

# 通信原理

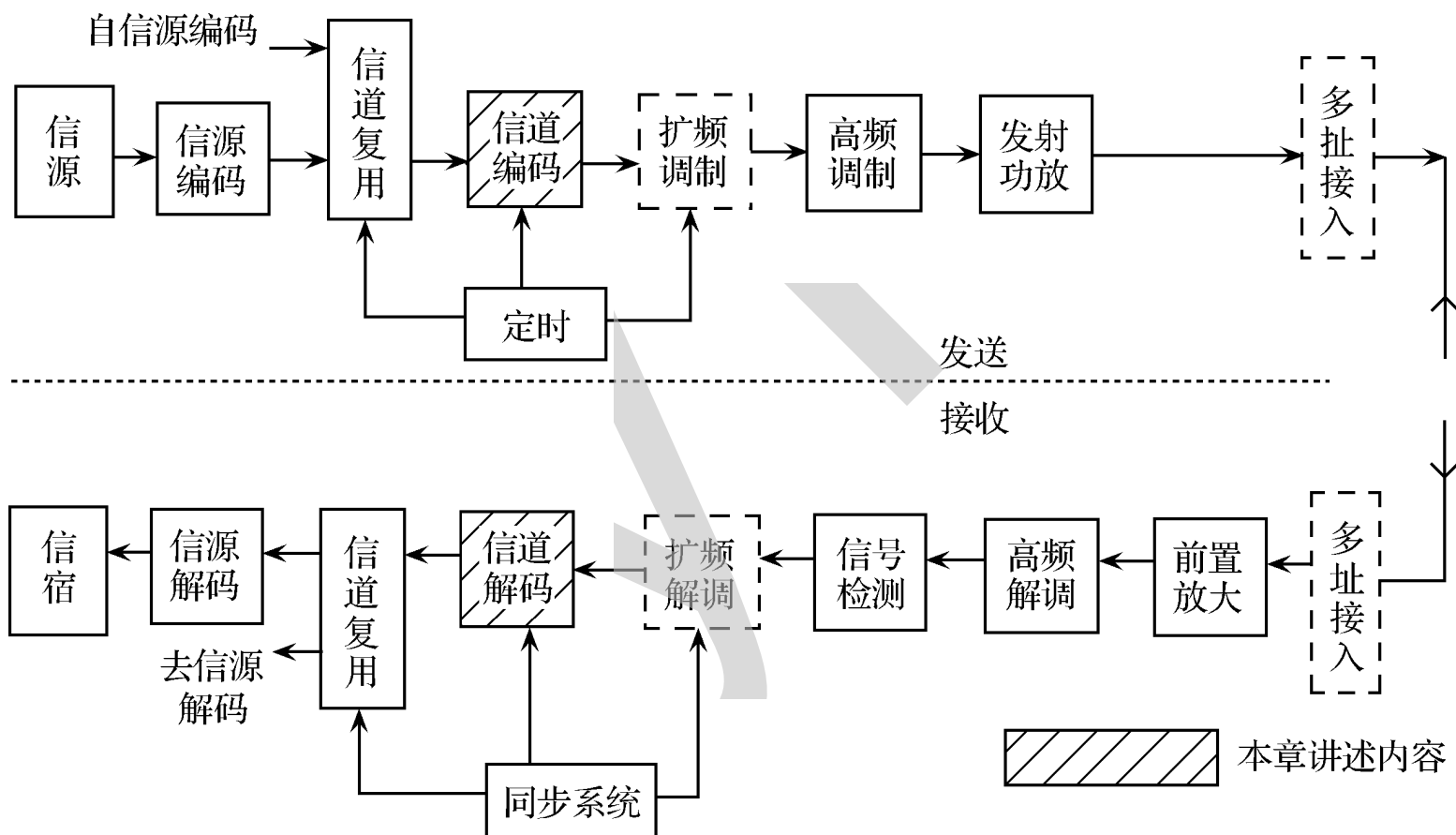
## 第11章 差错控制编码

(信道编码)

