

# 第七章 矢量量化技术

## (vector quantization VQ)

---

§ 7.1 概述

§ 7.2 矢量量化的基本原理

§ 7.3 矢量量化的失真测度

§ 7.4 矢量量化的最佳码本设计



## § 7.1 概述

---

一、矢量量化的应用

二、标量量化和矢量量化的区别



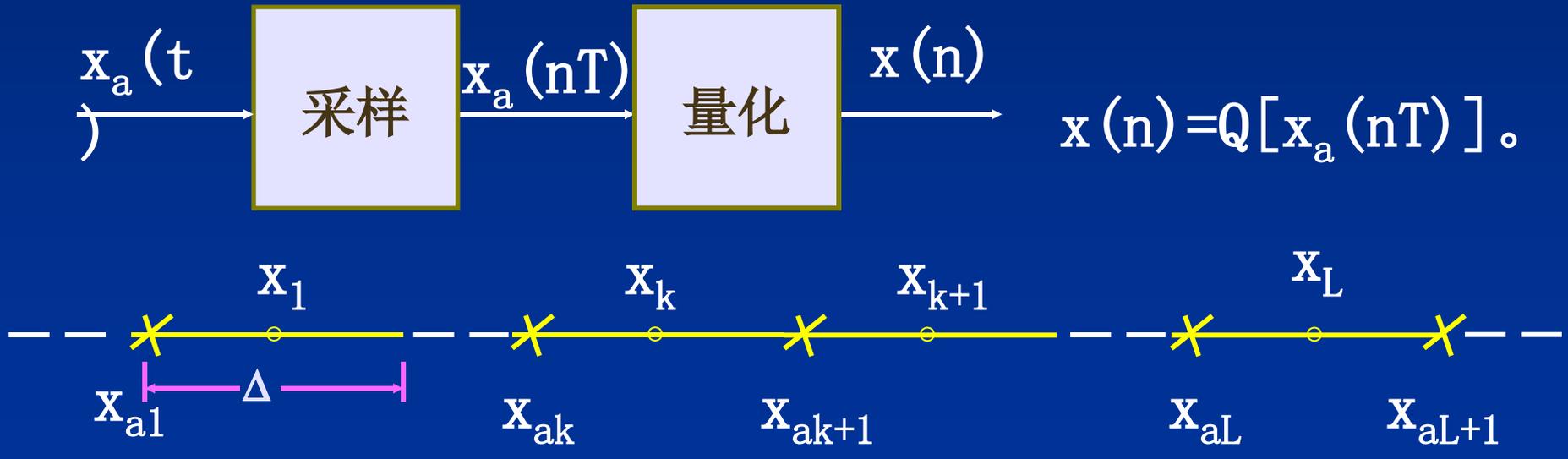
## 一、矢量量化的应用

矢量量化技术是一种数据压缩和编码技术，矢量量化压缩技术的应用领域非常广阔，如军事部门和气象部门的卫星(或航天飞机)遥感照片的压缩编码和实时传播、雷达图像和军用地图的存储与传播、数字电视和DVD的视频压缩、医学图像的压缩与存储、网络化测试数据的压缩和传播、语音编码、图像辨认和语音辨认等等。

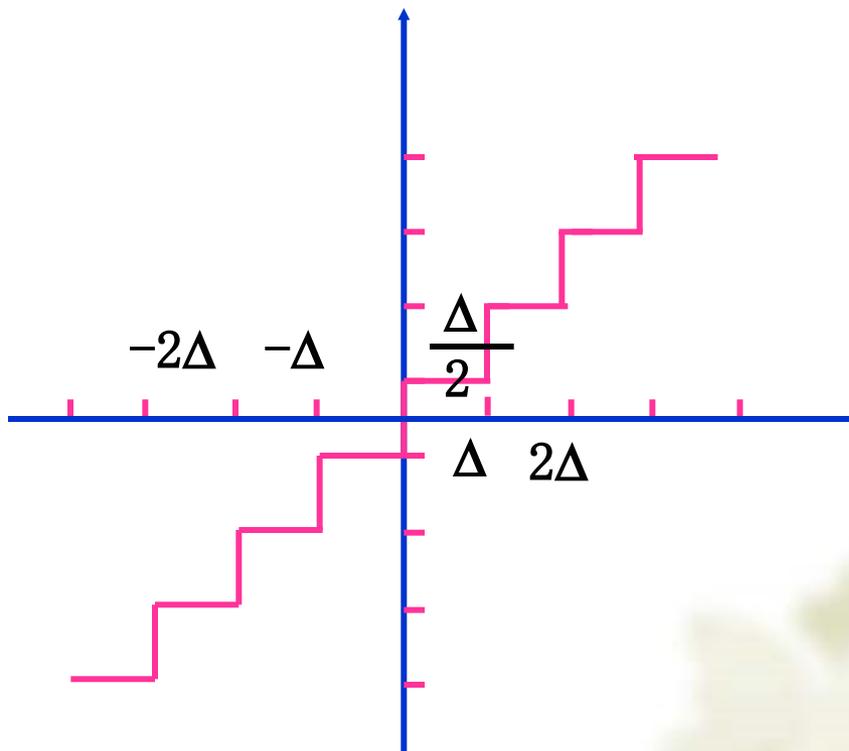
## 二、标量量化和矢量量化的区别

### 1. 标量量化:

整个动态范围被提成若干个小区间，每个小区间有一种代表值，量化时落入小区间的信号值就用这个代表值替代，或者叫被量化为这个代表值。这时的信号量是一维的，所以称为标量量化。



