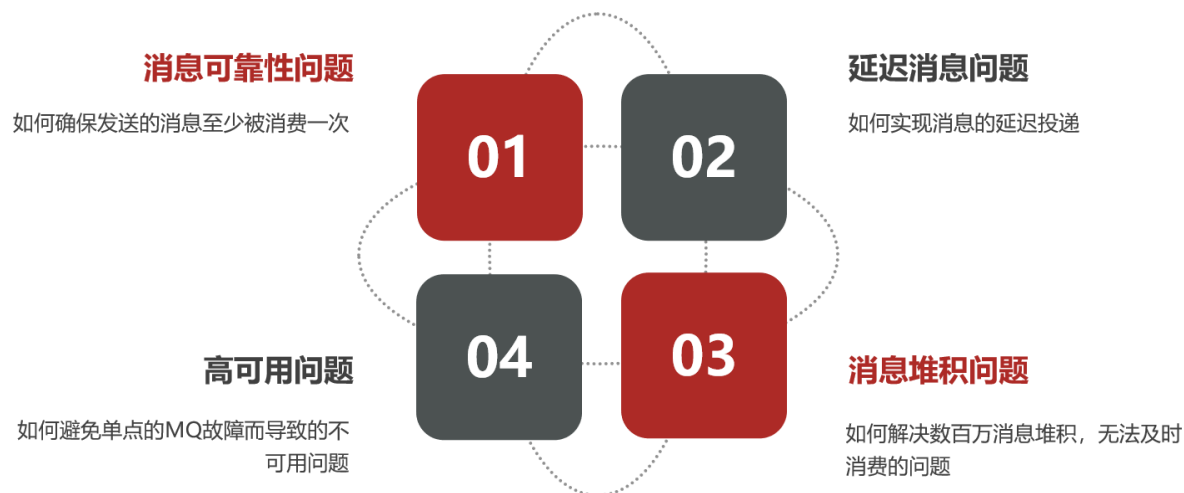


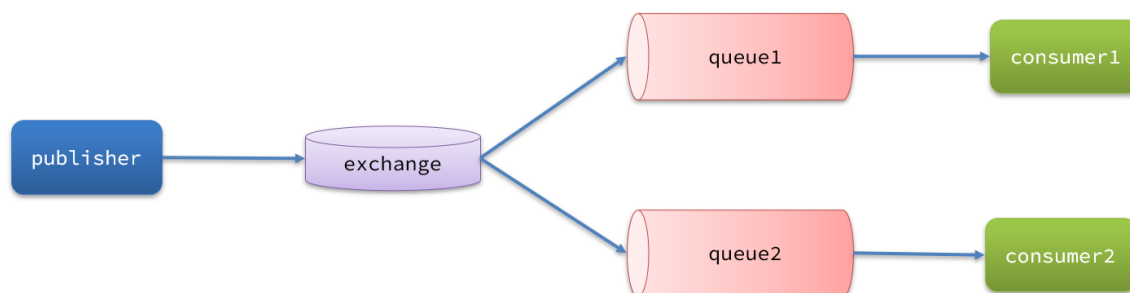
服务异步通信-高级篇

消息队列在使用过程中，面临着很多实际问题需要思考：



1.消息可靠性

消息从发送，到消费者接收，会经理多个过程：



其中的每一步都可能导致消息丢失，常见的丢失原因包括：

- 发送时丢失：
 - 生产者发送的消息未送达exchange
 - 消息到达exchange后未到达queue
- MQ宕机，queue将消息丢失
- consumer接收到消息后未消费就宕机

