

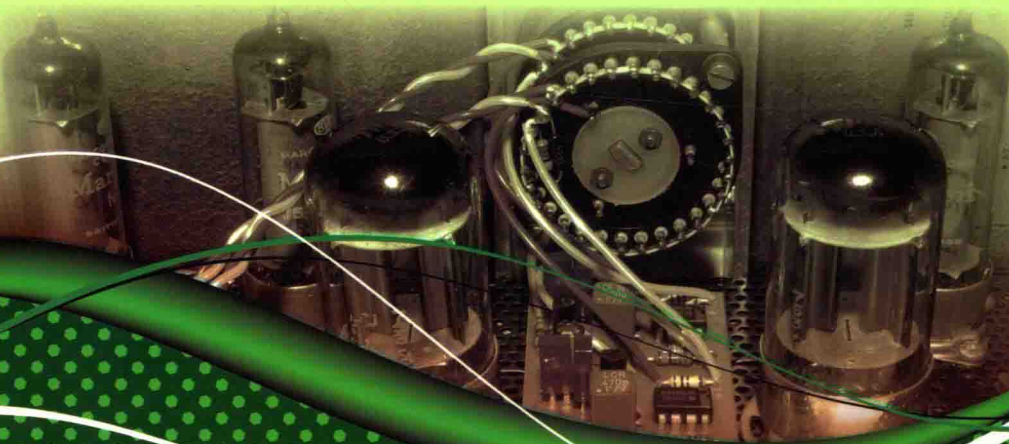
BUILDING VALVE
AMPLIFIERS

SECOND EDITION

电子管放大器 搭建手册

(第2版)

[英] Morgan Jones 著 文天祥 译



中国工信出版集团



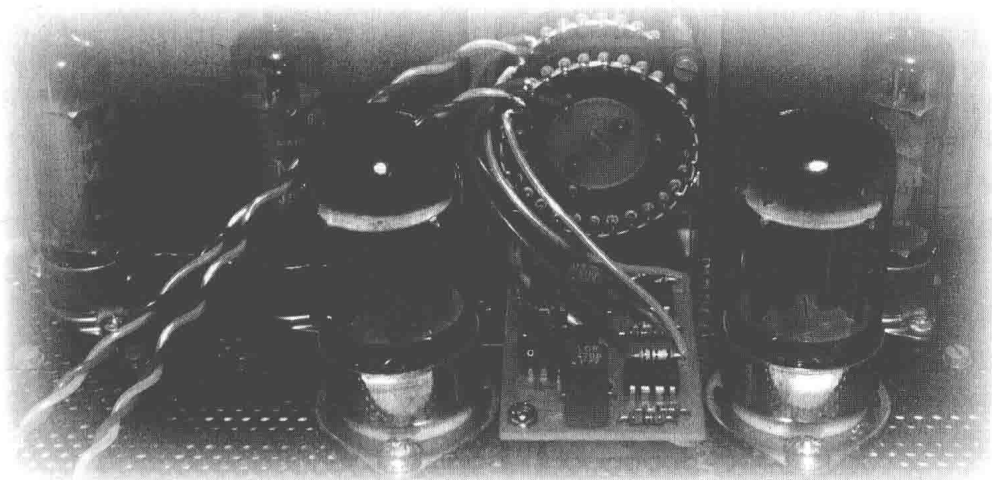
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

BUILDING VALVE
AMPLIFIERS

SECOND EDITION

电子管放大器 (第2版) 搭建手册

[英] Morgan Jones 著 文天祥 译



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

电子管放大器搭建手册：第2版 / (英) 摩根·琼斯
(Morgan Jones) 著；文天祥译. — 北京：人民邮电出
版社，2016.10

(高保真音响系列丛书)
ISBN 978-7-115-43036-6

I. ①电… II. ①摩… ②文… III. ①电子管放大器
—技术手册 IV. ①TN722-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第181252号

版权声明

Building Valve Amplifiers, 2nd Edition by Morgan Jones

ISBN: 978-0-080-096638-0

Copyright © 2014 by Elsevier. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

Copyright © 2016 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. All rights reserved.