1-dimensional VQ is shown below:

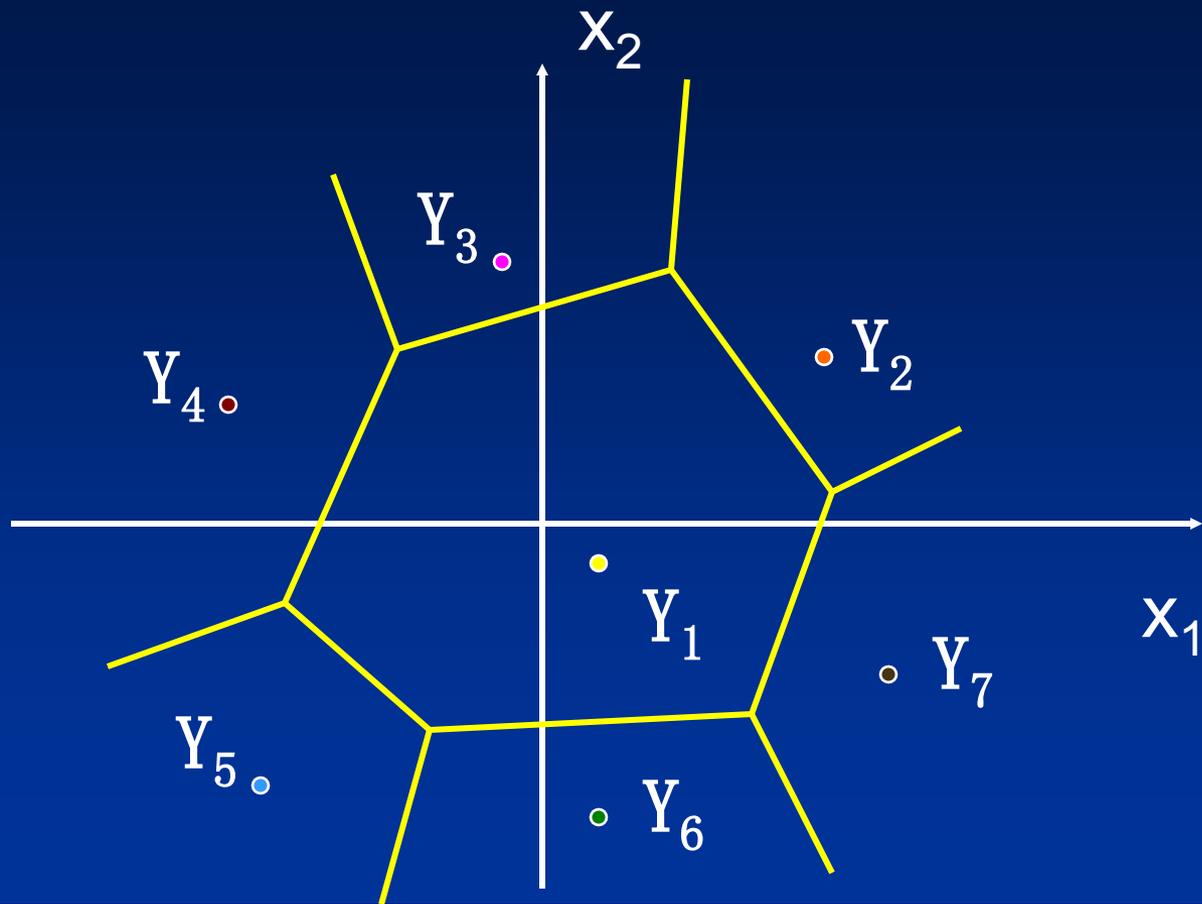


标量量化

## 2. 矢量量化:

若干个标量数据构成一种矢量，矢量量化是对矢量进行量化，和标量量化一样，它把矢量空间提成若干个小区域，每个小区域寻找一种代表矢量，量化时落入小区域的矢量就用这个代表矢量替代，或者叫着被量化为这个代表矢量。例如，全部可能的二维矢量就构成了一种平面，将平面提成7个小区域。





$$Y_i (x_{1i}, x_{2i})$$

### 3、举例阐明标量量化与矢量量化的区别

假设声道滤波器传播函数用4个系数来描述，而且，又假设声道只能为4个可能的形状之一。这意味着只存在4组可能的声道滤波器传播函数。

目前考虑对每一种滤波器系数单独进行标量量化，需要2bit，每一分析帧需要8个比特来进行编码。

假如我们懂得只有4种可能的声道形状，与4个可能的声道滤波器系数构成的矢量相对应，若某一种滤波器系数懂得了，其他系数就懂得了，也就是矢量中的标量值之间是高度有关的，在这种情况下，一种分析帧，只需要一种2bits对4个滤波器系数进行编码，这么降低了所需的比特数。矢量量化就是利用数据之间的有关性来降低所需的比特率。

