

基于层次分析法支持决策的外包服务供应商绩效评价

雷星晖, 尤筱玥

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 企业决定采取外包策略后, 应当考虑选择外包服务供应商的过程和方法. 通过运用层次分析法(AHP)将供应商绩效评价指标分为合作、服务、准时生产体制(JIT)和成本 4 类并进一步细分, 通过量化计算得出各项指标的权重和综合评价, 从而使企业能够以直观角度衡量各个供应商的整体绩效, 并选出最适合外包业务和企业战略的供应商. 最后, 以刀具管理业务外包为实例展示了该方法的可行性.

关键词: 层次分析法; 服务外包; 供应商选择

中图分类号: C93; F273

文献标志码: A

Evaluation of Outsourcing Service Providers' Performance on Analytic Hierarchy Process to Support Decision-making

LEI Xinghui, YOU Xiaoyue

(College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: On the premise of outsourcing strategy, the process of selecting outsourcing service providers should be analyzed. By using the method of analytic hierarchy process (AHP), the performance measurement indexes of providers were divided into four parts, namely cooperating, service, just in time (JIT) and cost. These indexes should be quantized, so that corporates could evaluate the comprehensive providers' performance by calculating the weight of indexes and their evaluation, thereby they could select the provider with the highest score. Finally, an applied case was given to show the feasibility of this method.

Key words: analytic hierarchy process (AHP); service outsourcing; providers selecting

务供应商以降低企业成本、提高核心竞争力. 在企业决定采取外包策略之后, 选择合适的外包服务供应商是至关重要的一步, 这不仅有利于提高产品质量, 而且可以有效控制成本、保证双方合作效率以及拓宽发展前景.

在若干外包服务供应商中进行筛选的方法有很多种, 本文认为, 企业可以通过对供应商的整体绩效进行评价打分, 根据分数的高低排序选择最优的合作对象. 为将各种评价指标量化并进行系统分析, 这里采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)对外包供应商的绩效评价指标进行划分和计算. 同时, 本文以刀具管理业务外包为实际案例作为过程演算, 从而为以绩效评价为筛选标准的外包供应商选择过程提供科学的、可靠的、定量的参考方法.

1 构建外包供应商绩效评价指标的层次结构

目前, 已有若干研究涉及服务供应商绩效的评价方式. 英国格拉斯哥大学商学院的 Macbeth 等^[1]从行为、态度、衡量指标、过程和事件 5 个方面考察了与供应商之间的合作关系. 曾立雄等^[2]利用 AHP 法建立了运输服务供应商选择评价与决策模型, 从品质、服务、价格和交货期 4 个方面对运输服务供应商进行了评价. 龙一民等^[3]根据外包合同的基本要素的性质, 将设备维护外包服务商绩效评估指标分为合同目标、合同支持和合同履行三方面, 并应用模糊综合评价法对供应商进行了事后评价^[4]. 罗文浩等^[5]运用关键绩效指标(KPI)方法, 将服务质量、成本、客户关系管理和价值输出作为设施管理外包服务供应商绩效考核体系的指标. 宋丹霞等^[6]则提出了服务供应链视角下的生产性服务供应商选择和评

外包战略提出至今已经收到越来越多的关注, 许多企业也已经开始将非核心业务外包给适合的服

收稿日期: 2014-04-04

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目(13YJA630041).

第一作者: 雷星晖(1963—), 男, 管理学博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为战略管理与财务管理. E-mail: leixinghui@tongji.edu.cn

通讯作者: 尤筱玥(1991—), 女, 研究生, 主要研究方向为战略管理与财务管理. E-mail: youxiaoyue@gmail.com

价体系,包含服务质量、服务价格、服务柔性、服务能力、合作能力和发展潜力 6 个方面,并结合 AHP 和熵值法运用具体案例进行了验证。

通过与外包供应商开会讨论以及企业各个专家、外包协调员的共同探讨,本文给出了评价外包供应商整体绩效的主要因素。在系统全面性、简明科学性和灵活可操作性原则的指导下,构建了三个层次的外包服务供应商绩效评价指标体系:第一层为目标层,即外包供应商综合评价指标;第二层为影响综合绩效的具体因素,包括合作、服务、准时生产体制(just in time, JIT)和成本 4 项;第三层则为与其相关的细分因素,见表 1。

表 1 外包服务供应商绩效评价指标体系
Tab.1 Performance measurement index system of outsourcing service providers

