

# 咽喉机能原理 与嗓音声学分析

杜士武 著



在这个世界上存在着各种不同的声音，传递给人们的一些奇妙的感受，声音成为人与人之间交流的桥梁。

嗓音训练是一门技术也是一门艺术，  
更需要运用科学的方法反复不断地进行实践，  
使之形成一种稳定而正确的条件反射，一种趋于自然的形式。

# 咽喉机能原理与嗓音声学分析

---

杜士武◎著

◎ 吉林大学出版社  
长 春

图书在版编目(CIP)数据

咽喉机能原理与嗓音声学分析 / 杜士武著. — 长春:  
吉林大学出版社, 2019.8  
ISBN 978-7-5692-5606-2

I. ①咽… II. ①杜… III. ①发声法—研究 IV.  
①J616.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第206578号

书 名 咽喉机能原理与嗓音声学分析

YANHOU JINENG YUANLI YU SANGYIN SHENGXUE FENXI

作 者 杜士武 著

策划编辑 李承章

责任编辑 安 斌

责任校对 杨 平

装帧设计 飒 飒

出版发行 吉林大学出版社

社 址 长春市人民大街4059号

邮政编码 130021

发行电话 0431-89580028/29/21

网 址 <http://www.jlup.com.cn>

电子邮箱 [jdcbs@jlu.edu.cn](mailto:jdcbs@jlu.edu.cn)

印 刷 天津雅泽印刷有限公司

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 14.5

字 数 250千字

版 次 2020年1月第1版

印 次 2020年1月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5692-5606-2

定 价 58.00元

---

版权所有 侵权必究

# 前·言

在科学技术和经济高度发展的今天，人们的精神需求也变得多姿多彩，歌唱就是其中的一种，而歌唱是一个复杂的发声运动，它带有很强的艺术性和技巧性，歌唱发声的咽喉机能及嗓音的声学研究，具有严密的科学性和客观性。客观地了解歌唱发声时声带的功能状况及其器质性变化，对于更好地掌握科学的发声原理与嗓音训练具有重要的指导意义。

自然界声音的产生来源于物体的振动。物体在外力作用下，离开正常位置产生变形，当外力解除后恢复原状，物体的这种性质称为弹性。咽喉是人身上特殊的乐器，是人们表达语言进行交流必不可少的工具，对于学习声乐演唱的人来讲显得尤其重要，因为发声器官的好坏直接影响着音色的产生。嗓音训练是一门技术也是一门艺术，更需要运用科学的方法反复不断地进行实践，使之形成一种稳定而正确的条件反射，一种趋于自然的形式。要用科学的发声方法训练嗓音，重视如何科学用声以及进行嗓音保健，科学地练声、用声才是对嗓子的最好保护。

鉴于此，作者以咽喉机能与嗓音为研究对象，通过对声音的产生与传播、咽喉机能与嗓音声学关系的分析、歌唱声音的类型与声部的应用、歌唱嗓音发音机理、嗓音训练时的呼吸、嗓音的丰满与最佳元音音响的形成、歌唱时的音响含义与吐字咬字、合唱与青少年变声嗓音的训练，以及嗓音的常见问题与保健九个方面内容的研究，对咽喉机能与嗓音分析的问题进行了全面而系统的论述。

本书的撰写具有以下几方面特色：一是内容系统且有针对性，条理清晰，紧扣对咽喉机能解析和歌唱嗓音的训练、优化、保健；二是在文字框架安排上结合实践指导，通俗易懂又不失专业性，可以说本书是一部可读性较强的著作。

本书的撰写得到了许多专家学者的指导和帮助，在此表示诚挚的谢意。由于笔者水平有限，加之时间仓促，在撰写过程中，虽极力丰富本书内容，力求著作的完美无瑕，但仍难免存在疏漏和错误之处，还望各位同仁斧正。

作者

2019年4月

# 目·录

## 第一章 声音的产生与传播

- 第一节 声音的产生及其特征 ····· 002
- 第二节 声音的共鸣 ····· 007
- 第三节 声音的传播 ····· 013

## 第二章 咽喉机能与嗓音声学的关系

- 第一节 喉器与喉腔 ····· 016
- 第二节 声带与喉内肌群 ····· 018
- 第三节 咽喉运动方式与嗓音的关系 ····· 022
- 第四节 嗓音声学检测 ····· 024
- 第五节 歌唱呼吸的声学原理 ····· 025

