

 LTE丛书 ② 学好LTE系列



LTE 教程：

结构与实施（第2版）

— 孙宇彤 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

LTE 丛书之学好 LTE 系列

LTE 教程：结构与实施

(第 2 版)

孙宇彤 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

“LTE 丛书之学好 LTE 系列”是专为 LTE 学习而打造的系列教材,内容脱胎于作者深受好评的 LTE 在线培训课程,并加以完善和增补,循序渐进,娓娓道来,非常适合 LTE 学习。

本书是“LTE 丛书之学好 LTE 系列”的第二册,专为 LTE 入门学习而编写,全书分为结构篇和实施篇两部分,详细介绍了 LTE 物理层的结构以及 LTE 无线网络的部署策略和实施方式,可帮助读者快速了解和理解 LTE 的结构与实施。

本书适合 LTE 初学者和 LTE 的实施人员,如 LTE 的网络规划设计人员和 LTE 的网络优化人员阅读,目标读者为运营商、设计院的工程技术人员,网络优化从业人员以及相关大专院校师生。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

LTE 教程. 结构与实施 / 孙宇彤编著. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2018.9
(LTE 丛书之学好 LTE 系列)

ISBN 978-7-121-34985-0

I. ①L… II. ①孙… III. ①无线电通信—移动网—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 204831 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 宋 梅

印 刷: 三河市君旺印务有限公司

装 订: 三河市君旺印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 17 字数: 392 千字

版 次: 2014 年 10 月第 1 版

2018 年 9 月第 2 版

印 次: 2018 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 68.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: mariams@phei.com.cn。

第2版前言

《LTE 教程：结构与实施》出版以来，承蒙读者的喜爱，有了修订的机会。这次修订本着兴利除弊的原则。

(1) 除弊

首先改正了第1版中出现的 bug 和笔误，这样即使再有漏网之鱼，也是凤毛麟角了。

其次大幅简化了实施篇的内容，删除了很多中间结果，不再介绍孤立小区的相关内容。这样实施篇的内容更精练，重点更突出。

最后，第1版中子载波带宽的讲法不够全面，因此这次修订就将其删除了，关于子载波带宽，大家可以阅读《LTE 教程：原理与实现》（第2版）的附录。

(2) 兴利

首先，由于“LTE 丛书之学好 LTE 系列”已经出齐，第2版增加了与“LTE 丛书之学好 LTE 系列”其他书籍的联系，同声共气，方便读者扩展学习。

其次，在物理层结构中引入了现网配置的信息，方便读者对号入座、学以致用。相关的配置信息可以在《LTE 教程：机制与流程》一书的附录中找到。

最后，优化了重点内容，例如 ZC 序列的特点和 PUCCH 的处理过程；增加了读者关注的内容，比如子载波频率和 TD-LTE 峰值速率的计算方法。

另外，第1版中的《LTE 自学指南》2015 版由于内容已经过时，这次调整为《LTE 入门指南》2018 版的摘要。

参与第2版修订的有汪洲、孙沛然、杨慧瑞、汪中位、张秋娥、朱美根、蒋中定、查昊、陈文涛、王兴志，诸多热心网友提出了不少改进的建议，在此表示感谢。我还要感谢家人为本书修订做出的贡献，最后还要感谢电子工业出版社宋梅编审对本书修订的大力支持。

至此，“LTE 丛书之学好 LTE 系列”又进行了一次更新。“LTE 丛书之学好 LTE 系列”借鉴了 IT 产品开发的迭代思想，不求毕其功于一役，而是讲求协同，每本教材都相当于一个学习的台阶，不断上升，希望能把读者带到 LTE 技术的更高境界，帮助读者成为 LTE 技术的行家里手。

在“LTE 丛书之学好 LTE 系列”中，《LTE 教程：原理与实现》（第2版）和《LTE 教程：结构与实施》（第2版）特别适合 LTE 的初学者，可以作为入门学习的首选教材；而《LTE 教程：机制与流程》（第2版）和《LTE 教程：业务与信令》适合用于 LTE 技术的深造。

除了“LTE 丛书之学好 LTE 系列”，作为 LTE 学习大使，我还开发了配套的 LTE 在线培训课程，包括入门、进阶和实战三个层次，已经在网易云课堂等在线教育平台发布。课

程体系完整，内容透彻深入，与教程相辅相成，配合使用能取得 LTE 学习的更好效果。

读者想了解“LTE 丛书之学好 LTE 系列”，可以访问 http://www.readhere.cn/site/l_course.htm；想了解 LTE 在线培训课程，可以访问 http://www.readhere.cn/site/l_training.htm；想学习 LTE 在线培训课程，可以访问 <http://m.study.163.com/m/provider/2763210/index.htm>。读者还可以扫描下面的二维码，直达相关的内容。



