



高等职业教育“十三五”规划教材

YIDONG TONGXIN GONGCHENG

移动通信工程

主 编 李 媛
副主编 马晓强 李 珂 张绍林
张琴琴 李毅然



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



高等职业教育“十三五”规划教材

移动通信工程

主 编 李 媛

副主编 马晓强 李 珂 张绍林

张琴琴 李毅然



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书从职业教育的发展特点出发,聚焦移动通信领域,以移动工程建设、移动工程监理和移动基站维护的国家标准、行业标准和职业资格标准为依据,结合实际工作中的应用实践,根据完成职业岗位实际工作任务所需的知识、能力和素质要求来组织内容,梳理成基站工程勘察设计、基站工程安装与验收、无线网络运维与优化三大项目,分解成基站天面勘察、施工图设计、基站室内设备安装、基站常见故障处理、无线网络优化测试等13个典型工作任务。

本书采用理实一体化的任务驱动模式编写,具有较强的实用性,适用于高职院校通信类高素质高技能人才培养。同时,书中的知识链接与拓展、技能训练等也可以供通信行业相关人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信工程 / 李媛主编. -- 北京 : 北京邮电大学出版社, 2018. 10

ISBN 978-7-5635-5612-0

I. ①移… II. ①李… III. ①移动通信—通信工程—职业教育—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 245185 号

书 名: 移动通信工程
责任编辑: 刘 颖
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷:
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张: 17.5
字 数: 458 千字
版 次: 2018 年 10 月第 1 版 2018 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-5612-0

定 价: 42.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

随着 4G 移动通信网络的全面建设,我国 4G 网络规模跃居世界第一,深度覆盖城市和乡村。截至 2018 年第一季度末,我国 4G 基站数量已达 339.3 万个,4G 用户在移动电话用户中的占比已达 72.2%,平均每 3 平方千米就有一个 4G 基站,东部地区部署更密集。随着基站数目不断地增加,新技术应用不断地增多,各通信运营商和服务商对从事基站工程建设、系统维护和网络优化工作的高素质技术技能人才的需求不断增大,而且各通信企业对一线人员的综合维护能力要求也越来越高,有线传输、数据通信、通信电源等专业方向的技术人员也要具备无线网络建设与维护的基础知识与基本技能。

我们对高职高专通信类专业课程设置的情况进行了调研分析,发现大部分学校的通信技术、光通信技术、通信系统运行管理等专业(不包括移动通信技术专业)虽然开设了 4G 移动通信相关课程,但一般来说只有一两门课,且主要内容是 4G 移动通信的网络架构、关键技术等,很少涉及 4G 基站建设前期的勘察设计、建设期间的安装验收和使用过程中的维护优化等工程领域。

基于上述情况,我们根据移动通信基站工程建设、系统维护和网络优化要求,结合以上通信类专业实际情况编写了本书。本书内容符合移动通信工程流程,涵盖前期的勘察设计、中期的安装验收和后期的维护优化 3 个阶段,由基站天面勘察、施工图设计、基站室内设备安装、基站常见故障处理、无线网络优化测试等 13 个典型工作任务组成。编写体例采用理实一体化的任务驱动模式,每个任务包括“任务描述→任务分析→技能训练→任务评价→任务思考→知识链接与拓展”6 个环节,能实现讲授、示范、训练同步进行,突出了现场感,增强了直观性,使学生能够用理论指导实践,在实践中消化理论,对移动通信工程的知识产生亲切感,对移动通信工程的设备产生熟悉感,从而调动学生学习的主动性和积极性,增强学生学习的灵活性和创造性,使教学收到事半功倍的良好效果。

本书编写力求简单,且能全面涵盖移动通信基本技术、网络结构、基站设备等,同时在技能训练环节采用了 VR 软件,解决了实际操作存在的风险和不能重复演练的问题。各院校可以根据自己的实训环境与条件调整和补充相应的实训项目。

本书项目二的任务 2.2、项目三的任务 3.1 和任务 3.2、附录由李媛执笔;项目一的任务 1.1、项目二的任务 2.1 和任务 2.3 由马晓强执笔;项目一的任务 1.4、项目二的任务 2.4 由李珂执笔;项目一的任务 1.2 和任务 1.3 由张绍林执笔;项目三的任务 3.3 和任务 3.4 由张琴琴执笔;项目三的任务 3.5 由李毅然执笔。本书的体例确定、统稿和内容修订由李媛完成。本书编写期间,大唐邦彦公司提供了部分 VR 资料,四川师范大学唐露同学完成了部分制图工作,在此表示最诚挚的谢意。

