

# 基于匹配度的政府服务渠道、用户与服务整合

李 平<sup>1,2</sup>, 白庆华<sup>1</sup>

(1. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092; 2. 上海交通大学医学院附属新华医院, 上海 200092)

**摘要:** 针对网络、电话和现场三类主要的公共服务渠道, 构建服务渠道、服务与用户三要素的评测指标, 进一步提出三要素匹配度的概念及测算方法, 最后给出进行三要素整合的方法模型, 通过实例验证了方法的有效性. 结果表明, 该决策方法可以为政府规划服务渠道提供有益参考, 优化渠道互补结构、整合渠道模式是最佳的服务传递途径.

**关键词:** 公共服务; 服务渠道; 用户; 整合

**中图分类号:** D035

**文献标志码:** A

## Integration of Governmental Service Channel, User and Service Based on Matching Degree

LI Ping<sup>1,2</sup>, BAI Qinghua<sup>1</sup>

(1. College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Xinhua Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** According to the three main public service channels, the web channel, the telephone channel and the field channel, the study sets up the evaluation indexes about service channel, service and users. The concept and calculation method of the matching degree of the factors are proposed, and the model integrating the three factors is given and verified by a case study. The proposed decision model proves helpful for the government in service channel planning and structure of channel optimizing. The integrated channel model is the best way for service.

**Key words:** public service; service channel; user; integration

公共服务一直是各个国家理论研究和实践发展的重点, 公共服务中的一个重要部分是如何将政府信息和服务传递给公民. 因此, 服务渠道在政府服务公众、政府与公众交互方面扮演着重要角色. 各种公

共服务渠道如何更好地满足不同用户的需求, 是多元服务渠道模式下政府研究的重点内容之一. 各个国家都在努力实践多元化的公共服务渠道体系, 我国已形成了多元服务渠道传递公共服务的模式. 近几年我国政府致力于发展电子渠道提高公共服务效率, 但是由于受多种因素的影响, 传统的现场服务渠道及电话渠道仍然占有主要的位置. 除此以外, 还出现了市民卡、政府微博、移动信息亭、街边信息亭等新型的渠道形式. 面对如此繁多的服务渠道, 政府该如何合理规划各渠道的服务内容, 是“以公众为中心”的政府需要研究的新课题.

渠道、所传递的服务和用户构成了服务渠道的主要组成要素<sup>[1]</sup>. 从实践来看, 多元化的渠道带来的一个常见问题是渠道定位不准, 如某服务进行传递的渠道不能满足服务需求, 或者通过某渠道无法传递给需要的用户等. 例如, 市民拨通某条政府的服务热线却常常被告知这里无法受理, 需要拨打另外一个号码. 传统的直至当前的渠道规划方法, 一般采用经验式, 根据政府的职能及实际的服务安排服务渠道, 或者更多的可能是直接在各个主要的渠道建立连接或者入口, 忽略了渠道与服务、用户之间的关联. 因此, 尚缺乏一套多元渠道进行有效规划的理论指导.

本文对政府服务的渠道、用户与服务三要素的整合定义如下: 以用户体验的一致性和最优化为出发点, 针对需要传递的服务, 充分考虑各渠道的特征, 通过渠道的差异化使不同的渠道起不同的作用, 达到渠道、服务与用户之间良好的匹配和协调, 以实现最佳的服务传递效率, 形成整合的、系统化的渠道模式. 基于此界定, 本文提出进行渠道、用户与服务三要素匹配整合的具体方法.