## 第三章 歌唱声音的类型与声部

- 第一节 声音类型及声部在歌唱中的应用 ····· 030
- 第二节 声部的鉴定与特征 ····· 033

## 第四章 歌唱嗓音发音机理

- 第一节 嗓音发音机制 ····· 038
- 第二节 歌唱声区机理 ····· 044
- 第三节 歌唱正确发声与技巧 ····· 050

## 第五章 嗓音训练时的呼吸

- 第一节 呼吸器官 ····· 056
- 第二节 歌唱时正确呼吸的重要性 ····· 063
- 第三节 歌唱时呼吸的发展与训练 ····· 070

## 第六章 嗓音的丰满与最佳元音音响的形成

- 第一节 共鸣与嗓音的丰满 ····· 074
- 第二节 元音的特征 ····· 081
- 第三节 元音移动与修饰 ····· 083

## 第七章 歌唱时的音响含义与吐字咬字


- 第一节 辅音与辅音练习 ····· 090
- 第二节 歌唱的吐字咬字 ····· 094

## 第八章 合唱与青少年变声嗓音的训练

- 第一节 合唱音响洪亮的策略与方法 ····· 120
- 第二节 合唱的排练方法 ····· 145
- 第三节 青少年变声嗓音的训练 ····· 158

## 第九章 嗓音的常见问题与保健

- 第一节 嗓音的常见问题与纠正方法 ····· 168
- 第二节 不同时期的嗓音保健 ····· 194
- 第三节 嗓音保健基本方法 ····· 216
- 参考文献 ····· 223



# 第一章

## 声音的产生与传播

声音是一种奇妙的存在，在世界上存在着各种不同的声音，这些，都是声音传递给人们的一些奇妙的感受，声音成为人与人之间交流的桥梁。本章从对声音的产生极其特征、声音的共鸣和声音的传播三个维度对声音的产生与传播展开详细论述。

## 第一节 声音的产生及其特征

### 一、声音产生原理

#### （一）振动原理

物体在外力作用下依靠本体的弹性，沿着直线或曲线产生的往复运动即为振动（Vibration）。物体的振动在一定范围内的传播形成了声音（Sound）。物体的振动具有振动周期、数量、幅度等指数。发声体的振动，从离开原位到回到原位的时间为振动周期（Period）；单位时间内振动周期的数量为频率（Frequency）；发声体振动，从原位到离开原位的最大值为振幅（Amplitude）；振幅的大小取决于使物体振动的外力。在物体弹性范围内，振幅与外力成正比，外力越大，振幅越大。<sup>①</sup>

振动须具备两个条件：一是发音源，二是动力源。被振动的物体为发音源，作用于物体的力为动力源。

发声物体简称发声体，亦称声源体或振源体。自然界的固体、气体均可以成为声源体。振动可以是固体、气体的单独振动，还可以是固体、气体的振动。发声的动力源可以来自多种方式，如打击、摩擦、吹动等。动力的力度与打击、摩擦、吹动的方式有关，与打击、摩擦、吹动的力量成正比。

乐器的发声就是在具备发音源与动力源两个因素的条件下产生的。打击乐的振源体是被打击物体的界面物质，动力源为打击力；弦乐器的振源体是琴弦，动力源来自弓与弦的摩擦力；管乐器的发声由管内空气柱的振动产生，管内的空气即是振源体，动力源来自吹奏的气流压力。两端开放的管子称为开管。声学称铜管乐器以及长笛、双簧管的发声为开管效应。一端开放、一端封闭的管子称为闭

<sup>①</sup>（美）奥尔德森，著；李维渤，译. 嗓音训练手册[M]. 北京：中央音乐学院出版社，2015.

