

广播影视节目声音制作系列

韩宪柱
编著

声音节目 后期制作



中国广播电视出版社

广播影视节目声音制作系列

声音节目后期制作

韩宪柱/编著

中国广播电视出版社

图书在版编目(CIP)数据

声音节目后期制作/韩宪柱编著. —北京:中国广播电视出版社,2002.10

(广播影视节目声音制作系列)

ISBN 7-5043-3956-3

I. 声… II. 韩… III. ①电视(艺术)—录音 ②电影录音 ③电(艺术)—音响学 ④电影(艺术)—音响学

IV. ①J933 ②J915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 069716 号

声音节目后期制作

编 著:	韩宪柱
责任编辑:	王 萱
封面设计:	张一山
责任校对:	张莲芳
监 印:	戴存善
出版发行:	中国广播电视出版社
电 话:	86093580 86093583
社 址:	北京复外大街 2 号(邮政编码 100866)
经 销:	全国各地新华书店
印 刷:	廊坊人民印刷厂
装 订:	涿州市西何各庄新华装订厂
开 本:	787×1092 毫米 1/16
字 数:	430(千)字
印 张:	19.25
版 次:	2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷
印 数:	3000 册
书 号:	ISBN 7-5043-3956-3/TN·264
定 价:	37.00 元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

内 容 提 要

广播影视节目声音制作系列之三《声音后期制作》一书,从两个方面论述声音后期制作。其一是软件,即从声音制作总体构思入手,结合广播影视声音构成及特点,做出进行后期制作时的规划。也就是说要有计划,这是制作出高质量节目的前提。其二是硬件,讲述声音效果处理方法及设备、非线性编辑系统的构成、原理以及在声音制作中的应用。

书中引用了大量的实例以配合问题的论述。除此之外,详细地介绍了 VB-1680、AKAIDSP16 硬盘工作站,主机型工作站音频制作软件 Cool Edit Pro、Samplitude 2496 软件 5.32 版以及主控型工作站 Pro Tools 音频软件的使用。读者可从中掌握一些实际操作方法,增强本书的实用性。

本书可供从事广播、影视节目声音制作人员阅读以及作为大专院校相关专业师生的教学参考书。

前 言

本书是《广播影视节目声音制作系列》丛书之三，是在丛书之一《声音制作基础》的基础上，就声音后期制作进行深入的论述。

作为广播、影视节目，如广播剧、电视剧、电视综艺节目以及电视专题片等，在声音制作过程中采用的流程是：先获取声音素材，然后进行后期合成。为了获得高的声音质量以及艺术效果，声音素材是基础，后期合成为加工，二者相辅相成，缺一不可。正像做一道美味佳肴，上乘的原料加上绝妙的烹调，才会使食客赞不绝口。有关前期工作的声音获取已在丛书之二《声音素材拾取与采集》一书中作了详尽的论述。后期合成不仅涉及到技术问题，更主要的是艺术效果的处理。二者之间的关系是你中有我，我中有你。技术手段为艺术效果服务；而艺术效果的创作依赖于技术。作者专门以《声音节目后期制作》为题，论述它们之间的关系，将其作为《广播影视节目声音制作系列》丛书之三。

声音后期制作主要的任务是将获取到的声音素材，依据剧本、整体节目或者导演的意图进行缩混，使其成为一个完整的节目。由于声音素材存有这样或那样的缺陷，或者为了增强声音的表现力，烘托艺术效果的感染力，需对声音素材进行一系列不同的效果处理，如音色、幅度、回声及混响，或者说在声音上作一些创新，这项工作要在后期制作中完成。

随着科学技术的迅速发展，尤其是数字技术的日新月异以及计算机功能的强大，传统式的利用开盘式模拟磁带录音机进行人工剪辑、繁琐的反复倒带，手工作坊式的制作已被一种全新的音频非线性编辑系统所取代。这就是硬盘机/调音台一体化的硬盘工作站以及计算机为主体的数字音频制作工作站声音制作系统。这个声音制作系统摆脱了众多的周边设备，实现了操作简便。尤其是声音波形编辑，突出的是声音节目的质量，使节目质量得到了很大的提高。在 21 世纪的今天，作为声音制作者，应迎头赶上技术的发展才能胜任工作。