LTE 丛书之学好 LTE 系列



在线培训课程介绍



在线学习入口

读者在学习过程中有任何问题，想要与我联系，可以关注我的微信公众号：“LTE 学习大使”。大家还可以加入 QQ 群：“学好 LTE”（291725936），交流学习中的各种问题。

采用本书作为教材的老师，可以加入 QQ 群：“LTE 教学支持”（785627598），或通过 readhere@163.com 与我联系，以获得教学支持。

在修订《LTE 教程：结构与实施》的过程中，5G 的 R15 技术规范已经发布。通过研读 5G 的技术规范，我再度体验到只有学好了 LTE，才能学好 5G 的道理。因此，我也希望各位读者都能通过“LTE 丛书之学好 LTE 系列”，读懂 LTE，学好 LTE，为今后无论从事有关 LTE 方面的工作还是从事 5G 方面的工作打下良好的基础。

LTE 学习大使
孙宇彤
2018 年初春

前 言

在世界杯足球赛的喧嚣声中，我为本书写下了最后一个句点。也许是巧合，但仔细想一下，发现这本书与足球还是有一些关系的。

这已经是我出版的第 11 本书了！12 年前，也是在世界杯之年，我出版了第一本书。当时绝不会想到，12 年后还会出版第 11 本书。

11，是一个球队登场的队员数。11 名队员与另外 11 名队员在绿茵场的竞争，带给球迷的是开心、是激动；而 11 本书，累积在一起，展示给读者的也许是我在移动通信技术领域不断前行的过程。

就像精彩的射门需要队员之间的精妙配合一样，这本书是“LTE 丛书之学好 LTE 系列”的第二本书，发挥着承上启下的作用，与第一本书《LTE 教程：原理与实现》的内容环环相扣，都与 LTE 的学习密切相关。

在翻越 LTE 技术的天王山——OFDM 与多天线技术后，接下来大家就会与 LTE 物理层结构打交道了，而 LTE 物理层结构是 LTE 学习过程中要啃的又一块硬骨头。

OFDM 与多天线技术不同，LTE 物理层的结构由规范 TS36.211、TS36.212 和 TS36.213 定义，内容非常明确。这就给很多人在学习时带来一个错觉，以为通过仔细阅读 LTE 的技术规范，就可以学好 LTE 的物理层结构。

遗憾的是，LTE 的技术规范不是为学习准备的，看着规范，就很容易深陷泥沼，难以自拔。

当然，随着 LTE 技术炙手可热，国内也出版了大量的 LTE 参考书，这些参考书或多或少总会涉及 LTE 物理层及其结构。但是，这些参考书对 LTE 物理层的结构，讲得既不清楚，也不细致，比如：

- TA 与 GP 到底是什么关系？为什么有了 GP 还要用 TA？为什么用了 TA 还要有 GP？
- 小区参考信号是怎么产生的？又是怎么映射到时频资源上的？
- 用户参考信号是如何区分的？
- 各种控制信道如何产生？处理的方式有什么区别？

诸如此类的问题还能列举出很多。由于内容讲解不到位，因此读者看过参考书后还是一头雾水，继续在 LTE 物理层结构的这个泥沼中挣扎。

作为 LTE 学习大使，我深知学习 LTE 技术的过程并不轻松，我的使命就是让大家通过阅读“LTE 丛书之学好 LTE 系列”，更高效地学习 LTE，突破 LTE 技术的重重难点，理解和掌握 LTE 的技术精髓。

因此，《LTE 教程：结构与实现》的目标就是希望成为大家学习 LTE 物理层结构的指引，帮助大家顺利通过 LTE 物理层结构这个泥沼。

本书的内容分为两个篇章，一篇是结构篇，讲述 LTE 空中接口的物理层结构；另外一篇是实施篇，讲述 LTE 无线网络的规划设计，可以看成结构篇的实际应用。

结构篇的最大特点是条理清晰，将物理层的时频结构、各种参考信号以及控制信道、业务信道的结构和处理过程分门别类，学习起来有章可循。学习完结构篇后，读者肯定会对 LTE 物理层结构有更清晰的认识，不再迷茫。

至于 LTE 物理层结构涉及的各种关键环节，本书不遗余力，力求讲透，比如前面提到的那些问题，在书中都会有详细的说明，给出明确的答案。

实施篇的内容则紧扣 LTE 无线网络的规划设计流程，不但详细介绍了链路预算的方法，而且还详细分析了 LTE 的峰值速率、边界速率、FDD 与 TDD 的差异、VoLTE 对无线网络的影响，最后还介绍了 LTE 无线网络的部署方案。