收稿日期: 2012-11-08

基金项目: 上海市重大决策咨询项目(2010-A-03-B)

第一作者: 李 平(1977—), 女, 博士生, 主要研究方向为公共服务、信息系统、卫生信息技术等. E-mail: icuuci@163.com

通讯作者: 白庆华(1946—), 男, 教授, 博士生导师, 管理学博士, 主要研究方向为电子政务和城市管理. E-mail: tjqhbai@vip.sina.com

## 1 构建三要素匹配评测维度

为了衡量要素之间是否匹配协调,首先要明确用以描述要素的测评指标. Reddick<sup>[2]</sup>指出用户会根据不同的任务需求来选择服务渠道,问题咨询通常会选择使用电话,查询信息或是交易服务通常会选择网络渠道. Pieterse<sup>[3]</sup>提出不同的人群特征将影响对服务渠道的选择,年龄大的人倾向选择面对面的服务方式,教育程度高的人选择电子渠道的比例大. Ryals<sup>[4]</sup>使用人口统计的方法,从不同角度发现渠道本身的特征会影响用户对服务渠道的使用,人们总是希望渠道能针对个性化的需求提供服务,总是要求渠道有较好的交互性,以及总是希望渠道方便使用,不用费太多脑力等. 基于这些有关政府服务渠道的研究,本文梳理提取了分别描述渠道、用户和服务的主要指标维度,如图1所示. 基于此进一步提出三要素匹配度的概念及测算方法,最后给出进行三要素整合的方法模型.

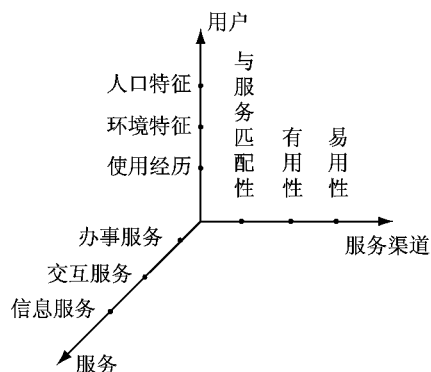


图1 服务、服务渠道与用户的主要要素

Fig.1 Main factors of service, service channel and users

### 1.1 服务的维度分析

从用户的角度,可以将政府为社会各界提供种类繁多的公共服务形式分为“信息服务”、“交互服务”和“办事服务”三大类. 从属性上进行提炼,具体分为不同的复杂性、不确定性、标准化程度和交互性. 复杂性,可以从服务流长度、办事深度、是单部门提供还是多部门提供、是否需要物质流等方面进行评价,这些因素都将影响到服务的复杂性. 不确定性,是指服务过程或者结果存在模糊性或者不可预见的情况,如某服务事项突然发生、或者存在多部门职能交叉等. 标准化程度表示用户对服务的干预程度和服务的电子化程度,如公共事业服务(水、电、气)之类标准化程度较高的服务,用户可以干预的可能性较小,服务模式相对固定,并不受用户的定制而

改变,这类服务能进行结构化或定量的描述,而进行电子化支持、表示、流转的可能性也比较大,因此具有较高的电子化程度. 实际中完全标准化的服务或者完全用户定制的服务较少,绝大多数都是介于两者之间的某一状态. 交互性,是指服务提供者与服务对象之间的信息交流互动情况,这体现在双方对沟通的要求,有些服务在过程中用户愿意或者需要花费较多精力用于沟通上,或者有些服务内容政府需要对用户信息进行较多的核实、不断地确认,双方的信息在服务过程中不断地交换,这样的服务需要较高的交互性.

### 1.2 服务渠道的维度分析

渠道呈现多元化趋势,不同的渠道有着特定的传输特征. 公共服务渠道在服务传递的过程中充当任务载体,具有媒介特征. 在信息沟通领域的研究中,媒介丰度理论主张不同的媒介会产生不同的沟通效果,在此基础上有利于针对沟通内容、沟通媒介和沟通效果间的关系进行研究<sup>[5]</sup>. Zmud<sup>[6]</sup>进行了实证研究,并对媒介丰富度排序如下:面对面>电话>影像>语音会议>传统会议>语音讯息>图表>计算机报表>文件>备忘录>电子邮件>传真=手稿>信函.