全书共有五章。第一章：广播影视节目声音后期制作总论，论述声音制作整体构思、广播影视节目声音的构成、声音创作手法以及后期制作系统。第二章：声音素材处理，包含音色、时间效果、动态以及噪声等处理方法。第三章：声音缩混，着重论述模拟和数控调音台的应用，详细地介绍 YAMAHA O2R 数字调音台的使用。第四章：声音记录，论述了数字磁带录音机以及硬盘录音机的结构、原理；阐述硬盘机编辑功能；以 VS-1680、AKAI DSP16 硬盘录音机-调音台一体化录音/编辑工作站为例，

介绍如何制作节目。第五章：声音后期编辑，本章着重论述数字音频制作工作站的配置、类型、录制及编辑。以常用的 Samplitude2496 软件 5.32 版、Cool Edit Pro 音频编辑软件为例，讲解在主机型(PC 机)工作站的应用以及主控型(苹果机)Pro Tools LE 软件的应用。

本书在撰写过程中力图与实际相结合，以增强实践性。鉴于作者的水平有限，难免会出现不尽人意的地方甚至错误，敬请读者及专家批评指正。

书中第四章 4-4 节 VS-1680 硬盘录音机及第五章 5-7 节主控型工作站音频编辑软件应用，由北京现代音乐学院媒体艺术系王磊老师撰写；第五章 5-6-1 节 Cool Edit Pro 软件应用，由北京广播学院录音艺术学院 98 级学生刘凡撰写。

在编著此书过程中，参阅了中外文著作、文献等相关资料，在此谨向各位作者表示深深的谢意。

韩宪柱

2002 年 4 月于北京广播学院

目 录

第一章 广播影视节目声音后期制作总论	(1)
1-1 声音总体构思	(1)
1-2 广播影视节目声音的构成	(15)
1-2-1 人物语音	(15)
1-2-2 音乐	(16)
1-2-3 音响	(17)
1-2-4 声画处理	(19)
1-3 声音创作	(21)
1-4 声音后期制作系统	(22)
1-4-1 声音后期制作工作	(22)
1-4-2 声音后期制作所需设备及功能	(24)
1-4-3 声音后期制作系统的构成	(27)
第二章 声音素材处理	(29)
2-1 声音素材处理的必要性	(29)
2-1-1 声音素材存在的缺陷	(29)
2-1-2 声音素材处理	(29)
2-2 处理声音素材音色方法及设备	(30)
2-2-1 方法	(30)
2-2-2 设备	(33)
2-3 处理声音素材时间效果方法及设备	(34)
2-3-1 人工效果的形成	(34)
2-3-2 效果器及应用	(35)
2-4 声音素材幅度处理方法及设备	(56)
2-4-1 动态范围	(56)
2-4-2 压缩和限制	(58)
2-4-3 压缩器的使用	(62)
2-5 声音素材噪声处理方法及设备	(63)
2-5-1 本底噪声	(63)
2-5-2 扩展器/噪声门	(63)

第三章 声音缩混	(66)
3-1 概述	(66)
3-1-1 调音台基本结构	(66)
3-1-2 调音台分类	(67)
3-1-3 调音台面板英汉对照	(70)
3-2 模拟调音台	(73)
3-2-1 语音录音调音台	(73)
3-2-2 音乐录音调音台	(74)
3-3 数控调音台	(77)
3-3-1 数控模拟调音台工作原理	(77)
3-3-2 Euphonix CS2000 数控模拟调音台	(79)
3-4 数字调音台	(81)
3-4-1 电路结构	(81)
3-4-2 YAMAHA O2R 数字录音调音台	(82)
第四章 声音记录	(137)
4-1 概述	(137)
4-2 声音记录载体	(138)
4-2-1 磁带	(138)
4-2-2 磁光盘	(141)
4-3 数字声磁记录存储	(144)
4-3-1 数字声磁记录原理	(144)
4-3-2 数字磁带录音机结构及原理	(145)
4-3-3 盒式数字磁带录音机应用	(153)
4-3-4 硬盘录音机结构及原理	(157)
4-3-5 硬盘录音机应用	(162)
4-4 VS-1680 硬盘录音机	(172)
4-4-1 VS-1680 的主要特点	(172)
4-4-2 VS-1680 前面板	(174)
4-4-3 VS-1680 后背板布局	(178)
4-4-4 基本操作	(179)
4-5 AKAI DSP16 录音工作站	(182)
4-5-1 功能	(182)
4-5-2 AKAI DSP16 操作	(183)
4-6 MD 录音机	(190)
4-6-1 MDE-E55 录音机特点	(190)
4-6-2 MDE-E55 录音机技术规格	(192)

