

三维重建及3D打印技术在腹膜后肿瘤术前评估中应用研究

苏昭杰¹,李文岗¹,陈福真¹,李凤鸣¹,肖林峰¹,黄军利¹,王博亮²

【摘要】 目的 探讨三维重建及3D打印技术在腹膜后肿瘤术前评估中的应用价值。方法 回顾性分析2011年3月至2015年9月厦门大学附属成功医院收治的50例腹膜后肿瘤病人的临床资料,应用人体器官三维建模软件将病人的CT二维图像重建成三维可视化图像,使用人体器官模型3D打印设备,用两色热塑性塑料打印实物模型,通过观察肿瘤与腹腔器官、腹部大血管之间的关系进行术前评估并制定手术方案。实施手术,术中比较重建结果与实际的区别。结果 50例病人均成功完成三维重建,其中10例病人完成3D打印,三维重建结果及3D打印模型能够立体、清晰和实物化的显示肿瘤解剖学位置及与周围器官、血管的毗邻关系,与术中实际情况大致相符。50例病人均顺利施行手术,术中无死亡。结论 三维重建及3D打印技术能够对腹膜后肿瘤术前进行精准评估,对指导手术具有一定的应用价值。

【关键词】 三维重建;3D打印;术前评估;腹膜后肿瘤

中图分类号 R6 文献标志码 A

Application of the three-dimensional visualization and 3D printing technology for the preoperative evaluation of retroperitoneal tumors

SU Zhao-jie*, LI Wen-gang, CHEN Fu-zhen, et al. *Department of Hepatobiliary Surgery, the ChengGong Affiliated Hospital, Xiamen University, Xiamen 361000, China

Corresponding author: LI Wen-gang, E-mail: LWG11861@163.com

Abstract Objective To explore the application value of three dimensional visualization and 3D printing technology in the preoperative evaluation of retroperitoneal tumors. **Methods** March 2011 to September 2015, the clinical data of 50 cases of retroperitoneal tumor patients in Xiamen University Affiliated successful hospital were retrospectively analyzed. Xiamen strong science and technology R & D human organ 3D modeling software will reconstruct 2D CT image visualization into a three-dimensional visualization image, and then it can print physical model with the company's XMQB-I human organ model 3D printing equipment and white thermoplastic. At last, preoperative evaluation and surgical plan can be made through the relationship between the tumor, organs in abdominal cavity, and abdominal vascular. During the surgery, make a comparison between the visualization results with the actual condition. **Results** 50 cases of patients were successfully completed the three-dimensional visualization, including 10 cases of patients completed. Three-dimensional visualization and 3D printing model can three-dimensionally, clearly show the adjacent relationship between the anatomical tumour location and surrounding organs and blood vessels, broadly in line with the actual surgery. 50 surgeries were successfully performed, no death during perioperative period. **Conclusion** Three dimensional visualization and 3D printing technology can make an accurate preoperative evaluation of retroperitoneal tumors, which has a certain application value for guiding surgery.

Keywords three-dimensional visualization; 3D printing technology; preoperative evaluation; retroperitoneal tumors

三维可视化重建是利用软件将CT二维图像重建成三

维可视化模型。近年来,三维可视化重建技术在肝脏外科、整形外科和骨科等领域中得到了广泛的应用,但在腹膜后肿瘤应用较少。3D打印技术诞生于20世纪80年代,是一种与传统的材料去除加工方法相反的,基于三维数字模型的,通常采用逐层制造方式将材料结合起来的工艺^[1-2]。该技术主要应用于航天工业、建筑设计、汽车制造、文物保护等领域^[3]。随着计算机医学影像技术的发展,3D

基金项目:国家自然科学基金(No.81272246, 81101502, 61271336, 61327001)