根据媒介丰度的评判标准及有关研究,归纳提取以下四个主要特征作为描述服务渠道的维度:丰富性、到达性、标准化、使用成本. 丰富性包含了信息的数量、个性化的程度与交互性. 到达性意指同时交换信息的人数,如面对面方式一个服务人员一次只能面对一个人服务,而网站可以同时为很多人提供信息. 高丰富性意味着高增值性,而高到达性意味着低成本高效率<sup>[7]</sup>. 标准化即可以结构化或数字化表达. 使用成本则显示政府和用户选择不同的渠道时需要付出的时间、体力或者金钱等努力,视为使用成本. 以个税查询为例,政府可以通过服务中心窗口、电话与网站提供服务. 其中,窗口可以为客户提供详尽的咨询,但是只能一次服务个别客户;电话和网站打破了在地域上的限制,可以同时覆盖大量的客户,但是却不能提供个性化的咨询服务. 一般情况下,高到达性的渠道适用于简单的服务,而复杂的服务要求高丰富性的渠道. 现场渠道可以提供所有类型服务,但无疑对政府还是用户都意味着较高使用成本;电子渠道可以由用户自助服务或半自助服务,但并非适合所有服务和用户. 因此,特定渠道的适用性取决于要传输的服务与面向的用户,只有渠道与服务相适应,才会产生更高的服务支持水平.

### 1.3 用户的维度分析

本文仅针对公共服务对象中的公民进行研究,即政府与公民之间的服务行为(G2C).对于公民这种分散的个体,也是把它作为一个整体来看待.公共服务中的用户具有其鲜明的特点.首先,广泛性是指公共服务所包含的用户范围广,几乎无所不包,每个公民都有权享有政府的服务.其次,平等性,与企业进行的客户细分不同的是,公共服务的用户不能根据其价值来进行划分,政府是以服务为目的,它的用户没有高低贵贱之分,而是一律平等,甚至要更加关注农村居民、残疾人、老年人、少数民族等特殊群体,以保障他们平等地获得公共服务.

在很多关于行为的研究中,识别出人口特征对行为的影响机理.如 Schellong 等<sup>[8]</sup>通过对德国居民的调查,得出服务时间、用户的年龄和情绪都影响对渠道的选择. Choo 等<sup>[9]</sup>指出人群特征、信任和使用满意度都影响渠道的选择.除人口特征以外,还有其他环境因素、心理因素会影响行为. Davis 等<sup>[10]</sup>在其提出技术接受模型后也指出,某些情况下人们对科技的接收也可能受到其他激励因素或者环境因素的影响,如主观规范、熟悉度、过去经验、使用者投入状况等.因此本文选择了有关政府服务文献研究中识别频率比较高的几个因素,人口特征、环境特征及使用经历作为描述用户的维度加以探讨,见表 1.在具体操作中,政府也可以根据渠道用户对描述维度进行调整.

表 1 用户细分因素

Tab.1 Factors of users

用户细分因素	细分指标
地理因素	地理区域、地区级别、基础设施等
人口因素	年龄、文化程度、性别、职业等
环境因素	服务需求的紧迫性、重要性、模糊性等
渠道使用倾向	服务技能、使用习惯、使用经历等

## 2 三要素整合路径分析

要有效解决多要素整合问题,需要一个具有实用性的模型.本节基于服务、渠道和用户三者匹配的概念提出了整合的路径和具体步骤,见图 2.

### 2.1 服务特征分析

针对需要传递的服务,对它的主要特征属性进行分析.具体的服务内容各属性表现不尽相同,如有些服务办事深度强为突出特点,有些服务要强调交互等,因此需要确定不同特征维度的权重.对服务特征分析,采用特征指标的权重来确定不同维度匹配

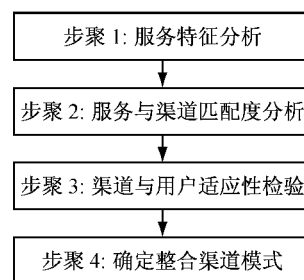


图 2 服务、服务渠道与用户要素整合路径

Fig.2 Integrating path for factors of service, service channel and users

程度的重要程度.

#### 2.1.1 规范化处理

为了便于理解该方法,对其过程规范化表示如下:

$N = \{1, 2, \dots, n\}$  为某服务要分析的特征纬度数.前文确定了描述服务内容的四个主要特征,复杂性、不确定性、标准化程度和交互性特征,因此  $N = \{1, 2, \dots, 4\}$ .实际操作中,可以根据具体的服务内容扩展或改变需要考虑的服务维度,也可以再进一步细化指标如沟通性、随时性等.