总体而言，实施篇的学习难度不大。实施篇中丰富的图表和数据，绝对可以满足 LTE 无线网络设计人员的需求，算是艰苦学习过程后的具体收获吧。

本书保留了前作教材、视频和网络三位一体的特点，相关的培训课程都已经发布到 51CTO 学院和传课网，学员可以配合本书一起学习。为了方便大家学习，LTE 系列培训课程已经组织到 LTE 学习路线图中，网址是 <http://edu.51cto.com/roadmap/view/id-19.html>。

为了便于大家的学习，本书还做了一些改进：在每章的开头都会用问题勾勒出本章内容的轮廓。这样读者在学习前可以先测试一下自己的水平，并且大体了解全章的主要内容，有的放矢；学习后还可以对比前后的回答，从而记录自己的学习轨迹。

本书还准备了一些思考题，帮助大家扩展思维，达到举一反三的效果。书中的思考题供学有余力的读者使用，读者可以把思考题的答案以及 LTE 学习中遇到的疑难问题，发布在【空中接口学园】论坛上：<http://www.pch.com.cn/bbs>，我将及时点评与回复。

读者在学习过程有任何问题，想要与我联系，可以关注我的微博和微信，都是“读懂通信”。读者也可以访问【读懂通信】网站：<http://www.readhere.cn/bs>，深入阅读相关的技术文章。

本书由孙宇彤编著，汪洲参与了本书的编写工作，孙沛然、杨慧瑞、汪中位、张秋娥、秦松协助了本书的编写工作，这里一并表示感谢。

如果大家还想深入学习 LTE，可以继续关注“LTE 丛书之学好 LTE 系列”的后续内容，包括 EPC 以及 LTE 机制与流程。

最后，预祝各位读者都能从此学好 LTE。

LTE 学习大使

孙宇彤

2014 年盛夏

代序：LTE 入门指南 2018 版（摘要）

【谁需要阅读 LTE 入门指南？】

随着 LTE 技术在移动通信中一统天下，每年都有大批人学习 LTE 技术，他们就是 LTE 的初学者，需要 LTE 入门技术。

LTE 的初学者面对 LTE 这样一个陌生的技术，肯定会有很多困惑、迷茫和顾虑，生怕走错了方向，迫切需要学习技术向导与指引。

《LTE 入门指南》是专门为 LTE 初学者编写的学习指南，可以帮助 LTE 的初学者解答学习 LTE 的疑惑，顺利开启 LTE 学习之旅，减少学习过程中的弯路和歧途，尽快达成学习的目标。《LTE 入门指南》完整内容见 <http://www.readhere.cn/html/2018/2018A.htm>。

【现在学 LTE，还有意义吗？】

对于初学者而言，这个问题 2017 年前还不存在，但是 2017 年开始成为了一个大问题：LTE 技术在移动通信中一统天下后，后续技术 LTE-A、NB-IoT 和 5G 不断涌现，5G 时代都要来了，现在学 LTE，是不是在学习过时的技术，浪费时间与精力呢？

其实，这种担心完全没有必要。即使过几年进入了 5G 时代，LTE 技术也不可能过时。

这是因为 LTE-A、NB-IoT 和 5G 这些技术都是在 LTE 技术基础上发展起来的，打个简单的比方，LTE 技术就像平面几何的知识，LTE-A、NB-IoT 以及 5G 类似于立体几何的知识。例如，2017 年年底 3GPP 发布了 R15 版本的 5G 规范，在 5G 无线网络的相关规范中，有大量的内容来自 LTE，5G 无线技术与 LTE 技术的差异可能少于 25%。

因此，不学好 LTE 技术，这些后续的技术就是空中楼阁，怎么可能掌握呢？就好像一个人没有掌握平面几何，却说自己精通立体几何，你会相信吗？

另外，LTE 网络作为运营商目前的主力网络，地位在未来 5~10 年都不会动摇。通信从业人员现在与未来的工作大多与 LTE 网络相关，因此，学好 LTE，必定大有用武之地。

简而言之，LTE 技术是脚踏实地、面向未来的技术，是以后继续学习 LTE-A、NB-IoT 和 5G 技术的必由之路。在学习 LTE 技术上投入时间与精力，不但必须，而且有价值。