针对这些问题，RabbitMQ分别给出了解决方案：

- 生产者确认机制
- mq持久化

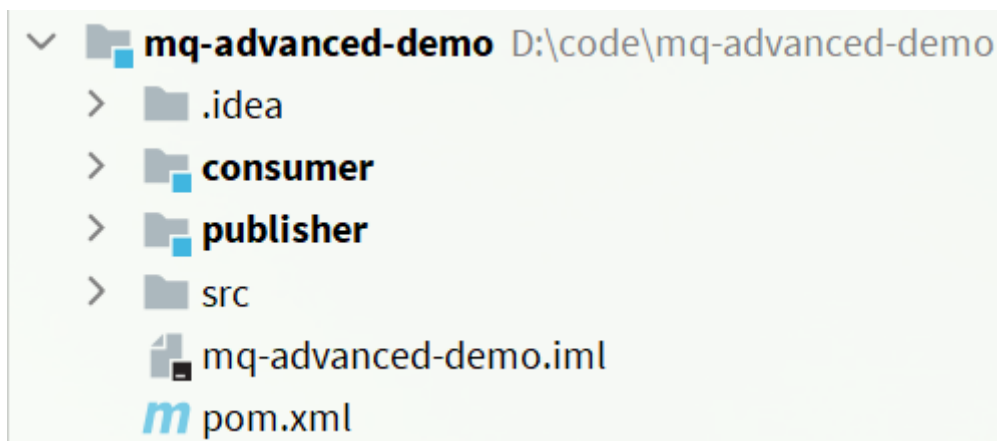
- 消费者确认机制
- 失败重试机制

下面我们就通过案例来演示每一个步骤。

首先，导入课前资料提供的demo工程：



项目结构如下：

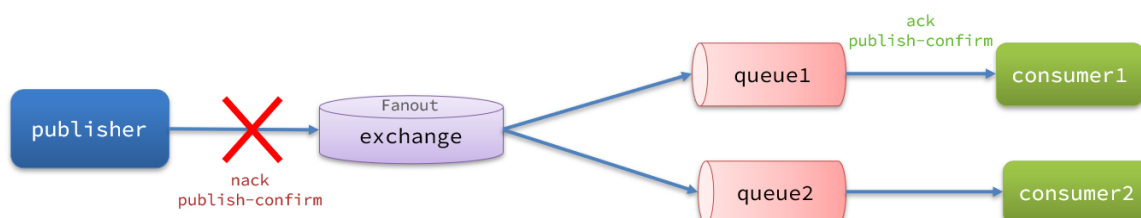


1.1.生产者消息确认

RabbitMQ提供了publisher confirm机制来避免消息发送到MQ过程中丢失。这种机制必须给每个消息指定一个唯一ID。消息发送到MQ以后，会返回一个结果给发送者，表示消息是否处理成功。

返回结果有两种方式：

- publisher-confirm，发送者确认
 - 消息成功投递到交换机，返回ack
 - 消息未投递到交换机，返回nack
- publisher-return，发送者回执
 - 消息投递到交换机了，但是没有路由到队列。返回ACK，及路由失败原因。



注意：

注意

确认机制发送消息时，需要给每个消息设置一个全局唯一id，以区分不同消息，避免ack冲突

1.1.1.修改配置

首先，修改publisher服务中的application.yml文件，添加下面的内容：

```
1 spring:
2   rabbitmq:
3     publisher-confirm-type: correlated
4     publisher-returns: true
5     template:
6       mandatory: true
7
```

说明：

- `publish-confirm-type`：开启publisher-confirm，这里支持两种类型：
 - `simple`：同步等待confirm结果，直到超时
 - `correlated`：异步回调，定义ConfirmCallback，MQ返回结果时会回调这个ConfirmCallback
- `publish-returns`：开启publish-return功能，同样是基于callback机制，不过是定义ReturnCallback
- `template.mandatory`：定义消息路由失败时的策略。true，则调用ReturnCallback；false：则直接丢弃消息

1.1.2.定义Return回调

每个RabbitTemplate只能配置一个ReturnCallback，因此需要在项目加载时配置：

修改publisher服务，添加一个：

```
1 package cn.itcast.mq.config;
2
3 import lombok.extern.slf4j.Slf4j;
4 import org.springframework.amqp.rabbit.core.RabbitTemplate;
5 import org.springframework.beans.BeanException;
6 import org.springframework.context.ApplicationContext;
7 import org.springframework.context.ApplicationContextAware;
8 import org.springframework.context.annotation.Configuration;
```

```

9
10 @Slf4j
11 @Configuration
12 public class CommonConfig implements ApplicationContextAware {
13     @Override
14     public void setApplicationContext(ApplicationContext applicationContext)
15     throws BeansException {
16         // 获取RabbitTemplate
17         RabbitTemplate rabbitTemplate =
18         applicationContext.getBean(RabbitTemplate.class);
19         // 设置ReturnCallback
20         rabbitTemplate.setReturnCallback((message, replyCode, replyText,
21         exchange, routingKey) -> {
22             // 投递失败，记录日志
23             log.info("消息发送失败，应答码{}", 原因{}, 交换机{}, 路由键{}, 消息{}",
24             replyCode, replyText, exchange, routingKey,
25             message.toString());
26             // 如果有业务需要，可以重发消息
27         });
28     }
29 }