Published in China by POSTS & TELECOM PRESS under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授予人民邮电出版社在中国大陆地区 (不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区) 出版与发行。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

本书封底贴有 Elsevier 防伪标签，无标签者不得销售。

内 容 提 要

本书主要讲解电子管放大器的制作。全书分为3个板块7个篇章，涵盖电路设计、部件介绍、金属加工、接线、成品测试等多个方面，附有详细的说明图和应用实例。该书是学习电子管音频放大器设计的必备之书，非常适合音频工作者。

-
- ◆ 著 [英] Morgan Jones
 - 译 文天祥
 - 责任编辑 紫 镜
 - 执行编辑 魏勇俊
 - 责任印制 周昇亮

 - ◆ 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>
 - 三河市海波印务有限公司印刷

 - ◆ 开本：800×1000 1/16
 - 印张：24.25 2016年10月第1版
 - 字数：666千字 2016年10月河北第1次印刷

 - 著作权合同登记号 图字：01-2015-0329号

定价：120.00元

读者服务热线：(010)81055339 印装质量热线：(010)81055316

反盗版热线：(010)81055315

广告经营许可证：京东工商广字第8052号

序

正如书名所示，本书侧重讲解制作电子管放大器过程中遇到的实际问题，而与之相伴是另一本书《电子管放大器（第四版）》，这本书中则包含了大量的理论分析及电路设计内容。

新版从字数上来说是第一版的两倍多，它有哪些全新的内容呢？除了那些经常提及的问题外，所有的章节都进行了更新，金属加工及测试部分的内容是原来的两倍多，全新的实践项目这一章是本书第二长的章节。布线及性能测试章节同样增加了大量内容，同时新加了附录。

相比于本书第一版出版时，近10年来，制作技术已经略有改变，数据测量及分析都交给了计算机处理。数字示波器也淘汰了模拟示波器，基于高质量声音卡的音频测量系统也具有了不可比拟的性价比。LTspice软件的模拟电路建模已经从专业人士普及到业余玩家。然而，笔者发现在使用半导体和无源元件时，其特性总是与最基本的物理现象紧密联系在一起，这是十分宝贵的经验。遗憾的是，电子管的特性某种程度上取决于制造工艺，这样使电子管的模型精确度降低，并且比较难预测其失真度。

当然，一个可能的制作放大器的方法是，选择最贵的元件，用航空铝级合金材料（现阶段最为常用的商业方式）通过CNC加工得到机箱，然后用上最时髦的线材。但是，笔者假设你正在阅读此书，想自己制作一个比购买到的要更好的电子管放大器。那么一些你课堂学过的物理学知识又会重新出现在本书内，正是这些宝贵的知识会让你做出一些合理的选择，这会提升产品的质量而成本更低。

毋庸置疑，在一个设备齐全的机械加工车间进行金工操作将会更容易，但是它需要起重机等设备将机床进行移动，而令人感到惊奇的是，利用一个电钻加上一些精心挑选的手工工具也可以制作出很好的产品。特别是钻床、车床、带锯等工具，现在都可以用比较低的价格（也许更重要的是，尺寸也更小）购买得到。除了标准技术之外，大量的制作技巧可以让你的作品看起来与从精密加工车间里制作出来的一样。你可以自豪地展示给别人看你创作的作品。

好的音频电路制作方法并不复杂，一旦你懂得其中的逻辑关系，优秀的制作设计是水到渠成的。

即使是最仔细的设计部分，也只需要很少的设备仪器，电气测试设备包括3位半数字万用表、GHz带宽的示波器、磁阻抗分析仪、信号发生器以及PC虚拟设备等，这些都需要钱，但是你一旦知道它们的工作原理，你就可以选择花钱购买你所需要的功能，而另一些功能可以忽略，这样你就可以使用最少的钱买到最适合的工具。

刚开始时，即使作者有多年的经验，但在第一次上电的瞬间还是一样害怕。事故时常会发生，但也有许

多办法让上电时冒烟的概率减少。有时候，放大器的问题处理是十分棘手的，它不会正常工作，这时就需要认真地去找问题出现在哪里。

本书是集笔者多年的电子设计经验，并通过了大量的金属加工实践，以及节衣缩食来购买昂贵而优秀的测试设备的情况下写出来的作品。

致谢

我在此想感谢 Euan MacKenzie 对本书的校对工作，虽然他一直强调若本书还存在错误的话，仍是由笔者我全权负责。

特别向 Susan 表示感谢，很多时候我与其在实验室里讨论关于本书的内容。

目录

第一部分 放大制作过程

第1章 整体规划	3
底板排列布局	3
电磁感应	4
线绕元件之间的耦合	4
发热	8
不必要的电压降落	16
静电感应	16
机械结构/安全	20
声学方面的考虑	22
美学角度的考虑	23
一些特殊问题及解决方法	24
IEC 市电输入线连接器	24
现代电源变压器	25
实例	26
功率放大器	26
无输出变压器的放大器	29
前置放大器	31
电源	34
参考文献	35
第2章 五金加工制作	37
光源	37
人造光源	37