## § 4.2 矢量量化的基本原理

---

- 一、矢量量化的基本原理
- 二、矢量量化在语音通信中的应用
- 三、矢量量化在语音辨认中的应用
- 四、矢量量化的关键之处



# 一、矢量量化的基本原理

## 1. 基础知识

若干个标量数据构成一种矢量，标量的个数就为矢量的维数。如语音信号某一帧中提取的声道参数，共P个， $X_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{iP}\}$ 。则 $X_i$ 是一种P维矢量。设共有N个P维矢量 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$ ，其中第i个矢量为 $X_i$ ， $i=1, 2, \dots, N$ 。类比过来，N个语音帧，每帧中共有P个声道参数，共构成N个P维矢量。

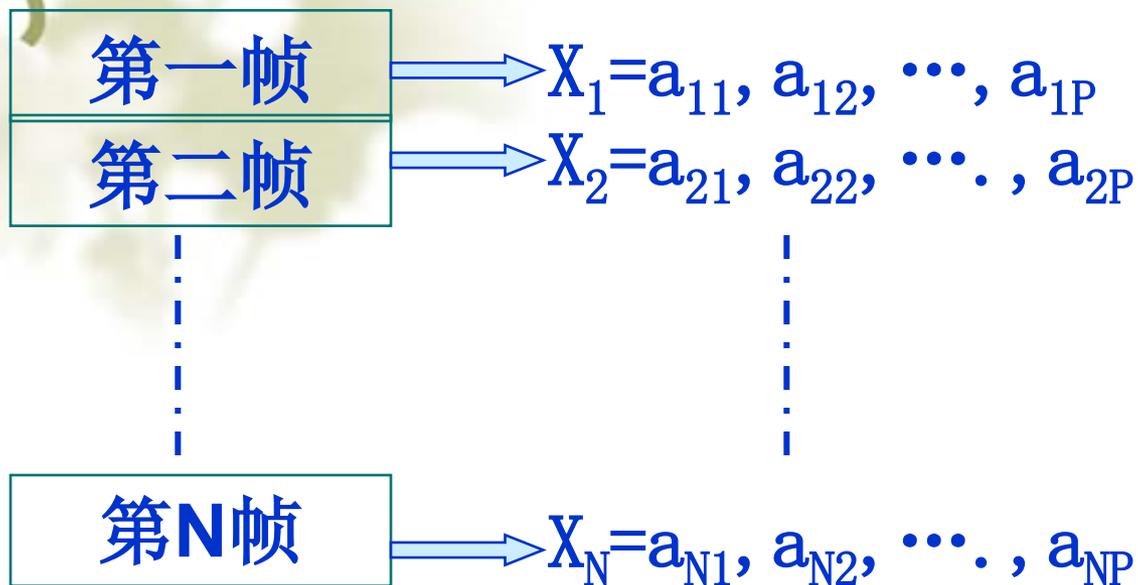
$a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1K}$

第1帧

-----

$a_{N1}, a_{N2}, \dots, a_{NK}$

第N帧



**N个矢量，每个矢量的维数为P**

将一种**P**维随机矢量映射成另一种离散取值的实**P**维矢量的过程。

$$q(X) = Y$$

## 2. 矢量空间的划分

全部 $P$ 维矢量构成了一种空间为 $R^P$ ，无漏掉地划分成 $J$ 个互不相交的子空间 $R_1, R_2 \cdots R_J$ ，将 $R_j$ 称为胞腔。在每一种子空间 $R_j$ 找一代表矢量 $Y_j$ ，则 $J$ 个代表矢量能够构成矢量集为：

