地热容量,现行的《浅层地热能勘查评价规范》DZ/T 0225-2009推荐采用体积法进行计算,笔者认为推荐的包气带浅层地热容量计算公式有待商榷。本文尝试对其进行修改完善,以提高浅层地温能计算的准确性。

**关键词:**包气带;浅层地热容量;计算方法

**中图分类号:** P314.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-4135(2015)02-0239-02

浅层地热容量是实际应用中一个重要的技术参数<sup>[1]</sup>,其计算方法主要有体积法、类比<sup>[2]</sup>等。现行规范《浅层地热能勘查评价规范》DZ/T 0225-2009,推荐采用体积法进行计算。笔者认为其推荐的包气带浅层地热容量计算公式有待商榷,本文尝试了对计算方法进行完善。

## 1 规范推荐的计算方法及待完善之处

《浅层地热能勘查评价规范》DZ/T 0225-2009,资料性附录A 计算方法:

### A.1 浅层地热容量计算

采用体积法计算浅层地热容量,应分别计算包气带和饱水带中的单位温差储藏的热量,然后合并计算评价范围内地质体的储热性能。

在包气带中,浅层地热容量按下式计算:

$$Q_R = Q_s + Q_w + Q_A \dots \dots \dots (A.1)$$

$$Q_s = \rho_s \cdot C_s \cdot (1 - \Phi) \cdot M \cdot d_1 \dots \dots \dots (A.2)$$

$$Q_w = \rho_w \cdot C_w \cdot w \cdot M \cdot d_1 \dots \dots \dots (A.3)$$

$$Q_A = \rho_A \cdot C_A \cdot (\Phi - w) \cdot M \cdot d_1 \dots \dots (A.4)$$

式中: $Q_R$ —浅层地热容量,单位为千焦每摄氏度(kJ/°C); $Q_s$ —岩土体中的热容量,单位为千焦每摄氏度(kJ/°C); $Q_w$ —岩土体中所含水的热容量,单位为千焦每摄氏度(kJ/°C); $Q_A$ —岩土体中所含空气中的热容量,单位为千焦每摄氏度(kJ/°C); $\rho_s$ —岩土体密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>); $C_s$ —岩土体骨架的比热容,单位为千焦每千克每摄氏度[kJ/(kg·°C)]; $\Phi$ —

岩土体的孔隙率(或裂隙率); $M$ —计算面积,单位为平方米(m<sup>2</sup>); $d_1$ —包气带厚度,单位为米(m); $\rho_w$ —水密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>); $C_w$ —水比热容,单位为千焦每千克每摄氏度[kJ/(kg·°C)]; $w$ —岩土体的含水量; $\rho_A$ —空气密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>); $C_A$ —空气比热容,单位为千焦每千克每摄氏度[kJ/(kg·°C)]。

问题的关键在于,公式A.3和A.4中,计算岩土体中所含水的热容量、岩土体中所含气中的热容量不宜用含水量这个参数。根据《工程地质手册》第四版<sup>[3]</sup>,含水量的物理意义为土中水的质量与土粒质量之比:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

式中: $m_w$ —土中水的质量,单位为kg; $m_s$ —土粒质量,单位为kg。

公式A.3的计算思路为:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t = c \cdot \rho \cdot v \cdot 1 = c \cdot \rho \cdot M \cdot d_1 \cdot 1 \dots (s.1)$$

式中: $Q$ —物质吸收或放出的热量; $c$ —物质的比热容; $m$ —物质的质量; $\Delta t$ —温度差,此处为单位温差故取值为1; $\rho$ —物质的密度; $M$ —计算面积; $d_1$ —计算厚度。

利用公式(s.1)计算岩土体中含水地热容量,规范附录A中公式A.3置换为: $Q_w = C_w \cdot \rho_w \cdot M \cdot d_1 \cdot w \cdot 1$ ,而 $\rho_w \cdot M \cdot d_1 \cdot w$ 不是所要计算的岩土体中所含水的质量,因为 $\rho_w \cdot M \cdot d_1$ 不是土粒质量。与式(1)进行相乘

收稿日期:2014-11-05

资助项目:天津国土资源矿产资源补偿费项目“天津市浅层地热资源调查(国土房地热任字[2008]009号)”

作者简介:王国良(1971-),男,高级工程师,1996年毕业于长春地质学院勘查工程系,主要从事水工环地质调查研究工作。

E-mail:zmgL2000@126.com。

计算不能得到岩土体中所含水的质量。因而公式 A.3:  $Q_w = C_w \cdot \rho_w \cdot M \cdot d_1 \cdot w \cdot 1$  不能正确计算出岩土体中所含水的地热容量。

