

# 机车天线合路单元及多频段天线的考虑

潘 盾

(北京希电公司)

**摘要:** 随着铁路无线通信系统的发展, 机车上装备多种无线通信系统, 随之而来的问题是狭小的机车顶部不足以安装多副天线。本文从铁路通信的现状出发, 提出采用多频段合(分)路器和宽带天线的工作方式来解决上述问题。

**关键词:** 电磁干扰 多频段合(分)路器 宽带天线

为实现铁路运输指挥、管理信息化的需求, 机车上装备了多种无线通信系统, 有的线路上需在窄小的机车顶部安装 10 余副天线。一方面部分类型的机车车顶面积有限, 无法安装; 另一方面, 即使安装上, 由于天线之间的距离过近, 势必造成系统之间的电磁干扰。为保证各无线通信系统的正常工作和解决多副天线安装的困难, 机车顶部天线应采用多频段合(分)路器和宽带天线的工作方式。

## 1 铁路应用需求

### 1.1 通用应用类(适用于一般线路)

表 1 为通用应用类天线数量统计表。

表 1 通用应用类天线数量统计表

业务需求	工作频段	天线数量
列车无线调度通信	457.000~469.000MHz	1 个
800MHz 列尾和列车安全预警	821.000~869.000MHz	2 个
GPRS	885~934MHz	1 个
GSM-R 话音	885~934MHz	1 个
宽带无线数据传输	2400~2483.5MHz	1 个
GPS	1575.42MHz	1 个

### 1.2 特殊线路应用 I(针对大秦线)

需要增加的数据传输业务:

1. 800MHz 频段机车同步控制数据传输业务;
2. 机车同步控制系统 GSM-R 电路数据业务。

### 1.3 特殊线路应用 II(针对青藏线及客运专线)

需要增加的数据传输业务

1. 列车控制系统(CTCS)数据传输业务。
2. 450MHz 列尾装置数据传输业务。

## 2 多频段合(分)路单元基本设计思路

### 2.1 分频段合路方案

采用分频段合路的方式来解决同一频段内多用户的问题。

1. 将铁路通信的整个应用频段 400MHz~2.4GHz 分为两段, 第一段从 457MHz~934MHz; 第二段从 821MHz~2483MHz;
2. GPS 频段的天线需要供电, 而且系统的灵敏度极高, 容易受到其他系统的干扰, 其天线本身就独立成型, 易于安装, 所以此方案中不考虑将 GPS 天线合成进来。图 1 为分频段合路方案的框图。

大秦线和青藏线的应用可在此基础上叠加。

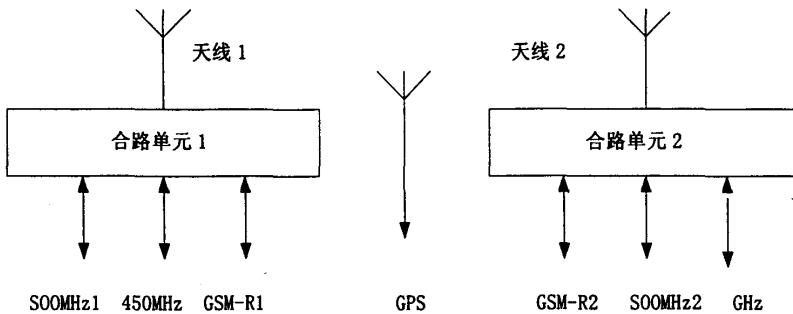


图 1 分频段合路方案框图

## 2.2 全频段合路方案

全频段合路的方案需要考虑 1 个频段内多个模块共用的方式，然后在不同频段之间进行合成。不同频段之间的合成方式与分频段合路方式相同。下面以 GSM-R 系统为例讨论频段内的多模块共用方式。

GSM-R 模块有 2 个射频端口，可以设置成为收发分离的状态。基本方式就是将两个 GSM-R 模块的发射部分进行合成，然后通过双工器连接到合（分）路单元上；同时将天线接收下来的信号通过分配器分为两路分别接到 2 个 GSM-R 模块的接收部分。示意图如图 2 所示。