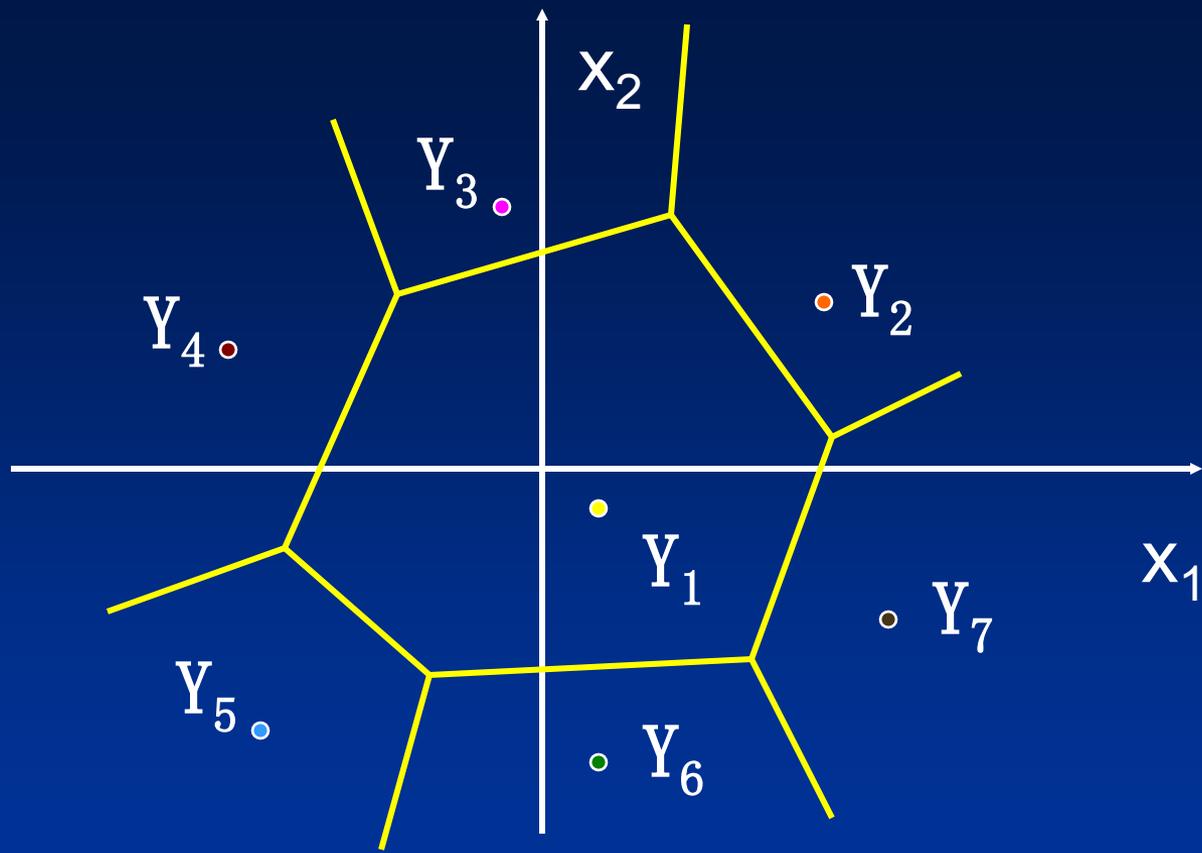
$Y = \{Y_1, Y_2, \cdots, Y_J\}$  构成了一种矢量量化器， $Y$ 叫着码本， $J$ 称为码本长度， $Y_j$ 称为码字，有：

$$Y_j = \{y_{j1}, y_{j2}, \cdots, y_{jP}\}, \quad j=1, 2, \cdots, J。$$

## 举例

以 $P=2$ 为例来阐明。当 $P=2$ 时，所得到的是二维矢量。全部可能的二维矢量就构成了一种平面。第 $i$ 个二维矢量记为： $X_i = \{x_{i1}, x_{i2}\}$ 。先把这个平面划分成 $J$ 块互不相交的子区域，从每个子区域中找出一种代表矢量。如 $J=7$ 。





码本  $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_J\}$

码本长度  $J=7$

码字  $Y_j = \{x_{j1}, x_{j2}\}, j=1, 2, \dots, J$

## ✓ 矢量量化器定义:

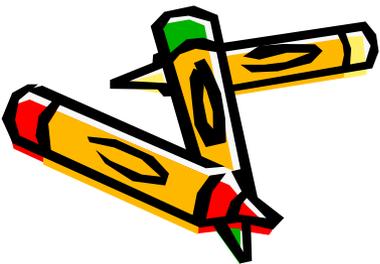
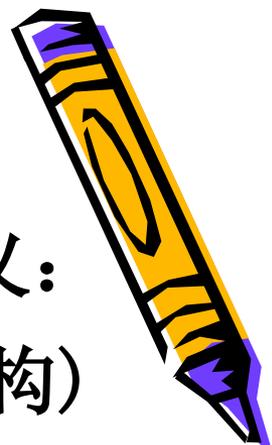
维数为 $P$ ，码本长度为 $J$ 的矢量量化器 $Q$ 定义：  
为从 $P$ 维欧几里德空间 $R^P$ 到一包括 $J$ 个输出（重构）点的有限集合 $C$ 的映射，