第一层指标	第二层指标	第三层指标
外包服务供应商绩效评价指标 A_1	合作 B_1	履约度 C_1 契合度 C_2
	服务 B_2	技术水平 C_3 组织水平 C_4
	JIT B_3	安全 C_5 响应 C_6 日事日毕 C_7
	成本 B_4	预算 C_8 控制 C_9

1.1 合作

选择外包服务供应商,即是选择业务的合作对象,因而双方企业的合作质量非常重要。评价供应商合作质量的内容主要分为两种,其一为以双方签订的合约完成度为基准的履约程度;其二为合作双方的契合度,或者配合程度。

1.1.1 履约度

履约度主要指外包结束后服务供应商在合约要求中的完成度和满足度。理论上,供应商应当将合约条例作为最基本要求,百分百完成业务并且遵守合约中注明的一切规范。然而,由于合约未考虑到的种种因素,外包业务的完成度或操作规范有时不能完全达到要求或是超出规范,因此不得不考虑供应商实际履约的程度。

1.1.2 契合度

除去合约本身的条款内容之外,供需双方在纸张外的合作默契也很重要,且这一方面关系到未来合作的可能性。契合度可以涉及合作过程中是否态度良好、是否合作愉快、是否有默契,以及是否具有可持续性。从战略角度上讲,高契合度有望帮助企业找到长期合作伙伴,这不仅有助于外包业务的发展,

更有利于双方在各自行业保持竞争优势。

1.2 服务

外包的主要目的在于借助供应商在业务领域的技术优势,因而供应商能否提供高质量的服务是必须严格评价的。本文将之分为两类,其一为技术水平,即在完成外包业务时所提供的技术是否满足或高于要求;其二为组织水平,评价供应商整体的实力和运营水平。

1.2.1 技术水平

技术水平可以包括人员技术、设备技术、专利技术等。技术指标较容易转化为硬性指标衡量。为保证评价结果的真实可信度,这些技术可以根据相关的量化方式来进行评价,例如设备维护业务可以根据设备故障率来考核,刀具管理业务可以采用一次调刀合格率,化学品管理业务则参考第三方检测报告。

1.2.2 组织水平

组织水平主要衡量服务供应商的整体形象以及在完成业务的过程中能够克服各种突发事件的能力。在外包、合作、联盟等过程中,对方企业形象的好坏也会起到一定影响作用。因此,通常企业都希望能与拥有良好形象和口碑的供应商合作。另外,在业务外包的过程中,供应商是否有实力应对各种意外状况也是必要考虑的因素之一,组织水平高的企业通常能够正确处理突发事件,从而减少风险和额外损失。

1.3 准时生产体制

准时生产体制(JIT)最早主要服务于管理库存积压的难题。本文认为,在业务外包的过程中,供应商在保证质量的同时,也应当注意各方面在时间控制上的问题。对供应商绩效的 JIT 评价分为三类,其一为安全,主要指供应安全;其二为响应,即对各类变化的反应和调整能力;其三称作日事日毕,涉及供应商处理事务的效率。

1.3.1 安全

此处的安全不同于通常所指的操作规范,而是对工具、原材料等需求的供应安全,例如安全库存。对于外包业务来说,过于保守的库存是不需要的,能够恰巧满足需求的安全库存则比较适合。供应商在运输过程和库存管理方面,如何做到需要的时候供得上、不需要的时候不浪费空间和资源,这一能力是值得评价的因素之一。

1.3.2 响应

外包服务供应商的响应能力也是其在时间上的能力体现之一。无论是针对突发事件,或是应对市场

变化的需求,供应商的洞察能力、分析能力以及处理能力都会影响到整体服务质量. 响应能力高的供应商通常富有经验和战略意识,因而也可推断供应商的潜力较大,是值得考虑外包合作的对象.

1.3.3 日事日毕

今日事,今日毕. 无论是企业还是外包供应商都应当按时处理完需要处理的事物. 能否做到日事日毕是供应商处事效率的基本体现,待办事项如同库存一样,若不断积累将造成不必要的损失和浪费.

1.4 成本

将非核心业务外包有助于降低企业的经营成本,但同时抬高了交易成本和变革成本^[7]. 要将企业付出的外包总成本降低,就必须与外包服务供应商互相制约、配合,共同对成本进行有效控制. 本文将成本分为两个方面,其一为预算,主要基于理论和经验制定方案;其二为控制,指在外包过程中对其进行有效监控管理.

