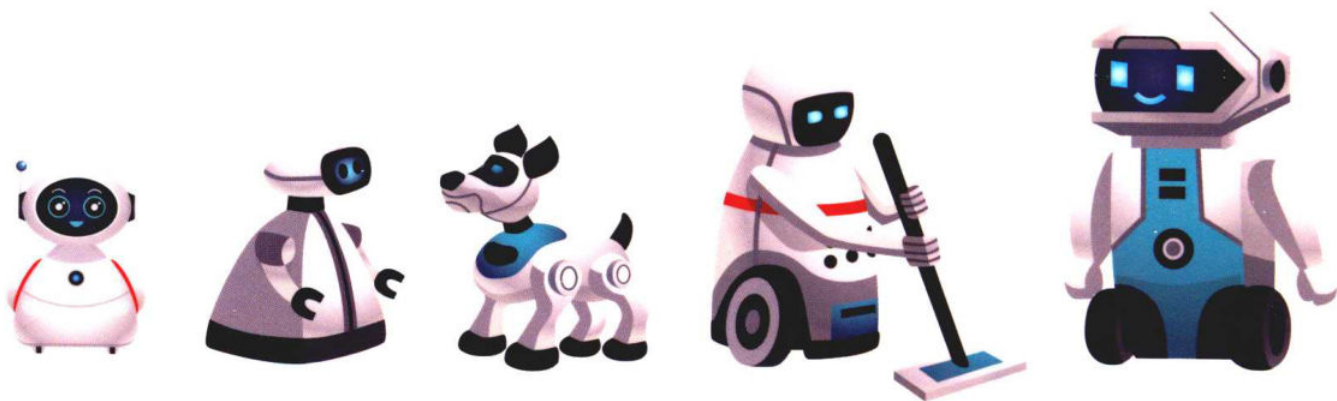


- ★ ROS 开发的基础知识及常用调试工具。
- ★ SLAM 功能包源码解读及自定义功能包再现建图过程。
- ★ Navigation 功能包解读及相关算法。
- ★ ROS 与 V-rep 联合开发实现机器人建图与导航。

ROS 机器人编程与 SLAM 算法解析指南

陶满礼

主编



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

行业专家倾情推荐

这是一本精简实用的 ROS 基础教程，作者对 ROS 的基础核心知识进行了详细讲解。本书内容条理清晰，源代码可读性强，非常适合初学者快速上手并掌握 ROS。

——航天系统资深软件工程师 芮崇杰

本书对二维激光 SLAM 技术的原理进行了详细解析，包括 Gmapping 建图源码包解析、ROS 中的地图、激光数据、TF 里程计数据结构说明，以及自定义相关数据实现消息的发布等。此外，本书阐述了 Navigation 全局路径与局部路径规划算法，并给出了对应算法的 Python 代码，实现了路径规划效果可视化，便于读者理解和掌握算法原理。

——北京天下宏图空间信息技术有限公司研发中心主管 刘笑晨

V-rep 素有机器人仿真软件界的“瑞士军刀”之称，本书将 ROS 与 V-rep 的优势进行有力结合，并实现了当下热门的 SLAM 技术在 ROS 和 V-rep 环境下的联合开发。借助 ROS 的分布式架构、丰富的功能包 API，以及 V-rep 强大的机器人与传感器模型库，读者可以快速开发机器人功能并进行 3D 模拟仿真。

——沈阳新松机器人自动化股份有限公司服务机器人事业部软件工程师 郝金龙

异步社区
www.epubit.com



异步社区 www.epubit.com
新浪微博 @人邮异步社区
投稿/反馈邮箱 contact@epubit.com.cn

ISBN 978-7-115-52631-1



ISBN 978-7-115-52631-1

定价: 69.00 元

封面设计: 广领设计

分类建议: 计算机 / 机器人

人民邮电出版社网址: www.ptpress.com.cn

ROS 机器人编程与 SLAM 算法解析指南

陶满礼

主编



人民邮电出版社
北 京

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

图书在版编目 (CIP) 数据

ROS机器人编程与SLAM算法解析指南 / 陶满礼主编

— 北京 : 人民邮电出版社, 2020.2

ISBN 978-7-115-52631-1

I. ①R… II. ①陶… III. ①机器人—操作系统—程序设计—指南 IV. ①TP242-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第004362号

内 容 提 要

目前 ROS (Robot Operating System) 正逐步成为机器人开发领域的主要工具平台, 同时 SLAM 技术也日益成为机器人应用领域的研究热点。本书主要讲解 ROS 编程与 SLAM 算法, 并介绍 ROS 与机器人仿真软件 V-rep 的结合应用。书中各章节所涉及的代码均有对应的源代码, 可供读者下载, 便于调试与应用。