管。人的声道、单簧管的发声等属于闭管效应。

弦乐器与打击乐器的振动为固体振动，管乐器的振动为气体振动。簧管乐器的簧片振动、铜管乐器的号嘴振动、人声的声带振动均属于固体振动，同时，还有乐器管道或人体发声声道内的空气柱振动。因此，均属于固体、气体的振动。

声音的特性与品质，如：音的高低、音量的强弱、音色的变化，以及是否悦耳等，与振源体的质量以及振动方式、力度、幅度等因素有着直接关系。

## （二）声波原理

发声体在外力作用下产生振动时，振源体周围空气分子受到压力。空气分子具有很强的弹性反应性质，在分子之间以空气分子的固定位置为中心左右来回运动，产生空气的压缩层与稀疏层的动荡，这种空气分子疏密变化的动荡状态就是声波（Soundwave）。两个空气压缩层之间的距离称声音的波长（Wavelength）。压缩层和稀疏层的产生是分子列的移动变化，而不是由于空气分子的位置交换完成的。

气体、固体、液体均可以成为声波的传播媒介。声波以一定速度在媒介中传播。在15℃的条件下，声波在空气中的传送速度为340米/秒。当声波在空气中传送到人耳，激起听觉器官的反应，从而引起人的听觉感受，人便听到了声音。自然界的一切声音，乐器演奏的声音，人的歌声，均以声波形式在空气中传播。声波在真空中无法传播，例如：将振动作响的钟表置于真空的罩内，人耳是听不到声音的。<sup>①</sup>

## （三）乐音与噪音原理

人的听觉所能感受到的声音分为两种：乐音、噪音。乐音是物体有规律地周期性振动而产生具有固定音高的音，所发出的声音有固定的频率，音色协和，听起来悦耳。经过良好训练的乐器演奏声音与人声的歌唱声音均为乐音。

噪音是许多不规则的声波重叠而形成的合成波，没有固定的音高，音色嘈杂，人的听觉感受不悦耳，又称杂音。自然界的风雨声，物体摩擦声、撞击声，马路上的汽车行驶声，工厂的机器转动声等都是噪音。

音乐一般以乐音为主体。但音乐的创作与演奏之中也常常使用噪音，如打击乐等。噪音作为具有特色的创作元素已介入现代音乐的创作与演奏形态中，并具

<sup>①</sup> 冯羿，张同记，阎妍. 声乐基础[M]. 北京：北京师范大学.

有重要的意义。

#### （四）基音与泛音分析

音叉的振动只发出单一的声波，称为纯音。乐器和人声所发出的声音是由许多频率不同的音合成的，称为复音。例如弦的振动根空弦的振动，除全弦振动产生的基础频率外，该弦的若干等分段还可产生分段振动，因而产生许多不同频率的分音音列。因此，弦的振动音响是这些分音频率音列的复音。分音亦是纯音。音列中的第一个分音即基础音，称为基音（Fundamental），其余的音均称为泛音（Overtone）。基音的频率是复合音中正弦振动周期最少的。其他与基音的正弦振动周数成整数倍的较高频率为谐和泛音，亦称谐音（Harmonic），非整数倍的泛音为非谐和泛音。复合音的音高由基音的频率决定，自然界绝大多数物质的振动均为复合振动。人耳的听觉一般仅能听到基音及最响的泛音。经过特殊训练的听觉才能分辨出若干个泛音。

发声体的质量决定所产生的基音，并对引起的泛音音色产生直接影响。发声体的质量好，振动所产生的基音与泛音共鸣的音色就好。泛音的产生与基音振动的距离有着一定的关系。泛音离基音振动距离越近，音量越大，音色越丰满；距离越远，音量越小。泛音会有规律地以由近至远、由强向弱的趋势逐渐递减以至消失。

## 二、声音的基本特性

在声学概念中，声音有以下几种基本特性：高度——音高、强度——音量、音质——音色、长度——音值。

### （一）音高特征

音高（Pitch）由发声体振动频率的数量所决定。物体振动频率数多，发音就高；频率数少，发音就低。频率的单位叫赫兹（Hertz，缩写Hz），即发声体每秒内的振动周数。乐音体系中的每个音均有固定的频率，能够有效利用的音域范围大约在30Hz~4000Hz之间。一架大型音乐会钢琴的音域范围可达27.50Hz~4186Hz。

发声体所产生的音高频率与发声体的质量、体积、长度、密度、张力等因素相关。发声体体积大、长度长、密度小、张力小，产生的振动慢，频率少，发音就低；反之，发音就高。这种现象，可以从自然界产生的各种声音，以及各种不