——概念简述

# 什么是信道编码？

- 信道编码是为了提高通信可靠性而发展起来的一种差错控制技术，通过在码流中加入校验位（冗余码位），使接收端可以实现对码流的检错与纠错。



# 传输的问题——差错控制技术

## ◆ ARQ（自动请求重发）

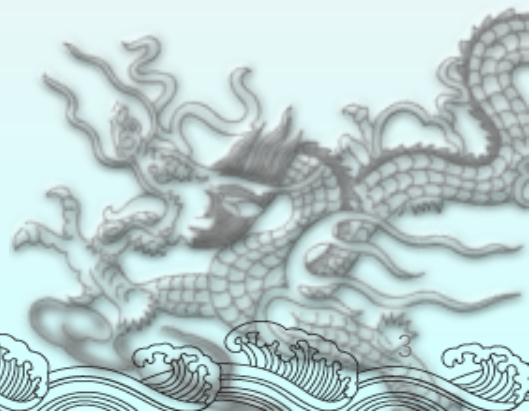
- ◆ 要求信道编码具有检错功能——检错码
- ◆ 适用于非实时数据传输系统
- ◆ 需双向信道

## ◆ FEC（前向纠错）

- ◆ 要求信道编码具有纠错功能——纠错码
- ◆ 适用于实时通信系统中
- ◆ 只需单向信道

## ◆ 反馈校验

- ◆ 无需信道编码
- ◆ 双向信道，传输效率低



## ◆ 信道分类：

◆ 随机信道：错码的出现是随机的  
——纠随机错误码

◆ 突发信道：错码是成串集中出现的  
——纠突发错误码、交织

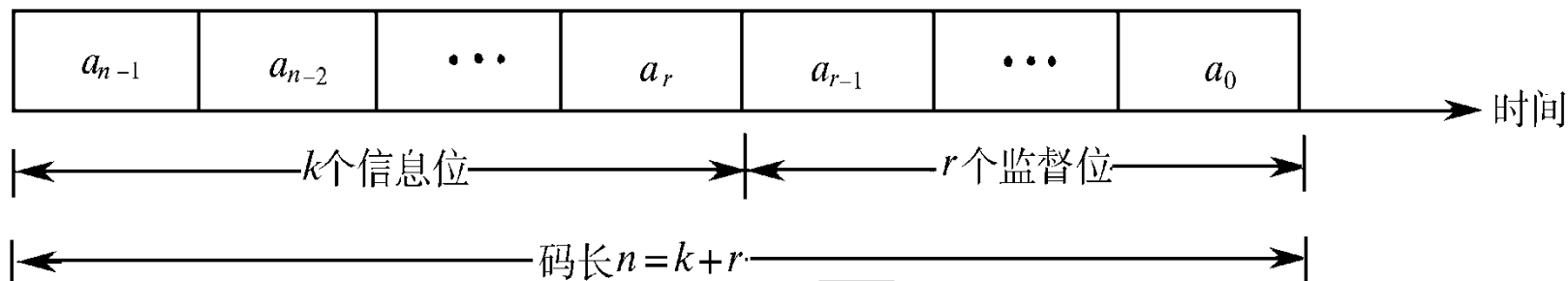
◆ 混合信道：既存在随机错码又存在突发错码



# 差错控制编码——概念

◆ 差错控制编码：多为纠错码

◆ 以 $(n, k)$ 分组码为例

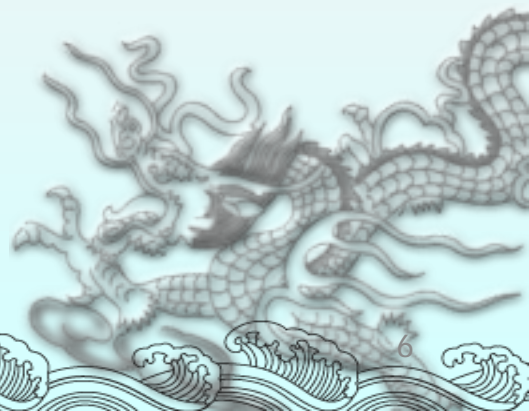


◆ **编码效率(简称码率)**：设编码序列中信息码元数量为 $k$ ，总码元数量为 $n$ ，则比值 $k/n$ 就是码率。

◆ 理论上，差错控制以降低信息传输速率为代价换取提高传输可靠性。

# 分组码的码重和码距

- ◆ **码重**：码组中“1”的个数。
- ◆ **码距**：把两个码组中对应位上数字不同的位数称为码组的距离，简称**码距**。码距又称**汉明距离**。
- ◆ **最小码距**：某种编码中各个码组之间距离的最小值称为**最小码距**( $d_0$ )。