第五章 声音后期编辑	(193)
5-1 声音后期编辑基本概念	(193)
5-2 数字音频制作工作站	(193)
5-2-1 概述	(193)
5-2-2 数字音频制作工作站分类	(194)
5-2-3 不同类型数字音频制作工作站比较	(194)
5-3 数字音频制作工作站结构与配置	(195)
5-3-1 数字音频制作工作站结构	(195)
5-3-2 配置	(196)
5-3-3 Pro Tools 工作站	(204)
5-3-4 Fair light 音频工作站	(205)
5-4 声音文件	(206)
5-4-1 WAVE 声音文件格式	(207)
5-4-2 MIDI 文件	(208)
5-4-3 MP3 文件	(208)
5-5 声音录制与编辑	(209)
5-5-1 音轨和通道	(209)
5-5-2 同步与时间码	(210)
5-5-3 波形编辑	(214)
5-6 音频编辑软件应用	(214)
5-6-1 Cool Edit Pro 音频编辑软件	(214)
5-6-2 Samplitude 2496 软件 5.32 版	(223)
5-7 主控型工作站音频软件应用	(283)
5-7-1 Digi 001 硬件	(283)
5-7-2 Pro Tools LE 音频软件	(284)
5-7-3 基本操作	(294)
5-7-4 与 Pro Tools 有关的几个问题	(295)

第一章 广播影视节目声音后期制作总论

1-1 声音总体构思

广播影视节目声音后期制作是将获取到的素材,按照不同类型节目的要求或者依照脚本要求和导演意图进行混缩,以及对获取到的素材进行完善,使整个节目具有一定的艺术形象和表现力。在《声音制作基础》一书中多方位地阐述过声音在节目中所起到的作用,这个作用要在节目后期制作中由声音制作人员表现出来。为了做好这项工作,作为声音制作人员不能打一场无准备之仗,而是要深入到节目脚本中去,不仅熟悉脚本还要研究,摸透作者或者编剧的意图,从而产生整个节目声音结构的构思。什么地方要用音乐,用什么音乐;哪些地方要加音响,是用自然音响还是效果音响等等。甚至于萌发出一些创意。有了节目整体声音结构的构思就会在制作前做好准备,甚至将它贯穿到声音素材的拾取与采集工作中。因此形成完整的节目整体声音结构构思是做好节目的重要保证。正像我们做一件事情之前要有一个计划,最起码有个想法。造诣很高的声音制作人员在谈起成功之作时,总是把做好声音总体结构的构思放在首位。

下面以几篇曾获奖的科普广播佳作为例,学习如何做声音脚本,即在制作节目前所做的声音总体构思的实施。

实例一:《心中的怀念》中央人民广播电台 程显、张红霞、于红、潘晓闻及林涛制作

(开始曲 呼号)

男:听众朋友,今天是12月26日,是毛泽东诞辰100周年纪念日。为了缅怀毛泽东为开创和发展我国科技卫生事业建立的丰功伟绩,我们《科技、知识、生活》广播节目,今天为您奉献一期“12·26特别节目——心中的怀念”。

(音乐 压混)