1.4.1 预算

项目在施行前都要进行成本预算. 预算的过程中应当讲究其合理性,比较不同项目的优先顺序和成本范围,结合企业的经济实力来制定较为合适的策略. 另外,在外包过程中遇到需要更改、优化的问题时仍然需要考验预算能力,供应商是否能始终将预算控制在合理范围内能够体现其在战略、采购、预算等各方面的实力.

1.4.2 控制

由于生产计划有时会存在较大的变动性,外包服务供应商在履约的过程中需要对成本不断地进行调整和控制. 预算主要体现在战略和规划方面,起到预测和导向作用,而实际控制则更现实,主要考虑如何有效运用手上的资源将成本控制到最低.

2 基于层次分析法进行绩效排序研究

20 世纪,美国运筹学家 Saaty 提出了层次分析法(AHP)^[8],是将与决策总是有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定性和定量的分析的决策方法. 其特点是在对复杂的决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分析的基础上,利用较少的定量信息使决策的思维过程量化、数学化,从而为多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题提供简便的决策方法,尤其适合于对决策结果难以准确计量的场合. 其基本步骤如下:

2.1 建立层次结构模型

根据实际问题深入分析系统中各因素之间的关系,按照属性自上而下分解成若干层次,最上层为目标层,通常只有一个因素,最下层为方案或对象层,中间可以有一个或几个层次,称为准则层或指标层,最终将实际问题层次化、条理化.

2.2 构造比较判断矩阵

将除目标层以外的各层次因素与同层其他因素的重要性进行两两比较,构造出比较判断矩阵,见表 2.

表 2 比较判断矩阵

Tab. 2 Matrix for comparison and judgment				
$A \cdot B_i$	B_1	B_2	...	B_n
B_1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1n}
B_2	b_{21}	b_{22}	...	b_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	
B_n	b_{n1}	b_{n2}	...	b_{nn}

矩阵中 b_{ij} 表示相对于上一层因素 A , 因素 B_i 较因素 B_j 的重要性比例标度值. 本文采用 Saaty^[8] 建议的 1-9 比例标度法,标度描述见表 3.

表 3 1-9 比例标度描述

Tab. 3 1-9 proportional scale description	
比例标度	描述
1	两个元素相比,同样重要
3	两个元素相比,前者比后者稍重要
5	两个元素相比,前者比后者明显重要
7	两个元素相比,前者比后者强烈重要
9	两个元素相比,前者比后者极端重要
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若因素 B_i 与因素 B_j 的重要比为 b_{ij} ,则因素 B_j 与因素 B_i 的重要比为 $1/b_{ij}$

2.3 计算权向量并做一致性检验

计算比较判断矩阵 A 满足等式 $Aw = \lambda_{\max} W$ 的最大特征根 λ_{\max} 和相对应的特征向量 w ,其中 w 既是单排序权值. 同时,为了确保判断各因素相对重要性时各判断之间协调一致、不会出现相互矛盾的情况,在得到 λ_{\max} 后,需要检验判断矩阵的一致性. 根据矩阵理论可定义一致性指标(C_1)的计算步骤如下:① 计算一致性指标 $C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$,其中 n 为比较判断矩阵的阶数;② 计算一致性比率 $C_R = \frac{C_1}{R_1}$,其中 R_1 为平均随机一致性指标,可通过查表 4 得到.

表 4 平均随机一致性指标 R_1

Tab. 4 Mean random consistency index R_1										
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_1	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49

一般而言, C_R 越小说明比较判断矩阵的一致性越好. 通常认为 $C_R < 0.10$ 时, 判断矩阵具有满意的一致性, 否则需要调整判断矩阵使之满足一致性检验.

2.4 层次单排序

层次单排序即当评价指标体系包括多级指标时沿指标递阶层次由下向上依次计算出某层次因素相对于上一层次中对应因素的相对重要性^[9]. 然后, 根据合成权重以及对外包服务供应商在各项基层指标的评价, 计算出供应商的综合分数, 从而对不同供应商的绩效进行排序. 这一排序结果将在企业选择外包服务供应商时提供量化参考.

3 应用实例

A 公司于 2005 年注册成立, 是一家中外合资、以生产汽车发动机为主营业务的制造型企业. 其至今拥有包括缸体、缸盖、曲轴和凸轮轴的四大机加工生产线, 包括缸盖分装线、短发装配线和长发装配线的三条总成分装线, 以及最长的一条发动机总装线.