# 信道编码的检 纠错能力

- ◆ 检错能力  $l$ , 则

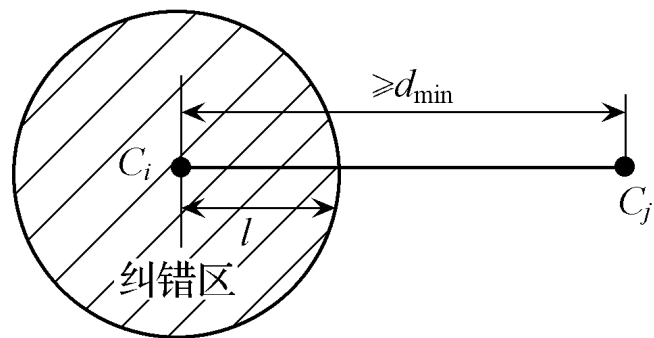
$$d_{\min} \geq l + 1$$

- ◆ 纠错能力  $t$ , 则

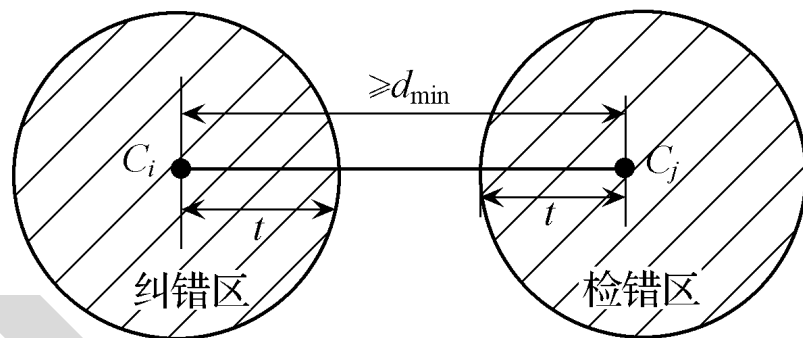
$$d_{\min} \geq 2t + 1$$

- ◆ 检错  $l$  并纠错  $t$ , 则

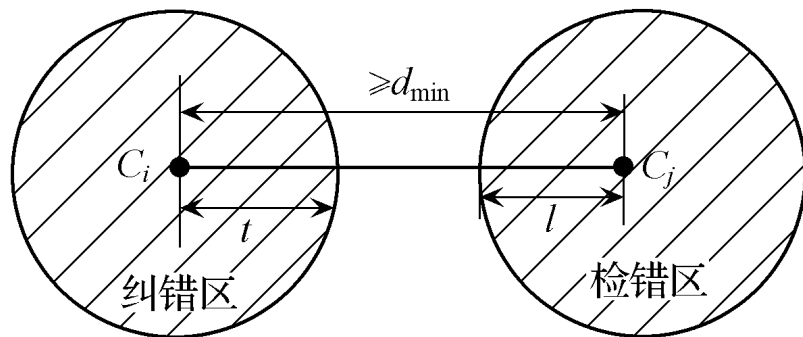
$$d_{\min} \geq l + t + 1$$



(a) 检  $l$  个错



(b) 纠  $t$  个错



(c) 检  $l$  个错、纠  $t$  个错

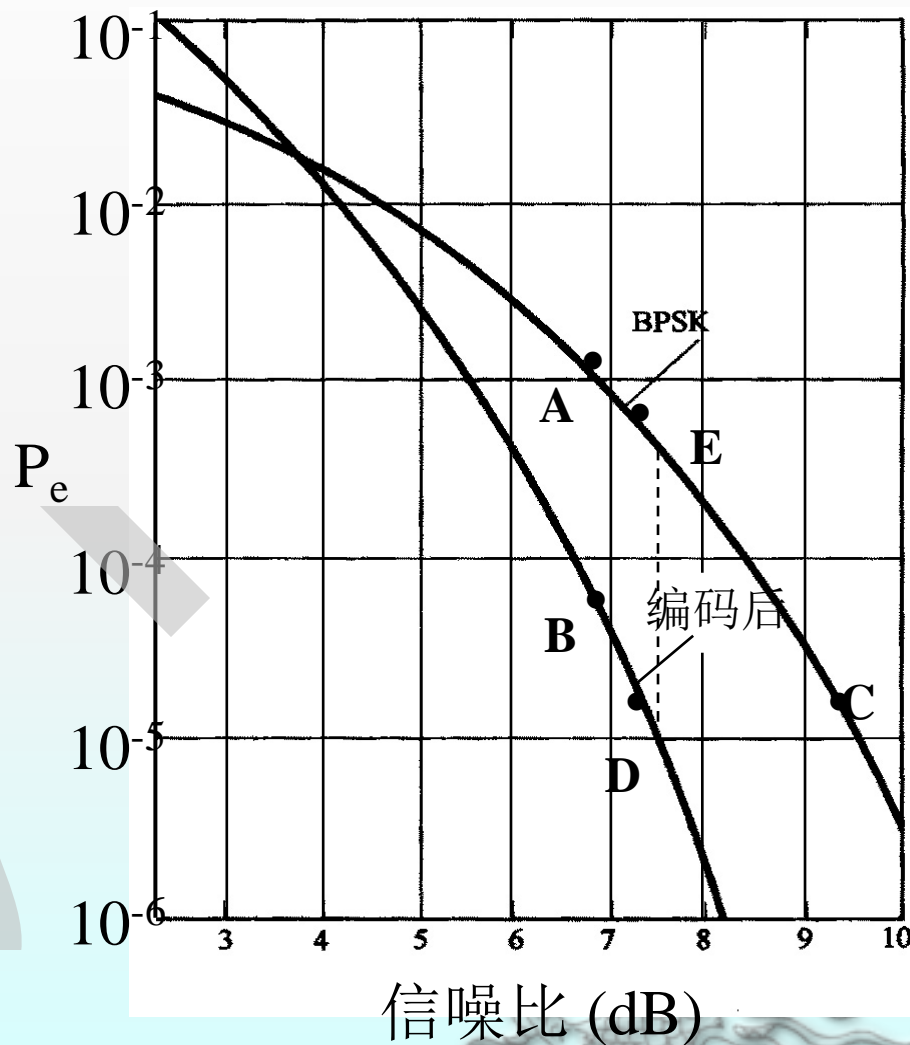
# 最佳译码准则

- ◆ 最大后验概率准则MAP：最佳判决准则
- ◆ 最大似然译码准则MLD：
  - ◆ 在信息码字等概率分布时等效于MAP准则
- ◆ 最小汉明距离译码准则：