女:100年前的今天,在湖南的韶山冲,诞生了毛泽东,从此,这个光辉而伟大的名字就镌刻在中国人民的心里,镶嵌在中华民族的史册上。

男:100年的时间,在人民发展的长河中也许并不算长,但这100年却伴随着华夏民族翻天覆地的变化,伴随着一个新领导阶级的诞生,伴随着一个强盛民族的崛起,这里面凝聚着毛泽东对中国革命的贡献。

(音乐隐去)

女:毛泽东,这从山坳里走出来的人民领袖,面对一切艰难困苦,有着顶天立地的气概,但是,对于人民,他的心中却装着无限的柔情。有人说,他的一生都在关怀民众、爱护民众,为民众之忧而忧,更为民众之乐而乐。

男：血吸虫病是一种危害人民健康和生命的地方病，在我国有两千多年的历史。由于历代统治者不顾人民的健康，使得血吸虫病猖獗流行，病情严重的地区人烟稀少，田园荒芜，呈现出“千村薜荔人遗矢，万户萧疏鬼唱歌”的悲惨景象。

（出徐运北语音）

徐：电话通知我，毛主席在杭州开会，要我立即去汇报防治血吸虫病的问题，我当时是卫生部副部长、党组书记。第二天早晨我就乘飞机去杭州，中午吃饭时就受到毛主席的接见。当汇报到血吸病人多、疫区广、危害重时，毛主席把筷子一放，严肃而又沉重地说：“这样严重的情况能继续下去吗？我们一定要消灭血吸虫病。”

（压低混播）

男：1956年2月17日，毛泽东在国务院最高会议上向全党和全国人民发出“全党动员，全民动员，消灭血吸虫病”的战斗号召，从此，绵延数万公里的群众会战拉开帷幕，并取得了一个又一个辉煌的胜利，使得在中国国土上肆虐了几千年的“瘟神”基本上得到了控制。

（出音乐、歌曲《送瘟神》压混）

女：为了解决农村缺医少药的问题，毛泽东向全国的医务工作者发出了“把医疗卫生工作的重点放到农村去”的指示，向全国各地的农村派出了大批的医疗队，就连他自己身边的保健医生也被派到农村去给农民看病。毛泽东当年的保健医生徐涛，向我们的记者回忆起当时的情景：

（出徐涛语音）

徐：毛主席曾经跟我说过，你们给更多的群众去看病，他们恢复了健康，去参加生产，既解决了他们自己的痛苦，又解放了一大批生产力，对社会主义生产建设太重要了，这个问题你们想过吗？老百姓对毛主席派医疗队下乡十分拥护，那次我们才理解到毛主席的这个决定真正受到群众拥护。

（语音停 音乐压混）

女：毛泽东不仅领导着全国人民改变了农村缺医少药的局面，而且对新中国科技事业的建立与发展也做出了不可磨灭的贡献。

（音乐止）

男：中国古代的科学技术曾经取得过辉煌，造纸、火药、指南针、活字印刷术等发明创造，对于推动人类的文明进程，起到过非常巨大的作用。然而到了近代，中国的科学技术开始落后了。

女：一位研究中国古代科学技术对世界文明影响的外国老人，曾经写下这样一段话：

男：“当欧洲还笼罩在黑暗年代的阴霾中的时候，中国的官员已经精神抖擞，乘着装指南针的轻便马车，到各地去参观装备着固体燃料探索火箭的一些天文研究中心。然而，一千年之后，当欧洲的科学家在发动工业革命的时候，中国的官僚却还在迈着固定的方步。相形之下，他们已经不那么精力充沛了。”

女：由于当权者的昏庸，科技的落后，中华民族承受了百年的屈辱。新中国成立之前，旧中国的科学技术事业基本上是一片空白，很多科学家都因为科研无门，报国无方，最后不得不飘身海外，流落他乡。中国的科学在叹息，在沉默……

(出毛泽东语音)

毛泽东：中华人民共和国，中央人民政府成立了！（掌声）中国人民从此站立起来了！

(掌声压混)

男：1949年10月1日，毛泽东在天安门城楼上的庄严宣告，迎来了新中国科学技术事业的黎明。

(掌声扬起)