$$Q: R^P \rightarrow C, \text{ 其中 } C = \{y_1, y_2, \dots, y_J\}$$

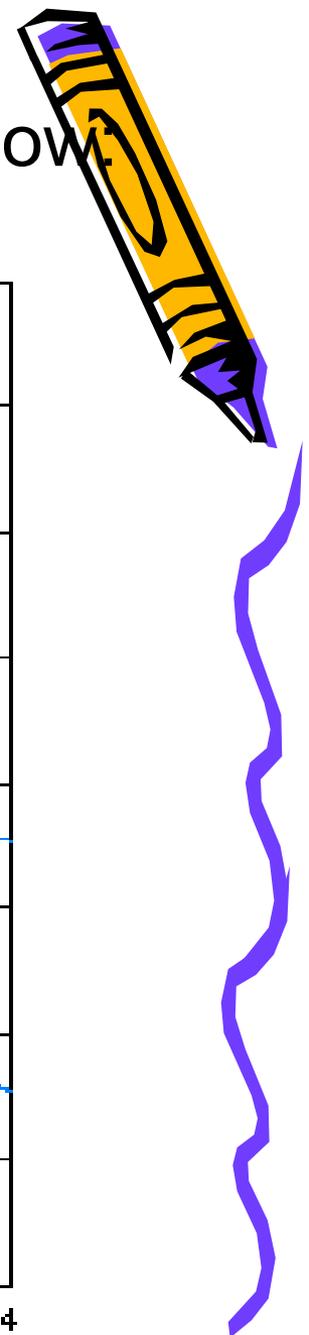
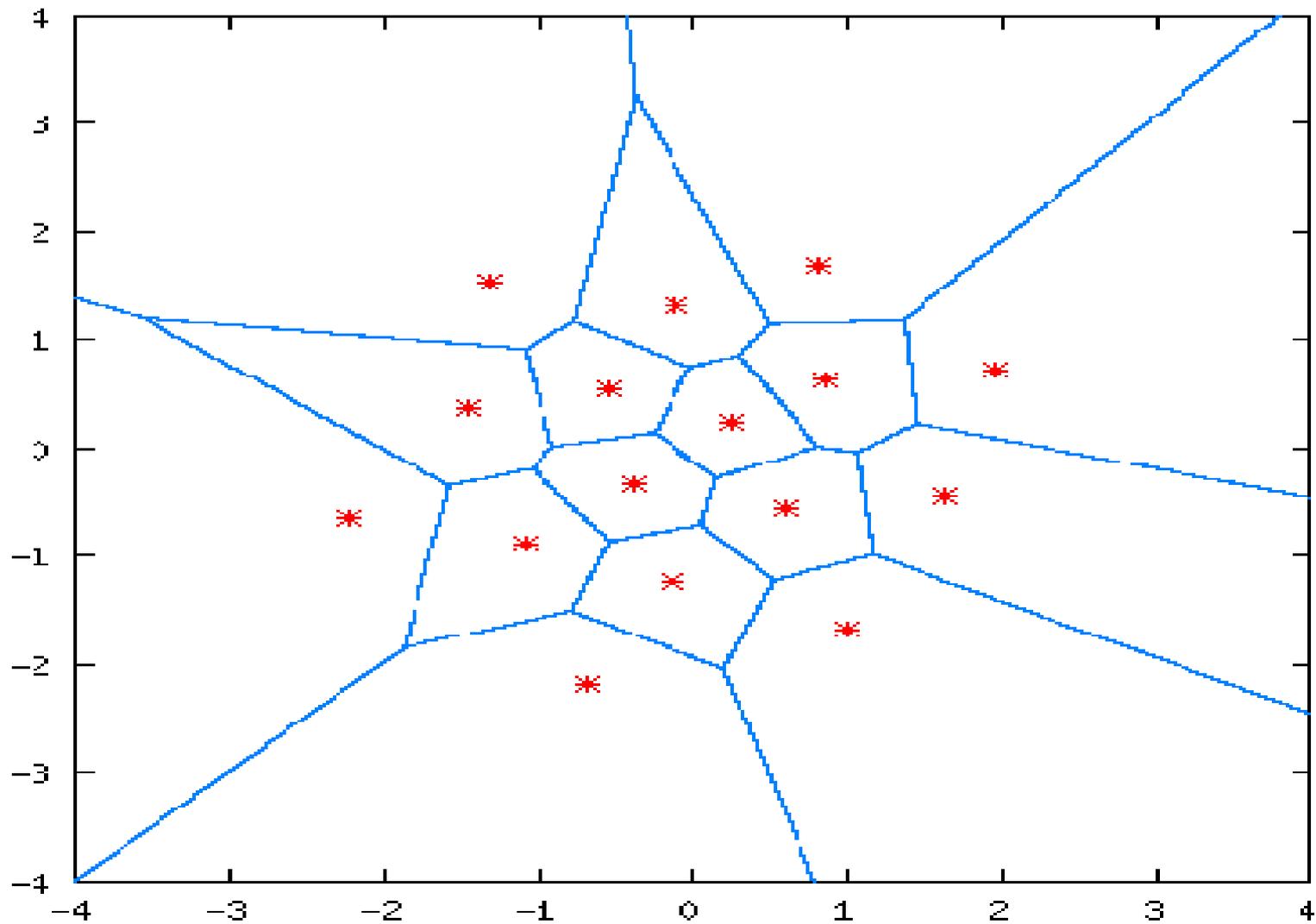
$$y_i \in R^P, i = 1, \dots, J$$

集合 $C$ 称作**码本或码书**，码本长度为 $J$ 。

码本的 $J$ 个元素称作**码字**或**码矢量**，它们均为 $R^P$ 中的矢量， $P$ 维矢量。



An example of a 2-dimensional VQ is shown below.



### 3. 矢量量化的过程

当给矢量量化器输入一种任意矢量 $X_i$ 进行矢量量化时，矢量量化器首先判断它属于那个子空间，然后输出该子空间的代表矢量 $Y_j$ 。矢量量化过程就是用 $Y_j$ 替代 $X_i$ 的过程。

$$Y_j = Q(X_i) \quad 1 \leq j \leq J \quad 1 \leq i \leq N$$



## 4. 判断规则

当给矢量量化器输入一种任意矢量 $X_i$ 进行矢量量化时，矢量量化器首先判断它属于那个子空间，怎样判断就是要根据一定的规则，选择一种合适的失真测度，分别计算每个码字替代 $X_i$ 所带来的失真，当拟定产生最小失真的那个码字 $Y_j$ 时，就将 $X_i$ 量化成 $Y_j$ ， $Y_j$ 就是 $X_i$ 的重构矢量（和恢复矢量）。