$M = \{1, 2, \dots, m\}$  为拟通过  $m$  个服务渠道进行服务传递.本文将现有主要服务渠道分为电话、网站和现场三类,因而  $m = 3$ .随着不同地区政府不断增加新的类型渠道, $m$  可以进行扩展.

#### 2.1.2 层次分析法确定服务特征权重

给指标赋权传统的做法是给每个等级赋予一个数值,如 1 表示不满意,5 代表优秀.虽然该方法能对指标的优劣给出一个数量的反映,但这违反了“测量标准尺度”原则,因为该方法暗含了这样一层意义:优秀指标是不满意指标 5 倍的假设<sup>[11]</sup>.本文则利用层次分析法(AHP)通过两两比较的方式确定层次中诸因素的相对重要性,确定服务特征体系权重系数.

构造指标逐对判断矩阵  $A_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n)$ , 其中  $a_{ii} = 1, a_{ij} = 1/a_{ji} (i \neq j)$ , 并进行均一化得矩阵  $B$ , 其中

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

根据专家填写后的判断矩阵,采用和积法求出指标权重

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

记权重向量

$$W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T \quad (3)$$

进行一致性检验

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i}$$

一致性指标为

$$C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

平均随机一致性指标记为  $R_1$ , 当随机一致性比率  $\epsilon = C_1/R_1 < 0.10$  时, 认为层次单排序的结果具有满意的一致性, 否则需要调整判断矩阵的元素取值. 在对服务特征维度确定权重中, 根据服务提供者或者专家经验得出两两指标比较的重要性关系, 进而根据 AHP 法得出各维度权重  $W$ .

## 2.2 服务与渠道匹配度分析

渠道是与服务相关的, 对多元化渠道进行整合需从要传递的服务出发, 从多种渠道中找出能够满足要求的渠道或渠道组合. 本文通过衡量渠道对服务各属性的匹配程度, 得到两者整体的匹配度.

### 2.2.1 确定因素评定等级及标度分值

根据实际情况确定各因素的评定等级、评语或者标度分值. 本文将服务与渠道特征的匹配度评定分为六个标度等级,  $H = \{\text{高, 较高, 中, 较低, 低, 无}\}$ , 对应的标度分值为  $\{1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2, 0\}$ .

### 2.2.2 不同渠道对服务的匹配程度评定

由服务提供者或者专家通过观察法、调查法或者专家意见法等进行匹配评定, 得到匹配度矩阵表, 如表 2 所示.

表 2 服务与渠道匹配度矩阵

Tab.2 Matching matrix of service and service channel				
服务渠道	复杂性	不确定性	标准化程度	交互性
电话	$p_{11}$	$p_{12}$	...	...
网站	$p_{21}$	$p_{ij}$	...	...
现场	...	...	...	$p_{nm}$

表 2 中,  $p_{ij}$  表示  $i$  个渠道对第  $j$  个服务特征的匹配程度, 记匹配度矩阵

$$P = (p_{ij})_{m \times n} \quad (5)$$

### 2.2.3 渠道综合匹配度的计算

匹配度矩阵每一行是一集合, 代表一种渠道类型. 记

$$G = \begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \\ \vdots \\ g_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mn} \end{pmatrix} \quad (6)$$

在上一步中确定了特征维度的权重向量, 见式 (3), 可得每个渠道的综合匹配向量

$$S = G \times W = (s_1, s_2, \dots, s_m)^T \quad (7)$$

其中  $s_l (l=1, 2, \dots, m)$  为每个渠道对服务内容的综合匹配程度, 其数值越大表示匹配程度越高. 根据向量  $S$  就比较容易地判断哪个渠道与服务最相匹配协调, 能给予服务最好的支持.