  - ◆ 在硬判决BSC信道下等效于MLD准则
- ◆ 信号检测时距离准则采用欧氏距离，译码时距离准则采用汉明距离，因此信道编译码和调制解调间有匹配的问题。



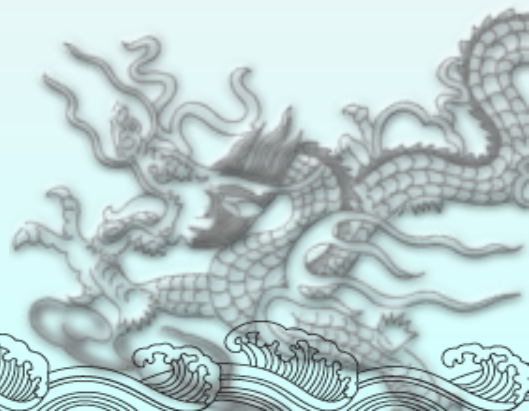
# 性能——误码率曲线、编码增益

- ◆ 相同信噪比 (7dB) 时
- ◆ 相同误码率 ( $10^{-5}$ ) 时。
- ◆ **编码增益**——相同误码率下编码前后节约的信噪比 (2 dB)
- ◆ 误码性能改善的代价是带宽增大。



# 纠错码的组合、改造

- ◆ 增、删信息位、校验位
- ◆ 级联码
  - ◆ Turbo码
- ◆ 编码与调制结合——TCM
- ◆ 信源信道联合编码
- ◆ 空时编码



# 纠错码的基本类型

- ◆ **线性分组码**——无记忆码
  - ◆ 一般线性分组码：汉明码、LDPC码.....
  - ◆ **循环码**
    - ◆ CRC校验码
    - ◆ BCH码
    - ◆ RS码
    - ◆ .....
- ◆ **卷积码**——有记忆码