本书可作为机器人开发从业人员或相关领域研究人员的参考用书, 也适合没有机器人开发基础的人员自学使用, 还可作为相关培训学校的教材。

◆ 主 编 陶满礼

责任编辑 张 爽

责任印制 王 郁 焦志炜

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

临西县阅读时光印刷有限公司印刷

◆ 开本: 720×960 1/16

印张: 13.5

字数: 233 千字

印数: 1—2 400 册

2020 年 2 月第 1 版

2020 年 2 月河北第 1 次印刷

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

前言

本书以作者在机器人开发过程中遇到的问题及相关解决方案为基础，深入浅出地介绍了 ROS 的基础知识及其使用方法，涉及移动机器人自主建图、导航、SLAM 算法源码解读、ROS Navigation 源码解读，以及相关算法原理与代码实现。本书可帮助机器人领域的开发人员了解并使用 ROS。

本书的创新之处在于提供了结合 ROS 进行机器人开发的 V-rep 环境。V-rep 软件是一款优秀的机器人开发仿真软件。目前国内有关该软件的中文资料较少，与 ROS 结合进行开发的资料更是稀缺。本书结合 ROS 与 V-rep 这两款优秀的机器人开发软件，为读者提供了建图和导航实现的项目实例。

本书分为 7 章。

第 1 章主要介绍了 Ubuntu 系统、ROS 的安装及常用命令操作。

第 2 章主要介绍了 ROS 开发 IDE——RoboWare Studio 的安装使用，以及 ROS 开发的基础知识。

第 3 章主要介绍了 ROS 开发过程的常用调试工具。

第 4 章主要介绍了 TF 知识及使用方法。

第 5 章主要介绍了 SLAM 功能包源码解读及自定义功能包再现建图过程。

第 6 章主要介绍了 Navigation 功能包解读及相关算法原理与代码实现。

第 7 章主要介绍了 ROS 与 V-rep 联合开发实现机器人建图与导航。

本书第 1 章由夏丽娟执笔，第 2、5、6、7 章由陶满礼执笔，第 3 章由张志飞执笔，第 4 章由夏文杰执笔。全书代码由陶满礼编写并校验。

本书内容是基于作者在新松公司服务机器人开发过程中遇到的问题及相关解决方案编写而成的。新松智能交通部门工程师张志飞为作者提供了许多重要的参考意见，并参与了相关章节的编写工作，在此表示感谢！

本书逻辑清晰、合理，内容简洁、实用、易懂。对于广大从事机器人开发的工作者及开展机器人研究的高校研究人员来说，是一本不可多得的自学及参考用书。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和欠缺之处，敬请读者批评指正。

编者

2019 年 9 月

资源与支持

本书由异步社区出品，社区（<https://www.epubit.com/>）为您提供相关资源和后续服务。

配套资源

本书提供配套源代码，请在异步社区本书页面中点击 **配套资源**，跳转到下载界面，按提示进行操作即可。注意：为保证购书读者的权益，该操作会给出相关提示，要求输入提取码进行验证。

提交勘误

作者和编辑尽最大努力来确保书中内容的准确性，但难免会存在疏漏。欢迎您将发现的问题反馈给我们，帮助我们提升图书的质量。

当您发现错误时，请登录异步社区，按书名搜索，进入本书页面，点击“提交勘误”，输入勘误信息，点击“提交”按钮即可。本书的作者和编辑会对您提交的勘误进行审核，确认并接受后，您将获赠异步社区的 100 积分。积分可用于在异步社区兑换优惠券、样书或奖品。

详细信
写书评
提交勘误

书名 我的位置 页数 勘误内容

B I U 社区· 异步社区

提交

扫码关注本书

扫描下方二维码，您将会在异步社区微信服务号中看到本书信息及相关的服务提示。



与我们联系

我们的联系邮箱是 contact@epubit.com.cn。

如果您对本书有任何疑问或建议，请您发邮件给我们，并请在邮件标题中注明本书书名，以便我们更高效地做出反馈。

如果您有兴趣出版图书、录制教学视频，或者参与图书翻译、技术审校等工作，可以发邮件给我们；有意出版图书的作者也可以到异步社区在线提交投稿（直接访问 www.epubit.com/selfpublish/submission 即可）。