### 2.2.4 选择渠道并得到整体匹配水平

根据渠道与服务的匹配程度, 为服务提供者决策选择渠道或者渠道组合, 对匹配程度很低或者完全不匹配的渠道可以根据实际情况进行取舍. 选取后的服务渠道组合形成新的矩阵

$$G' = (g'_1, g'_2, \dots, g'_k)^T \quad (8)$$

最后可得到整合渠道对服务的整体匹配水平

$$e = (1, 1, \dots, 1) \times G' \times W \quad (9)$$

## 2.3 渠道与用户适应性检验

用户的需求, 受服务的复杂性与渠道的使用体验、知识与经验、人口统计学与环境因素等综合因素影响. 服务属性、运营成本、渠道模式决策等因素综合影响着服务供给. 由于决定用户需求与服务供给的要素不同, 便会导致渠道需求与供给不相匹配的问题. 渠道供需不匹配可能使得用户难以获得所需要的服务, 甚至渠道的服务形同虚设、无人问津, 还会招致用户的抱怨. 在上一步初步确定的渠道组合, 尚需判定这个渠道组合是否可以满足用户的需求.

首先, 从供需角度出发, 判定服务事项所面向的主要用户群体有哪些, 用户群体的主要特征有哪些, 服务的情景假设怎样, 从而推测用户渠道使用倾向.

其次, 检验选定的渠道组合是否与他们的使用倾向相吻合, 是否可以保证传递到服务对象. 例如, 若用户倾向于从方便性等自身利益出发使用多渠道来获取服务, 而方便性较高的电子渠道没有得到很好的建设, 用户与政府之间便存在渠道使用倾向的差异, 从而影响用户满意度.

最后, 调整渠道模式. 主要原则是必须重视公共服务用户的广泛性和平等性的特点, 整合渠道的最终目标是把有限的服务资源通过合适的途径传递给需要的广大用户.

这一步更多需要依靠经验或者从渠道的用户情况以及服务的传递情况等历史数据加以分析判定.

## 2.4 确定整合渠道模式

根据前面服务渠道、服务与用户的匹配性分析, 最终形成三要素相整合的多渠道模式, 记为新的矩阵

$$Q = (g'_1, g'_2, \dots, g'_t)^T, \quad t \leq k \quad (10)$$

得到整合渠道对服务的整体匹配水平

$$e' = (1, 1, \dots, 1) \times Q \times W \quad (11)$$

由于当前渠道种类少而服务内容多,因此绝大部分情况可能是某一服务选用了各种类型的渠道,但这与本文提出的整合方法并不相违背.该方法主要目的不是要减少服务的传递渠道,而是提出重视渠道与用户和服务的匹配.整合渠道模式实现了用不同的渠道来传递不同的服务,优化渠道组合;对于同一服务,让不同的渠道侧重不同的作用,如引导、咨询、下载、查询等.

### 3 实例分析

为了更好地阐述本文所建立的服务渠道、用户与服务的整合方法,下面通过信访这一实例,演示该决策方法的运用过程.信访是政府提供的实现公众监督的途径,也可以视为一项服务,通过信访为民解决某些难题.第一步,服务特征分析确定  $n=4, m=3$ ,即服务特征考虑四个,渠道考虑三个.通过 AHP 法构造指标的判断矩阵如表 3 所示,进而得出各维度权重  $W=(0.18, 0.31, 0.06, 0.46)$ .最大特征值  $\lambda_{\max}=4.97$ ,随机一致性比例  $\epsilon=C_1/R_1=0.028<0.10$ ,通过一致性判断.各个指标的权重向量具有满意的一致性.

表 3 服务特征的逐对判断矩阵 A

Tab.3 Comparison Matrix A of service indexes

服务特征	复杂性	不确定性	标准化程度	交互性
复杂性	1	1/5	7	1/3
不确定性	5	1	5	1/3
标准化程度	1/7	1/5	1	1/5
交互性	3	3	5	1

第二步,服务与渠道匹配度分析.构建信访服务与渠道匹配度矩阵表,如表 4 所示.由此推得每个渠道的综合匹配向量

$$S=(0.36, 0.47, 0.44)^T \quad (12)$$

可见经过初步匹配得到  $s_2>s_3>s_1$ ,即网站渠道对信访服务具有最高的匹配性,其次是现场,最后是电话.

