科 学 通 报
第42卷 第14期 Chinese Science Bulletin 1997年7月

【研究通讯】

组合码及其对偶码的不可检错误概率

由文献[1]知,在二元对称信道中,设误码率为 p,则一个二元$[n, k]$线性码 C 的平均不可检错误概率定义为

$$P_e(p) = \sum_{i=1}^{n} A_i p^i (1-p)^{n-i},$$

其中$(A_0, A_1, \cdots, A_n)$是 C 的重量分布. 而且,如果对任给的 $0 \leqslant p \leqslant 0.5$,恒成立 $P_e(p) \leqslant P_e(0.5) = 2^{k-n} - 2^{-n}$,则称 C 为检错好码. 若 $P_e(p)$在$[0, 0.5]$上还是单调增加的,则称 C 为最佳检错码. 显然,最佳检错码一定是检错好码.

Rocha 在文献[2]中首次引入了组合码的概念,并给出了一些性质. 文献[3]进一步研究了组合码,并确定了其极小距离. 本文将对组合码及其对偶码的检错性能进行深入的探讨,并找出其中所有的检错好码.

定义1 设 m, w 为正整数,且 $m > 2w$,令 $G(m, w)$是一个 $m \times n$ 阶矩阵,其中 $n = \binom{m}{w}$,而且 $G(m, w)$的列由所有互不相同的、重量为 w 的 m 维向量构成. 由矩阵 $G(m, w)$生成的线性码,称为 m-w 组合码,记为 $C(m, w)$.

注 为避免平凡情形,我们一般假定 $w > 1$. 关于组合码的性质请参见文献[2]和文献[3].

定理1 设 m, w 为正整数,且 $w > 1$, $m > 2w$. 在所有的组合码 $C(m, w)$及其对偶码 $C^{\perp}(m, w)$中, $C(5, 2)$, $C(6, 2)$, $C(7, 3)$, $C(8, 3)$, $C(9, 4)$, $C(11, 5)$, $C^{\perp}(5, 2)$, $C^{\perp}(6, 2)$, $C^{\perp}(7, 2)$, $C^{\perp}(7, 3)$, $C^{\perp}(8, 3)$, $C^{\perp}(9, 4)$, $C^{\perp}(11, 5)$, $C^{\perp}(13, 6)$等14个码是最佳检错码; $C(7, 2)$和 $C(13, 6)$是检错好码,但不是最佳检错码;除此之外,不存在任何检错好码.

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号:12310504)和高等学校博士学科点专项基金资助项目.

参 考 文 献

1 Kasami T, Kløve T, Lin S. Linear block codes for error detection. IEEE Trans Inform Theory, 1983, 29(1): 131~136
2 Rocha V C D. Combinatorial codes. Electronics Letter, 1985, 21(21): 949~950
3 van Lint J H, Tolhuizen L. On the minimum distance of combinatorial codes. IEEE Trans Inform Theory, 1990, 36(4): 992~993

夏树涛 符方伟
(南开大学数学系,天津 300071)

温度梯度下冰内颗粒的迁移机制与准液层

实验证明,温度梯度作用下冰内嵌入物如固体颗粒和气泡等均会由冷端向暖端迁移. 冰内嵌入物迁移机制的研究对冰芯记录分布的进一步了解以及地下冰形成时冰的自净过程的深入研究均具有十分重要的意义. 本文将温度梯度下冰内颗粒的迁移与冰的表面融化相联系,对冰内颗粒的迁移机制以及准液层自身粘滞性质的分析结果如下.

(1)由于冰的表面融化现象,冰内颗粒表面附着一薄层融水,称为准液层. 准液层的存在对温度梯度下冰内颗粒的宏观迁移行为起着决定性作用. 一定压力下,准液层的稳定厚

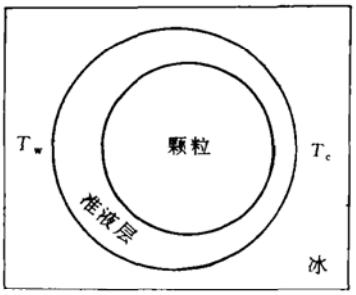

图 1 温度梯度下冰内颗粒周围的准液层
T_w——暖端, T_c——冷端

暖端准液层(温度 T_w)受到的表面束缚作用强,其化学势相应低于暖端准液层. 在势梯度作用下,暖端准液层便向冷端准液层转变,使冷端准液层增厚,暖端准液层减薄,准液层为维持其稳定厚度,暖端相邻的冰便向准液层转变,而冷端准液层则转变成冰,从而又形成新的势梯度. 于是上述过程得以继续,达成动态平衡状态. 这个过程持续的宏观结果是颗粒不断由冷处向暖处迁移.

根据以上分析,相同温度梯度下,温度愈接近 0℃,颗粒表面的准液层愈厚,单位时间内冷暖两端准液层与冰之间的转变量愈大,颗粒的迁移速率也愈高;在相同温度(指颗粒中部或颗粒平均温度)下,温度梯度愈大,冷暖两端准液层的势梯度愈大,它们与冰之间的转变速率愈高,颗粒的迁移速率也愈高.

(2)准液层性质的研究对于研究颗粒的迁移机制和规律十分必要. 准液层不仅是低于冰点的过冷水,而且是受到冰和基质表面作用度随温度升高而增加[1],将颗粒看作理想球体时,温度梯度下冰内颗粒表面的准液层厚度分布如图 1. 由于作用距离的差别,相对薄的冷端准液层(温度 T_c)受到的表面束缚作用比的束缚水,其自扩散系数比自由水小 4 个数量级[2]. 准液层的粘滞度不同于自由水也不同于过冷水. 自由水粘滞度随温度的变化规律[3]为: $\eta_b = \eta_0[1+0.036\,1(-T)+0.000\,83(-T^2)]$ (T 为温度(℃), η_0, η_b 分别为 0℃和温度 T 下水的粘滞度), −1℃过冷水的粘滞度与 0℃水的粘滞度几乎相等. 根据温度梯度下冰内颗粒迁移速率的实验结果[4],在 1.3×10^{-2} K/m 温度梯度下, −1℃颗粒的迁移速率为 5.6×10^{-9} m/s,此时准液层厚度为 10^{-7} m[1],将颗粒周围准液层的运动作为粘滞流动的对比分析表明, −1℃准液层的粘滞度为 141.4 $kg\cdot s^{-1}\cdot m^{-1}$,是 0℃水粘滞度(17.9 $kg\cdot s^{-1}\cdot m^{-1}$)的 7.9 倍. 因此准液层的粘滞度不仅高于自由水,而且比相同温度过冷水的粘滞度也高得多.

参 考 文 献

1 Dash J G. Surface melting. Contem Phys, 1989, 30(2).
2 Mizuno Y, Hanafusa N. Studies of surface properties of ice using nuclear magnetic resonance. J. de Physique, 1987, 48(C1): 511
3 Gilpin R R. Wire regelation. J Colloid and Interface Sci, 1979, 68(2): 146
4 Romkens M J, Miller R D. Migration of mineral particles in ice with a temperature gradient. J Colloid and Interface Sci, 1973, 42(1): 62

陈瑞杰 程国栋 王家澄 陶兆祥
(中国科学院兰州冰川冻土研究所,冻土工程国家重点实验室,兰州 730000)