通用照明	38
工作台照明	39
机床照明	40
个人防护设备 (PPE)	43
标识记号	43
测量	43
人工划线	44
CAD 方法	45
检查和中心冲	45
钻圆孔	46
防止相对移动	47
润滑	48
纠正钻头速率	49
钻很小的孔	49
金属用钻头选择	50
手持式锥形铰刀 (扩孔器)	50
去毛刺 (边)	51
螺丝头以及为什么要避免使用锥形铰钻 (埋头钻)	52
螺纹与丝锥	52
螺丝选择	55
将螺丝变短	56
垫圈	56
钣金冲头	56
去除冲头产生的毛边	58
利用钣金冲头同心地扩大现有的孔	59
在薄金属片上打小孔	59
锯金属	59
金属薄片与锯子	60
链条锯以及为什么要避免使用它	62
手工锯盲孔	62
使用电锯	64
不用机箱冲头来钻大的圆孔	65
冲孔金属板上打孔	65
将冲孔钢板锯到合适的尺寸	66
锯、锉、去毛刺	66
传统的折叠式机箱	67

利用挤压铝槽和铝片制造机箱底	68
切割挤压铝槽	69
角(支)柱	69
安装支柱	70
用斜角榫来制造支架框	71
烦琐的对接接头(可能比斜角榫要容易)	72
安装顶板	73
安装音响避震脚钉	73
如果你没有机床	74
如果你工具和耐心都比较少	74
表面处理	74
第3章 布线	76
工具	76
烙铁	76
烙铁头	77
手持式电烙铁	78
焊料和助焊剂	79
焊接和湿润	80
绝缘层回缩现象	81
可焊性	82
焊片	82
接线端子(柱)	82
助焊剂, 去焊剂, 表面漏电流	82
脱焊	83
手工工具	84
静电以及静电释放(ESD)	85
剪钳, 钳子	85
剥线钳	86
钳子	86
镊子及精细的工作	87
螺丝刀(起子)	87
平头螺丝刀	87
Phillips, Pozidriv, Supadriv 螺丝刀	88
六角扳手和螺丝刀	89
螺母及辅助工具	89

4 目录

解剖刀	90
镜子	91
热风枪	91
记号笔和相机	91
照明	92
放大灯	92
双筒放大镜	93
精密工具的储存	93
电磁兼容EMC	93
导线的种类	94
布线技巧	96
电磁场和灯丝引线	97
静电场和灯丝线	99
灯丝和电源共模干扰	100
绞合非灯丝引线	103
电源线	103
电源开关	104
保险丝	104
I类和II类设备	105
接地	105
安全接地	106
0V系统地电位和不平衡信号	107
将0V信号地与机箱的连接断开	108
将0V信号地接到机箱地的最佳位置	108
设备间音频线的互连	108
功放内部地线的布线	110
接地电容外壳	111
整流与高频电路	112
平衡接口	114
在机箱里布局排列小元件	114
PCB(印制电路板)	117
选择PCB用电子管插座	117
PCB排版布局	118
自己制作PCB板	120
PCB刻蚀	121
钻孔	123

填充和焊接	123
修改 PCB	124
问题与解决办法	125
确定电容的外层薄膜	125
在上电时, 大电流 (大于 2A) 会让灯丝稳压器关断	126
Tektronix 连接条	126
不能焊接的镀银支架	126
那些不能焊接的 NOS 电子管插座	127
扩大焊接条的线孔	127
在合适的位置固定线材	127
具有多个栅极引脚的电子管, 如 6C45 和 PC900	127
替换掉坏了的电子管引脚	127
参考文献	128

第二部分 测试

第 4 章 测试设备的基本原理	131
动圈式仪表及直流测量	131
动圈式仪表的工作原理	131
测量更大的电流	132
如果你的仪表未标规格该怎么办	133
测量电压	133
动圈式仪表的过电流保护	134
测量输出级电子管的阴极电流	136
开尔文四线测试法	136
用来匹配小阻值电阻的一种便宜的开尔文测试法	136
匹配/测量较大阻值的电阻	137
相对与绝对测量	137
精度与准确度	138
误差与不确定度	138
不确定度的合成	140
为什么我们需要担心不确定度?	141
校验	143
仪表及交流测量	144
峰值电压	144
平均电压	145

功率和有效值RMS(均方根值)	145
峰值与均值比	146
波峰因数	147
测量速度	148
数字电压表DVMs(数字万用表)	148
数字电压表中的逐次逼近型ADC和比较器噪声	149
选择DVM	150
示波器基本原理	150
模拟示波器	151
Y轴放大器	151
时基和X轴放大器	152
触发	153
带宽	154
其他附加(花哨)的功能	155
Y轴放大器	155
时基	157
触发	158
数字示波器	158
ADC模数转换器	158
数字示波器特有的功能	161
数据抽取: 采样, 峰值检测, 高分辨率	162
数字示波器关键的硬件指标	168
将信号送入示波器	170
输入电容和电压分压探头	170
有源探头	172
探头接口	173
传输线和端接	174
探测线圈	174
振荡器和专门的音频测试设备	176
文氏桥振荡器	176
模拟函数发生器	177
数字发生器	178
专门的模拟音频测试设备	178
电脑声卡和专门的转换软件	180
其他测试设备	181
绝缘耐压测试仪	181