表 4 信访服务与服务渠道匹配度矩阵

Tab.4 Matching Matrix of letters and visits service and service channel

服务渠道	复杂性	不确定性	标准化程度	交互性
电话	0.4	0.6	0.2	0.4
网站	0.6	0.4	0.6	0.2
现场	0.2	0.4	0.2	0.6

第三步,渠道与用户适应性检验.该步骤首先分析信访面向的用户,发现信访面向的用户群体广泛,任何公民都有权利对政府实施监督、谏言献策,信访

人的一般需求则在于能够与主管方面充分地反映问题、表达需求,能及时、准确地获得反馈信息,不用奔走于各个机构之间,因而服务过程的交互性和不确定性较为突出.尽管网站具有良好的匹配性,但现阶段“数字鸿沟”的客观条件限制,对于不具备上网技能及上网条件的群体而言是有所局限,因而需要配合现场或者电话渠道.

第四步,确定三要素整合的渠道决策并得到整体匹配水平,通过匹配得出渠道的定位决策.如果选择网络加电话渠道模式,根据式(11)得到整体匹配水平为 0.71;如果选择网络加现场模式,整体匹配水平为 0.84,整体匹配水平尚可.另外,从服务绩效看,如果低成本的渠道即可以满足需求,就不必要重复利用高成本渠道.结合供需双方的便利性、成本性等其他角度,本文认为在此基础上应该重点发展网络及电话渠道的信访服务功能,将现场渠道逐渐转变为突发、不确定或者重要情况下的入口,并保持与网络和电话渠道的互通互联.

该实例证明了本文提出的服务渠道、用户和服务整合方法的可操作性和有效性.但需要说明的是,由于本文只研究了网络、现场和电话渠道,没有把信件这种传统信访采用较多的渠道考虑进来,如果把它也加入渠道范围进行分析的话,可能会得到不一样的整合模式.

### 4 结语

政府当前的多元化渠道战略,也显示了它的渠道使用倾向的变化,最明显地体现在现场渠道.对于简单服务,政府力图让用户通过网站能够自助完成,因而电子政务大力推进“网上办事”等服务事项.同时,公众获取服务行为同样具有多元化趋势,不仅使用多渠道获取不同的服务,而且也会使用多渠道来获取同一服务.因此,渠道规划应该重视供需之间渠道的使用倾向差异.本文提出的服务渠道、服务和用户三要素整合的系统的、规范的方法,可以为政府规划服务渠道提供有益参考,有效优化渠道互补结构,发挥各渠道优势,提高服务传递质量.总之,整合渠道模式是最佳的服务传递途径.

### 参考文献:

- [1] 李平.基于 SE 与 CSM 的电子政务公共服务渠道管理研究[J].东岳论丛,2010,31(6):122.

LI Ping. E-government public service channel management

- based SE and CSM[J]. Dongyue Tribune, 2010, 31(6):122.
- [2] Reddick C G. Citizen-initiated contacts with government comparing phones and websites[J]. Journal of E-government. 2005, 2(1):27.
- [3] Pieterse W, van Dijk J. Governmental service channel positioning [C]//Communication Proceedings of the 5<sup>th</sup> International EGOV Conference. Krakow: Trauner Druck, 2006:171-180.
- [4] Ryals L, Knox S. Cross-functional issues in the implementation of relationship marketing through customer relationship management[J]. European Management Journal, 2001, 19(5):534.
- [5] Mullen B, Johnson C. The psychology of consumer behavior [M]. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1990.
- [6] Zmud R, Lind M, Young F. An attribute space for organization communication channels [J]. Information Systems Research, 1990, 1(4):440.
- [7] 丁秀好, 黄瑞华. 基于媒介丰度的合作创新中知识转移媒介引入知识产权风险研究[J]. 研究与发展管理, 2010, 22(4):92.
- DING Xiuhao, HUANG Ruihua. A study on intellectual property risk due to knowledge transfer media in collaborative innovation based on media richness [J]. Research and Development Management, 2010, 22(4):92.
- [8] Schellong A, Mans D. Citizens preferences towards one-stop government [C]//The 2004 Annual National Conference on Digital Government Research. Seattle: ACM, 2004:234-242.
- [9] Choo C W, Detlor B, Turnbull D. Web work information seeking and knowledge work on the world wide web [M]. Dordrecht: Kluwer, 2000.
- [10] Davis F D, Bagozzi R P, Warshaw. Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace [J]. Journal of Applied Social Psychology, 1992, 22:1111.
- [11] 许树柏. 层次分析法原理 [M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.
- XU Shubai. Theory on analytic hierarchy process [M]. Tianjin: Tianjin University Press, 1988.