5G 时代，LTE 不但要学，更要学好。

【初学 LTE 要做的第一件事情是什么？】

不过，在开始学习 LTE 技术前，初学者有一件头等大事需要完成，这就是明确自己的学习目标。目标决定我们前进的方向，因此是非常重要的。

确定学习目标很简单，就是回答：我们到底是想学过 LTE 还是想学好 LTE？

如果你的目标是学过 LTE 的话，为了节省宝贵的时间，《LTE 入门指南》的后续内容你也就没有必要再看了。

不用说，很多人还是想学好 LTE 的，学过 LTE 对大家来说，其实没有什么意义。如

果只是在学习 LTE 时露个脸、凑个数，纯属打酱油、看热闹，浪费了自己的时间与精力，我想没有人会愿意干这种傻事。

就像现在热门的跑马拉松，好不容易参加了一次马拉松，总不至于在起跑线上发个自拍照就算完事，怎么也要跑过，最好到了终点才躺下，这样才能代表一次完整的马拉松体验。

学习 LTE 也是如此，只有学好了 LTE，我们在学习 LTE 上的投入才有价值。

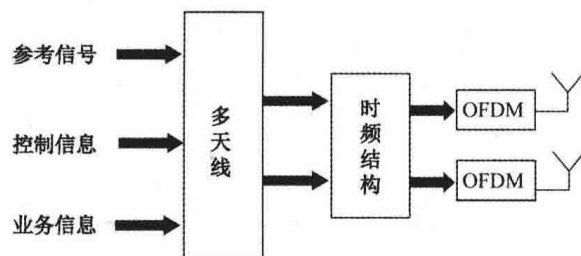
【怎么才算 LTE 入门？】

明确了我们就是为了学好 LTE 而来的，那么怎么才算学好了 LTE 呢？

这个问题的答案与个人的学习目标有关，并不相同。如果是 LTE 的初学者，在入门阶段学好 LTE 并不是用读过几本 LTE 的书，或者做过几套 LTE 的考题来衡量的，而是要满足这样一些要求：

- ① 能讲出 LTE 技术的来龙去脉。
- ② 能讲出 LTE 系统的组成。
- ③ 能讲出 LTE 的关键技术的特色。
- ④ 能讲出 LTE 的信号处理过程。

比如下面这张图，如果初学者可以讲出其中每个部分涉及的关键技术和处理过程，基本上就算 LTE 入门了。这样，初学者在从事 LTE 具体工作的时候，也就不会露怯，更不会摸不着头脑，而是有章可循了。



【入门 LTE 面临哪些挑战？】

对于初学者而言，在入门阶段学好 LTE 并不是个简单的任务，需要面临不少挑战。

说不简单，是因为 LTE 技术博大精深，特别是其中的两大关键技术：OFDM 和多天线，更是入门学习过程的两座天王山、拦路虎，不花费相当多的精力，是很难掌握的。

至于 LTE 的信号处理过程涉及的 LTE 时频结构、各种信道与信号，虽然与 OFDM 和多天线相比，算是小巫见大巫了，但是内容比较多，学起来也不轻松。

相对而言，LTE 技术的来龙去脉以及 LTE 系统的组成两块内容比较简单，学好很容易。

【怎么才能入门 LTE？】

既然在入门阶段学好 LTE 会面临很多挑战，那么初学者怎样才能学好 LTE 呢？

根据 LTE 学习大使孙字形老师的经验，总结一下，要想学好 LTE，需要以下三个方面优质资源的结合，一个也不能少。

- ① 自学教材。

② 配套课程。

③ 互动网站。

其中，自学教材是学习的基础，是学习内容的载体；配套课程是学习的主体，帮助我们理解和掌握学习内容；互动网站是学习的促进剂，通过互动实现学习的深化和延伸。

如果没有这三方面优质学习资源的结合，往往是事倍功半，吃力不讨好的。

接下来，LTE 学习大使孙宇彤老师就给大家推荐优质学习资源。

【初学 LTE 该从什么书看起？】

现在市面上有关 LTE 的书籍相当多，这些书籍很多都不适合初学者用来入门。对于初学者来说，找到一本合适的入门教材，胜过坐拥很多本参考书。这里 LTE 学习大使孙宇彤老师向大家郑重推荐电子工业出版社出版的“LTE 丛书之学好 LTE 系列”。

之所以推荐“LTE 丛书之学好 LTE 系列”作为学习 LTE 的首选教材，是因为这套丛书专为 LTE 学习打造，内容紧扣 LTE 的学习过程，充分讲解了大家在 LTE 学习过程中遇到的各种问题。