同的乐器产生的声音中观察出其规律来。

譬如：仅对体积与长度来讲，管弦乐队中不论弦乐、木管、铜管乐器，高音乐器的振源体体积与长度均比低音乐器的体积小，所以发出的音就高。再以人声为例，男声声带一般较厚较长，日常说话的频率约为95Hz~142Hz，声音较为低沉；女声声带一般薄而短，说话时频率约272Hz~653Hz，比男子的声音明显偏高。在声乐演唱中，一般能够有效利用的音域大约在80Hz~1300Hz范围内。专业歌唱演员的音域约在两个八度至两个半八度。男低音的音域约为80Hz~341Hz，男高音约为128Hz~581Hz，女中音约为170Hz~683Hz，女高音约为246Hz~1024Hz。个别具有特殊条件的歌唱嗓音可超出这个范围，达三个八度，甚至更多。

## （二）音量特征

音量（Volume）是发声体振动声波在空气中传播产生的声压，激起人的耳膜的听觉反应传达到大脑听觉中枢，形成人对声音强度的主观感受即响度。

Hz国际通用的频率计算单位。音量由振源体的振幅所决定，振幅越大，声音越强，音量越大。反之，声音弱，音量小。例如：同一面锣，敲打力度大，振幅大，音量就大；敲打力度弱，振幅小，音量就小。

音量与音高是不同的概念。音量的大小与音的高低无关。声音响，不等于声音高。例如：敲同一面锣的声音强弱、音量大小不同，但音高始终是一样的。

声音的响度——音量，与声音的强度相关。强度越大响度越大，即音量越大；强度越小响度越小，即音量越小。人主观感觉到的声音响度与客观产生的声音强度相关。同样距离内，强度越大听觉越响，不同距离情况下，人离发声体的距离近听觉就响，就会感觉音量大；反之，听觉就弱，即感觉音量小。此外，人感受到的听觉与所处环境有关。如在空旷的房间与具有隔音设备的房间中人听到的响度感觉不同，但这不等于客观音响的强度差异，同样强度的声音，在空旷环境下感觉响度大，在隔音设备中会感觉响度小。

声音的响度称为音压（SPL），其计算单位是贝尔，简称贝（b）。贝的十分之一为1分贝（db）。生活中我们常常听到城市噪音达到若干分贝，就是指噪音的响度指数。

音乐的强度，在音乐表现中通常采用力度来表述。如音乐术语强——*forte*缩

写/、弱扣ano缩写p、中强mezzo/orte缩写m/、中弱/nezzopiano缩写等。力度的渐强渐弱除了用术语外，还可以用符号表示。

音的强弱关系构成了音乐的节奏。节奏是音乐表现的重要手段。音乐作品演奏（唱）中的音量是音乐艺术表现的重要元素。歌唱与演奏的音量控制是歌唱者与演奏者的重要技术修养。

### （三）音色特征

音色（Timbre）是指不同发声体所发出的声音具有不同的个性与色彩，构成该声音的基本音色。基本音色是由于发声体质量、振动成分、形式及波纹的曲折不同而构成的特殊声音品质。例如同一音高的人声与乐器声音，其音色是不同的。

不同的声音的频率表现在波形方面总是有与众不同的特性。不同的物体振动都有不同的特点，如同天下的树叶各有不同一样。不同的发声体由于其材料、结构不同，发出的声音的音色也不同。例如钢琴和小提琴和人的声音不一样；每个人的声音也不一样。

构成音响不同音色的因素主要有：振源体及共鸣体质量、发音振动方式、发音的方法。譬如弦乐器与管乐器的振源体不同。弦乐器，如小提琴的振源体是琴弦，振动方式是弓弦摩擦，共鸣体质量结构为木箱；而管乐器，如小号的振源体是空气柱振动，振动方式是吹奏，共鸣体质量结构是铜管。因此，所产生的音质、音色是不相同的。小提琴的音色柔和、优美、细腻，而小号的音色响亮、雄壮、豪迈。共鸣体及其质量对发声音响具有不可缺省的作用。如弦乐器没有了共鸣箱，钢琴去掉琴箱，仅剩弓弦的摩擦或打击，其音量、音色将会大相径庭。再如，人声的歌唱发声与共鸣调节——即歌唱声道调节的运用方法与效果不同，使得歌唱的音质、音色效果存在差异也是显而易见的。