毛泽东：我国人民应当努力工作，力戒任何虚夸和骄傲，准备在几个五年计划之内，将我们现在这样一个经济上、文化上落后的国家，建设成为一个工业化的具有高度现代文明程度的伟大的国家。

(掌声压混)

女：新中国成立后毛泽东对新中国的科技事业，倾注了极大的热情和亲切的关怀。对此，曾担任过中国科学院院长的方毅同志有着深刻的体会。

(出方毅语音)

方：大家都知道，科学技术方面的一切重大决策，都是经过毛主席审查批准的。1949年11月，做出了建立中国科学院的决定；在毛主席的关怀和周总理的领导下，举行了全国自然科学工作者代表会议；1959年1月，毛主席提出了用几十年时间在经济上和科学文化上迅速达到世界先进水平的任务，发出了向科学进军的号召……

(话音止)

男：毛泽东在经过周密研究、听取多方面意见的基础上，正式向全国的科技工作者发出了“我们也要搞人造卫星”、“搞一点原子弹、氢弹”的号召。中国空间技术研究院院长戚发轫高级工程师，向我们节目的记者谈了毛主席关怀“两弹一星”事业的情况。

(出戚发轫语音)

戚：毛主席非常关心我们的事业。他1960年到上海亲自视察了中国的第一颗探空火箭，认为虽然只有8公里高，但也很了不起。应该是20公里、200公里这么搞上去。也到了我们北京的火箭技术研究院，视察导弹的研制情况，给我们科技人员很大的鼓舞。

(话音止)

男：1964年，毛泽东又向全国科技界发出号召：“我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化强国。”

女：毛泽东同志以只争朝夕的精神，推动了我国科学技术的飞速发展。

(出第一颗原子弹爆炸的实况音响压混)

男：1964年10月16日3点，我国成功地爆炸了第一颗原子弹。承受过百年屈辱的中国人向世界发出了掷地有声的呐喊，共和国的科技工作者们也向自己的领袖交上了满意的答卷。

(第一颗氢弹爆炸音响压混)

女：继第一颗原子弹爆炸成功之后，1967年6月17日，中国的第一颗氢弹又在

国西南地区的上空爆炸成功!

实现从原子弹到氢弹的飞跃,美国用了7年,前苏联和英国用了4年,法国用了8年半,而中国只用了2年8个月。当世界把惊疑的眼光投向中国的时候,我国的科技人员又把攻关的重点转移到人造卫星的研制上。

(出戚发轫语音)

戚:1965年5月,党中央、毛主席批准了关于发射人造卫星方案的报告,到1970年4月份,我们发射卫星的第一枚运载火箭“长征一号”就用专车运到基地,当天晚上就成功地发射了“东方红一号”卫星。《东方红》乐曲响彻整个太空。

(话音止)

(“东方红一号”卫星播放的乐曲压混)

男:这曲《东方红》是中国人民在向太空进军中吹响的冲锋号,这凝重、昂扬的旋律,使世界再一次认识了中国,认识了中国的科学技术。

(音乐扬起压混)

女:毛泽东不仅对我国尖端科技的发展做出了英明的决断,给予了亲切的关怀,作为一个哲学家、思想家,他又时刻关注着自然科学中的基本问题和最新成果。

男:他关于物质无限可分的科学思想,对世界粒子物理的研究和进展,具有深远的影响。中国科学院学部委员、著名粒子物理学家何祚麻教授,对此有着深刻的感慨。

(出何祚麻语音)

何:毛主席跟我们粒子物理的研究有很密切的关系,过去我们把粒子叫做基本粒子,基本的意义就是这个粒子是最基本的,不可能有比它更小的了。毛泽东显然不赞成基本粒子这个说法,认为粒子还是无穷无尽的,物质是无限可分的。早在1953年,毛泽东在核工业部成立的会议上,除了勉励大家要搞原子弹之外,还讲道,正如原子是原子核和电子的对立统一,原子核是原子和中子的对立统一那样,到了原子和中子你们不要说是基本粒子,其中很可能有更小的,你们要注意这件事情。

(压低混播)