由于移动通信技术发展速度快,编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2018 年 5 月

目 录

项目一 基站工程勘察设计	1
任务 1.1 基站勘察准备	1
【任务描述】	1
【任务分析】	1
一、任务的目标	1
二、完成任务的流程	1
三、任务的重点	2
【技能训练】	2
一、训练目的	2
二、训练用具	2
三、训练步骤	2
【任务评价】	5
一、任务成果	5
二、评价标准	5
【任务思考】	6
【知识链接与拓展】	6
一、无线网设计工作	6
二、基站勘察工作	7
三、安全要求	10
四、选址与勘察的区别	10
任务 1.2 基站机房勘察	11
【任务描述】	11
【任务分析】	11
一、任务的目标	11
二、完成任务的流程	11
三、任务的重点	12
【技能训练】	12
一、训练目的	12
二、训练用具	12
三、训练步骤	12
【任务评价】	15

一、任务成果	15
二、评价标准	15
【任务思考】	16
【知识链接与拓展】	16
一、机房设备的相关知识	16
二、基站电源的相关知识	16
三、机房配套的相关知识	20
任务 1.3 基站天面勘察	24
【任务描述】	24
【任务分析】	24
一、任务的目标	24
二、完成任务的流程	25
三、任务的重点	25
【技能训练】	25
一、训练目的	25
二、训练用具	25
三、训练步骤	25
【任务评价】	29
一、任务成果	29
二、评价标准	29
【任务思考】	29
【知识链接与拓展】	30
一、LTE 基站天面勘察的工具	30
二、基站选址的原则	30
三、杆塔的选择	31
四、天线方位角和下倾角的确定原则	34
五、基站的 GPS 系统	35
任务 1.4 施工图设计	36
【任务描述】	36
【任务分析】	36
一、任务的目标	36
二、完成任务的流程	36
三、任务的重点	37
【技能训练】	37
一、训练目的	37
二、训练用具	37
三、训练步骤	37
【任务评价】	47

一、任务成果	47
二、评价标准	47
【任务思考】	47
【知识链接与拓展】	48
一、图形符号	48
二、图幅尺寸	53
三、图线型式及其应用	54
四、比例	55
五、尺寸标注	55
六、字体及写法	56
七、图衔	56
八、图纸编号	57
项目二 基站工程安装与验收	59
任务 2.1 基站安装施工准备	59
【任务描述】	59
【任务分析】	59
一、任务的目标	59
二、完成任务的流程	59
三、任务的重点	60
【技能训练】	60
一、训练目的	60
二、训练用具	60
三、训练步骤	60
【任务评价】	62
一、任务成果	62
二、评价标准	63
【任务思考】	63
【知识链接与拓展】	63
一、施工准备概述	63
二、施工准备的流程	65
三、施工组织架构	71
四、施工组织设计	73
任务 2.2 基站室内设备安装	74
【任务描述】	74
【任务分析】	75
一、任务的目标	75
二、完成任务的流程	75

三、任务的重点	75
【技能训练】	75
一、训练目的	75
二、训练用具	76
三、训练步骤	76
【任务评价】	83
一、任务成果	83
二、评价标准	83
【任务思考】	83
【知识链接与拓展】	83
一、EMB5116 主设备(BBU)介绍	83
二、EMB5116 安装流程	90
三、安装通用工具与仪表	91
四、安装准备工作	91
五、EMB5116 主设备安装规范	93
六、BBU 线缆安装规范	96
七、EMB5116 主设备安装	101
任务 2.3 基站室外系统安装	106
【任务描述】	106
【任务分析】	106
一、任务的目标	106
二、完成任务的流程	106
三、任务的重点	107
【技能训练】	107
一、训练目的	107
二、训练用具	107
三、训练步骤	107
【任务评价】	115
一、任务成果	115
二、评价标准	115
【任务思考】	116
【知识链接与拓展】	116
一、EMB5116 RRU 介绍	116
二、室外系统安装规范	119
三、室外系统安装测试	127
四、室外系统安全注意事项	128
任务 2.4 基站工程施工验收	128
【任务描述】	128