此外，泛音的数量亦是构成音响不同音色的重要因素。纯音的音色纯净，但不丰满，且音量较小。乐音中的音响听起来是否丰满，主要取决于泛音的数目及其频率强度，所含泛音越多音色越丰富，声音越动听。而音响优美与否主要取决于泛音在泛音系列中的位置。同一音高的复合音中包含的泛音不同则音色也不同。

例如频率为100Hz的钢琴音调，除基音外还有与其成倍数的200、300、400……Hz的15个泛音。同样频率即同样音高的单簧管音调则有9个泛音。人的歌

唱声波除决定基本音高的基音频率外，还具有4~5个共振峰产生的高低频泛音，共同构成人的歌唱音色。

声音的音色特征，是音乐表现与审美的特性标志。音色元素更是音乐创作及艺术表现与审美的重要手段。在音乐创作中，作曲家对表现作品不同乐思所需的演奏或演唱音色提出了十分细腻的要求，如柔美的、辉煌的等，都是演奏者、歌唱者在二度创作中所要把握的。

#### （四）音值特征

音值，又称时值（Time），指音延续的时间长短，由发音体振动的时间长短决定。音值是乐音的四种基本物理属性（音高、音值、音强和音色）中的一种。在音乐表现的重要因素中，音值和音高尤为重要。

声音振动后持续的时间长，声音的时值长，反之，时值短。正是声音时值的长短对比关系，形成了音乐的节拍关系，构成音乐的重要元素，成为音乐艺术表现变幻莫测的手段与魔力。音乐是时间的艺术。音乐时值是音乐的灵魂。

## 第二节 声音的共鸣

### 一、声音共鸣器官

整个发声共鸣系统，是一个复杂的和充满变数的空气腔体。人声与其他乐器的主要区别是歌唱者可以通过调整共鸣系统来改变和修饰歌唱声音。

#### （一）胸部及下声门的气道的共鸣器官

肺部充满了海绵式的、带有吸收性能的材料，因而它们不能被视为一个可实施的共鸣腔。然而，歌唱者在唱低音或者是放开音量演唱时，能感觉到胸腔的振动，这些振动是肺部和肋骨以它们自己的自然频率所产生的强迫性振动。气管是一个表面比较坚硬的空心管，它可以作为一个共鸣器。气管的自然共鸣有利于声区自然的转换。然而，气管很难主动地被歌唱者控制，至少是不能被较大程度地控制。因此，胸部和下声门气道被认为只是发声共鸣系统的一部分，因为它们难以被改变以达到提高声音质量的目的，歌唱者对它们的兴趣也有限。

#### （二）喉头器官

尽管喉腔很小，但喉部还是被列为一个小共鸣腔，不仅如此，科学家还认为它是一个非常重要的共鸣腔。人们甚至猜测，这个腔体所产生的共鸣能形成“银铃般的”或“金属般的”音质。

喉管可以产生强大的共鸣，它的空间在声带之上和会厌边缘以下。森德伯格声称这一空间形成了一个单独的共鸣管，能产生介于2500Hz~3000Hz之间的共鸣频率，这正好与歌唱者的共振频率相对等。

### （三）咽腔和口腔器官

喉咽和口咽共同形成了最大的共鸣腔，因而能对音质产生极大的影响。喉咽从环状软骨的底部延伸至会厌的顶部，而口咽从会厌的上方延伸至软腭。

很多教师倡导“打开喉咙”，就是指打开上述这个宽敞的共鸣腔。口腔与咽喉离得很近，它是最可变的共鸣器，这主要是由不断波动的舌头以及下颌的状态而造成的。

### （四）鼻腔和鼻窦腔器官

位于软腭以上，延伸至颅底的腔体是鼻咽部。鼻腔与咽部连接处的开合主要由软腭的运动控制，其次是后咽壁，但程度甚微。这两个机能都被咽部内的肌肉所控制。软口盖在有吞咽动作时会上升，同时关闭腭咽的连接处以防食物和饮料进入鼻腔。软口盖的上升还可以帮助腭咽进行关闭，为的是发好英语里的所有元音及一些辅音。降低软口盖可以打开腭咽连接处，这有助于声波穿过鼻腔。<sup>①</sup>