如果您是学校、培训机构或企业，想批量购买本书或异步社区出版的其他图书，也可以发邮件给我们。

如果您在网上发现有针对异步社区出品图书的各种形式的盗版行为，包括对图书全部或部分内容的非授权传播，请您将怀疑有侵权行为的链接发邮件给我们。您的这一举动是对作者权益的保护，也是我们持续为您提供有价值的内容的动力之源。

关于异步社区和异步图书

“异步社区”是人民邮电出版社旗下 IT 专业图书社区，致力于出版精品 IT 技术图书和相关学习产品，为作译者提供优质出版服务。异步社区创办于 2015 年 8 月，提供大量精品 IT 技术图书和电子书，以及高品质技术文章和视频课程。更多详情请访问异步社区官网 <https://www.epubit.com>。

“异步图书”是由异步社区编辑团队策划出版的精品 IT 专业图书的品牌，依托于人民邮电出版社近 30 年的计算机图书出版积累和专业编辑团队，相关图书在封面上印有异步图书的 LOGO。异步图书的出版领域包括软件开发、大数据、AI、测试、前端、网络技术等。



异步社区



微信服务号

目 录

第1章	ROS简介	1
1.1	ROS概述	2
1.2	Ubuntu系统	3
1.2.1	Ubuntu系统的安装	3
1.2.2	树莓派安装Ubuntu	10
1.3	ROS的安装	11
1.4	常用的操作命令	13
1.4.1	Ubuntu系统的常用命令	13
1.4.2	常用的ROS操作命令	14
第2章	ROS基础	15
2.1	开发工具IDE	16
2.1.1	RoboWare Studio的安装	16
2.1.2	卸载	17
2.1.3	使用	18
2.2	节点	22
2.2.1	发布端	23
2.2.2	接收端	24
2.2.3	CMakeLists.txt文件	24
2.2.4	测试	25
2.3	消息	26
2.3.1	自定义消息	26
2.3.2	编写自定义消息发布端	27
2.3.3	编写自定义消息接收端	28
2.3.4	CMakeLists.txt文件	29

2.3.5	测试	30
2.4	服务	31
2.4.1	服务通信	31
2.4.2	自定义srv	31
2.4.3	创建服务器	32
2.4.4	创建客户端	33
2.4.5	CMakeLists.txt文件	34
2.4.6	测试	35
2.5	参数	36
2.5.1	编写参数设置获取节点	36
2.5.2	CMakeLists.txt文件	39
2.5.3	测试	39
2.6	动态参数设置	41
2.6.1	创建cfg文件	41
2.6.2	创建动态参数设置可执行文件	42
2.6.3	CMakeLists.txt文件	43
2.6.4	测试	44
2.7	ROS类编程思想	45
2.7.1	创建类头文件	45
2.7.2	创建类应用可执行文件	47
2.7.3	CMakeLists.txt文件	49
2.7.4	测试	50
第3章	调试及仿真工具	52
3.1	Rviz	53
3.2	Gazebo	56
3.2.1	安装与更新	57
3.2.2	Gazebo环境	58
3.2.3	选项卡与工具条	59
3.2.4	模拟场景组成元素	62
3.2.5	搭建简单机器人模型	64
3.3	rqt的调试	72
3.4	rosviz的使用	76

3.5	rosbridge的开发	78
3.5.1	rosbridge_suite的安装	78
3.5.2	测试html通信	79
第4章	TF简介及应用	87
4.1	TF包概述	88
4.2	TF包的简单使用	88
4.3	编写TF发布与接收程序	93
第5章	SLAM简介及应用	100
5.1	SLAM概述	101
5.2	gmapping建图功能应用	102
5.3	ROS gmapping功能包解读	103
5.4	openslam源码解读	108
5.5	ROS建图实战	119
5.5.1	ROS地图发布	119
5.5.2	TF坐标变换发布	124
5.5.3	模拟激光数据	126
5.5.4	建图	129
5.5.5	建图测试	138
第6章	ROS navigation及算法简介	140
6.1	ROS navigation stack概述	141
6.2	move_base的配置	142
6.3	navigation源码解读	150
6.4	A-Star算法原理与实现	155
6.5	dwa算法	166
第7章	基于V-rep的ROS开发	176
7.1	V-rep机器人仿真软件概述	177
7.1.1	V-rep与Gazebo的区别	178
7.1.2	V-rep与ROS通信机制	178
7.2	V-rep安装与ROS配置	179