作者单位:1 厦门大学附属成功医院肝胆胰血管外科 厦门市胆道疾病重点实验室,福建厦门361000;2 厦门大学计算机科学系,福建厦门361000

通信作者:李文岗, E-mail: LWG11861@163.com

打印技术逐渐在医学领域中得到应用。医学上则多见于人工肝、人工耳及人工骨骼等方面,而该技术在腹膜后肿瘤的应用较少。2011年3月至2015年9月,厦门大学附属成功医院肝胆胰血管外科应用三维重建及3D打印技术对50例腹膜后肿瘤病人进行术前评估,探讨该技术在腹膜后肿瘤术前评估中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本组腹膜后肿瘤病人50例,男36例,女14例;平均年龄45(45.0±8.1)岁。腹膜后肿瘤单发44例,多发6例;首次手术35例,多次手术15例。纳入标准:(1)病变为腹膜后肿瘤。(2)无远处器官转移。(3)病人同意接受三维重建及3D打印评估。排除标准:(1)合并其他疾病不能耐受大手术等。(2)不愿意接受手术治疗的病人。

1.2 方法

1.2.1 数据采集、三位重建及3D打印模型 采用320层螺旋CT(日本东芝)行上腹部平扫、动脉期、门静脉期增强扫描,层厚1mm,层距1mm。对比剂为碘油醇注射液(100mL:35g,北京北陆药业股份公司),质量浓度为350mg/mL,采用高压注射器经静脉灌注,剂量为60mL,注射速率4mL/s。采集图像数据以DICOM形式存储并导入厦门强本科技有限公司的XMQB人体器官三维建模软件进行三维重建。将三维重建的数据导入该公司自主研发的XMQB-1人体器官模型3D打印设备,按照0.1mm层厚对腹膜后肿瘤模型进行打印。打印材料为两色热塑性塑料,打印比例约为3:1。

1.2.2 三维重建评估 在重建后的三维模型影像上,通过计算机对重建模型及各组成部分进行任意放大、缩小、旋转和透明等操作,全方位观察肿瘤解剖学位置及与腹腔器官、大血管的关系,有无侵犯情况。利用三维体素法计算腹腔器官及肿瘤组织体积。

1.2.3 3D打印模型评估 3D打印模型,为更好显示肿瘤与血管及器官关系,可以打印完整肿瘤及周围器官及大血管的模型,也可以只打印所选定的器官及大血管。通过实物模型,可以触摸模型,近距离观察肿瘤的解剖学关系及协助制定预手术方案。

1.2.4 手术方法 实际手术一般采用腹部切口进腹,如肿瘤有明显包膜及边界,沿着包膜逐步分离肿瘤与周围组织粘连,保护重要器官及血管,最终完整切除肿瘤。如肿瘤侵犯器官无法分离的必要时行联合器官切除;侵犯大血管的必要时行受累及血管切除与重建;脂肪肉瘤尽量切除腹腔脂肪及器官周围脂肪囊;对于术前评估与输尿管分解不清的肿瘤一般术前行输尿管支架置入,以利于术中保护。

2 结果

2.1 三维重建结果 本组50例病人数据系统均成功完成三维重建,结果清晰地显示出腹腔大血管、实质器官、肿瘤组织结构,可以从任意角度对肿瘤进行立体直观的观察,

单独显示肿瘤与毗邻组织器官,了解肿瘤与周围组织空间毗邻关系。同时通过软件自带工具计算肿瘤体积、脉管结构的管径、长度等。根据三维重建后结果显示:肿瘤位于左上腹16例,右上腹9例,左下腹5例,右下腹8例,盆腔2例,多部位10例。侵犯实质器官12例,侵犯肠管24例,侵犯大血管15例。

三维重建结果典型病例:病人男,75岁。因“上腹部胀痛不适2个月余”入院,CT检查提示胃大弯后方、肾及脾脏前方、胰腺上方见大小约99mm×89mm软组织肿块影,平扫CT值40HU,增强三期呈渐进强化,CT值50~76HU,内伴大片状低密坏死区,肿块与胃后壁无界,与腹主动脉、脾脏、肝尾状叶、左肾及胰腺粘连分界不清,胃左动脉参与肿瘤血供。考虑腹膜后肿瘤,来源于胃后壁间质瘤可能(图1)。

三维重建后结果显示:(1)位置。肿瘤位于左上腹,在肝、胃、脾、胰腺之间。(2)与血管关系。肿瘤贴近腹腔干及包绕部分腹主动脉,侵犯胃左动脉、脾动脉,下腔静脉、门静脉胃受累及。(3)与器官关系。肿瘤上极与胃壁分界不清,瘤体与脾脏分解不清,下极侵及胰腺体尾部(图2)。

