# 逐字稿：必须写完今晚 3000字

各位老师同学下午好！

我叫丁苗，接下来由我进行中期汇报。

我的研究题目是《基于k-step状态估计的随机离散事件系统的监督控制》

指导老师是马子玥老师。

P1 我的汇报主要分为以下两部分进行，第一部分为研究背景及意义和研究内容及分析；第二部分为目前完成的工作，包括k-step状态估计和监督控制器设计。

P2 首先我介绍一下研究背景及意义；**随着信息技术的迅速发展，人们在生产活动中，经常遇到一类复杂的系统，这类系统中事件发生在一些离散时刻，并带有一定的随机性，例如，生产线上机床的起停，AvG小车的运行等。我**们把具有这些特点的系统统称为离散事件系统，即：该系统是由事件序列所描述的系统，其状态只能在特定的事件发生时改变。这类系统具有复杂、不确定等特点。

P3 **对于离散事件系统来说，系统的各种行为异常错综复杂，为使其行为能够满足预先设定的要求，就必须对系统进行监督控制**。

近几十年来，将自动控制的思想与离散事件系统相结合，成为一个重要的研究领域---即离散事件系统的监督控制。

离散监督控制理论最早是由Wonham教授于20世纪80年代提出，我们称之为RW框架。该理论主要思想是：根据对系统先前的行为的观察，通过启用/禁止可控事件来控制系统，而使系统的行为限定在预先给定的需求之内。监督控制的研究可以提高离散事件系统的可靠性和安全性，优化系统的性能和效率，具有广泛的应用前景。

P4**但是，随着社会的发展，实际系统越来越复杂，传统的监督控制具有一定的局限性，即在某些系统中，观测事件序列相同，且到达不同状态的情况时，允许到达的状态被无辜禁止。**以下图为例，假设系统中不期望到达的状态为状态4，当观测到事件a发生时，系统到达状态1，2，为了防止系统到达状态4，将禁止事件b发生，这会导致状态3也被禁止，就会使系统的无辜状态也被牵连。此时系统只能运行到红色框内。

P5：**显然，这种控制不是我们所期待的，对于上述传统监督控制存在的局限性，我们提出了我们的解决方案**：

1. **我们引入概率结构，**将系统建模为随机自动机，这样能更好的描述实际系统中事件发生的随机性，同时概率结构的引入也可以细化系统中状态的划分，使某些状态在小于一定概率下才禁止到达。**比如说开车导航时，某条路线路况不好，但是时间短，那么我们还是愿意承担风险选择这条路线的。**所以概率的引入会使监督控制更加贴近实际，应用更为广泛。
2. **我们提出了k-step状态估计的概念；以右图为例，假设该图表示小车的运行轨迹，在状态2处，如果禁止事件b发生，让小车接着运行1步，逻辑上，小车一定不会卡住，而是会发生不可观事件u到达状态1处。基于此逻辑，我们提出了k-step状态估计的概念。**

P6：以上就是针对于传统监督控制存在的局限性所给出的解决方案，

**接下来我就来介绍一下，我的具体研究内容。**

P7：**在介绍研究内容之前，我们先看这样一个例子，下图随机自动机是模拟自动装载小车运输加工零件的过程，各个变量的含义如ppt所示，假设状态8是我们**不期望到达的状态，那传统监督控制为了防止系统到达状态8，也就是通过ppt上绿色路径到达状态8，采取的控制策略是，在观测到事件ab发生后，就禁止系统发生任何事件，从而导致无辜状态7也被禁止，为了解决这种保守控制，我们提出了我们的研究内容。

P8：即设计控制策略，使系统到达某一个状态的概率在允许范围内（也就是小于阈值）。

以右图为例，我们设状态8的阈值为0.3，那么我们的研究内容就是：设计控制策略使系统到达状态8的概率小于0.3.

P9：**由于系统中存在不可观事件，而监督控制的前提就是确定系统当前所处的状态，所以我们先采用我们提出的k-step状态估计来确定系统的状态，然后采用概率监督控制，使系统满足控制要求。整个问题解决的思路如ppt流程图所示。**

P10：接下来我先介绍一下目前已完成的第一部分工作：**k-step状态估计。**

首先我们要知道什么是状态估计？

状态估计就是根据初始状态和已知的事件序列，来确定系统当前的状态。

传统的状态估计情况是默认相邻两个可观事件之间是不存在“等待的”，以下图为例，可观事件为事件a和事件b，不可观事件为事件u，也就是系统从初始状态0出发，发生事件a，可能到达状态1和状态2，概率分别为0.5，由于不可观事件u的存在，系统到达状态1的概率变为0.55，到达状态2的概率变成0.45，然后发生可观事件b ，到达状态3和状态4概率分别为0.55和0.45；