$$X_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{iP}\}$$

$$Y_1 = \{y_{11}, y_{12}, \dots, y_{1P}\}$$

$$Y_2 = \{y_{21}, y_{22}, \dots, y_{2P}\}$$

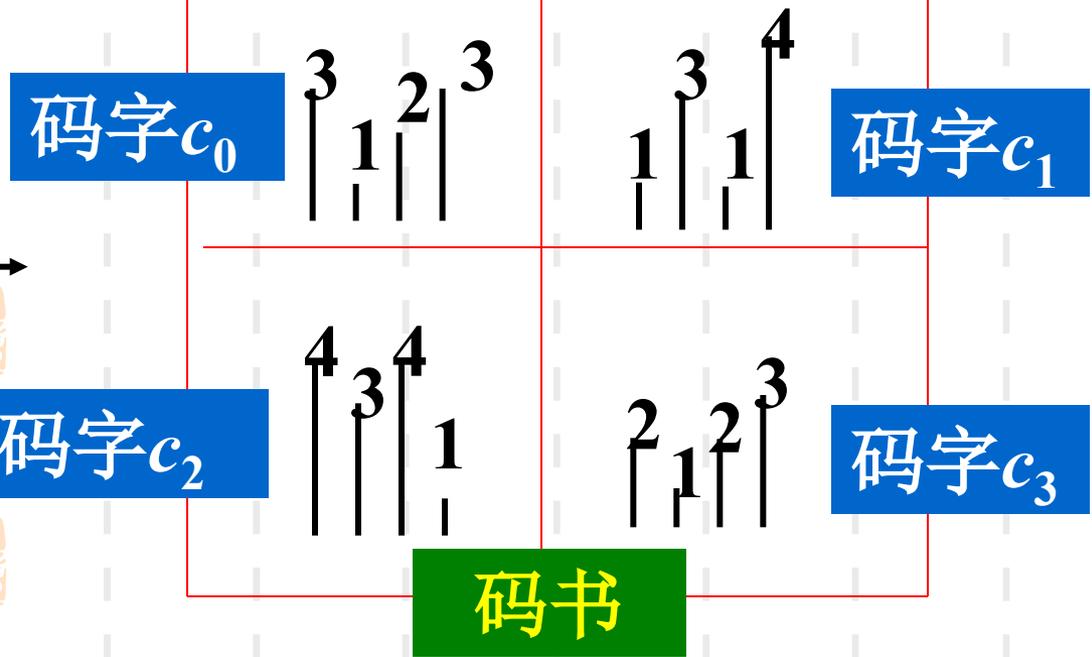
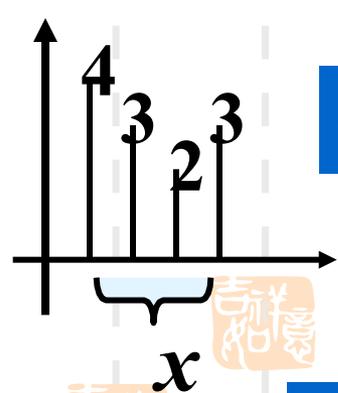
$$Y_J = \{y_{J1}, y_{J2}, \dots, y_{JP}\}$$

计算失真

矢量量化器  
(码本)

$Y_2$

最小失真



- $d(x, c_0) = 5$
- $d(x, c_1) = 11$
- $d(x, c_2) = 8$
- $d(x, c_3) = 8$

$$d(X, C) = \sum_{i=1}^4 (x_i - c_i)^2$$

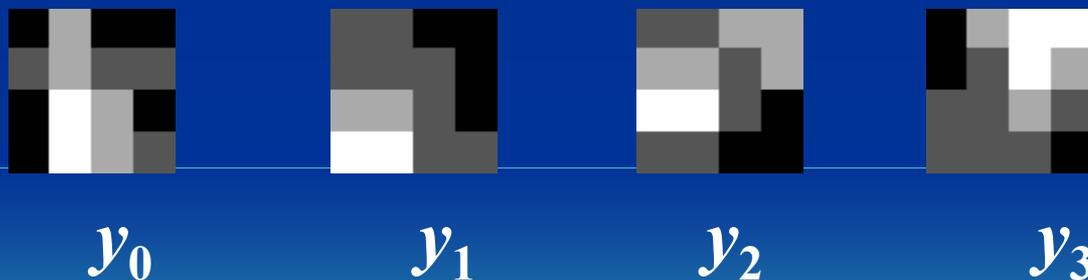


✓ 图像编码例子:

原图象块 (4灰度级, 矢量维数  $k=4\times 4=16$ )