“LTE 丛书之学好 LTE 系列”由四本教材组成，教材内容之间环环相扣，虽然独立成篇，但又是一个有机的整体，全面涵盖了 LTE 技术从入门到进阶的学习内容。

“LTE 丛书之学好 LTE 系列”具有全新的视野，独到的内容，再加上飞一般流畅的阅读体验，无论是 LTE 新人还是熟手，都适合阅读。可以毫不夸张地说，从这一套书可以读懂 LTE！



作为初学者，我们选择“LTE 丛书之学好 LTE 系列”的《LTE 教程：原理与实现》（第 2 版）和《LTE 教程：结构与实施》（第 2 版）作为入门学习的内容。这两本书脱胎于 LTE 学习大使孙宇彤老师深受好评的 LTE 入门培训课程，循序渐进，娓娓道来，非常适合初学者学习。特别是《LTE 教程：原理与实现》（第 2 版），更是初学者的第一本 LTE 书。

【为什么有了教材还要学习在线课程？】

通过阅读“LTE 丛书之学好 LTE 系列”，初学者一定会有很多收获，不过要想获得更

好的学习效果，初学者还需要参加 LTE 学习大使孙宇彤老师主讲的 LTE 在线课程。

与教材相比，在线课程有以下四大优点：

① 更丰富。课程除了看，还可以听，内容上多了一种表现形式，印象会更深。

② 更方便。只要有手机，就可以随时随地学习在线培训课程，充分利用了零散的时间。

③ 更直观。教材内容是静态的，而课程的内容是动态的，有动画效果，层层深入，因此重点更突出，更方便记忆。

④ 更新快。编写教材需要较长的周期，而且教材出版后，内容就很难修改；而课程更新相对方便，可以及时跟进技术的发展，确保内容最新。

总之，要想学好 LTE，教材与课程应该双管齐下，这样才会取得最好的学习效果。

【为什么要学习 LTE 学习大使孙宇彤老师主讲的在线课程？】

想学好 LTE，当然要认准优质的在线课程。优质的在线课程，应该在讲师、课程体系和教材等方面都出类拔萃。

LTE 学习大使孙宇彤老师投身于 LTE 在线培训已经超过了 5 年，是国内 LTE 在线培训的先行者。2013 年起，孙宇彤老师入驻国内两大知名在线教育平台，发布了多门 LTE 在线培训课程，这些在线培训课程内容全面、制作精良、相互关联、层层递进，可以把学员带到 LTE 技术的至高境界。

除了讲师和课程体系的优势，LTE 学习大使孙宇彤老师另外一大杀手锏就是配套教材。在线课程与“LTE 丛书之学好 LTE 系列”相互配合，相得益彰，绝对能带给初学者更好的学习效果。

【哪里可以学到 LTE 在线课程？】

LTE 学习大使孙宇彤老师主讲的 LTE 在线培训课程在 51CTO 学院和网易云课堂上都可以学到。其中，51CTO 学院上主要是入门课程，包括“LTE 技术与原理”和“LTE 物理

层结构”两套课程；网易云课堂上有更完整的课程，除了入门课程，还有进阶课程和实战课程等全套的课程。

如果是初学者，建议选择网易云课堂的“LTE 入门”系列课程或者 51CTO 学院的“LTE 技术与原理”专题起步，循序渐进地学习。

【初学者学习中遇到问题怎么办？】

初学者首先要关注 LTE 学习大使的公众微信，及时掌握 LTE 学习的最新动态。

考虑到初学者的程度不一，LTE 学习大使孙宇彤老师还利用 QQ 群：学好 LTE (291725936) 来答疑解惑，并邀请 LTE 学友们在 QQ 群中与 LTE 初学者直接交流。