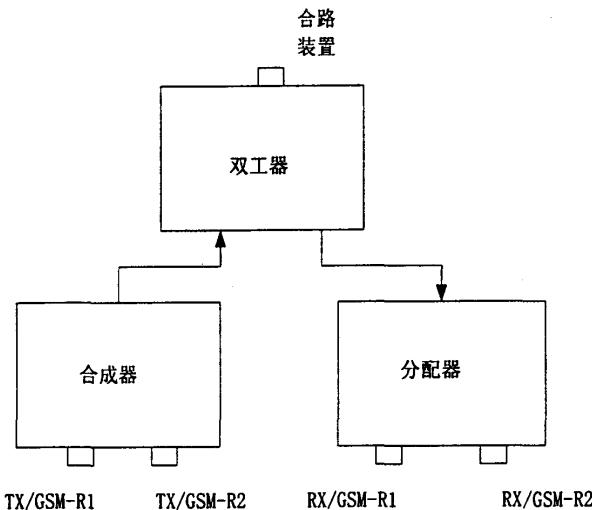


图 2 全频段合路方式示意图

### 技术指标：

1. 频率：发射 885 MHz~889 MHz；接收 930 MHz~934 MHz；
2. 带宽：4MHz；
3. 插损：≤3.5dB；
4. 带内波动：≤0.3dB；
5. 收发隔离：75dB；
6. 发发隔离：≥25dB；
7. 收收隔离：≥25dB；
8. 电压驻波比：≤1.5: 1；
9. 输入阻抗：50 Ω；
10. 接口方式：N型；

11. 外形尺寸: 250mm×160mm×60mm (长×宽×高);

12. 环境温度: -20° C～+55° C。

此方案的好处是合成效率更高, 车顶天线的数量更少。此方案的问题是差损过大, 模块发射的功率有一半以上损耗在合成通路上, 同时接收灵敏度也会受到同样的影响, 势必影响机车通信的距离。当然也可以采用有源的方案, 在合(分)路单元内的接收段加低噪声放大器, 在发射端加功率放大器。

## 2.3 方案比较

表 2 为两个方案比较。

表 2 两个方案比较表

	分频段合路方案	全频段合路方案
合成效率	一般	高
车顶天线数量	较多	较少
复杂性	低	高
系统差损	小	大(无源方案)
可靠性	高	低(有源方案)

鉴于第 2 种方案如果采用无源方案带来的差损在整个通信系统中不能忍受, 而有源的方案系统的可靠性大大低于无源的方案, 所以建议采用第一方案。

## 3 多频段合(分)路器的技术指标

1. 多路多频段信号输入, 1 路或 2 路输出。
2. 阻抗: 50 Ω;
3. 驻波比: 不大于 1.5;
4. 插入损耗: 不大于 1.0dB;
5. 隔离度: 不小于 75dB;
6. 带内波动: 3dB;
7. 三阶交调: 不大于 -120dBc (双音 43dBm/tone)
8. 环境温度: -25～+70°C

## 4 多频段合(分)路器样机测试记录

### 4.1 测试记录

整个合成系统为 5 合 2, 5 个输入端口和 2 个输出端口。具体测试技术数据如表 3 所示。(注: 未包括 2.4GHz, 由于频率间隔较远, 2.4GHz 的指标容易实现)

表 3 具体测试数据

	3 合 1			2 合 1	
频率 (MHz)	457～469	806～866	885～935	806～866	885～935
带宽 (MHz)	12	60	50	60	50
插入损耗	≤0.5	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0
带内波动	≤0.3	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
驻波比 (VSWR)	≤1.30: 1	≤1.30: 1	≤1.30: 1	≤1.30: 1	≤1.30: 1
隔离 (dB)	≥700 806～866	≥ 700 457～469 ≥ 500 885～935	≥ 500 806～866	≥500 885～935	≥ 500 806～866
三阶互调 (IMD3)	≤-120 dBc (双音 43 dBm/tone)				
功率容量	50W				
环境温度要求	-20° C～+55° C				
接口形式	N (KF)				

