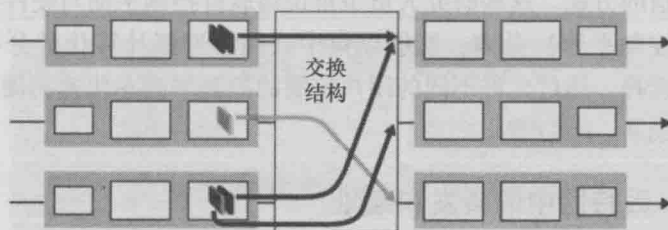


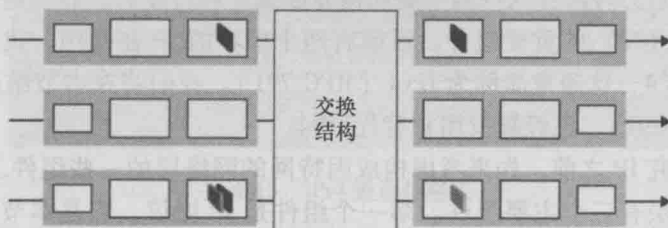
到的分组腾出空间。在某些情况下，在缓存填满前便丢弃（或在首部加标记）一个分组，以便向发送方提供一个拥塞信号的做法是有利的。已经提出和分析了许多分组丢弃与标记策略 [Labrador 1999, Hollot 2002]，这些策略统称为主动队列管理（Active Queue Management, AQM）算法。随机早期检测（Random Early Detection, RED）算法是一种得到最广泛研究和实现的 AQM 算法。在 RED 算法中，为输出队列长度维护着一个加权平均值。如果平均队列长度小于最小阈值 \min_{th} ，则当一个分组到达时，该分组被接纳进队列。相反，如果队列满或平均队列长度大于最大阈值 \max_{th} ，则当一个分组到达时，该分组被标记或丢弃。最后，如果一个分组到达，发现平均队列长度在 $[\min_{th}, \max_{th}]$ 之间时，则该分组以某种概率被标记或丢弃，该概率一般是平均队列长度、 \min_{th} 和 \max_{th} 的某种函数。已提出了一些概率标记/丢弃函数，各种版本的 RED 已被分析建模、模拟和/或实现。[Christiansen 2001] 与 [Floyd 2012] 为课外阅读提供了综述及指南。

如果交换结构不能快得（相对于输入线路速度而言）使所有到达分组无时延地通过它传送，则在输入端口也将出现分组排队，因为到达的分组必须加入输入端口队列中，以等待通过交换结构传送到输出端口。为了举例说明这种排队的重要后果，考虑纵横式交换结构，并假定：①所有链路速度相同；②一个分组能够以一条输入链路接收一个分组所用的相同的时间量，从任意一个输入端口传送到给定的输出端口；③分组按 FCFS 方式，从一指定输入队列移动到其要求的输出队列中。只要其输出端口不同，多个分组可以被并行传送。然而，如果位于两个输入队列前端的两个分组是发往同一输出队列的，则其中的一个分组将被阻塞，且必须在输入队列中等待，因为交换结构一次只能传送一个分组到某指定端口。

在时刻 t 的输出端口竞争——能传输一个深色阴影分组



浅色阴影分组经受了HOL阻塞



图例：

■ 发向上的输出端口 ■ 发向中间的输出端口 ■ 发向下面的输出端口

图 4-11 在一个输入排队交换机中的 HOL 阻塞

图 4-11 显示了一个例子，其中在输入队列前端的两个分组（带深色阴影）要发往同一个右上角输出端口。假定该交换结构决定发送左上角队列前端的分组。在这种情况下，