7.2.1	环境要求	179
7.2.2	V-rep的安装	179
7.2.3	配置RosInterface	180
7.3	运行V-rep自带ROS控制场景	182
7.3.1	熟悉V-rep基本操作	182
7.3.2	运行ROS控制场景	183
7.3.3	ROS发送数据到V-rep	185
7.4	V-rep环境搭建与ROS控制开发	190
7.4.1	V-rep环境搭建	190
7.4.2	激光雷达ROS参数配置	199
7.5	V-rep与ROS联合仿真实验	201
7.5.1	gmapping建图测试	201
7.5.2	导航测试	204

第 1 章

ROS 简介

1.1 ROS概述

ROS，全称 Robot Operating System，是一个开源的机器人操作系统，能为异质计算机集群提供类似操作系统的功能（注意：ROS 不是真正意义上的操作系统，它通常运行在 Ubuntu 系统上，且有固定的版本对应）。ROS 提供了操作系统应有的服务，包括硬件抽象、底层设备控制、常用函数的实现、进程间消息传递，以及包管理。ROS 也提供用于获取、编译、编写和跨计算机运行代码所需的工具和库函数。

ROS 系统起源于 2007 年斯坦福大学人工智能实验室与机器人技术公司 Willow Garage 合作的个人机器人项目 PR2（Personal Robots Program）。2009 年初推出测试版的 ROS0.4，该版本已初步具备现有的 ROS 系统框架。2010 年正式推出 ROS1.0 版本，并开发出一系列机器人操作的基础软件包。之后不断进行版本迭代和功能完善，目前 ROS 的最新版本为 Lunar。除此之外，支持包括 Linux、Windows、macOS 等操作系统的 ROS2 也已推出（本书只介绍 ROS1 的使用，对 ROS2 不作讨论）。ROS 各版本及其发布时间如表 1-1 所示。

表 1-1 ROS 版本及发布时间

ROS 版本	发布时间
Lunar Loggerhead	2017.5
Kinetic Kame	2016.5
Jade Turtle	2015.5
Indigo Igloo	2014.7
Hydro Medusa	2013.9
Groovy Galapagos	2012.12
Fuerte Turtle	2012.4
Electric Emys	2011.8
Diamondback	2011.3
C Turtle	2010.8
Box TurtleBox Turtle	2010.3

1.2 Ubuntu系统

Ubuntu（乌班图）是一个基于 Debian 的以桌面应用为主的 Linux 操作系统，支持 x86、amd64（即 x64）架构，由全球化的专业开发团队（Canonical Ltd）打造。机器人操作系统 ROS 就是基于 Ubuntu 运行的，因此在学习 ROS 之前，我们需要先花一些时间来了解如何安装以及配置 Ubuntu 系统，为之后安装与配置 ROS 系统做准备。不同的 ROS 版本对应不同版本的 Ubuntu 系统，其匹配关系如表 1-2 所示。

表 1-2 ROS 版本及对应版本的 Ubuntu 系统

ROS 发布日期	ROS 版本	Ubuntu 系统版本
2016.3	ROS Kinetic Kame	Ubuntu 16.04 (Xenial) / Ubuntu 15.10 (Wily)
2015.3	ROS Jade Turtle	Ubuntu 15.04 (Wily) / Ubuntu LTS 14.04 (Trusty)
2014.7	ROS Indigo Igloo	Ubuntu 14.04 (Trusty)
2013.9	ROS Hydro Medusa	Ubuntu 12.04 LTS (Precise)
2012.12	ROSGroovyGalapagos	Ubuntu 12.04

1.2.1 Ubuntu系统的安装

准备工作如下。

- Ubuntu 的镜像文件。
- U 盘，用于制作启动盘。
- UltraISO 软件，用于刻录启动 U 盘。

进入 Ubuntu 官网 <https://www.ubuntu.com/download/alternative-downloads> 下载安装包，界面显示可供下载的 Ubuntu 镜像选项如下。

- Download the network installer for 18.10
- Download the network installer for 18.04 LTS
- Download the network installer for 16.04 LTS
- Download the network installer for 14.04 LTS

选择下载对应版本（本书以 14.04 为例），后续对应 ROS 的 Indigo 版本使用。为电脑分出 30GB ~ 70GB 的存储空间，从现有的硬盘中直接压缩。具体操

作是，右击“计算机→管理→磁盘管理”，可以很清楚地看到各个磁盘的分区情况，右击选中待压缩的磁盘，单击压缩卷，压缩出 30GB ~ 70GB 的内存用于安装 Ubuntu 系统。