码书  $C = \{y_0, y_1, y_2, y_3\}$



$$d(x, y_0) = 25$$

$$d(x, y_1) = 5$$

$$d(x, y_2) = 25$$

$$d(x, y_3) = 46$$

码字  $y_1$  最接近输入矢量图象块  $x$ , 故用索引“01”编码

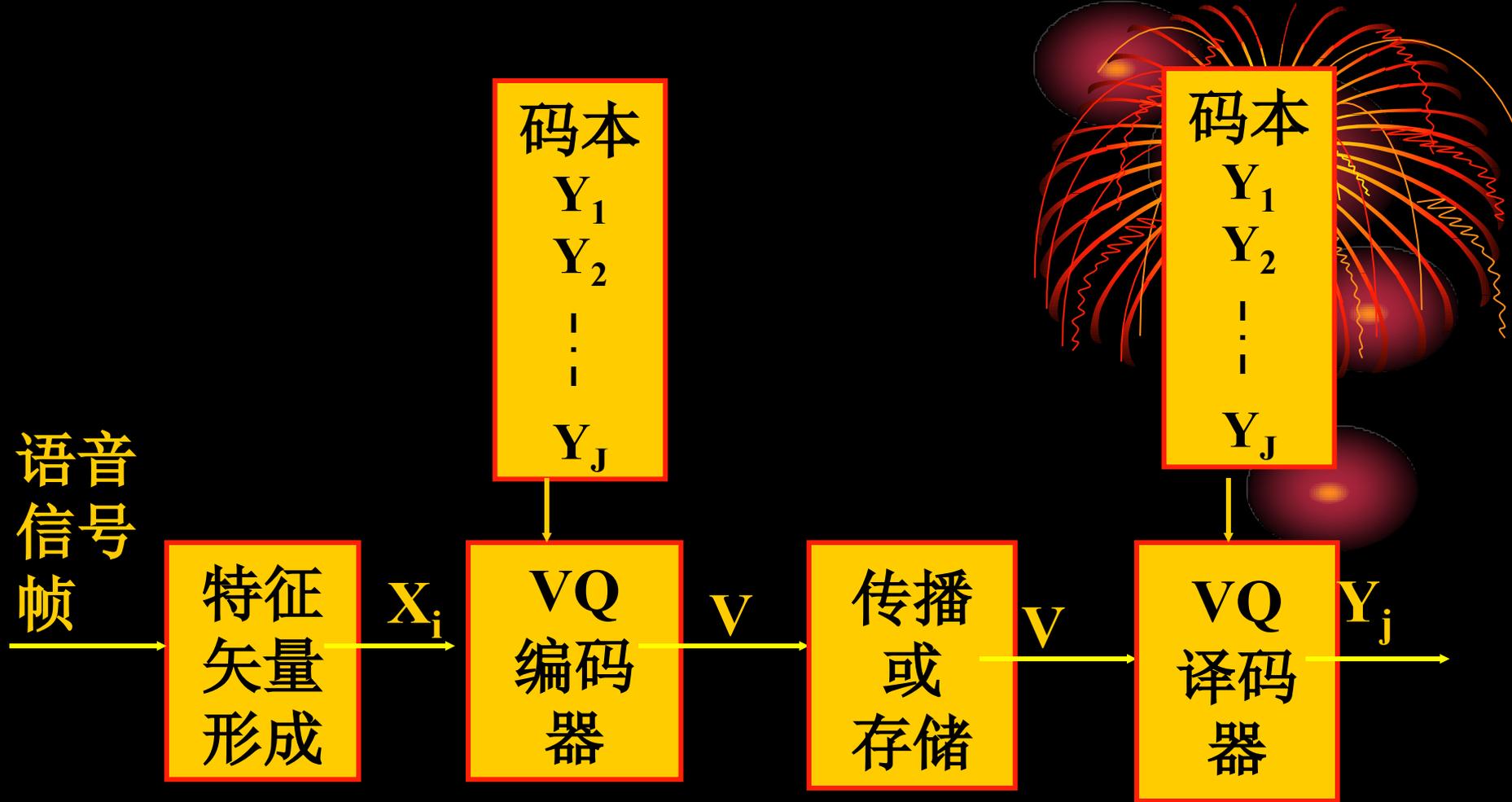
# 标量量化和矢量量化比较

- ✓ 标量量化是维数为1的矢量量化。一般矢量量化均指不小于1的多维量化。
- ✓ 一种 $P$ 维最佳矢量量化器的性能总是优于 $P$ 个最佳标量量化器。
- ✓ 在相同的编码速率下，矢量量化的失真明显比标量量化的失真小；而在相同的失真条件下，矢量量化所需的码速率比标量量化所需的码速率低得多。
- ✓ 因为矢量量化的复杂度随矢量维数成指数形式增长，故矢量量化的复杂度比标量量化的复杂度高。