女:1977年,在夏威夷举行的第七届世界粒子物理学术讨论会上,美国哈佛大学的格拉肖教授,为纪念毛泽东对粒子物理研究的贡献,提议把组成夸克和轻子的物质,命名为“毛粒子”。毛泽东的科学思想在世界范围内产生了深刻的影响。

(出邓小平语音)

邓小平:毛泽东经常教导我们,“中国应当对于人类有较大的贡献”。在科学技术方面,我国古代,曾经创造过辉煌的成就,四大发明对世界文明的进步起了伟大的作用。但是,我们祖先的成就,用来坚定我们赶超世界先进水平的信心,而不能用来安慰我们现实的落后,我们现在科学技术方面的创造,同我们这样一个社会主义国家的地位是很不相称的。

(话音止)

女:正如邓小平同志所说,尽管我国在科技卫生事业上,曾经取得过一系列辉煌的成就,但是,如果我国要想立足于国际潮头之上,还需要做出很大的努力。

(出毛泽东语音)

毛泽东：我们正在前进。

我们正在做我们前人从来没有做过的极其光荣伟大的事业。

我们的目的一定要达到！

我们的目的一定能够达到！

（掌声慢落）

实例二：《阿尔法磁谱仪研制纪实》中央人民广播电台 宋莉及王志存制作

（航天飞机倒计时、点火、起飞音响扬起、压混）

美国东部时间 1998 年 6 月 2 日 18 时 10 分，佛罗里达州肯尼迪航天发射中心，“发现号”航天飞机在全世界的注目中起飞升空，这次发射之所以引起人们的关注，是因为它携带了一个特殊仪器——阿尔法磁谱仪。

（飞机飞行音响隐掉）

阿尔法磁谱仪，英文缩写 AMS，是用来探测宇宙空间是否存在反物质和暗物质的高能物理探测器。对它发回数据的研究，有可能开创一个全新的科学领域，带来物理学研究的突破。

（丁肇中谈实验目的）

“有没有反物质，当然人家知道了，假如宇宙是从大爆炸出来的话，宇宙在刚开始的时候，一半是物质，一半是反物质，过了若干年以后呢，才有了宇宙，有了中国、美国，所以也应该有同样质量的反物质构成的宇宙。到底这个宇宙存在不存在呢？”

（键盘声压混）

丁肇中，美籍华裔物理学家，诺贝尔物理奖获得者，阿尔法磁谱仪实验项目的组织者和领导者。

（丁肇中谈话扬起、压混）

按照已被科学家普遍认可的宇宙大爆炸理论，宇宙中存在物质世界，也应该存在反物质，而且科学家研究发现，90% 的宇宙空间被不发光也不反射光的暗物质占据着，那么反物质究竟有没有？暗物质又是由什么构成的呢？阿尔法磁谱仪就是要解开这些宇宙之谜。

这项当代物理学最热门的研究计划，吸引着了十几个国家和地区科学家的参与，中国科学家承担了其中最重要的工作——研制永磁体和主体结构。事实上，早在十几年前，丁肇中教授就想开展有关反物质和暗物质的太空实验，却一直没能找到合适的实验材料。

（夏平畴教授谈丁肇中原计划用超导等材料及困难）

“丁肇中教授他老早地就希望把一个有磁体的谱仪送到天空上去，让外层空间有电荷的粒子在谱仪里头能够得到测量。但是用什么样的磁体放到空中去呢？当时遇见很多的困难。美国人提出来用超导磁体，但超导磁体要有液氮，有的人说用电磁线圈做一个磁体到天上要几十千瓦的功率，这些计划都不现实，所以计划就长期被困难搁浅了。”

（键盘声压混）

夏平畴，中国科学院电工所研究员，阿尔法磁谱仪项目领导组的主要成员。

（夏平畴谈话扬起）

“但是谁能制造这个永磁体，丁教授并不清楚。”

如果说，AMS 计划从一开始就与中国密切相关，那是毫不夸张的。

（夏平畴谈话）

“后来呢，丁先生从我们所的冯致新教授发表的文章上面看到了我们所能做大体上合乎他的要求的磁体，所以他就到我们所里来了一次。”