【任务分析】	129
一、任务的目标	129
二、完成任务的流程	129
三、任务的重点	129
【技能训练】	129
一、训练目的	129
二、训练用具	130
三、训练步骤	130
【任务评价】	138
一、任务成果	138
二、评价标准	138
【任务思考】	138
【知识链接与拓展】	139
一、机房环境的检查验收	139
二、BBU 安装验收	140
三、室外型设备安装验收	140
四、RRU 安装验收	140
五、天线安装验收	141
项目三 无线网络运维与优化	144
任务 3.1 基站例行维护	144
【任务描述】	144
【任务分析】	144
一、任务的目标	144
二、完成任务的流程	144
三、任务的重点	145
【技能训练】	145
一、训练目的	145
二、训练用具	145
三、训练步骤	145
【任务成果】	148
一、任务要求	148
二、评价标准	149
【任务思考】	149
【知识链接与拓展】	150
一、维护对象	150
二、维护制度	150
三、维护方法	151

四、维护项目	152
五、维护工具	156
任务 3.2 基站常见故障处理	156
【任务描述】.....	156
【任务分析】.....	156
一、任务目标	156
二、完成任务的流程	157
三、任务重点	157
【技能训练】.....	157
一、训练目的	157
二、训练用具	157
三、训练步骤	158
【任务评价】.....	162
一、任务成果	162
二、评价标准	162
【任务思考】.....	163
【知识链接与拓展】.....	163
一、频谱特性测试与 DTF 测试	163
二、BBU 面板指示灯的介绍	163
三、RRU 面板指示灯的介绍	166
四、OMT、LMT 的告警管理	167
五、GPS 的故障处理.....	172
六、主站侧的故障处理	175
七、RRU 的故障处理	177
任务 3.3 无线网络的优化准备	180
【任务描述】.....	180
【任务分析】.....	180
一、任务的目标	180
二、完成任务的流程	180
三、任务的重点	181
【技能训练】.....	181
一、训练目的	181
二、训练用具	181
三、训练步骤	181
【任务成果】.....	188
一、任务成果	188
二、评价标准	188
【任务思考】.....	188

【知识链接与拓展】	188
一、网络优化原则与思路	188
二、网络优化流程	189
三、网络优化内容	190
四、网络优化测试准备	190
五、测试软件介绍	192
任务 3.4 无线网络优化测试	197
【任务描述】	197
【任务分析】	197
一、任务的目标	197
二、完成任务的流程	197
三、任务的重点	198
【技能训练】	198
一、训练目的	198
二、训练用具	198
三、训练步骤	198
【任务评价】	205
一、任务成果	205
二、评价标准	205
【任务思考】	206
【知识链接与拓展】	206
一、DT 测试和 CQT 测试	206
二、网络的优化测试	207
三、CDS 的前台测试	212
四、CDS 后台软件的分析方法	222
任务 3.5 无线网络的优化调整	225
【任务描述】	225
【任务分析】	225
一、任务的目标	225
二、完成任务的流程	226
三、任务的重点	226
【技能训练】	226
一、训练目的	226
二、训练用具	226
三、训练步骤	227
【任务评价】	230
一、任务成果	230
二、评价标准	230

【任务思考】	230
【知识链接与拓展】	230
一、覆盖问题的分类	230
二、覆盖问题的分析流程	233
三、典型覆盖问题及优化方法	237
附录	241
一、移动通信系统的组成和特点	241
二、移动通信的基本技术	243
三、移动通信的发展	247
四、典型的移动通信网络结构	249
五、移动基站的天馈线	254
六、LTE 基站简介	261

项目一 基站工程勘察设计

本项目以某基站新建单项工程为载体,以基站勘察设计工作过程为导向,引入基站的勘察准备、基站的机房勘察、基站的天馈勘察和施工图的设计 4 个典型工作任务,培养学习者勘察设计岗位工作能力。

任务 1.1 基站勘察准备

【任务描述】

某基站新建单项工程项目,应建设方要求,要在 1 周之内完成现场勘察。某通信规划设计院的设计资质符合该工程项目的要求,在接到项目设计委托后,迅速启动了该项目的现场勘察工作。经过估算,拟在两天之内完成该基站工程需求确认及现场勘察准备的工作,为现场勘察的有序进行提供必要的实施保障。勘察能够为下阶段的设计工作提供依据及数据,输出的报告可以用来指导工程的施工。请以基站设计工程技术人员的身分,按要求做好勘察准备工作,完成对应的任务单。

