长时记忆的流变学模型

刚 芹 果

(河北大学数学系，保定 071002)

摘要 本文对流变学在长时记忆研究中的应用做了研讨. 提及 2 个基本原理：确定性原理和遗忘原理. 在此基础上，给出长时记忆的流变学模型，并根据此模型，讨论了长时记忆中的某些特性. 已有的实验结果表明，该模型在描述长时记忆这一高级心理活动的某些方面，是成功的.

关键词 长时记忆，流变学模型，确定性原理，遗忘原理

对于具有“记忆”力学性能的材料，如黏弹体，流变学家曾根据人的长时记忆特性，提出了分析这类材料力学性质的 2 个基本原理：确定性原理和衰减记忆原理. 并且还根据连续介质力学中的其它原理，建立了描述这类材料力学行为的本构方程，即反应 (应力) 和刺激 (应变) 之间的关系 [1]. 我们采用同样的方法，建立心理学中长时记忆的一种模型，称之为流变学模型，并用它讨论长时记忆的某些特性 [2].

1 流变学模型

为了建立长时记忆的模型，与流变学家的研究方法相同，首先给出关于长时记忆的 2 个基本原理：

确定性原理 即 t 时刻的反应 $S(t)$ 依赖于刺激 $P(t)$ 的全部历史. 这里的 $P(t)$ 和 $S(t)$ 是指被识记的对象和 t 时刻的保存量.

遗忘原理 即衰退记忆原理，是指如 $0 \le t_1 < t_2 < t$, 则 t 时刻的 $S(t)$ 对 $P(t_2)$ 的依赖程度大于 $P(t_1)$.

与建立具有“记忆”性能材料的本构方程相似，根据如上原理，可建立 $\delta(t)$ 和 $P(t)$ 之间的一种关系

$$S(t) = \int_0^t G(t-\tau)F'(P(\tau))\dot{P}(\tau)\mathrm{d}\tau \qquad (1)$$

其中，$F'(P) = \dfrac{\mathrm{d}F(P)}{\mathrm{d}P}, \dot{P}(t) = \dfrac{\mathrm{d}P(t)}{\mathrm{d}t}$, $F(P)$ 是 $P(t)$ 的函数. 式 (1) 即为长时记忆流变学模型.

由式 (1) 可见，它与我们提出的心理物理学定律 [3] 相同.

2 长时记忆的特性分析

2.1 保存曲线即识记之后不再复习，保存量 $S(t)$ 和时间 t 的曲线. 这相当于 $P(t)$ 取如下形式

$$P(t) = P^0 H(t) \qquad (2)$$

$H(t)$ 是阶跃函数. 代入式 (1) 得

$$S(t) = G(t)F(P^0) \qquad (3)$$

从而根据保存曲线的形状 [2], 可知 $G(t)$ 是减函数.

由式 (3), 还可以讨论 t 时刻保存量 $S(t)$ 与 P^0 之间的关系. 而 $F(P)$ 采用感觉分析中的形式 [3]

$$F(P) = \ln P \qquad (4)$$

或

$$F(P) = P^n \quad (n < 1) \qquad (5)$$

由 (3) 式，可知有

$$\frac{S(t)}{P^0} = G(t)\frac{\ln(P^0)}{P^0}, \quad \frac{S(t)}{P^0} = G(t)\frac{1}{(P^0)^{1-n}} \qquad (6)$$

其中，$\dfrac{S(t)}{P^0}$ 是 t 时刻正确再现的比例. 并由式 (6) 可知，$\dfrac{S(t)}{P^0}$ 随着 P^0 的增加而减小，这与已有的实验结果 [2] 相符.