与此同理,公式(s.1)计算岩土体所含气的地热容量,规范中公式A.4替换为

$$Q_A = C_A \cdot \rho_A \cdot M \cdot d_1 \cdot (\Phi - w) \cdot 1 \quad (2)$$

根据《工程地质手册》第四版,岩土体的孔隙率物理意义为土中孔隙体积与土的总体积之比。表达式为  $n = \frac{v_v}{v} \times 100 = \frac{\text{土中孔隙体积}}{\text{土的总体积}}$ 。

规范中用  $\Phi$  表示孔隙率。用

$$(\Phi - w) = \left( \frac{\text{土中孔隙体积}}{\text{土的总体积}} \times 100 - \frac{m_w}{m_s} \times 100 \right)$$

不能计算出空气占岩土体孔隙中的体积比例。那么  $M \cdot d_1 \cdot (\Phi - w)$  就不是岩土体所含气体的体积。规范中公式 A.4 式(2)不能正确计算出岩土体所含气的地热容量。

综上所述,规范推荐的公式 A.3 和 A.4,应用孔隙率和含水量参数进行相应的计算,尚需完善。

## 2 尝试对计算方法完善

采用体积法计算浅层地热容量,计算思路不变,调整相应参数,可以完善计算公式。计算思路仍然为:  $Q = c \cdot m \cdot \Delta t = c \cdot \rho \cdot v \cdot 1 = c \cdot \rho \cdot M \cdot d_1 \cdot 1 \dots (S.1)$

将规范中的公式 A.3

$$Q_w = \rho_w \cdot C_w \cdot w \cdot M \cdot d_1 \dots (A.3)$$

完善为:  $Q_w = C_w \cdot \rho_w \cdot M \cdot d_1 \cdot n \cdot s_r \dots (s.2)$

式中:  $n$ —岩土体孔隙率(或裂隙率);  $s_r$ —饱和度;其他字母含义同原规范。

根据《工程地质手册》第四版,饱和度物理意义

为土中水的体积与土中孔隙体积之比,表达式为:

$$s_r = \frac{v_w}{v_v} \times 100 = \frac{\text{土中水的体积}}{\text{土中孔隙体积}}$$

所以,  $M \cdot d_1 \cdot n \cdot s_r$  计算所得为岩土体中所含水的体积。  $Q_w = C_w \cdot \rho_w \cdot M \cdot d_1 \cdot n \cdot s_r$  计算所得为岩土体中所含水的热容量。

同理,将规范中的公式 A.4

$$Q_A = \rho_A \cdot C_A \cdot (\Phi - w) \cdot M \cdot d_1 (A.4)$$

完善为:  $Q_A = C_A \cdot \rho_A \cdot M \cdot d_1 \cdot n \cdot (1 - s_r) (s.3)$

式中:  $n$ —岩土体孔隙率(或裂隙率);  $s_r$ —饱和度;其他字母含义同原规范。

公式(s.3)中,  $M \cdot d_1 \cdot n \cdot (1 - s_r)$  计算所得为岩土体所含气的体积,  $Q_A = C_A \cdot \rho_A \cdot M \cdot d_1 \cdot n \cdot (1 - s_r)$  计算所得为岩土体所含气中的热容量。

## 3 结论与建议

以上对规范计算公式的完善修改,采用体积法计算浅层地热容量,计算思路不变,调整了相应参数。笔者认为本次完善修改的计算方法更为准确合理,希望广大业界同仁不吝赐教,共同探讨,逐步完善包气带浅层地热容量的计算方法,使现行《浅层地热能勘查评价规范》DZ/T 0225-2009 更加完善和提高。

### 参考文献:

- [1] 刘雪松,王亚斌,郭淑娟,等.天津市浅层地热资源调查报告[R].天津市地质调查研究院,2009.
- [2] 卫万顺,李宁波,冉伟彦,等.中国浅层地温能资源[M].北京,中国大地出版社,2010.
- [3] 常士骠,张苏民.《工程地质手册》第四版[M].北京,中国建筑工业出版社,2007.

# Developing the Computing Method about Shallow Geothermal Capacity from Vadose Zone

WANG Guo-liang, LU Chang-jun, DONG Wei-hong, WANG Qing-ping

(Tianjin Institute of Geological Survey, Tianjin 300191, China)

**Abstract:** It is necessary that developing the computing method about shallow geothermal energy from vadose zone, and this method is recommended by 《Specification for shallow geothermal energy investigation and evaluation》DZ/T 0225-2009. Now we are trying to develop it in this paper.

**Key words:** vadose zone; shallow; geothermal capacity; calculation method