## 4.2 测试结果曲线

图3是从3合1合路器内列调频段的传输及反射特性。上面的一条曲线是传输特性。下面的一条曲线是反射特性，参数为-21.945dB，即驻波比为1.17。

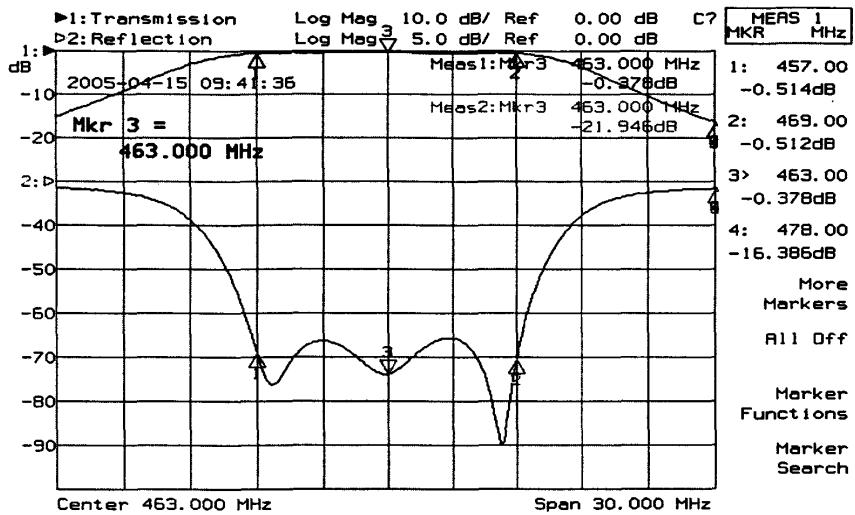


图3

图4显示的是3合1合路器内800MHz列尾频段的传输及反射特性以及对GSM-R频段的抑制。上面的一条曲线显示的是传输特性。从图上的第4点（频率为885MHz）上可以看出抑制度为-74.498dB。下面的一条曲线显示的是反射特性，参数为：-18.365dB，即驻波比为1.27。

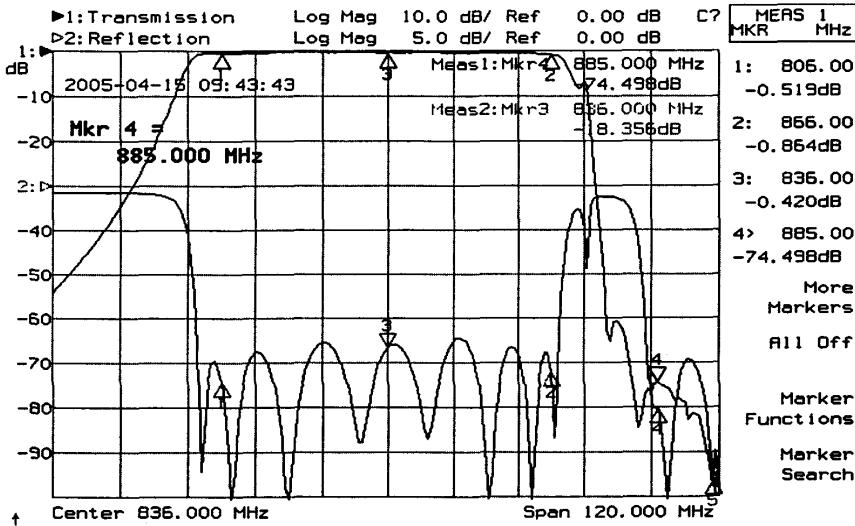


图4

图5是3合1合路器内GSM-R频段的传输及反射特性以及对800MHz列尾频段的抑制。上面的一条曲线显示的是传输特性。从图上的第4点（频率为866MHz）上可以看出抑制度为-90.626dB。下面的一条曲线显示的是反射特性，参数为：-22.774dB，即驻波比为1.15。

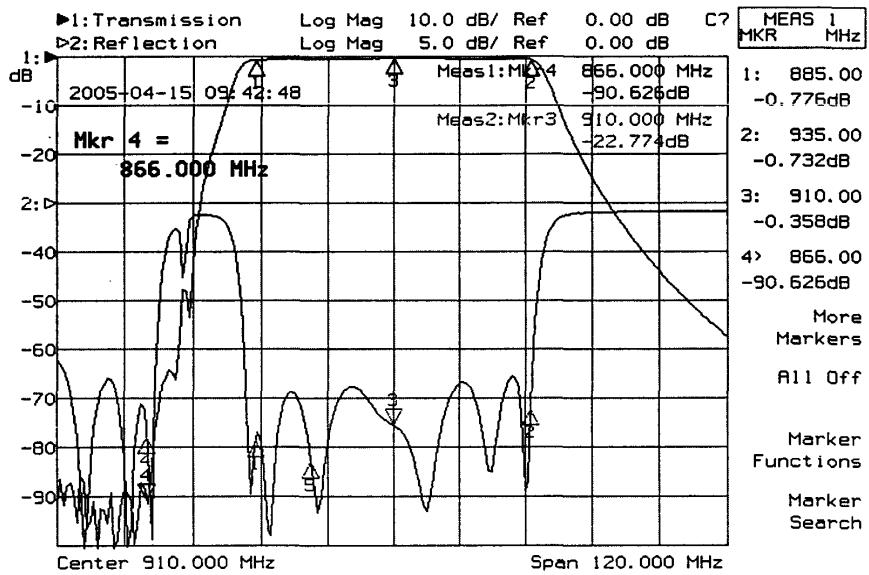


图 5

图 6 是 3 合 1 合路器内 800MHz 列尾频段的传输及反射特性以及对无线列调频段和 GSM-R 频段的抑制。上面的一条曲线显示的是传输特性。从图上的第 3 点(频率为 469MHz)上可以看出抑制度为 -96.696 dB。从图上的第 4 点 (频率为 885MHz) 上可以看出抑制度为 -84.828 dB。