完成分区之后开始刻录 U 盘启动盘，安装下载好的 UltraISO 软件并打开，如图 1-1 所示，在菜单里找到“启动”选项，单击“写入硬盘映像”。

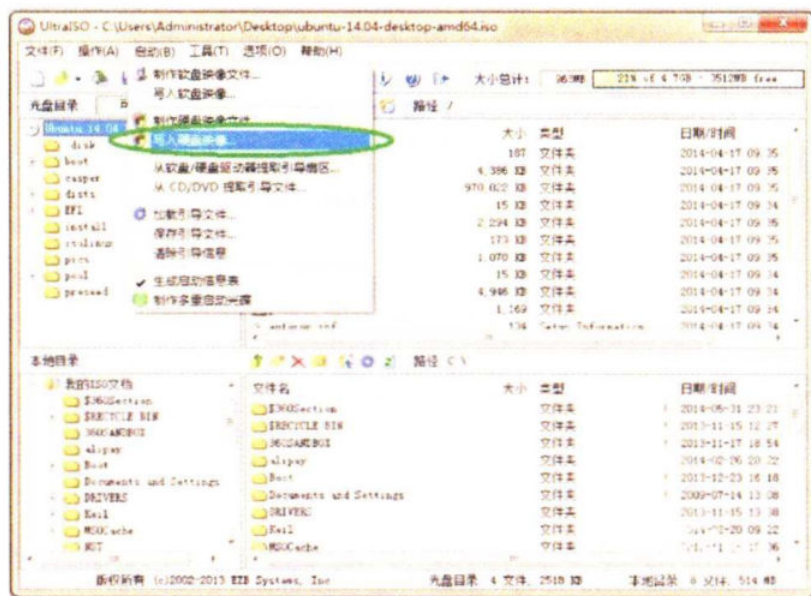


图 1-1 UltraISO 软件启动界面

在弹出的窗口中单击“便捷启动”选项，在下拉菜单中选择“写入新的硬盘主引导记录 (MBR)”，继续选择“USB-HDD+”，如图 1-2 所示。

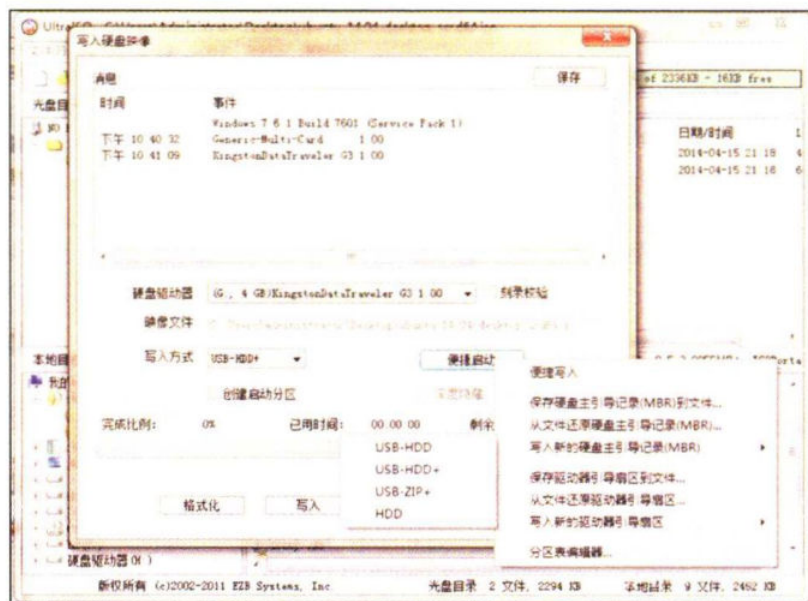


图 1-2 写入磁盘映像

写入完成后，拔出 U 盘并关闭电脑，然后重新插入 U 盘，启动电脑，通过快捷键进入 BIOS，选择 U 盘启动。各电脑进入 BIOS 的快捷键可参考表 1-3。

表 1-3 BIOS 快捷键参考

笔记本	启动按键	台式机	启动按键
联想笔记本	F12	联想台式机	F12
宏基笔记本	F12	惠普台式机	F12
华硕笔记本	Esc	宏基台式机	F12
惠普笔记本	F9	戴尔台式机	Esc
联想 ThinkPad	F12	神舟台式机	F12
戴尔笔记本	F12	华硕台式机	F8
神舟笔记本	F12	方正台式机	F12
东芝笔记本	F12	清华同方台式机	F12
三星笔记本	F12	明基台式机	F8
IBM 笔记本	F12		