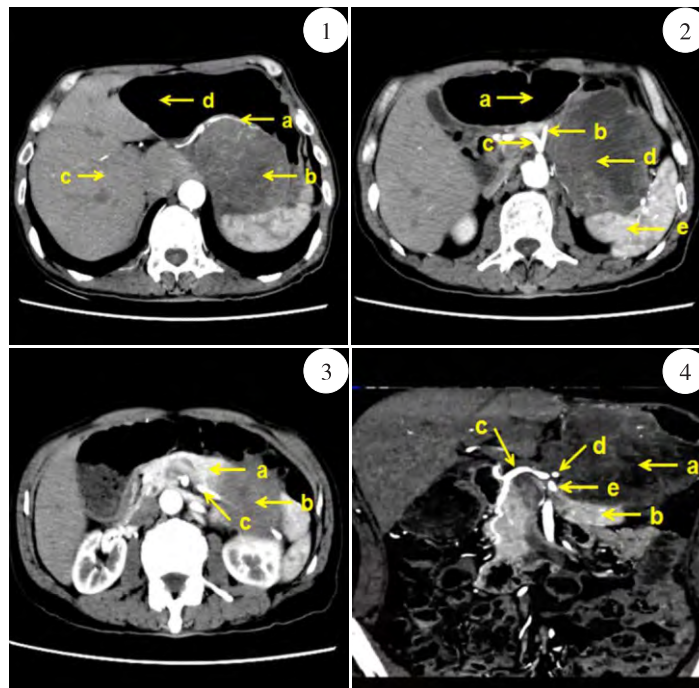
2.2 3D打印结果 本组对10例病人数据进行3D模型打印,均成功完成打印。塑料模型结果清晰地显示出肿瘤解剖学位置及与周围组织的毗邻关系。

以上述三维重建典型病例为例,为更好显示肿瘤与血管及器官关系,打印2个模型,一个模型打印全部器官及血管,一个模型未打印出胃、胰腺及脾脏。模型基于三维重建的数据,故显示肿瘤解剖位置、与周围器官及血管关系同三维重建结果。通过三维重建联合3D打印,结合动态影像和静态模型,协助术前肿瘤定位、判断周围重要器官和大血管受累情况,制定预手术方案。见图3。

2.3 手术结果 本组50例病人都施行腹膜后肿瘤切除术,手术时间(221±145)min,出血量(1560±845)mL。术中所见肿瘤位置及器官血管侵犯情况与三维重建及3D打印模型评估结果一致。其中5例联合单侧肾脏切除,6例联合大血管切除与重建,6例联合部分肠管切除,1例联合肝部分切除。