当软口盖被降低时，鼻腔通道与声道产生联结，成为声门声波的共鸣器。虽然鼻腔共鸣对于发鼻辅音和鼻化元音非常重要，但它既有可取之处又有不足之处，这完全取决于歌唱者的意图。如果软口盖降低得不恰当，会使声音产生鼻音，在某种程度上来说，这个动作既不可取，又不太有效果，因为鼻腔共鸣往往会增加阻力，并减轻波谱里的一些音响能量。相反，如果软口盖提高得不恰当，会使声音缺乏鼻音，听上去比较闷，不够明亮。感冒或过敏时，鼻道堵塞会造成这种声音。有些歌唱者认为在鼻塞的情况下唱歌反而觉得比较舒服，那是因为当声音有鼻音时，能敏感地体会到声音靠前置放的感觉，或者说是“在面罩里唱歌”的感觉。

虽然许多专业的声乐人士对于提升和关闭软口盖的可取程度进行过辩论，但

<sup>①</sup> (美)梅斯贝斯·德姆,著;周音怡,译.挖掘嗓音的潜力[M].北京:中央音乐学院出版社,2010.

似乎大多数人都提倡在唱持续元音时应当用打开的感觉来提升软腭。显然，轻度的鼻音有助于提高声音质量。与鼻音有关的阻尼效应和光谱变化的科学研究，今后会越来越多，也越来越深入。

由于鼻窦腔体积小、孔径小，几乎无法进入声道，因此不适合作为共鸣器。泽姆林认为：“鼻窦腔除了对头骨骨骼的共鸣有着微小的作用外，对于发声没有真正的意义”。

## 二、声音共鸣原理解析

### （一）音响学原理分析

音响学即声音的科学，主要涉及科学地发声、增大并传播声音和感受声波等方面的知识。对音响学有所了解是理解共鸣器的基础，这对优化声音质量非常重要。了解声音如何被创造、增大和接收，可以使歌唱者改善整体的声音质量。

对于声学效应。几乎每个人都可以做下面的尝试：①对着普通瓶子上方的狭窄处吹气；②用金属器具击打盛着不同水量的水杯；③打开钢琴最上端的盖子，脚踩延音踏板，然后对着钢琴里面大喊一声；④声音所产生的回声、混响声和反射声等，是音响环境所做出的反应，在大峡谷或大教堂里最容易感受到以上反应。

在这种情况下，会遇到声音所产生的共鸣，以及自发地扩增、加强和振动的延长。在浴室里唱歌可以产生令人兴奋的音响效果，相信大多数人都有此经历和感受。其他可以感受到良好音响效果的地方包括圆顶形状的建筑（美国国会圆形顶大厅）和大教堂等，在这些地方，即便是窃窃私语的声音都很容易被听到。相反，有些环境容易吸声，比如绝缘的汽车内部，开放的空间、森林，或过于装饰的并带有地毯、窗帘和软垫家具的房间等。以上情况表明，良好的音响对于歌唱者起积极作用，反之，则有消极影响。

### （二）自然共鸣的频率分析

共鸣器可以被视为一个物体，它能够过滤从中穿过的声波，加强并修饰最后的声音。共鸣器通常被认为是中空物体，空气填充腔体，使腔体有自然频率的振动。例如，自然频率为600Hz的水壶，当把音叉的频率调整为440Hz去接触它时，它依然在600Hz的频率上振动，但同样的水壶，当音叉调整为600Hz时，则会产生更大幅度的振动。这个现象说明了一个共振原理：物体是被自己的固有频

率所驱动，并在较长的时间内进行更大幅度的振动。

被空气所填充的腔体的大小非常重要，它决定了振动的自然频率。空气腔体越大，频率就越低，所产生的音高就越低。空气的腔体越小，频率就越高，所产生的音高就越高。

例如，拿一个瓶颈狭窄的玻璃瓶，它的大小最好能盛下180毫升左右的水，比这更大的瓶子也行。首先倒空瓶子，之后用嘴轻轻吹气并发出声音，注意一下由此产生的音高响度，然后再用力吹气，结果会发现所产生的声音会比开始时响亮。渐渐地往瓶里加几次水，每加一次，往里吹气便会产生不同的音高。因此发现，音高会随着每次的加水而升高，因为水减少了空气腔体，自然共振频率随之增长而产生了更高的音高。