【任务分析】

一、任务的目标

1. 知识目标

- (1) 熟悉勘察需要准备的资料的类型;
- (2) 掌握勘察工具的作用和使用方法;
- (3) 熟悉勘察准备的流程。

2. 能力目标

- (1) 能够准备勘察所需资料;
- (2) 能够熟练使用勘察工具;
- (3) 能够完成勘察前的多方协调工作。

二、完成任务的流程

完成本次任务的主要流程如图 1.1.1 所示,其中制订勘察计划这一步,不再赘述,详见技

能训练中的训练步骤。

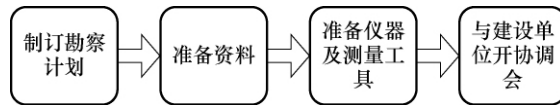


图 1.1.1 任务流程示意图

1. 准备资料:该步骤需要设计工程师全面了解设计的基站工程概况(包括工程情况、网络现状、本期建设规模等),做到心中有数。同时,还需要掌握周边现有基站的详细信息(基站编号、基站名称、基站坐标、基站配置、基站位置图等)。特别要熟悉本次基站勘察工作的具体内容(基站编号、基站名称、基站数量、基站规划站址位置或候选站址情况、基站配置等)。

准备工作最重要的一步是获取工程所在片区的地图资料(城区、郊区以及电子版 MapInfo 格式的行政交通图或郊区五万分之一地形图);另外,还需要制作一份人员联络表(包括工程组所有人员以及建设单位相关配合人员的联系电话等),方便后期开展工作。

2. 准备仪器及测量工具:需要准备的仪表及工具如表 1.1.1 所示。不仅如此,工程师还需要进行工具、器具的检查与调试。

3. 与建设单位开协调会:该步骤需要设计工程师向建设单位报到,双方各确定一个联系协调人。同时,设计工程师还应该与甲方的工程技术人员和设备厂家的工程师一起分析现有网络状况,修订本期工程基站的具体设置情况。最后与建设单位一起讨论制订工作规程及日程表。

三、任务的重点

本次任务的重点是勘察所需工具和资料的准备。

【技能训练】

一、训练目的

完成 LTE 基站工程勘察准备。

二、训练用具

勘察类资料、勘察类表格、基站勘察工具及仪器设备等。

三、训练步骤

(一) 获取资讯

1. 阅读勘察通知单

通常勘察通知单包括:工程名称、产品类型、工程容量和勘察周期、用户联系人和电话等内容。如果有疑问或者不能及时完成,要反馈给教师,提出相应的解决办法(例如,申请人力支援或放宽勘察周期)。

2. 阅读相关资料

阅读合同清单、技术建议书、组网图、分工界面图等资料,熟悉局点配置、工程要求、用户背景等信息,充分理解产品配置和产品性能,如有不清楚或者不懂的地方,应在勘察出发之前加以解决。如果有经承诺可用的文档则不需要进行现场勘察,否则就要申请赴现场勘察。

3. 确认勘察条件

去现场勘察之前需要先与用户联系(教师授课时可省略),确认是否具备勘察条件。判断具备勘察条件的依据为有无机房用来安装设备、楼顶是否可正常进入、物业是否同意等。

4. 准备勘察所需工具、文档

5. 拜访用户

到达用户单位后,要拜访用户的相关领导,向本次工程的相关人员介绍本次来的目的和工程概括,并要求指派相关人员共同进行勘察,有条件的话,可以协调用户提供车辆。(教师授课时可省略)