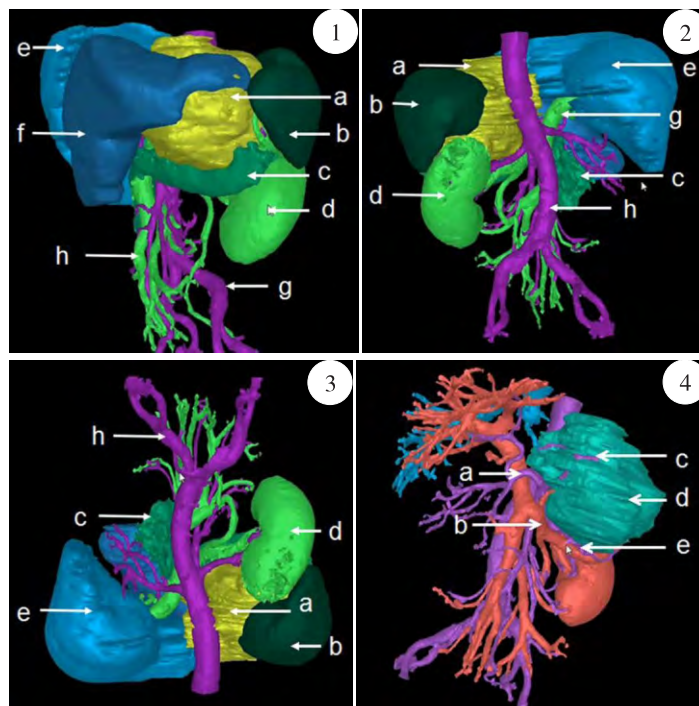
病人术中无死亡,术后1例因腹腔继发出血死亡,1例因腹腔感染死亡。

手术情况:以上述典型病例为例,取上腹部正中切口(长约15cm),探查见腹腔有少量腹水,左上腹胃、胰腺、脾脏之间可见一大约10cm×10cm肿物,质硬,边界不清,侵及胃后壁、胰体尾部及脾门,肝脏未见转移灶,结肠、小肠未见异常,盆腔无转移。术中首先解剖肿瘤右侧腹腔干,见胃左动脉、脾动脉被肿瘤侵犯,切断胃左动脉及脾动脉。游离胰颈部上下缘,贯通后横断胰腺体尾部及切断脾静脉。在离肿瘤侵犯的胃壁5cm用切割闭合器横断胃壁,游离并横断贲门,分离肿瘤与左侧腹后壁、左肾粘连,最终将肿瘤及近端胃、胰体尾、脾脏一并切除,远端胃与贲门用吻合器吻合(图4)。



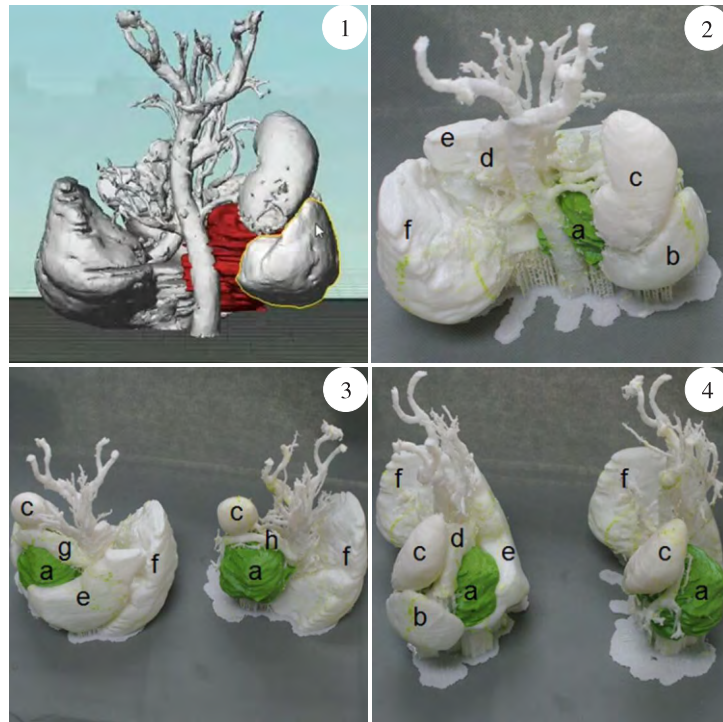
①肿瘤侵及胃壁及脾动脉(a:胃左动脉 b:肿瘤 c:肝脏 d:胃) ②肿瘤贴近腹主动脉(a:胃 b:脾动脉 c:肝总动脉 d:肿瘤 e:脾脏) ③肿瘤下极侵犯胰腺体尾(a:胰腺 b:肿瘤 c:脾动脉) ④肿瘤冠状位(a:肿瘤 b:胰腺 c:肝总动脉 d:胃左动脉 e:脾动脉)

图1 腹部CT动脉期图像



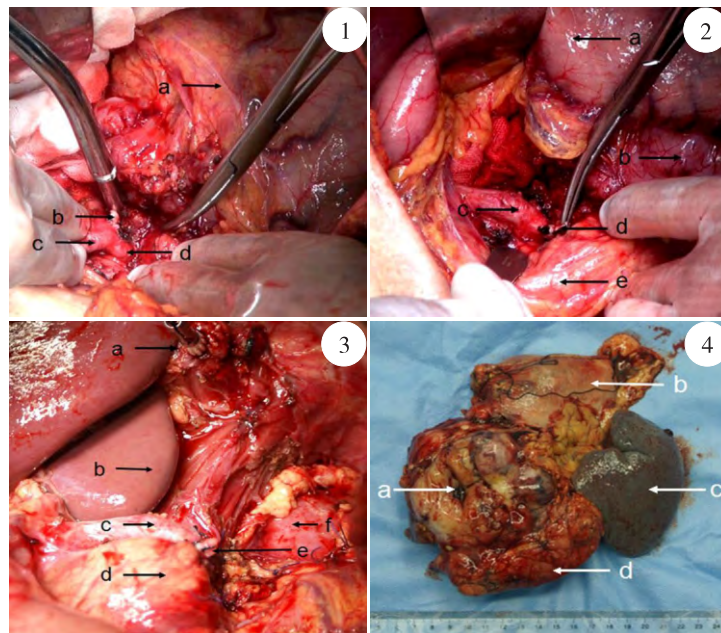
①正面图:肿瘤主要位于左上腹,肝、胃、脾、胰腺之间,与胃壁、胰腺、脾脏分解不清 ②背面图:肿瘤包绕腹主动脉,侵犯脾动脉 ③背面倒立图(a:肿瘤 b:脾脏 c:胰腺 d:左肾 e:肝脏 f:胃 g:动脉 h:静脉) ④肿瘤与周围大血管关系(a:肝总动脉 b:脾静脉 c:胃左动脉 d:肿瘤 e:脾动脉)

