

声压一分贝
 $L_p = 20 \log_{10} (\frac{P}{P_0})$
 $P_0 = 20 \mu Pa$ (dB)



音程: 二 三 六 七 多 大小,
 一 四 五 八 只 有 纯

纯五度 3:2
 纯四度 4:3

小六度 8:5
 小七度 9:5

增四减五 45:32

一维波动方程: $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ ($c = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$)

协和: 纯四 五 八 大 小 三 六
 不协和: 二 七 增 减

大六度 5:3
 大三度 5:4

大二度 9:8
 大七度 15:8

Mersenne定律: $f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\rho}}$

f_1, f_2, f_3, \dots ($f, 2f, 3f, \dots$)

C-X (无#b) 均为大/纯

小二度 6:5
 小三度 16:15

小六度 16:15

基频 第一泛音 ~ 第二 ~ 泛音列

三分损益 宫 81 $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ 徵 108 $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ 商 72 $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ 羽 96 $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ 角 64 ($\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ 变宫 $\frac{256}{9}$ $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ 变徵 $\frac{512}{9}$)

五度相生: C $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ G $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ D $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ A $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ E $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ B $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ F# $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ C# $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ G# $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ D# $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ A# $\xrightarrow{\frac{3}{2}}$ E#

(毕一音差) $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{3^2}{2^3}, \frac{3^3}{2^4}, \frac{3^4}{2^5}, \frac{3^5}{2^6}, \frac{3^6}{2^7}, \frac{3^7}{2^8}, \frac{3^8}{2^9}, \frac{3^9}{2^{10}}, \frac{3^{10}}{2^{11}}, \frac{3^{11}}{2^{12}}, \frac{3^{12}}{2^{13}}, \frac{3^{13}}{2^{14}}, \frac{3^{14}}{2^{15}}, \frac{3^{15}}{2^{16}}$

复调: 不同声部有各自的相对独立性, 按照对位法结合在一起

主调: 以一个声部为主要旋律声部, 其余声部相对缺少独立性, 对主要旋律声部起伴奏、烘托作用

平均律: 公比 $\sqrt[12]{2}$ 音分 $1200 \log_2 (\frac{f_2}{f_1})$

A = 440 Hz 音乐会音高

自然大调: 全 全 半 全 全 半 全 C D E F G A B

15个自然大调中有三对等音调:

自然小调: 全 半 全 全 半 全 全 A B C D E F G

B和bC, #F和bG, #C和bD

和声小调: 全 半 全 全 半 增半 A B C D E# F# G

大三和弦: 大三度 + 小三度 增: 大 + 大

旋律小调: 全 半 全 全 全 半 A B C D E# F# G

小三和弦: 小三度 + 大三度 减: 小 + 小

七和弦: 小小小 一 减 减 一 减

三音为低音 第一转位 "六和弦"

小小大 一 减小 一半 减

五音为低音 第一转位 "四六和弦"

小大小 一 小小 一 小

三音为低音 第一转位 "五六和弦"

小大大 一 小大

五音为低音 第一转位 "三四和弦"

大小小 一 大小 一 属

七音为低音 第三转位 "二和弦"

大小大 一 大大 一 大

标记: 罗马数字表示根音在调式音阶中的级数.

大大小 一 增大

根音 → 三音为大三度为 大写, 小三度小写.

严格移调: 每个音级升/降相同半音数

上标 ° 减三 + 增三, ° 减七 半 减七

调性移调: 适当调整使各音级仍在调式音阶中

M 大七/小大七 + 增大七, 属七、小七不加

移调变换: $T_n(x) = x + n$

下标 6 六和弦, 4 四六和弦.

倒影: 上下颠倒, 逆行: 左右互换.

(-) (二)

倒影: I: $x \mapsto -x \pmod{12}$

原位. 6, 4, 2 → 五六, 三四, 二

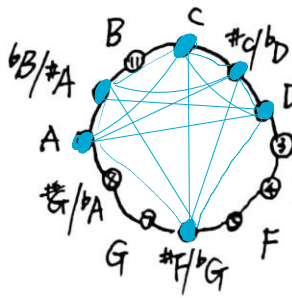
移调+倒影: $T^k \circ I: x \mapsto k - x \pmod{12}$

(-) (二) (三)

主(I), 下属(IV), 属(V)

P_n 移调音列, I_n 倒影音列, R_n 逆行音列, $R I_n$ 逆行倒影音列.