(二) 制订计划

制订1份勘察计划,具体内容包括:勘察区域、勘察路线、基站工程概况、物业联系人情况、勘察的时间及参与人等。

(三) 准备资料

准备基站天面勘察数据表、基站天面勘察工具表、无线基站勘察环境记录图(如图1.1.2所示)等后续任务所需的图表,还要准备相应的调研资料等。

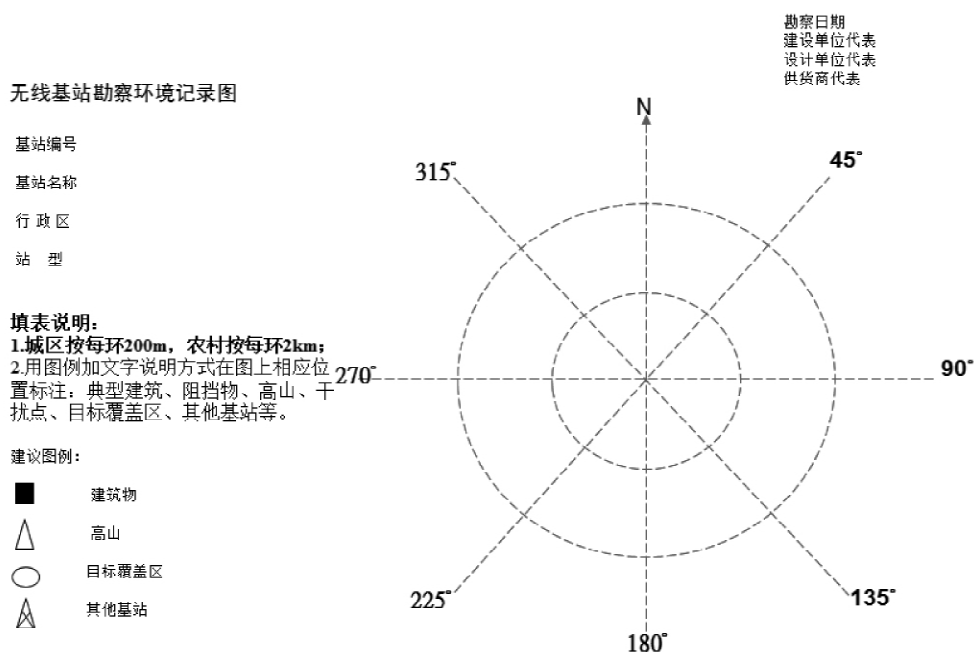


图 1.1.2 无线基站勘察环境记录图

另外,还需要准备运营商无线基站调研资料,主要包括:主设备厂家及分布地区、各本地网各厂家设备分布的区域(可从要求建设单位提供的最近的话务统计表中看出)、设备厂商的联

系人及电话。通过联系相关厂商联系人或其他渠道,搜集厂商设备的电气等指标和安装要求(或厂商的施工资料)。

(四) 准备仪表及工具

本步骤需要准备的仪表及工具如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 勘察仪表及工具

序号	名称	用途	外形	备注
1	GPS 手持接收机	确定基站的经纬度和海拔高度。使用时尽量放在开阔处,才能保证尽快获得当时位置的经纬度数据,一般来说要测到四颗卫星的信号才能计算出经纬度		必备
2	指北针	确定天线的方位角。测量时必须水平放置罗盘,注意避免电磁干扰对其结果的影响。若机房内干扰严重,室内与室外的数据不一致,一般我们以室外数据为准		必备
3	笔记本式计算机	记录、保存和输出数据		必备
4	卷尺	测量长度信息,建议用 30 m 以上的皮尺		必备
5	数码相机	拍摄基站周围无线传播环境、天面信息以及共站址信息。购买相机时,应买带有广角镜头的相机,室内拍摄主要使用广角或微距拍摄,拍照时注意对焦。现在由于手机的普及,大多数时候使用手机拍照		必备
6	笔和纸	记录数据和绘制草图		必备
7	激光测距仪	测量建筑物高度以及周围建筑物距离、勘察站点的距离等		必备
8	望远镜	观察周围环境。建议配置带测距功能的望远镜,方便工作		必备

续表

序号	名称	用途	外形	备注
9	角度仪	测量角度,可用于推算建筑物高度		必备
10	Mapinfo 软件	处理基站位置信息		推荐
11	地图	当地行政区域纸面地图,显示勘察地区的地理信息		推荐

注:指北针测北时不要靠近铁塔、广告牌、冷却塔、女儿墙等;在机房与天面测的磁北要统一;分清楚是黑针还是白针指北。

相机使用前注意调整相片大小;连续拍摄注意不要漏拍。

GPS一定要锁定后才记录;且东南方无遮挡。

【任务评价】

一、任务成果

成果 1:勘察任务单 1 份。

成果 2:准备好的资料清单 1 份。(资料可以是电子档,在完成后续任务时有时会使用到)

成果 3:准备好的工具、仪表清单 1 份,并学会其使用。

二、评价标准

成果评价标准如表 1.1.2 所示。

表 1.1.2 任务成果评价参考表

序号	任务成果名称	评价标准			
		优秀	良好	一般	较差
1	勘察资料及工具清单	清单完整率为 90%~100%	清单完整率为 70%~90%	清单完整率为 50%~70%	清单完整率低于 50%
2	任务单	任务单填写准确率为 90%~100%	任务单填写准确率为 70%~90%	任务单填写准确率为 50%~70%	任务单填写准确率低于 50%