图2 三维重建后图像



①3D打印软件建立打印模型 ②肿瘤模型背面观,显示肿瘤与腹主动脉、脾脏关系 ③肿瘤模型正面观,显示肿瘤与胃、胰腺、脾动脉关系 ④肿瘤模型侧面观(a:肿瘤 b:脾脏 c:左肾 d:胰腺 e:胃 f:肝脏 g:胰腺、脾动脉)

图3 3D打印腹膜后肿瘤模型



①解剖肿瘤右侧缘与腹腔干粘连(a:肿瘤 b:胃左动脉断端 c:肝总动脉 d:脾动脉) ②离断脾动脉(a:胃 b:肿瘤 c:肝总动脉 d:脾动脉断端 e:胰腺) ③切除肿瘤(a:食管断端 b:肝脏 c:肝总动脉 d:胰腺断端 e:脾动脉断端 f:左肾) ④切除的标本(a:肿瘤 b:胃 c:脾脏 d:胰腺)

图4 术中图片

3 讨论

腹膜后肿瘤的组织学类型繁多,临床表现缺乏特异性,发现时常已累及周围器官^[4]。因其绝大多数种类对化疗、放疗不甚敏感,目前主要治疗方法仍首选手术切除^[5]。由于腹膜后肿瘤复杂的解剖关系及肿瘤的易复发性,外科手术切除仍有较大的难度,而能否根治性手术治疗尤为重要^[6]。因此术前对腹膜后肿瘤精确的解剖关系评估在诊疗过程中显得尤为关键。

目前主要借助超声、CT、MRI等影像学检查方法。其中CT检查分辨率高、图像清晰,能客观显示腹膜后肿瘤的部位边界范围,显示肿瘤导致周围脏器和大血管受压与移位情况^[7]。因此,目前认为CT检查在诊断腹膜后肿瘤上具有较高的价值^[8]。然而,CT图像是二维图像,局限性是无法立体全面的显示肿瘤及血管。三维成像能够将CT二维平面图像转化成三维立体图像,可以全维度旋转、任意缩放、任意组合显示,清楚显示肿瘤的大小及形态、血管的走行及形态、肿瘤与脏器及血管的解剖关系、侵犯情况^[9],从而减少阅读原始CT图像评估肿瘤大小、侵犯程度的主观失误,使术前评估更加真实、可靠,有助于肿瘤的术前评估和手术方案规划^[10]。目前三维成像技术在腹膜后肿瘤应用较少,可能是由于CT扫描软组织肿瘤显影不如实体肿瘤清晰,腹膜后及腹腔器官、血管多,重建相对困难等原因。同时,当前主流的3D成像系统仅能够对CT影像结果进行重建,而磁共振成像在软组织对比度方面明显高于CT影像,在腹膜后软组织肿瘤方面磁共振成像具有优势^[11]。因此,如何融合CT及磁共振成像并进行3D成像,还需要三维重建软件进一步开发和改进。

3D打印技术,又称增量制造技术,基于物体三维数字模型,采取分层加工、叠加成形方式的制作工艺^[12]。3D打印技术在临床医学领域的应用仍处于初步阶段,多为个案报道,缺乏大样本数据支持与评价。其在打印材料、安全性、费用、隐私及伦理等方面仍存在一些问题需要解决^[13-14]。本研究中打印1例病例费用约1000元。与传统影像资料相比,3D打印的实体模型更加直观、丰富、清晰地显示肿瘤的解剖结构。在手术规划中,医生可以用3D实体模型评估病情,制定手术方案和模拟手术,使手术更加精确和安全。同时,在医患沟通方面,模型可以更直观使患者了解病变情况和手术方案及风险,增加医患信任感。本组3D打印的模型在临床应用中均起到以上的效果。