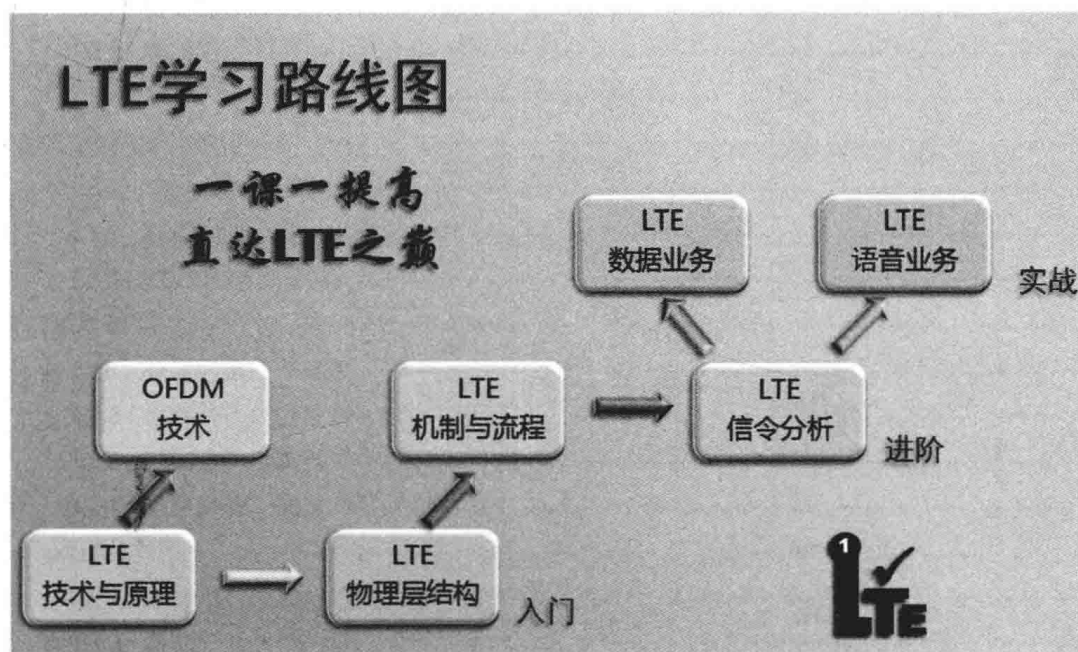
初学者在自学的时候，往往会遇到一些思路上的阻碍，这时通过先行者的指点，就可以突破这些障碍，学起来就会突飞猛进。

另外，LTE 学习大使孙宇彤老师还利用空中接口学园论坛 (<http://www.pch.com.cn/bbs>)，整理了初学者学习中经常遇到的问题，方便初学者查找。

总之，有了高水准的老师、全系列的课程和配套的正规教材后，再利用 QQ 群和论坛，LTE 初学者就可以开始高效的 LTE 学习之旅了。

【LTE 入门后如何继续学习？】

要想成为 LTE 的技术达人，LTE 入门只是第一个目标。接下来，还需要参照下图，继续学习进阶和实战课程，直达 LTE 技术之巅。后续深造内容的学习，请大家参考 LTE 学习大使孙宇彤老师编写的《LTE 深造指南》。



LTE 丛书之学好 LTE 系列

“LTE 丛书之学好 LTE 系列”包含四本教材，全面涵盖 LTE 技术从入门到进阶的学习内容。

丛书的内容脱胎于 LTE 学习大使孙宇彤老师深受好评的 LTE 在线培训课程，并加以完善和增补，循序渐进，娓娓道来，特别适合初学者以及专业技术人员自主学习。

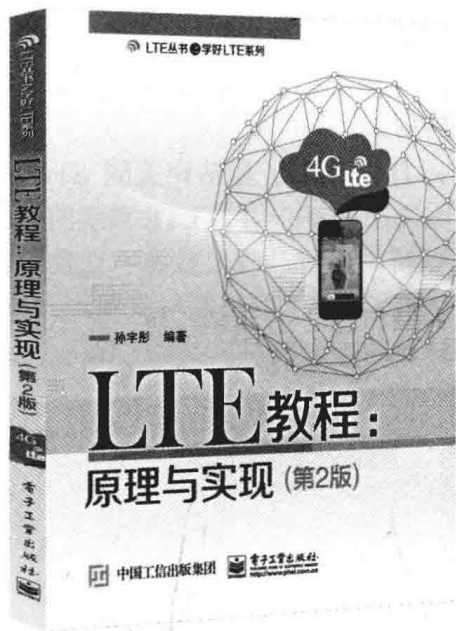
《LTE 教程：原理与实现》（第 2 版）

本书是“LTE 丛书之学好 LTE 系列”的开篇，专为 LTE 入门学习而打造，浓墨重彩地介绍了 LTE 的两大关键技术——OFDM 和多天线。

本书在 OFDM 原理部分揭开了 OFDM 技术许多不为人知的内情，作者提出的能量正交概念也会让读者耳目一新。在 OFDM 实现部分，还有很多颠覆性的内容，比如 IFFT 算法不是生成 OFDM 的唯一算法，足以让初学者为之一振。