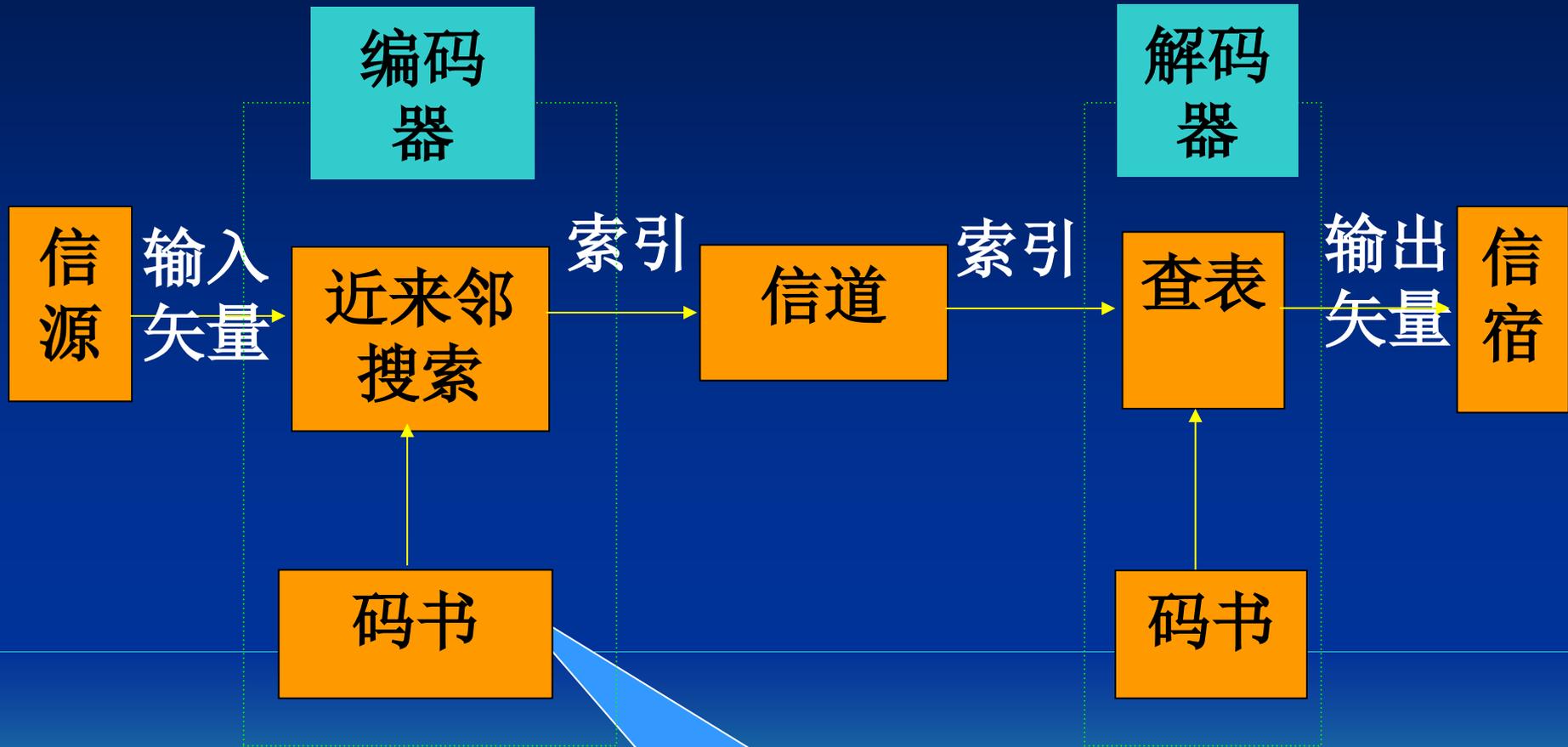
## 二、矢量量化在语音通信中的应用

通信系统中有两个完全相同的码本，一种在编码器（发送端），另一种在解码器（接受端）。每个码本包括 $J$ 个码字 $Y_j$ ，每个码字是一种 $P$ 维矢量。VQ编码器的运营原理是根据输入矢量 $X_i$ 从编码器码本中选择一种与之失真误差最小的码字 $Y_j$ ，其输出的 $V$ 就是该码字的下标， $V$ 是一种数字，因而能够经过任何数字信道传播或任何数字存储器来存储。如在编码速率为2.4kbit/s的LPC声码器中，将每帧的10个预测系数加以10维的矢量量化，编码速率降低到800bit/s，而语音质量没有下降。



## 矢量量化在语音通信中的应用

# ✓ 矢量量化编码与解码构造图:



用LBG(GLA)算法生成

# N个特征矢量

wēn

$\{X_1, X_2, \dots, X_N\}$

$\{2, 4, \dots, 1\}$

语  
码本

文  
码本

$\{Y_1, Y_2, \dots, Y_J\}$

模板库

音  
码本

学  
码本

### 三、矢量量化在语音辨认中的应用

先对系统中的每个字，做一种码本作为该字的参照（原则）模板，共有M个字，故共有M个码本，构成一种模板库。

辨认时，对于任意输入的语音特征矢量序列  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$ ，计算该序列中每一种特征矢量对模板库中的每个码本的总平均失真量误差，找出最小的失真误差相应的码本（代表一种字），将相应的字输出作为辨认的成果。

每一种字做一  
种码本，共M个字

码本

$Y_1$

$Y_2$

⋮

$Y_M$

模板库

任意  
语音

特征矢量  
序列形成

$X$

计算  
失真误差  
判决

输出成果 $Y_i$

特征矢量序列

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$$

模板库

$$Y_1, Y_2, \dots, Y_M$$

wēn {X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ..., X<sub>N</sub>}

语  
码本

文  
码本

{Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, ..., Y<sub>N</sub>}

音  
码本

学  
码本

模板库

## 四、矢量量化的关键之处

1. 首先设计一种好码本。关键在于怎样划分J个区域边界。这需要大量的输入信号矢量，经过统计试验才干拟定，这个过程称为“训练”或“学习”。

应用聚类算法，按照一定的失真度准则（失真测度），对训练的数据进行分类，从而把训练数据在多维空间中划分成一种以码字为中心的胞腔，常用的是LBG算法来实现。

2. 未知矢量的量化。按照选定的失真度准则（失真测度），把未知矢量，量化为失真度最小的码字。

失真测度就是两矢量之间的距离。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/758013037010006132>