和任何一个共鸣腔一样，声道也有着自已自然的振动频率——共鸣频率。如果声带振动在声道的共鸣频率上，声音将得到加强。另外，从声门发出的声音有许多的频率。因此，歌唱的共鸣比较复杂，不仅仅是找到声道里的共鸣频率，还要使它和声带有着同样的振动频率。

### （三）声道共鸣原理分析

声道的共鸣频率取决于它的长度和形状。声道是一个管子，在嘴巴这端呈开放状，共鸣频率的波长比管子的长度长4倍。换言之，管子的共鸣频率只是波长的四分之一。例如，平均为17.5厘米长的男性声道，声波的压缩阶段发生在声门里，声门里的空气分子在声门打开时迅速膨胀到极限。在波长是四分之一时，气压是零（称为第一零交叉），这时的状态既不是压缩也不是稀薄。当声门声波使它的第一零交叉发生在嘴唇上时，声道达到其最佳共鸣状态。

### （四）声音共鸣的位置分析

因为歌唱者声道的大小会影响最后所发出来的声音，所以歌唱者的自然天赋对于歌唱起着重要的作用。但是，更重要的是歌唱者要有能力调节和改变自己的声道，并在所有的音高和元音上都能最佳地发挥共鸣，这主要通过声带肌肉的调整来控制具体的器官如喉头、舌头、咽部、软腭和下颌等来完成。

#### 1. 喉头

喉头下降可以扩大咽部，这个动作主要由一部分舌骨或带状肌肉来完成。胸骨舌骨肌源于胸骨并嵌入到甲状软骨，这是唯一一个能够直接降低喉头的肌肉。

胸骨舌骨肌和肩胛舌骨肌都可以通过降低舌骨来间接地降低喉头。甲状舌骨能把舌骨朝着喉头方向往下拉。喉头位置还受上舌骨行为的影响，这些行为间接地成为喉头的提升器，能够提高舌骨或者是把其他肌肉组织往下拉向舌骨。形成咽壁的对主要的肌肉被称为下括约肌、中括约肌和上括约肌。它们堆叠得像花盆，从甲状软骨、舌骨和口咽部的骨结构开始，堆叠到食道，自上而下平和地运行着，作为反身性肌波（蠕动），它们将食物送到消化道。括约肌是运动速度较快的肌肉，它能使咽部通道变窄，造成说话和唱歌的不便。<sup>①</sup>

喉部的共鸣腔可以通过以下方式被自然地扩大：①咀嚼，像很随意地慢慢吃可口的饭菜一样，这有助于放松吞咽肌肉；②吞咽，在吞咽过后，仔细地感受吞咽肌肉的放松；③惊喜般地将空气从口腔吸入；④用高兴而满足的感觉深深地叹气。打喷嚏前那一瞬间的感觉有助于进行共鸣器的自然调整。

并不是每一位声乐专家都主张降低喉头。比如蒂策，他主张歌唱时应该让喉头处在适中的位置，认为喉头在过于降低时会聚成一团来对抗气管黏膜，这会导致声带变厚。

相反，当喉头提高时，声带变薄，有潜力产生更强烈的声音，这主要是因为声带中间的表面可以更好地接触，能够产生更稳固的声门闭合。此外，降低的喉头会拉长声道，降低共振频率，使音质偏暗淡，而提升的喉头可以缩短声道，提高共振频率，使音质偏明亮。喉头位置的调整更多地取决于个人的品位，喉头的提高或降低这两种方法都没有绝对的优势，具体采用哪种方法有必要根据歌唱者个人的脖子和喉头的生理结构特点来决定。

## 2. 舌头

舌头是一块较大肌肉，对于声道的形状和大小会产生重大影响。从下颌开始的是舌肌，舌肌是嵌入到舌骨的一对带有纤维的扇形肌肉，它与咽部边缘连接并嵌入到舌头。舌肌的中间纤维控制着舌头的伸出。舌头的舌骨肌能将舌头的两侧向下拉，并能与舌肌共同负责喉部的升降。任何僵硬的、提升的、推撞的舌肌抽动都会使喉头上升或向前移动。

舌头在歌唱时的确切位置要根据当时的需要而定，主要考虑元音和辅音的发音需要。歌唱者最重要的是保持舌头的放松，避免僵硬，舌尖应该呈圆形而非尖

<sup>①</sup> 陈实. 音乐艺术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.