音类集合 - PC集 n -元PC集 $\rightarrow n$ -和弦, 音类圆周中一个内接 n -边形



- $I: x \mapsto -x \pmod{12}$, 关于 $G-\#F/bG$ 对称
- X, Y 之间距离: 从 X 出发到达 Y 所经过的最少音类数。
例 C, E 间距离为 4, bB, E 距离为 6. $1 \leq d \leq 6$
- n -元PC集的 C_n^2 对顶点相连构成边和对角线.
- 距离向量 $\delta = (d_1, d_2, \dots, d_6)$ (d_i 为距离为 i 的顶点对数目)
- 若 $\delta = (1, 1, 1, 1, 1, 1)$, 则 n -和弦为全音程和弦
- 自然大调音阶 $\delta = (2, 5, 4, 3, 6, 1)$
- 五度圆周上每一个半圆弧都对应一个自然大调音阶, 其主音是这个半圆弧上顺时针方向第二项

* 根音相同的大三和弦和小三和弦称为互相平行的大小三和弦

* C 与 $a/\#F$ 与 $\#d$ 类似 (关系大小调) 称为关系三和弦.

* P, R, L 依次作用形成循环, 进而构成音网.

如 $C \xrightarrow{P} C \xrightarrow{R} bE \xrightarrow{L} g \xrightarrow{P} G \xrightarrow{R} e \xrightarrow{L} C$
这六个三和弦包含唯一共同音类 G , 将其作为六边形的标号.

• 黎曼变换: 平行变换 P : 任意三和弦变为与之平行的三和弦.
关系变换 R : 任意三和弦变为其关系三和弦.

导音交换 L : 大三和弦根音降半音, 小三和弦冠音升半音.

• 节奏奇性: 节奏型的圆周表示中, 每个起拍对应的点与其对径点连接, 如果其不包括对径的起拍时, 则为节奏奇性.

• 类似PC集中的距离向量, 定义相邻起拍点之间距离构成的序列称为该节奏的距离序列.

• 轮廓: 例若距离序列为 $[3, 3, 4, 2, 4]$, 轮廓为 $[0, +, -, +, -]$

• 影子: 其影子序列为 $[3, 3.5, 3, 3, 3.5]$ (本项与后一项的平均值).

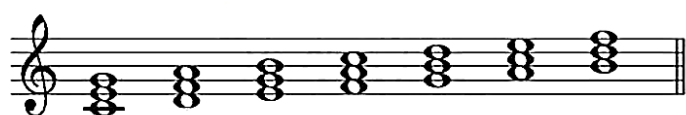
| 类型 根音 | M 大三和弦 | m 小三和弦 | 7 属七和弦 (大+7) | m7 小七和弦 (小+7) | dim7 减七和弦 (减+7) | M7 大七和弦 (大+7) | dim 减三和弦 | m7-5 半减七和弦 (减+7) | aug 增三和弦 | mM7 小大七和弦 | 7-5 增七和弦 |
|----------|-----------|-----------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-------------|---------------------|-------------|--------------|-------------|
| C | | | | | | | | | | | |
| C#/(Db) | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | |
| (D#)/Eb | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | |
| F#/(Gb) | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | |
| (G#)/Ab | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | |
| (A#)/Bb | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | |

| 主音 | 升号数目 | 升号音级 | 主音 | 降号数目 | 降号音级 |
|------------|------|--|-----------|------|---|
| C | 0 | | C | 0 | |
| G | 1 | $\sharp F$ | F | 1 | $\flat B$ |
| D | 2 | $\sharp F, \sharp C$ | $\flat B$ | 2 | $\flat B, \flat E$ |
| A | 3 | $\sharp F, \sharp C, \sharp G$ | $\flat E$ | 3 | $\flat B, \flat E, \flat A$ |
| E | 4 | $\sharp F, \sharp C, \sharp G, \sharp D$ | $\flat A$ | 4 | $\flat B, \flat E, \flat A, \flat D$ |
| B | 5 | $\sharp F, \sharp C, \sharp G, \sharp D, \sharp A$ | $\flat D$ | 5 | $\flat B, \flat E, \flat A, \flat D, \flat G$ |
| $\sharp F$ | 6 | $\sharp F, \sharp C, \sharp G, \sharp D, \sharp A, \sharp E$ | $\flat G$ | 6 | $\flat B, \flat E, \flat A, \flat D, \flat G, \flat C$ |
| $\sharp C$ | 7 | $\sharp F, \sharp C, \sharp G, \sharp D, \sharp A, \sharp E, \sharp B$ | $\flat C$ | 7 | $\flat B, \flat E, \flat A, \flat D, \flat G, \flat C, \flat F$ |