A 公司在成立之初就开始关注外包市场, 并着力于研究外包战略. 公司管理层在充分研究了国内外汽车行业服务外包的相关经验基础上, 在国内首次大胆地实践了生产性服务全方位的外包, 即将物流管理、设备维修管理、化学品管理、刀具管理、检量具管理等生产性服务外包给国内外著名的外包公司来管理, 成为国内第一家实现非核心业务全面外包的企业. 本文将以刀具管理业务为例, 演示 A 公司在制定外包策略时借助 AHP 法的供应商选择过程.

3.1 建立层次结构模型

生产性服务外包供应商绩效评价指标体系内容见表 1.

3.2 构造比较判断矩阵, 计算权向量并做一致性检验

A 公司邀请相关专家对刀具管理服务评价指标体系内的各项指标之间的重要性进行评价, 并用 1-9 比例标度法将评价量化, 得到判断矩阵表 5—9. 表

中, $p_n^{(3)}$ 表示 C 在 B_n 中的权重 ($n=1\sim 4$). 根据判断矩阵计算相关的权向量 w 、最大特征根 λ_{\max} 并做一致性检验, 结果如下:

表 5 A_1 - B 比较判断矩阵、权重及一致性检验

Tab.5 Comparison and judgement matrix, weight and consistency test of A_1 - B

A_1	B_1	B_2	B_3	B_4	$w^{(2)}$	
B_1	1	2/3	1	2	0.250	$\lambda_{\max}=4$
B_2	3/2	1	3/2	3	0.375	$C_1^{(2)}=0$
B_3	1	2/3	1	2	0.250	$R_1^{(2)}=0.89$
B_4	1/2	1/3	1/2	1	0.125	$C_R^{(2)}=0$

表 6 B_1 - C 比较判断矩阵、权重及一致性检验

Tab.6 Comparison and judgement matrix, weight and consistency test of B_1 - C

B_1	C_1	C_2	$p_1^{(3)}$	$\lambda_{\max}=2.002$
C_1	1	2	0.667	$C_{11}^{(3)}=0.002$
C_2	1/2	1	0.333	$R_{11}^{(3)}=0$

表 7 B_2 - C 比较判断矩阵、权重及一致性检验

Tab.7 Comparison and judgement matrix, weight and consistency test of B_2 - C

B_2	C_3	C_4	$p_2^{(3)}$	$\lambda_{\max}=2.002$
C_3	1	2	0.667	$C_{12}^{(3)}=0.002$
C_4	1/2	1	0.333	$R_{12}^{(3)}=0$

表 8 B_3 - C 比较判断矩阵、权重及一致性检验

Tab.8 Comparison and judgement matrix, weight and consistency test of B_3 - C

B_3	C_5	C_6	C_7	$p_3^{(3)}$	$\lambda_{\max}=3$
C_5	1	3/2	1	0.462	$C_{13}^{(3)}=0$
C_6	2/3	1	4/3	0.308	$R_{13}^{(3)}=0.52$
C_7	1/2	3/4	1	0.231	$C_{R3}^{(3)}=0$

表 9 B_4 - C 比较判断矩阵、权重及一致性检验

Tab.9 Comparison and judgement matrix, weight and consistency test of B_4 - C

B_4	C_8	C_9	$P_4^{(3)}$	$\lambda_{\max}=2$
C_8	1	2/3	0.400	$C_{14}^{(3)}=0$
C_9	3/2	1	0.600	$R_{14}^{(3)}=0$

3.3 层次单排序

根据表 5—9 计算合成权重, 做总体一致性检验 (表 10).

表 10 A_1 - C 合成权重

Tab.10 Synthetic weight of A_1 - C

B	$w^{(2)}$	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
B_1	0.250	0.667	0.333							
B_2	0.375			0.667	0.333					
B_3	0.250					0.462	0.308	0.231		
B_4	0.125								0.400	0.600
合成权重 $w^{(3)}$		0.167	0.083	0.250	0.125	0.116	0.077	0.058	0.050	0.075

$$C_1^{(3)} = (C_{11}^{(3)}, C_{12}^{(3)}, C_{13}^{(3)}, C_{14}^{(3)})w^{(2)} = \\ (0.002, 0.002, 0, 0) \cdot (0.250, \\ 0.375, 0.250, 0.125)^T = 0.001\ 25$$

$$R_1^{(3)} = (R_{11}^{(3)}, R_{12}^{(3)}, R_{13}^{(3)}, R_{14}^{(3)})w^{(2)} = \\ (0, 0, 0.52, 0) \cdot (0.250, 0.375, \\ 0.250, 0.125)^T = 0.13$$

$$C_R^{(3)} = \frac{C_1^{(3)}}{R_1^{(3)}} = \frac{0.001\ 25}{0.13} = 0.009\ 62 < 0.10, \text{判断}$$