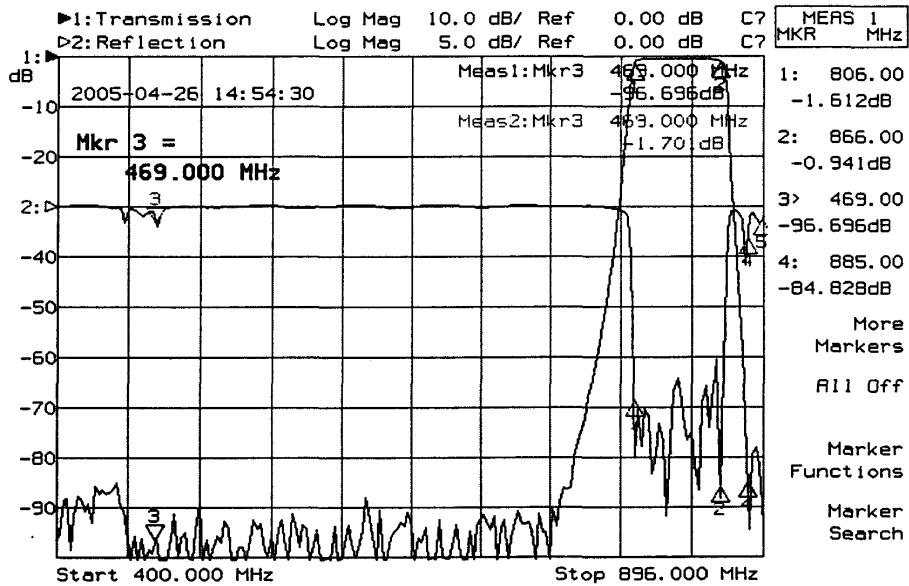


图 6

图 7 是 3 合 1 合路器内无线列调频段的传输及反射特性以及对 800MHz 列尾频段和 GSM-R 频段的抑制。上面的一条曲线显示的是传输特性。从图上的第 3 点(频率为 806MHz)上可以看出抑制度为 -103.68 dB。

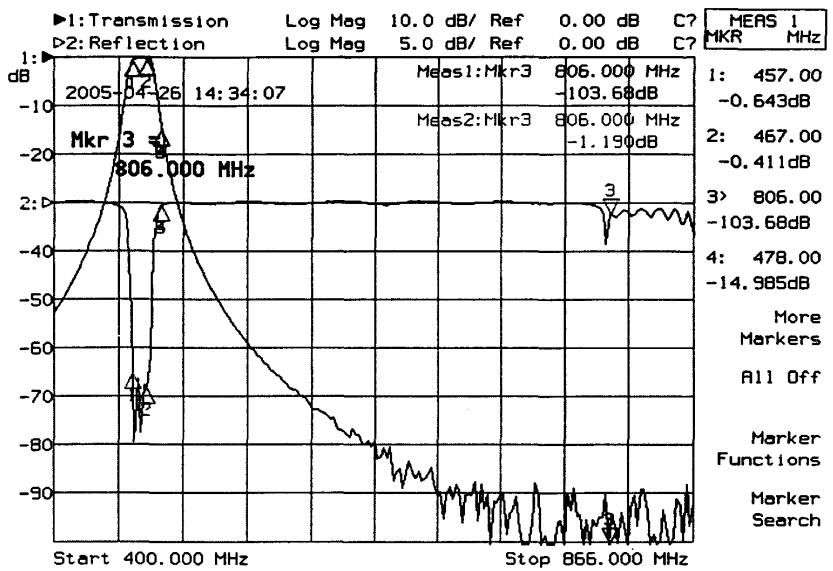


图 7

图 8 是 2 合 1 合路器内 800MHz 列尾频段的传输及反射特性以及对 GSM-R 频段的抑制。上面的一条曲线显示的是传输特性。从图上的第 4 点 (频率为 885MHz) 上可以看出抑制度为  $-92.666$  dB。下面的一条曲线显示的是反射特性, 参数为:  $-21.83$  dB, 即驻波比为 1.17。