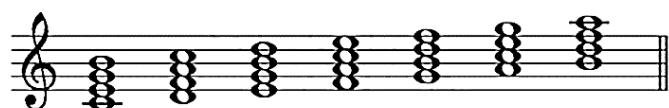


| 大调 | 平行小调 | 关系小调 | 大调 | 平行小调 | 关系小调 |
|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| C | c | a | F | f | d |
| G | g | e | $\flat B$ | $\flat b$ | g |
| D | d | b | $\flat E$ | $\flat e$ | c |
| A | a | $\sharp f$ | $\flat A$ | $\flat a$ | f |
| E | e | $\sharp c$ | $\flat D$ | $\flat d$ | $\flat b$ |
| B | b | $\sharp g$ | $\flat G$ | $\flat g$ | $\flat e$ |
| $\sharp F$ | $\sharp f$ | $\sharp d$ | $\flat C$ | $\flat c$ | $\flat a$ |
| $\sharp C$ | $\sharp c$ | $\sharp a$ | | | |

| 三度结构 | 命名结构 | 名称 | 简称 |
|--------------|-------|-------|-------|
| 小三 + 小三 + 小三 | 减三、减七 | 减减七和弦 | 减七和弦 |
| 小三 + 小三 + 大三 | 减三、小七 | 减小七和弦 | 半减七和弦 |
| 小三 + 大三 + 小三 | 小三、小七 | 小小七和弦 | 小七和弦 |
| 小三 + 大三 + 大三 | 小三、大七 | 小大七和弦 | |
| 大三 + 小三 + 小三 | 大三、小七 | 大小七和弦 | 属七和弦 |
| 大三 + 小三 + 大三 | 大三、大七 | 大大七和弦 | 大七和弦 |
| 大三 + 大三 + 小三 | 增三、大七 | 增大七和弦 | |