矩阵具有满意的一致性。

3.4 综合评价

对外包服务供应商绩效的综合评价将结合各项基层指标的评价及合成权重得出。在决定服务供应商前,各项指标的评价数据可以由供应商自身提供,

或根据市场调查,也可以邀请专家评定。由于并非事后评价,企业无法通过亲历经验与绩效评价进行对比,因此,在搜集第三方评价时需尽量保持客观性和来源多样性,同时对于数据的适用性应当进行审核,从而提高评价结果的参考价值。

A 公司通过收集各方资料综合得出了各项指标的得分,从表 11 中可看出,三家刀具管理外包供应商的服务质量 $S_1 \sim S_3$ 中, S_1 评分最高,其次为 S_3 ,最后是 S_2 。其中, S_1 在技术方面具有较大优势, S_2 善于控制预算和成本, S_3 则拥有较好的品牌形象和快速响应能力。本文以供应商综合绩效为筛选标准,因此,在决定刀具管理外包服务供应商时,企业应当选择 S_1 为合作对象。

表 11 刀具管理外包服务供应商绩效综合评价

Tab. 11 Comprehensive performance evaluation of tool management outsourcing service providers

S	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	综合评价
	0.167	0.083	0.250	0.125	0.116	0.077	0.058	0.050	0.075	
S ₁	86	82	91.5	86	85	84	82	84.5	82	86.252
S ₂	81	78	83.5	83	84	80	88.5	85	89	83.213
S ₃	83.5	85	86	92.5	81	88	79	81	80	84.866

4 结论

企业在决定采取某非核心业务外包策略之后,选择适合的供应商是至关重要的一步。无论是从外包过程中的合作,还是从未来长远发展的角度上看,能够有效选择符合要求的外包供应商将有助于企业的发展 and 战略规划。本文以企业决定采取外包策略为前提,运用层次分析法(AHP)展示了筛选外包服务供应商的过程,以供应商绩效为选择标准,将各项指标进行分层、量化和评定,使企业能够从直观角度评价各个供应商的整体绩效,从而选择出最适合外包业务和企业战略的供应商,并且最后以刀具管理业务外包为实例,展示了该方法的应用过程和可行性。

当然,本文的论证仍存在不足及进一步研究的空间。首先,对外包服务供应商的绩效指标内容涉及方方面面,本文仅选取了其中认为较重要的一部分进行分析,在实际评价时,针对不同非核心业务该指标体系将更为复杂。其次,下一步研究可以考虑结合多种方法分析供应商绩效,以保证评价过程的全面、综合性。再次,选择外包供应商的过程为事前评价,对于数据的收集及来源可靠性需要谨慎筛选。同时,企业与供应商之间的双向选择情况也可纳入未来研究范围。最后,在外包合作完成后,企业应当再次对

供应商进行评价,并与本文的结论进行比较,以验证结论的正确性。

参考文献:

- [1] Macbeth D K, Ferguson N. 开发供应商伙伴关系: 供应链一体化方案[M]. 季建华, 揭晖, 任建标译. 上海: 上海远东出版社, 2001.
Macbeth D K, Ferguson N. Partnership sourcing: an integrated supply chain approach [M]. Translated by JI Jianhua, JIE Hui, REN Jianbiao. Shanghai: Shanghai Far East Publishers, 2001.
- [2] 曾立雄, 阎子刚, 朱强. AHP 方法在运输服务供应商选择评价中的应用[J]. 广东交通职业技术学院学报, 2007, 6(1): 63.
ZENG Lixiong, YAN Zigang, ZHU Qiang. The application of AHP in the evaluation and selection of suppliers for transportation [J]. Journals of Guangdong Communications Polytechnic, 2007, 6(1): 63.
- [3] 龙一民, 崔南方. 设备维护外包服务商绩效评估指标研究[J]. 物流技术, 2007, 26(8): 83.
LONG Yimin, CUI Nanfang. Research on performance measurement index of maintenance outsourcing service providers [J]. Logistics Technology, 2007, 26(8): 83.
- [4] 龙一民, 崔南方. 设备维护外包服务商绩效评估的模糊综合评价方法[J]. 物流技术, 2007, 26(6): 51.
LONG Yimin, CUI Nanfang. Fuzzy comprehensive evaluation method of outsourcing service providers' performance measurement [J]. Logistics Technology, 2007, 26(6): 51.
- [5] 罗文浩, 宋伟. 设施管理外包服务供应商绩效考核指标体系构建[J]. 企业文化, 2012 (12): 9.
LUO Wenhao, SONG Wei. Performance index system