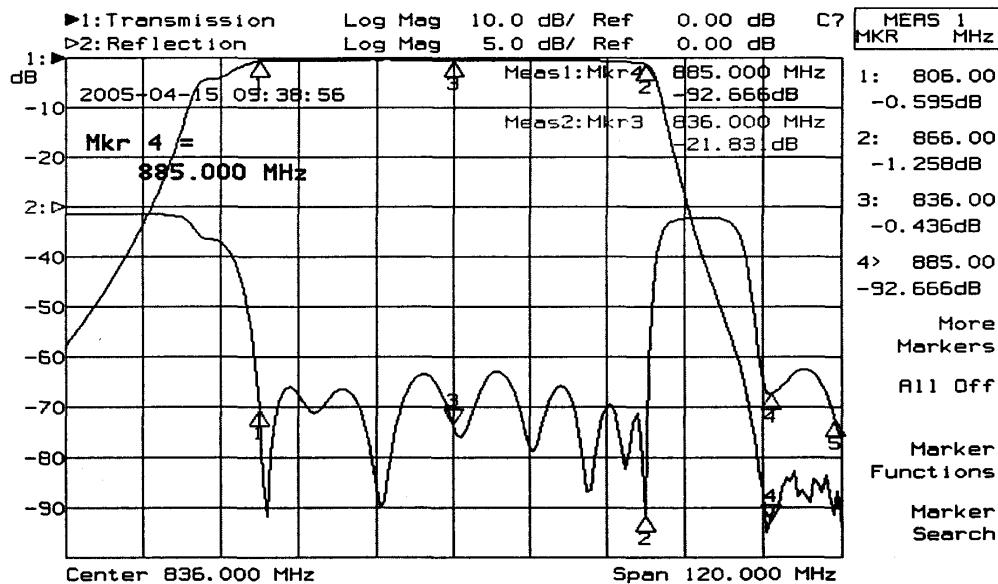


图 8

图 9 是 2 合 1 合路器内 GSM-R 频段频段的传输及反射特性以及对 800MHz 列尾的抑制。上面的一条曲线显示的是传输特性。从图上的第 4 点 (频率为 866MHz) 上可以看出抑制度为  $-96.170$  dB。下面的一条曲线显示的是反射特性, 参数为  $-24.398$  dB, 即驻波比为 1.13。

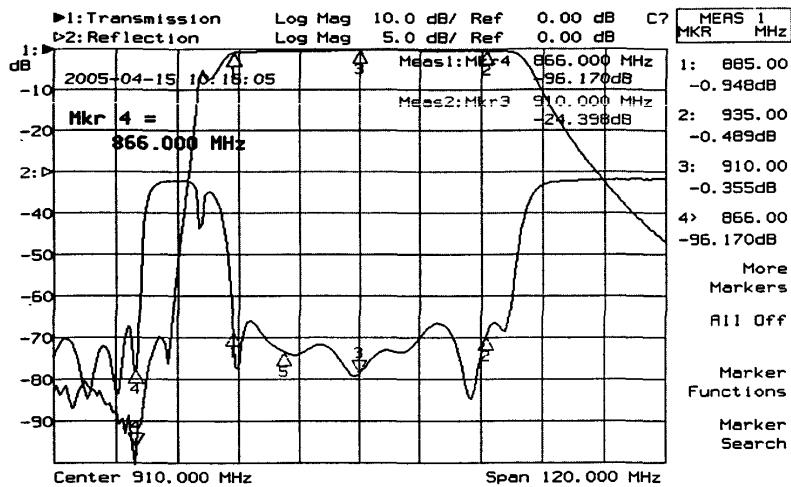


图 9

从测试结果可以看出样机的各项技术指标可以满足初始设计的要求。

## 5 宽带天线的考虑

根据铁路通信多频段应用的需要,提出多频段分(合)路装置宽带天线指标如下(有限地面测试环境,直径不大于1m):

1. 阻抗:  $50\Omega$ 。
2. 驻波比: 不大于1.5。
3. 极化方式: 垂直。
4. 方向性: 全向。
5. 增益: 不小于0dBi。
7. 功率容限: 不小于50W。
8. 环境温度:  $-40\sim+70^{\circ}\text{C}$ 。

### 参 考 文 献

- [1] 刘学观,郭辉萍编著.微波技术与天线.西安电子科技大学出版社,1995.  
 [2] 林昌禄主编.天线工程手册.电子工业出版社,1992.

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养, 更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果, 又能免除您舟车劳顿的辛苦, 学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲, 结合实际工程案例, 直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>