(上接第 1657 页)

本文计算得到裂缝尖端张开位移值与裂缝扩展长度的关系( $\omega-\Delta a$ ), 两者除 200 °C 外基本呈指数关系发展, 这与现有常温下计算结果类似. 随着温度的上升, 相同裂缝扩展长度对应混凝土试件的裂缝尖端张开位移值呈增大趋势. 其原因归结为试件历经高温后, 内部存在较多微裂缝, 微裂缝数量及宽度随历经温度的升高而增加; 另一方面混凝土内部骨料与砂浆之间的黏结作用将随高温作用而削弱.

#### 参考文献:

- [1] Wells A A. Unstable crack propagation in metal: cleavage and fast fracture [C]//Proceeding of Crack Propagation Symposium. Cranfield; [s.n.], 1961: 81-90.
- [2] 中华人民共和国第一机械工业部. GB2358—80 裂缝张开位移(COD)试验方法[J]. 北京: 国家标准总局, 1981.
- The First Ministry of Machinery-building Industry of Peoples' Republic of China. GB2358-80 testing method for crack opening displacement [S]. Beijing: State General Bureau of Standardization, 1981.
- [3] ASTM. E1290-89 Standard test method for crack-tip opening displacement (CTOD) fracture toughness measurement [S]. Pennsylvania: ASTM, 1989.
- [4] Jenq Y S, Shah S P. Two parameter fracture model for concrete [J]. Journal of Engineering Mechanics, 1985, 111(10): 1227.
- [5] 徐世烺. 混凝土断裂机理 [D]. 大连: 大连理工大学, 1988.
- XU Shilang. Fracture mechanism of concrete [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 1988.
- [6] 吴智敏, 赵国藩. 混凝土裂缝扩展的 CTOD<sub>c</sub> 准则 [J]. 大连理工大学学报, 1995, 35(5): 699.
- WU Zhimin, ZHAO Guofan. CTOD<sub>c</sub> criterion for crack development of concrete [J]. Journal of Dalian University of Technology, 1995, 35(5): 699.
- [7] 徐世烺, 赵国藩. 混凝土裂缝的稳定扩展过程与临界裂缝尖端张开位移 [J]. 水利学报, 1989, 27(4): 33.
- XU Shilang, ZHAO Guofan. Stable crack development process of concrete crack and critical crack tip opening displacement [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1989, 27(4): 33.
- [8] 徐世烺, 张秀芳, 卜丹. 混凝土裂缝扩展过程中裂尖张口位移( $\omega$ )与裂缝最张开位移( $\delta$ )的变化关系分析 [J]. 工程力学, 2011, 28(5): 64.
- XU Shilang, ZHANG Xiufang, BU Dan. Relationship between crack tip opening displacement ( $\omega$ ) and crack mouth opening displacement ( $\delta$ ) throughout development of concrete crack [J]. Engineering Mechanics, 2011, 28(5): 64.
- [9] Du J J, Kobayashi A S, Hawkins N M. Fracture process zone of a concrete fracture specimen [C]//RILEM International Conference on Fracture of Concrete and Rock. Houston, Springer, 1987: 199-204.
- [10] Shailendra Kumar, Barai S V. Influence of specimen geometry and size-effect on the KR-curve based on the cohesive stress in concrete [J]. International Journal of Fracture, 2008, 152: 127.