1994 年春天，丁肇中教授在北京考察中科院电工所，认为永磁体能够取代超导材料做太空探测的实验。回到美国，他就向美国能源部提出阿尔法磁谱仪研究的方案。他在方案中写道：“中国永磁体技术近期的发展……使阿尔法磁谱仪实验成为可能。”正是因为中国掌握了制造永磁体的成熟技术，才让丁教授最终选择了由中国制造第一块太空永磁体。

（渐入包头钹铁硼加工音响，扬起，压混）

这是冶金部包头稀土研究院钹铁硼材料加工车间传出的声音。

（音响扬起，压混）

包头是举世闻名的“稀土之乡”，从阿尔法磁谱仪研制的那一刻开始，钹铁硼的名声就和稀土一样响遍世界，被认为是目前制造永磁体的最好材料。1996 年 1 月 12 日，丁肇中教授考察了包头，把包头稀土研究所作为实验所用磁体材料的生产单位。

有了材料，接下来要考虑的是磁体的设计。

（夏平畴谈起磁体设计的要求）

“磁体到底有些什么要求？最终我们形成了一个三无的方案，第一个呢是我们这个磁体是没有铁的，很不合乎常规的技术措施，为什么呢？因为牵涉到磁，就需要用铁来构成磁路，来引导磁通，来达到我们的技术目的，不用铁的话，我们感觉有点超出常规；第二我们感觉的呢，就是说我们送一个磁场到天上去，如果很大一部分漏掉了的话，那就很不合算，因此第二个要求就是不漏；第三个就是我们发射的磁场，我们尽可能使它要均匀，不能有的地方磁场强，有的地方磁场非常弱，这样我们这个装置的利用率就很低。”

在电工所的科研人员为永磁体的设计绞尽脑汁的同时，负责永磁体的主体结构设计的中国运载火箭技术研究院的专家们也在昼夜苦干。

（李昌懋谈主体结构设计）

“阿尔法磁谱仪的主结构件到底是一个什么样的结构，一个什么样的形式呢？”

（键盘声压混）

李昌懋，中国运载火箭技术研究院总体设计部副主任，阿尔法磁谱仪实验项目领导组的主要成员。

（李昌懋谈话扬起）

“它是一个外径为 1298 毫米，内径 1115 毫米的圆柱形的薄壳结构，薄壳就是说内蒙皮是 4 毫米，它的内蒙皮是 3 毫米，从结构形式来看，其高度不到 1 米，外径仅 1 米多，很是一般。可是当时呢它蕴含的技术含量或者说它的设计难度、制造难度、工艺难度、试验难度几乎是前所未有的，非常难。第一个呢重量有限制，第二个难点是

材料限制，只能用铝合金，第三个呢是精度要求。”

经过多方努力，试验件终于研制出来了，科研人员很快就对它进行了各项指标的测试。

（渐入正弦和随机振动试验音响，扬起，压混）

振动试验在航天部的 511 所进行，测试结果：试验件的性能良好。

（音响扬起，压混）

正当一切都在紧锣密鼓顺利进行的时候，设计要求发生了变化。1996 年 9 月，丁肇中再度访华的时候，对永磁铁提出了增大磁力的要求，这是此项研制工作以来，一再变化设计要求中事关重大的一次。

（陈振官语调突然变化）

“突然之间就增加了磁力，而且是一个方向上有，一个方向上没有，这样的话，对我们的薄壳结构来说，要保证原来的直径 1115 毫米，就提出一个很尖锐、很困难的问题。”

（键盘声压混）

陈振官，中国运载火箭技术研究院高级工程师，阿尔法磁谱仪主体结构试验的总指挥。

（陈振官谈话扬起，压混）

当时运载火箭技术研究院已经完成了试验件的设计、生产及试验，这一改变，无疑将推翻原有的方案，另起炉灶。而此时，离美国宇航局的评审日期已经很近了。

（陈振官谈话）

“丁教授急到什么程度？两只眼睛都充血了。他在北京有个保健大夫也很着急。”