- construction of facilities management outsourcing service providers [J]. Culture Corporate, 2012(12): 9.
- [6] 宋丹霞, 黄卫来. 服务供应链视角下的生产性服务供应商评价 [J]. 武汉理工大学学报: 信息与管理工程版, 2010, 32(3): 473.
- SONG Danxia, HUANG Weilai. Evaluation of producer service supplier in the perspective of service supply Chain [J]. Journal of Wuhan University of Technology: Information & Management Engineering, 2010, 32(3): 473.
- [7] 尤筱玥, 黄志明. 决策因素分析: 企业非核心业务经营模式的选择 [J]. 上海管理科学, 2013, 35(4): 1.
- YOU Xiaoyue, HUANG Zhiming. Study on decision factors: selection of business model for non-core business [J]. Shanghai Management Science, 2013, 35(4): 1.
- [8] Saaty T L. What is the analytic hierarchy process? [M]. Heidelberg: Springer, 1988.
- [9] 周正祥, 褚韬. 基于 FAHP 的服务外包供应商综合评价 [J]. 长沙理工大学学报: 社会科学版, 2012, 27(2): 86.
- ZHOU Zhengxiang, CHU Tao. Comprehensive evaluation for outsourcing vendor on FAHP [J]. Journal of Changsha University of Science & Technology: Social Science, 2012, 27(2): 86.

~~~~~

(上接第 1737 页)

- XIE Huan, GU Zhenxiong, LIU Jun, *et al.* Annual elevation change analysis of amery ice shelf and its surroundings [J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2013, 41(8): 1269.
- [5] Fricker H A, Scambos T, Bindshadler R, *et al.* An active subglacial water system in West Antarctica mapped from space [J]. Science, 2007, 315(5818): 1544.
- [6] Howat I M, Smith B E, Joughin I, *et al.* Rates of southeast Greenland ice volume loss from combined ICESat and ASTER observations [J]. Geophysical Research Letters, 2008, 35(17): L17505.
- [7] Fricker H A, Padman L. Ice shelf grounding zone structure from ICESat laser altimetry [J]. Geophysical Research Letters, 2006, 33(15): L15502.
- [8] Pritchard H D, Arthern R J, Vaughan D G, *et al.* Extensive dynamic thinning on the margins of the Greenland and Antarctic ice sheets [J]. Nature, 2009, 461(7266): 971.
- [9] Borsa A A, Moholdt G, Fricker H A, *et al.* A range correction for ICESat and its potential impact on ice sheet mass balance studies [J]. The Cryosphere Discussions, 2013, 7(4): 4287.
- [10] Smith B E, Bentley C R, Raymond C F. Recent elevation changes on the ice streams and ridges of the Ross Embayment from ICESat crossovers [J]. Geophysical Research Letters, 2005, 32(21): L21S09.
- [11] Moholdt G, Nuth C, Hagen J O, *et al.* Recent elevation changes of Svalbard glaciers derived from ICESat laser altimetry [J]. Remote Sensing of Environment, 2010, 114(11): 2756.
- [12] 沈强. 基于空间观测技术的南极冰盖物质平衡研究 [D]. 武汉: 武汉大学测绘学院, 2008.
- SHEN Qiang. Mass balance of Antarctic ice sheet from space survey techniques [D]. Wuhan: School of Geodesy and Geometrics of Wuhan University, 2008.
- [13] Liu J, Tong X, Liu S, *et al.* Elevation change of Lambert-Amery system from ICESat/GLAS data [C]//Earth Observation and Remote Sensing Applications (EORSA). Shanghai: 2012 Second International Workshop on IEEE, 2012: 246-248.
- [14] Gunter B, Urban T, Riva R, *et al.* A comparison of coincident GRACE and ICESat data over Antarctica [J]. Journal of Geodesy, 2009, 83(11): 1051.
- [15] King M A, Coleman R, Freemantle A J, *et al.* A 4-decade record of elevation change of the Amery Ice Shelf, East Antarctica [J]. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 2009, 114: 1.