***由于不可观事件的存在，状态估计还存在其他情况。***

比如系统发生可观事件a后，立即发生下一可观事件b，那系统最终到达的状态为3和4，概率均为0.5；

或者 发生可观事件a后，系统等待一步，发生下一可观事件b，那系统最终只到达状态3。

从上述分析我们可以知道，不可观事件发生情况，影响系统的最终所到达的状态。

P11：**根据以上分析，我们提出了k-step状态估计的定义。**

就是考虑两个相邻可观事件之间存在k步等待的状态估计。

我们用一个状态演变轴来说明状态变化的过程，pai0是系统的初始状态分布，等待k0步后，系统到达的状态就可以用pai0,k0来表示，接着发生可观事件e0，那系统当前的状态分布就可以用pai1表示，以此类推，当我们知道系统的初始状态分布、等待步数等信息，就可以确定系统的当前的状态。

P12:根据我们给出的k-step状态估计的定义，我们将等待的步长分成以下两种情况进行讨论。

P13:设系统观测事件序列为（k0,e0）...(ki,ei)(ki+1,ei+1)，其中ki表示相邻两个可观事件间的等待步长，取值为自然数和无穷；

第一种情况ki取值在0到有限值之间，表示观测到当前事件后“等待有限步长”，发生下一可观事件。

第二种情况ki取值为无穷，表示观测到当前事件后“等待足够步长”发生下一可观事件。

P14:根据上述分析，我们给出了两种情况下的状态估计计算公式。如ppt所示。即当前状态分布 = 等待有限步后的状态分布 x 当前可观事件的状态转移矩阵；其中，等待后的状态分布可以通过 不可观事件的状态转移矩阵进行计算。

P15:最后，我们给出k-step状态估计求解当前状态分布的步骤。自动机模型如右图所示，确定系统从初始状态0出发，立即发生事件a，然后等待一步，发生事件b，然后再等待足够步后，发生事件c所到达的状态。

求解过程如下：

第一步，根据自动模型，确定系统可观事件的状态转移矩阵；

第二步，确定系统不可观事件的状态转移矩阵；由于从自动机模型中获得的不可观事件的状态转移矩阵，不能反应系统等待的情况，所以我们通过给状态添加不可观事件的自环来模拟等待。因此我们定义了不可观子系统和增强型不可观子系统的概念，不可观子系统就是原系统中所有可观事件转移关系都移除，如ppt所示；

增强型不可观子系统就是在不可观子系统的基础上，将无输出的状态加上不可观事件t的自环，如ppt所示。

第三步，根据case1和case2 计算公式，计算出系统当前状态分布。

由以上步骤，我们可以得出系统当前状态为状态7，计算结果与实际分析相符。

P16:以上是k-step状态估计部分的工作，接下来介绍一下监督控制器设计相关工作。

P17:我们的控制目标是使系统到达某一状态的概率小于阈值。监督控制本质就是对系统状态的反馈控制，所以其控制框图如ppt右下角所示，其中S(P(s))表示控制策略，是允许发生的事件集合。

P18:

我们将监督控制过程归纳为以下步骤，第一步：由k-step状态估计，对系统的状态估计过程展开；第二步：确定控制策略；第三步：由控制策略得到系统的监控器。

P19: 我们以一个例子解释上述给出的步骤

设系统的模型如下图所示，控制需求是控制系统到达状态8的概率小于0.3。

第1步利用k-step状态估计，对系统的状态估计过程进行展开如ppt所示，**目的是找出不满足控制需求的事件序列**。展开后我们可以看出，不满足控制需求的事件序列只有观测到事件ab发生后立即发生事件c这条序列，此时到达状态8的概率为0.4，大于了0.3。

P20:第二步，确定控制策略，由第一步我们知道了**不满足控制需求的事件序列，那么对于系统其他的事件发生，我们给出的控制策略都是允许系统中任何事件发生，即S(P(s)) = E（系统的事件集）。以第一张图为例，当系统初始状态为状态0时，根据k-step状态估计可知，不论等待多少步，系统的都将处于状态0处，满足控制要求，所以控制策略为允许任何事件发生。**

**但是当系统发生观测事件序列为（\*，a）（\*，b）的时候，我们给出的控制策略是S(P(s)) = E-c，即看到事件b发生后，立即禁止事件c发生，~~等价于控制让系统至少等待一步后发生事件c,~~这样就能保证系统到达状态8的概率一定小于0.3，从而满足控制需求。**

P21: 第三步，根据一二步的分析，我们就可以得到系统的监控器，如ppt所示。

P22:

我们使用程序实现上述内容，输出结果如下，与我们的理论分析相符合。

P23:以上就是我目前我完成的工作，接下来计划主要是 优化程序 和撰写论文两方面。

我的汇报结束，请各位老师批评指正。