本研究数据包含有单发、多发,首次发现及复发,以及腹膜后不同部位的肿瘤,均成功完成了三维成像,有以下体会:评估腹膜后肿瘤与腹腔脏器的关系需重点重建出肝脏、脾脏、肾脏、胰腺等实质器官,以及胃、膀胱等空腔脏器(目前肠道无法完成三维重建,能否结合胃肠道造影数据进行三维重建是一种设想);评估腹膜后肿瘤与重要血管关系需重点重建出腹主动脉、肾动脉、肝动脉、髂动脉、下

腔静脉、门静脉、肾静脉、髂静脉等腹腔主要血管;腹腔软组织肿瘤显影不如实体肿瘤清晰,重建时常需软件自动识别与人工纠正相结合提高准确率。本研究最终联合三维重建与3D打印技术,将三维重建后的影像由数字化的资料转化为3D模型,使术前评估精准化、实物化。对于本组患者,三维重建及3D打印模型结果均能清晰的显示肿瘤与周围血管、脏器的关系,与术中实际情况大致相符,可以预先了解术中可能出现的情况及风险评估,制定比较可靠的手术方案,避免了手术的盲目性,从而降低了手术风险。

三维重建联合3D打印技术虽然还须进一步改进,但目前腹膜后肿瘤术前评估中具有一定的临床应用价值。

参考文献

- [1] Berman B. 3-D printing: the new industrial revolution [J]. *Business Horizons*, 2012, 55(2):155-162.
- [2] Terry W. Additive manufacturing and 3 D printing state of the industry [R]. *Annual Worldwide Progress Report Wohlers Associates*. 2012.
- [3] 杨延,郑宏,徐争鸣,等. 3D打印技术辅助下经导管封堵主动脉窦瘤破裂一例[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2014, 22(2):135-136.
- [4] Strauss DC, Hayes AJ, Thway K, et al. Surgical management of primary retroperitoneal sarcoma [J]. *Br J Surg*, 2010, 97:698-706.
- [5] 连鹏鹄,李汉忠. 原发性腹膜后肿瘤的临床诊治[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2014, 35(4):315-317.
- [6] 陆维祺,谢斌. 腹膜后肉瘤术后复发可切除性评估及治疗策略[J]. *中国实用外科杂志*, 2013, 33(10):847-850.
- [7] 郝玉娟,罗成华. 腹膜后脂肪肉瘤的诊治现状及进展[J]. *外科理论与实践*, 2012, 17(4):398-400.
- [8] Neville A, Herts BR. CT characteristics of primary retroperitoneal neoplasms [J]. *Crit Rev Comput Tomogr*, 2004, 45(4):247-270.
- [9] 鲁朝敏. 数字医学技术在腹腔和腹膜后巨大肿瘤诊断和治疗中的应用价值[J]. *中国实用外科杂志*, 2013, 33(1):55-56.
- [10] 谢敦文,方驰华. 3D技术在复发性肝胆管结石诊断和手术方式选择中的价值[J]. *中国实用外科杂志*, 2013, 33(1):43-46.
- [11] 北京大学肿瘤医院软组织与腹膜后肿瘤中心. 北京大学肿瘤医院原发性腹膜后软组织肿瘤诊治专家共识(2015)[J]. *中国实用外科杂志*, 2015, 35(11):1198-1205.
- [12] 苏昭杰,李文岗,陈福真,等. 三维技术在原发性腹膜后脂肪肉瘤切除术中的应用[J]. *中华消化外科杂志*, 2015, 14(1):74-77.
- [13] 葛宏伟,张弋,李宁忱,等. 3D打印技术在肾肿瘤手术规划中的应用研究初探[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2015, 35(9):659-663.
- [14] 许世兵,单乐天,金红婷,等. 3D打印技术在骨科的应用进展[J]. *中华创伤杂志*, 2015, 31(1):10-13.

(2016-10-30收稿 2016-12-12修回)