进入 BIOS 之后，在安装界面选择“中文（简体）”，如图 1-3 所示，单击“安装 Ubuntu”。



图 1-3 Ubuntu 安装界面

在准备安装 Ubuntu 界面中单击“继续”，如图 1-4 所示。

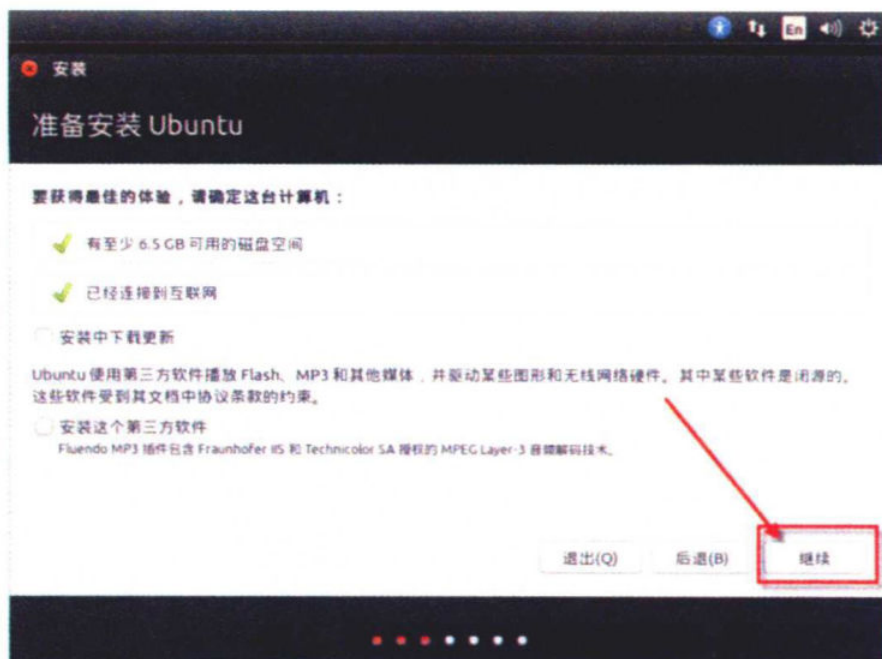


图 1-4 准备安装界面

在新弹出的安装类型界面中选择“其他选项”，单击“继续”，如图 1-5 所示。

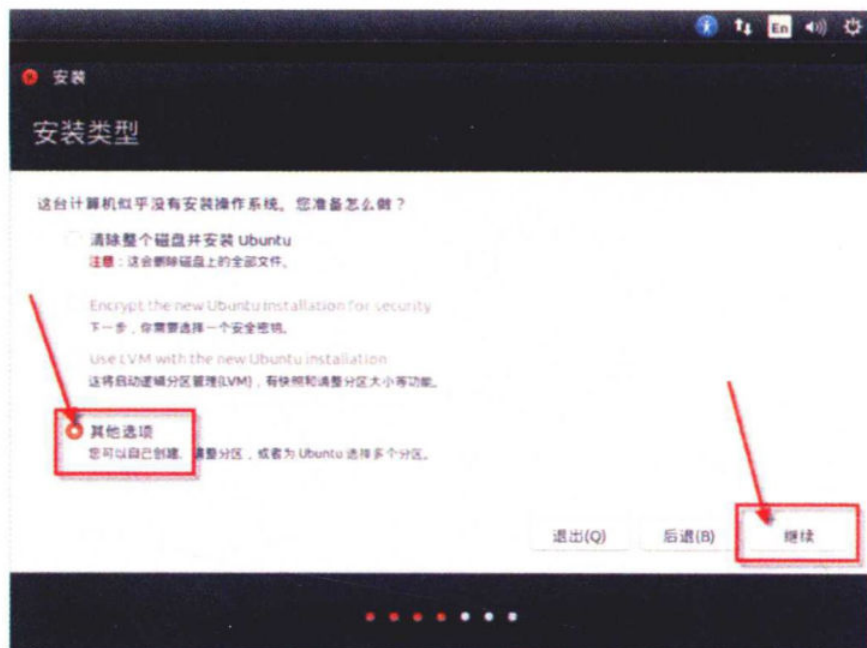


图 1-5 安装类型界面

在弹出的新建分区界面中，单击“新建分区表 ...”，如图 1-6 所示。