（陈振官谈话压混）

当时丁肇中也为此焦急万分，他说：“飞行件的精度必须确保，内径绝不能小于 1114 毫米，否则将是一件废品，我将大祸临头。”

（陈振官谈话）

“这个时候敖林教授出了很好的主意，把这个问题比较好地解决了。”

（键盘声压混）

敖林，中国运载火箭技术研究院研究员，他提出了台阶状咬合结构的设计，满足了增加磁力的要求。

（敖林谈台阶结构的改动）

“丁教授说，主要困难就是保证里边的尺寸，当时我最早提的方案是 28 个地方改台阶，丁教授问改 12 个地方够不够，经初步分析够，所以同意改 12 个地方，结果是磁力一点也没损失，重量一点也没增加。”

由于全体科研人员的努力，在短短 6 个月的时间里，永磁体和主体结构全部完成预定计划，组合好探测器主体部分，接下来面临的是一系列严格的测试。

（渐入离心机转动音响扬起，压混）

北京水利水电科学院离心实验室。亚洲最大的离心机载着阿尔法磁谱仪飞行件正在慢慢启动，一圈一圈，现在，它转动得越来越快。

(音响扬起, 压混)

这次离心试验主要考核阿尔法磁谱仪的主体结构能否承受航天飞机起飞及着陆过程中的最大惯性载荷, 这是时间所允许的升空前最后一次测试, 总指挥陈振官、试验负责人黄丽清和高级工程师茹履安都对当时的情景记忆犹新。

(陈振官)

“当试验结束的时候, 记者就问当时的离心试验室的一个专家, 让他讲一下当时的感受, 他就讲了一下, 但是录音没有录好, 叫他再讲一遍, 那时候他就呆住了, 太紧张了, 他回忆不起原来怎么讲的, 我现在也记不起那个专家的名字。”

(黄丽清)

“那个人就是我们茹工。”

(茹履安)

“实验要求只准成功, 不能失败, 对我们来说要求就高了, 可能因为精神高度紧张, 当时真的一句话都已经说不出来了。”

虽然人们的心理感受在那一刻是那么紧张复杂, 但事实上, 试验时间只持续了几分钟。各项数据显示, 一切指标正常, 试验圆满成功。

(接电子邮件的声音, 压混)

1997年11月18日, 美国宇航局阿尔法磁谱仪任务经理贝蒂斯先生发来一份电子邮件: “阿尔法磁谱仪安全阶段评估无与伦比!!”在这句话后面, 他用了两个惊叹号。由中国人研制的阿尔法磁谱仪的永磁体及其主体结构, 打破了美国宇航局产品必须进行三次评审的惯例, 只经过两次评审, 便获得了登上航天飞机的通行证, 这在美国宇航局的历史上还是第一次。

(飞船飞行音响, 压混)

半年以后, 凝聚着中国和世界各国科学家心血的阿尔法磁谱仪在太平洋彼岸随航天飞机一起, 挣脱了地球引力, 把人类探索科学真理、破解宇宙奥秘的意志带到了茫茫的太空。经过10天遨游, 美国时间6月12日, “发现号”返回地面。

(航天飞机着陆新闻报道, 接着陆音响)

“美国‘发现号’航天飞机于美国东部时间12日下午2时顺利返回佛罗里达州卡那维拉尔角的肯尼迪航天中心, 带回了在和平号空间站上工作的最后一名美国宇航员以及中美等国联合研制的阿尔法磁谱仪。”

(着陆音响扬起, 压混)

很快, 美国方面传来信息: 阿尔法磁谱仪在太空飞行期间, 一切工作正常, 它记录了人类在太空获得的关于反物质和暗物质的第一轮信息。由于首次飞行的成功和它所担负的科学使命, 阿尔法磁谱仪可能被美国宇航局邀请, 在两三年内再次升空。

(音响扬起)

这个后续报道是一个题材新颖、内容充实、音响新异、表达通俗的广播科技节目。由于题材新颖, 采访深入, 巧用音响, 制作精细, 荣获1998年中国广播奖科技类一等奖。

该节目运用了节目中所出现人物的话音、旁白、音响和音乐。手段采用扬起、压