

海军工程大学 2027 年博士研究生招生资格考试大纲

科目代码：3014

科目名称：信号检测与估计

一、考试要求

主要考查学生对随机信号基本概念及特性、随机信号通过线性和非线性系统的统计特性分析方法的理解和掌握；最优滤波的基本概念、匹配滤波器及广义匹配滤波器的构建方法的理解和掌握；假设检验基本概念、似然比接收机构建方法的理解和掌握；参量估计的基本概念、典型估计器的构建及分析方法的理解和掌握；能量接收机、相关接收机、正交接收机基本原理及性能分析方法的理解和掌握；具备运用信号检测与估计原理、方法、思想看待并尝试解决工程应用问题的能力和素质。

二、考试内容

1. 随机信号分析

(1) 随机过程的基本概念：随机过程定义及统计描述；平稳随机过程定义、自相关函数的性质、平稳随机过程、各态历经过程的判断；随机过程的联合分布和互相关函数；功率谱密度定义及其与相关函数的关系、典型随机过程定义及特性。

(2) 随机过程的线性和非线性变换：线性变换基本定理；随机过程通过线性系统分析方法及应用；低通过程和带通过程基本概念、噪声等效通能带基本概念、性质及计算；线性系统输出端随机过程的概率分布；随机过程通过非线性系统的直接分析方法及应用。

(3) 窄带随机过程：希尔伯特变换定义及性质；复信号表示及特性；窄带随机过程的表示方法及统计特性；窄带正态随机过程包络和相位的分布。

2. 最优滤波理论

(1) 最优滤波的基本概念：最优滤波的任务分类；匹配滤波的定义。

(2) 匹配滤波：匹配滤波器的导出；匹配滤波器的性质；匹配滤波器的构建方法；匹配滤波的处理增益；脉冲压缩效应基本概念及物理解释。

(3) 广义匹配滤波：广义匹配滤波器的基本结构；白化滤波器和色化滤波器的设计方法。

3. 假设检验理论

(1) 检测问题基本概念：检测问题分类；统计决策有关概念。

(2) 简单二元假设检验：贝叶斯检测器概念及构建；极大极小化检验的基本概念；最小错误和最大后验检测器概念及构建；纽曼-皮尔逊检测器概念及构建。

(3) 检测器性能评价与 ROC 曲线：ROC 曲线定义与性质、假设检验的 ROC 分析方法。

(4) 多元和复合假设检验：多元假设检验概念及检测器构建、复合假设检验基本概念及检测器构建。

4. 参量估计理论

(1) 估计问题的基本概念：误差定义、无偏性、有效性、优效性概念；克拉美-罗限含义及条件。

(2) 贝叶斯估计：贝叶斯估计原理；三种典型代价函数的贝叶斯估计构建及性能考察。

(3) 最大似然估计：最大似然估计基本原理；最大似然估计构建及性能考察。

(4) 线性最小均方估计和最小二乘估计：线性最小估计的基本原理与适用条件；最小二乘估计的基本原理与适用条件。

5. 检测和估计理论应用

(1) 能量接收机: 能量接收机的适用条件、基本原理、基本结构。

(2) 相关接收机: 相关接收机的适用条件、基本原理、基本结构、等效形式、性能分析方法。

(3) 正交接收机: 正交接收机的适用条件、基本原理、基本结构、等效形式、性能分析方法。

三、考试形式

考试形式为闭卷、笔试, 考试时间为 2 小时, 满分 100 分。

题型包括: 简答题 36 分、辨析题 20 分、综合应用题 44 分。

四、参考书目

(1)《随机信号分析与处理(第3版)》. 罗鹏飞, 张文明编著. 清华大学出版社, 2021 年, 第 3 版。

(2)《信号检测与估计——水声信号处理应用》. 王平波, 蔡志明, 等著. 兵器工业出版社, 2021 年, 第 1 版。

海军工程大学博士研究生招生考试

信号检测与估计 样卷

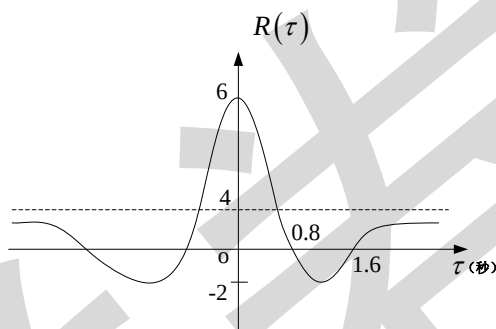
(科目代码 3014)

注意事项:

1. 本试卷共 2 页, 满分 100 分; 考试时间 120 分钟。
2. 所有试题都作答在答题纸(卡)上, 答在试卷上无效。
3. 考试结束后, 考生将答题纸(卡)和本试卷一同装入试卷袋后密封, 并在密封签上签名。

一、简答题(本大题共 5 小题, 各小题分值见题目, 共 36 分)

1. (6 分) 窄带高斯白噪声中的“窄带”、“高斯”、“白”的含义各是什么?
2. (6 分) 平稳随机信号的相关函数如下图所示, 求信号的均值和平均功率。



题 2 图

3. (8 分) 证明平稳随机过程 $X(t)$ 与其希尔伯特 $\hat{X}(t)$ 的相关函数存在下述关系:
(1) $R_{\hat{X}}(\tau) = R_X(\tau)$
(2) $R_{\hat{X}X}(\tau) = \hat{R}_X(\tau)$
4. (8 分) 已知随相信号 $X(t) = A\cos(\omega_0 t + \theta)$, 其中 A, ω_0 为常数, θ 为 $[0, 2\pi]$ 均匀分布, 求其功率谱。
5. (8 分) 设随机序列 $X(n)$ 可表示为 $X(n) = X(n-1) + W(n)$, 其中 $W(n)$ 是独立同分布的高斯随机序列, 且均值为零, 方差为 σ_w^2 , 起始条件为 $X(0) = 0$, 求 $X(n)$ 的均值和自相关函数。

二、辨析题(本大题共 5 小题, 每小题 4 分, 共 20 分。判断正误, 并简要说明理由)

6. (4 分) 广义平稳高斯随机过程也是严格平稳的随机过程。
7. (4 分) 两个平稳随机过程的互相关函数是偶函数。
8. (4 分) 白噪声通过有限带宽线性系统, 输出服从瑞利分布。
9. (4 分) 最大后验概率准则与最小错误概率准则是一致的。
10. (4 分) 似然比接收机的核心是计算与比较似然函数 $p(H_1 | x)$ 与 $p(H_0 | x)$ 。

三、综合应用题(本大题共 3 小题, 各小题分值见题目, 共 44 分)

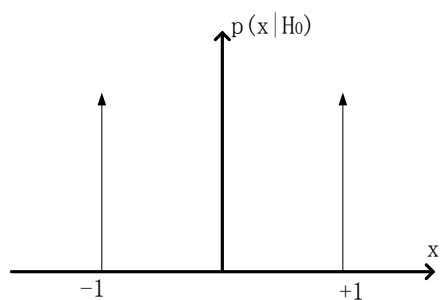
11. (10 分) 已知系统输入信号的功率谱密度为

$$G_X(\omega) = \frac{\omega^2 + 3}{\omega^2 + 8}$$

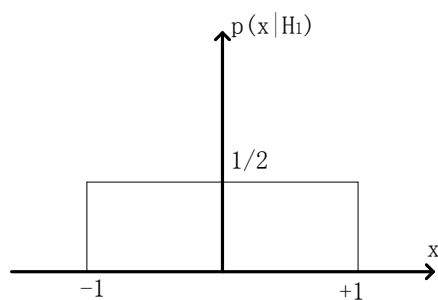
设计一稳定的线性系统 $H(\omega)$, 使得系统的输出为单位谱密度的白噪声。

12. (14 分) 在假设 H_0 下和假设 H_1 下, 若观测信号 x 的概率密度函数分别为图(a)和图(b)所示。

已知先验概率 $P(H_0)=0.3$ ， $P(H_1)=0.7$ 。试设计采用最小平均错误概率准则的检测器。（要求用原理框图表达实现方式）



题 2 图(a)



题 2 图(b)

13. (20 分) 设单频矩形脉冲信号为 $s(t) = A \text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right) \cos \omega_0 t$ ，其中，矩形函数为：

$$\text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right) = \begin{cases} 1, & |t| \leq \frac{\tau}{2} \\ 0, & |t| > \frac{\tau}{2} \end{cases}$$

现考虑该信号的匹配滤波问题。假定线性时不变滤波器的输入为 $x(t) = s(t) + n(t)$ ，其中， $n(t)$ 为均值为零，功率谱密度为 $N_0/2$ 的白噪声。

- (1) 求信号 $s(t)$ 的匹配滤波器系统函数 $H(\omega)$ 和脉冲响应 $h(t)$ ；
- (2) 求匹配滤波器的输出信号 $s_0(t)$ ，并画出其波形；
- (3) 求输出的功率信号比 SNR_0 。