2.2 识别遍数 N 与保存量 $S(t)$ 之间的关系. 在时间 $[0, T]$ 内，设被识别的量为常数 P^0, 则有

$$P(t) = P^0\left\{\sum_{i=1}^{N} H(t-t_i)\right\}, \quad 0 \le t_1 < t_i < t_{i+1} < T \qquad (7)$$

由式 (1) 得 T 时刻的保存量 $S(T)$ 为

$$S(T) = F(P^0)G(T-t_1) + \sum_{i=2}^{N}\Big\{F(iP^0) - F((i-1)P^0)\Big\}G(T-t_i) \qquad (8)$$

为了说明复习遍数 N 与保存量 $S(T)$ 之间的关系，取 $G(t)$ 的形式为：$G(t) = A\exp(-\alpha t)$, $F(P)$ 为线性形式，即 $F(P) = P$, 各复习时间间隔相同，为 T/N, t_i 取为

$$t_i = \frac{(i-1)T}{N} \qquad (9)$$

由 (8) 式得

$$S(T)=\frac{AP^0[1-\exp(-\alpha T)]}{\exp(\frac{\alpha T}{N})-1} \tag{10}$$

可见，$S(T)$ 随 N 的增加而增加，这与心理学中的实验结果[2] 相符．对于其它形式的 $G(t)$ 、$F(P)$ 以及 t_i, 有相同结论．

由式 (8) 还可见，不仅识别的遍数 N 影响着保存量 $S(T)$ 的大小，而且 $S(T)$ 还与各复习之间的时间间隔 (t_i-t_{i-1}) 有关．关于后者的影响，由式 (8) 可知，由于 $G(t)$ 是减函数，故 $(T-t_i)$ 越小，保存量 $S(T)$ 越大．这也许是考生在考试之间加紧复习的根据之一．

3 讨 论

(1) 长时记忆流变学模型与考虑适应现象的心理物理学定律的相似性，说明了 (1) 式在心理学中具有一定的普遍性．

(2) 本文没有讨论影响记忆的各种因素与 $G(t)$ 、$F(P)$ 的关系，这有待今后进一步研究．

(3) 一系列的实验结果表明，采用流变学模型，分析长时记忆的某些特性，是可行的．从而推动了关于长时记忆的定量研究．

参 考 文 献

1 克里斯坦森 R M. 黏弹性力学引论．北京：科学出版社，1990

2 赫葆源，张厚粲，陈舒永．实验心理学．北京：北京大学出版社，1983

3 刚芹果．考虑适应现象的心理物理学定律及其在力学中的应用．力学与实践，1994,16(2)

(1994 年 1 月 26 日收到第 1 稿，1994 年 4 月 24 日收到修改稿)

连铸过程铸坯弹／黏塑性热应力的研究 1)

温崇哲　陈栋梁　许志强

(燕山大学，秦皇岛　066004)

摘要 本文推导并建立了高温铸坯黏塑性蠕变综合效应的非稳态热弹／黏塑性本构方程，在数值分析中考虑了对铸坯应力有重要影响的相变引起的体积变化，并编制了有限元程序．作通过对某厂板坯连铸机进行分析计算的结果表明，对板坯连铸过程铸坯热应力的模拟本模型和程序是有效的．

关键词 连铸，热应力，有限元法

1 引 言

在连铸过程中，由于不合理的冷却制度，连铸坯中将产生过大的热应力或在凝固前沿产生拉应力，这对铸坯产生各种裂纹缺陷甚至拉断有着重要的影响．近年来随着连铸 - 连轧技术的发展，对生产高温无缺陷铸坯提出了很高的要求，因此，研究连铸坯中热应力的自然分布和发展变化，对于优化冷却制度，改善铸坯质量和改进铸机设计将有重要意义．

随着高速计算机的出现，使得应用数值方法模拟连铸过程成为可能，据此，可以获得连铸坯在各个位置的热应力分布，分析铸坯裂纹等缺陷的形成原因以及评估工艺条件对产品质量的综合影响．由于连铸过程中铸坯的温度变化很大，其本身的物性参数也将随之发生很大变化，即使在同一时刻的铸坯断面内，温差也很大，其应力变化也很复杂．在液相区中不存在应力和变形，在固液二相区中只考虑由液体凝固而产生的收缩，在固相区中存在着热应力，在受外力作用或温度变化时，材料的变形都不同程度地与时间有关，并呈现出黏性，特别在高应变速率下金属材料一般作为弹／黏塑性处理．为了更好的满足模拟连铸坯热应力的需要，本文推导了非稳态热弹／黏塑性本构方程及其有限元表达式，在数值计算中考虑了相变引起的体积变化对热应力的影响，编制了有限元程序，进行了验证，并应用本程序对某厂连铸机板坯连铸过程进行了实例计算．

1) 国家重大技术装备课题 (子项).