在多天线部分，作者分门别类，介绍了多天线的三大形态，定量分析了各种 TM 发射模式的差异，详细介绍了 LTE 中的多天线处理过程。

本书是 LTE 入门培训和 OFDM 进阶培训的指定教材。



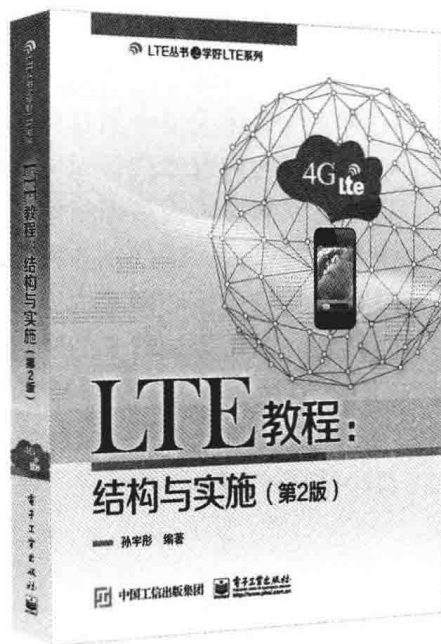
《LTE 教程：结构与实施》（第 2 版）

本书延续了“LTE 丛书之学好 LTE 系列”的特点，专为 LTE 入门学习而打造，透彻地讲述了 LTE 的物理层结构，并且详细介绍了 LTE 无线网络的规划设计方法。

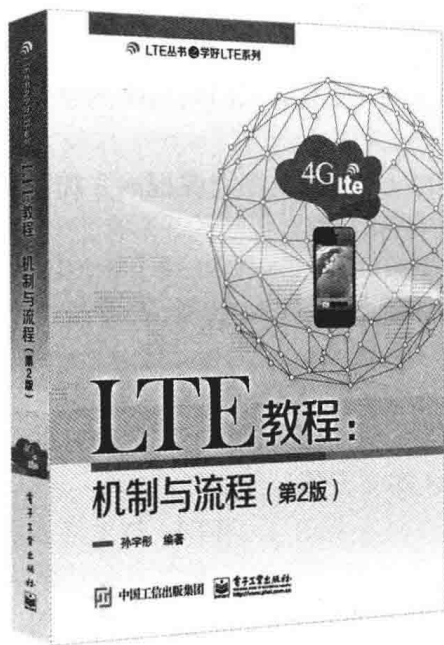
在 LTE 物理层结构部分梳理了物理层的时间结构、频率结构、参考信号、控制信道和业务信道，分门别类，学习起来有章可循。结构部分还剖析了关键的处理流程与机制，使得读者不但知其然，还能知其所以然。

在无线网络的实施部分，不但详细介绍了链路预算的方法，还详细分析了 LTE 的峰值速率、边界速率、FDD 与 TDD 的差异、VoLTE 对无线网络的影响，书中还介绍了 LTE 无线网络的部署策略，配套的图表非常丰富，实战效果更好。

本书是 LTE 入门培训的指定教材。



《LTE 教程：机制与流程》（第2版）



本书是在前两本教材的基础上，专为 LTE 进阶学习而打造的，透彻地讲述了 LTE 的处理机制，详细讲解了 LTE 系统的信令流程。

在处理机制部分，以终端为主要视角，首先介绍了待机状态的处理机制，包括 PLMN 选择、小区选择、小区重选、广播、位置更新及寻呼处理机制；接着介绍了联机状态的处理机制，包括随机接入、安全、调度、功率控制及切换的处理机制。

在信令流程部分，首先介绍了基站相关的 S1、X2 及空中接口的结构与协议；接着介绍了 LTE 系统的基本信令流程，包括位置更新、附着、收发数据、切换、释放的信令流程；最后介绍了 IRAT 的机制与流程。

本书是 LTE 进阶培训的指定教材。

《LTE 教程：业务与信令》

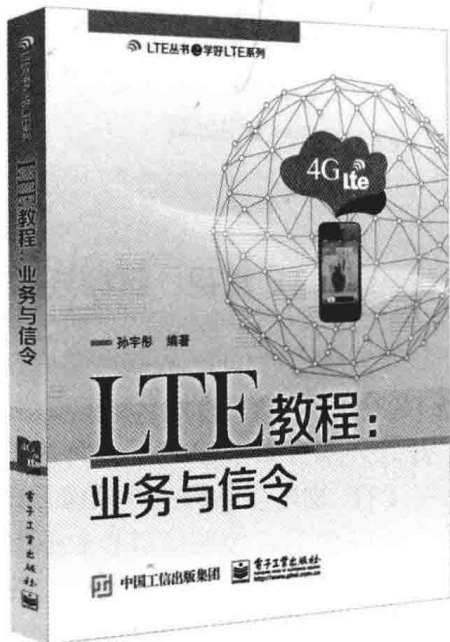
本书的内容在《LTE 教程：机制与流程》的基础上展开，讲解了 LTE 系统的数据与语音业务的实现方式以及终端侧涉及的各种信令。