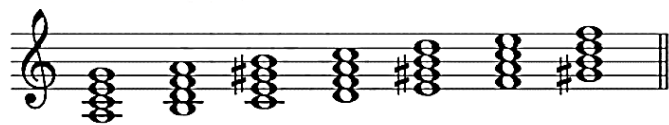
I ii iii IV V vi



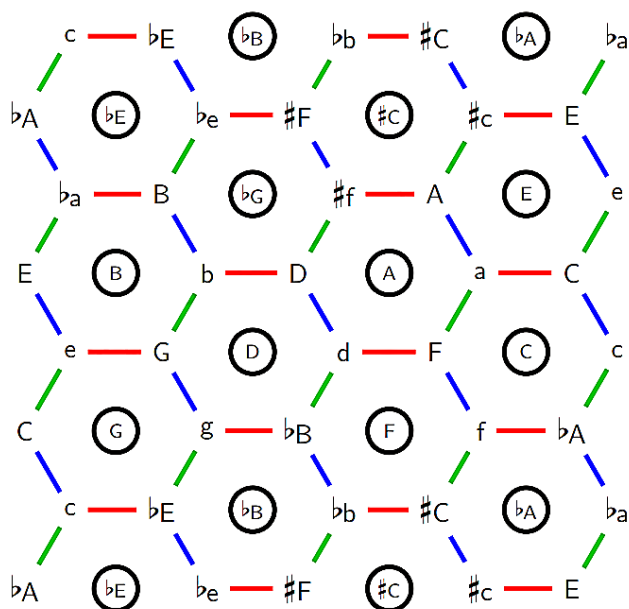
I₇ ii₇ iii₇ IV₇ V₇ vi₇

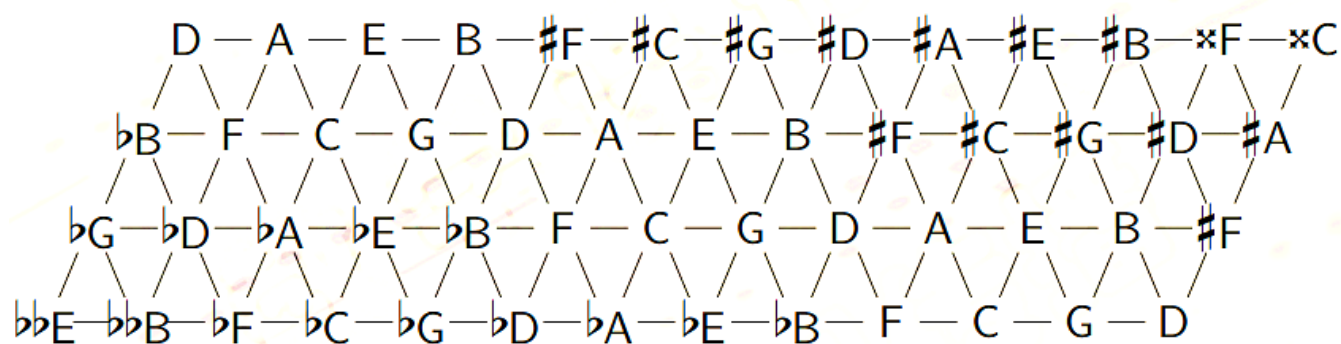


i ii° III⁺ iv V VI

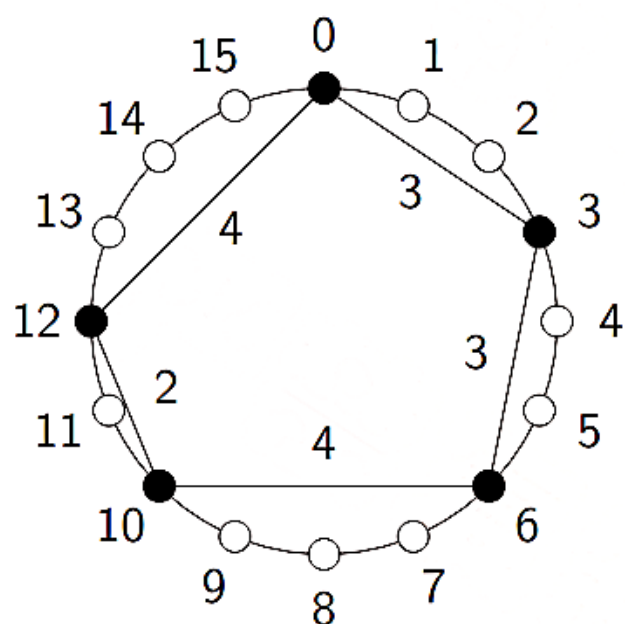
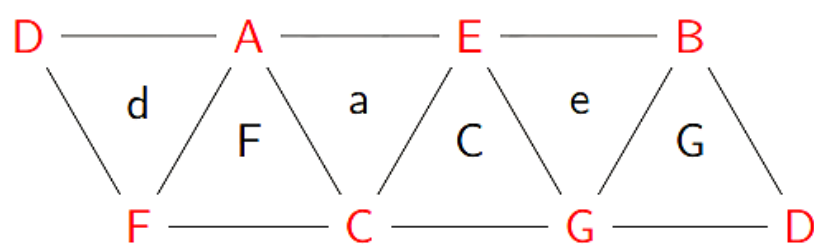


i₇ ii₇[°] III₇⁺ iv₇ V₇ VI₇

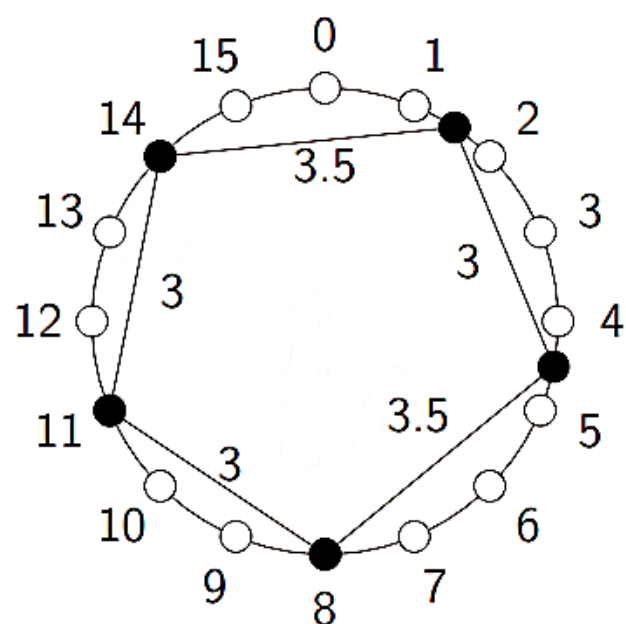




C 大调音阶 $\mathcal{C} = \{ C, D, E, F, G, A, B \}$



Son: [3, 3, 4, 2, 4]



影子节奏: [3, 3.5, 3, 3, 3.5]