三用电桥	182
阻抗分析仪	183
最大化利用阻抗分析仪	183
变压器漏感	186
为什么我们不辞劳苦去构建模型参数	190
变压器和直流电	190
测量铁芯电感的阻抗	191
退磁	192
一种便宜的代替阻抗分析仪的办法	193
磁屏蔽和静电屏蔽	196
电容等效串联电阻表	196
交流指示器 (电笔)	197
自耦变压器	197
利用调压器测试电源变压器磁芯	199
电子管测试仪	202
曲线绘制仪	205
半导体分析仪	208
手持式恒流源调节器 (直流测量)	208
手持式恒流源调节器 (交流测量)	209
参考文献	210
第5章 故障查找与修理	212
安全	212
人是怎么触电的?	213
触电的影响	213
烧伤	214
避免触电和烧伤	214
电气安全测试	214
便携式家用电器测试仪 (PAT)	215
功能测试	216
二手设备与全新的设备	216
第一次上电	216
欧洲市电电压	218
故障查找	219
单独测试每个元件	219
直流工作状态	220

交流哼声	225
振荡	229
噪声或是爆裂声	234
间歇性故障	235
测试原型机	235
经典功放的一些评论	236
Quad II	237
Willamson	237
Leak TL12和派生的BBC LSM/8	237
BBC 功放	237
Leak TL10	237
Leak TL12+	238
Leak Stereo 20	238
Rogers Cadet III	238
Westrex 2331-A	238
参考文献	240
第6章 性能测试	241
线性失真	241
增益和衰减	241
专用的音频测试设备	242
测量在不同频率下的增益	246
选择并使用哪个频率?	247
绘图及刻度选择	248
利用一个反向的RIAA网络来测量RIAA均衡电路	248
阻抗与频率关系	252
测量喇叭(扬声器)的阻抗	253
测量前置放大器的输出阻抗	255
测量功放的输出阻抗	255
非线性失真	257
最大输出功率以及失真与幅值的关系	257
THD与频率的关系	259
转换失真	260
功率带宽和变压器饱和	262
观察失真频谱	262
测量电源纹波和交流哼声	263

测量噪声	264
实际的RMS测量	265
带通滤波器	266
噪声加权滤波器	266
功放噪声	267
噪声参考电平	267
测量RIAA级噪声	268
唱头以及磁化	270
参考文献	271

第三部分 实例

第7章 工程实例	275
Bulwer-lytton 功放	275
规划	275
制作 Bulwer-Lytton 机箱	288
音量控制与均衡模块	290
灯丝线	292
辅助模块电路 PCB	293
喇叭接线端子以及输出变压器连线	294
陶瓷支撑架	294
谐波均衡电阻	294
电源线	295
低压电源	295
供电给 DacMagic(解码器)	297
HT 走线和音频测试	298
输出功率和栅极电流	299
热	303
重量	303
RIAA 电源 (也叫作 “Thing” 电路)	304
盒子, 屏蔽, 测试二手的铁芯	304
加工压铸盒碰到的问题	307
给 E88CC 的变种型号 8416 提供灯丝电源	308
整流桥, 功耗, 散热	308
测试灯丝电源	310
给辅助的负电源使用的倍压电路和桥式整流	311

改善辅助负电压调节器	313
将LTspice的仿真结果数据导出到电子表格中	315
为什么是一个功率BJT?	316
完整性检查	317
噪声和稳压管旁路	318
散热与预滤波器	319
测试辅助负电源	322
共模干扰以及低压变压器的最终选择	323
测试HT整流器和滤波器	325
混合均衡RIAA电路级(也叫作“Toaster”电路)	327
估计平衡系统中的非零臂距离影响	327
外壳制作——屏蔽(磁场/静电场)	330
外壳制作与散热	330
制作外壳	330
LED电源指示灯	333
音频连接	334
脐带线缆及EMC	335
Statistical稳压器	336
辅助负电源稳压管以及解耦	338
采用点对点信号连接线还是采用PCB连接?	339
SMD还是插件?	339
标准值,误差以及统计学	341
微调电容	341
线绕电阻器和热偶	342
线绕电阻及其退火	343
其他的电阻选择	343
PCB布局和散热	343
PCB布局以及晶体管散热铜片	345
PCB布局以及接地	345
PCB布局与精准的RIAA均衡	346
通用PCB设计考虑	346
SMD元件布局	348
在PCB上安放元件	348
走线	352
灯丝线	352
连接脐带线	354

脐带线测试	355
互连线	355
测试	356
修补	356
RIAA 响应	359
失真	359
热	361
Toaster 电路总结	361
制作小结	362
参考文献	362
附录	363