本书全面介绍了 LTE 业务的处理方法，尤其是语音业务的处理方法；讲解了 LTE 系统传送数据的具体过程；分析了终端相关信令的具体内容与流程；提供了终端相关信令的具体案例。

本书的内容专门针对无线网络的技术人员，特别是终端侧的技术人员而组织，因此无线网的内容尽可能全面深入，并辅助以各种实际的案例，使得读者可以身临其境；核心网的内容力求简明扼要，而不是面面俱到，以免增加读者的学习负担。

本书是 LTE 进阶培训和实战培训的指定教材。

最后，请大家关注公众微信“LTE 学习大使”以及小程序“LTE 教程检索工具”。



目 录

结 构 篇

学习提示	2
第 1 章 时频结构	3
本章导读	4
1.1 概述	4
1.1.1 什么是时频结构	4
1.1.2 如何理解时频结构	5
1.1.3 双工方式	6
1.2 FDD 的时间结构	8
1.2.1 FDD 的时间结构: 无线帧	8
1.2.2 FDD 的时间结构: 子帧	9
1.2.3 FDD 的时间结构: 时隙	9
1.2.4 更小的时间结构	10
1.2.5 时间同步	11
1.2.6 上、下行子帧对齐	12
1.3 TDD 的时间结构	15
1.3.1 TDD 的时间结构: 总体	15
1.3.2 TDD 的时间结构: 特殊子帧	16
1.3.3 TDD 的特殊子帧: GP	19
1.4 频率结构	23
1.4.1 频率结构: 子载波	23
1.4.2 频率结构: 资源块 (RB)	24
1.4.3 频率结构: 频点	25
1.4.4 频率结构: 频段	27
1.5 时频分布	29
1.5.1 各种下行信号与信道的时间分布	29
1.5.2 各种下行信号与信道的频率分布	32
1.5.3 各种上行信号与信道的时频分布	32
1.6 小结	35

第 2 章 参考信号	36
本章导读	37
2.1 概述	37
2.1.1 什么是参考信号	37
2.1.2 小区参考信号的发展史	38
2.1.3 小区参考信号的设计	39
2.1.4 小区参考信号的分布	41
2.2 小区参考信号的生成	43
2.2.1 小区参考信号的生成过程	43
2.2.2 Gold 序列的生成方式	44
2.2.3 Gold 序列的初始值与生成	45
2.2.4 Gold 序列的输出过程	47
2.2.5 小区参考信号的时频映射	49
2.3 小区参考信号相关的 KPI	50
2.3.1 参考信号强度: RSRP	51
2.3.2 接收信号强度: RSSI	52
2.3.3 参考信号质量: RSRQ	53
2.3.4 参考信号信噪比: RS-SINR	54
2.3.5 KPI 与小区	55
2.4 终端专用参考信号	56
2.4.1 什么是终端专用参考信号	56
2.4.2 R8 版本的终端专用参考信号	57
2.4.3 R9 版本的终端专用参考信号	60
2.5 上行参考信号	61
2.5.1 上行参考信号的生成	61
2.5.2 上行参考信号的处理过程	64
2.6 小结	66
第 3 章 控制信道	67
本章导读	68
3.1 概述	68
3.1.1 控制信息	68
3.1.2 LTE 系统的控制信道	72
3.2 LTE 系统的下行物理控制信道	73
3.2.1 下行物理信道(用于控制)	73

3.2.2 PBCH	73
3.2.3 PCFICH	76
3.2.4 PHICH	79
3.2.5 PDCCH	82
3.2.6 下行控制信道小结	88
3.3 LTE 系统的上行物理控制信道	89
3.3.1 上行物理信道（用于控制）	89
3.3.2 PRACH	89
3.3.3 PUCCH	92
3.4 小结	98
第 4 章 业务信道	99
本章导读	100
4.1 概述	100
4.1.1 业务信息	100
4.1.2 业务信道	101
4.1.3 移动通信系统中的业务信道	104
4.1.4 LTE 系统中的信道	107
4.2 LTE 下行共享物理信道	109
4.2.1 处理流程概述	109
4.2.2 资源映射	111
4.2.3 寻呼信道（PCH）	111
4.3 LTE 上行共享物理信道	112
4.3.1 处理流程概述	112
4.3.2 资源映射	114
4.3.3 信号与底层指令的复用	114
4.4 小结	116

实 施 篇

学习提示	118
第 5 章 LTE 无线网络的部署	121
本章导读	122
5.1 概述	122
5.1.1 中国 LTE 网络的部署进程	122
5.1.2 中国 LTE 网络的分步实施	123