```

1.1.3.定义ConfirmCallback

ConfirmCallback可以在发送消息时指定，因为每个业务处理confirm成功或失败的逻辑不一定相同。

在publisher服务的cn.itcast.mq.spring.SpringAmqpTest类中，定义一个单元测试方法：

```

1 public void testSendMessage2SimpleQueue() throws InterruptedException {
2     // 1.消息体
3     String message = "hello, spring amqp!";
4     // 2.全局唯一的消息ID，需要封装到CorrelationData中
5     CorrelationData correlationData = new
6     CorrelationData(UUID.randomUUID().toString());
7     // 3.添加callback
8     correlationData.getFuture().addCallback(
9     result -> {
10         if(result.isAck()){
11             // 3.1.ack，消息成功
12             log.debug("消息发送成功，ID:{}", correlationData.getId());
13         }else{
14             // 3.2.nack，消息失败
15             log.error("消息发送失败，ID:{}", 原因
16             {},correlationData.getId(), result.getReason());
17         }
18     },
19     ex -> log.error("消息发送异常，ID:{}", 原因
20     {},correlationData.getId(),ex.getMessage())
21     );
22     // 4.发送消息
23     rabbitTemplate.convertAndSend("task.direct", "task", message,
24     correlationData);
25 }

```

```
22 // 休眠一会儿，等待ack回执
23 Thread.sleep(2000);
24 }
```

1.2.消息持久化

生产者确认可以确保消息投递到RabbitMQ的队列中，但是消息发送到RabbitMQ以后，如果突然宕机，也可能导致消息丢失。

要想确保消息在RabbitMQ中安全保存，必须开启消息持久化机制。

- 交换机持久化
- 队列持久化
- 消息持久化

1.2.1.交换机持久化

RabbitMQ中交换机默认是非持久化的，mq重启后就丢失。

SpringAMQP中可以通过代码指定交换机持久化：

```
1 @Bean
2 public DirectExchange simpleExchange(){
3     // 三个参数：交换机名称、是否持久化、当没有queue与其绑定时是否自动删除
4     return new DirectExchange("simple.direct", true, false);
5 }
```

事实上，默认情况下，由SpringAMQP声明的交换机都是持久化的。

可以在RabbitMQ控制台看到持久化的交换机都会带上D的标示：

Exchanges

▼ All exchanges (18, filtered down to 1)

Pagination

Page 1 of 1 - Filter: simple ☐ Regex ?

Virtual host	Name	Type	Features	Message rate in	Message rate out	+/-
/	simple.direct	direct	D			

1.2.2.队列持久化

RabbitMQ中队列默认是非持久化的，mq重启后就丢失。

SpringAMQP中可以通过代码指定交换机持久化：

```
1 @Bean
2 public Queue simpleQueue(){
3     // 使用QueueBuilder构建队列，durable就是持久化的
4     return QueueBuilder.durable("simple.queue").build();
5 }
```

事实上，默认情况下，由SpringAMQP声明的队列都是持久化的。

可以在RabbitMQ控制台看到持久化的队列都会带上D的标示：

Queues

► All queues (8, filtered down to 1)

Overview					Messages			Message rates			+/-
Virtual host	Name	Type	Features	State	Ready	Unacked	Total	incoming	deliver / get	ack	
/	simple.queue	classic	D Args	idle	0	0	0				

1.2.3.消息持久化

利用SpringAMQP发送消息时，可以设置消息的属性（MessageProperties），指定delivery-mode：

- 1：非持久化
- 2：持久化

用java代码指定：

```
// @Test
public void testDurableMessage() {
    // 创建消息
    Message message = MessageBuilder
        .withBody("hello, ttl queue".getBytes(StandardCharsets.UTF_8))
        .setDeliveryMode(MessageDeliveryMode.PERSISTENT)
        .build();
    // 消息ID，需要封装到CorrelationData中
    CorrelationData correlationData = new CorrelationData(UUID.randomUUID().toString());
    // 发送消息
    rabbitTemplate.convertAndSend(routingKey: "simple.queue", message, correlationData);
    // 记录日志
    log.debug("发送消息成功");
}
```

默认情况下，SpringAMQP发出的任何消息都是持久化的，不用特意指定。

1.3.消费者消息确认

RabbitMQ是阅后即焚机制，RabbitMQ确认消息被消费者消费后会立刻删除。

而RabbitMQ是通过消费者回执来确认消费者是否成功处理消息的：消费者获取消息后，应该向RabbitMQ发送ACK回执，表明自己已经处理消息。

设想这样的场景：

- 1) RabbitMQ投递消息给消费者
- 2) 消费者获取消息后，返回ACK给RabbitMQ
- 3) RabbitMQ删除消息
- 4) 消费者宕机，消息尚未处理

这样，消息就丢失了。因此消费者返回ACK的时机非常重要。

而SpringAMQP则允许配置三种确认模式：

- manual：手动ack，需要在业务代码结束后，调用api发送ack。
- auto：自动ack，由spring监测listener代码是否出现异常，没有异常则返回ack；抛出异常则返回nack
- none：关闭ack，MQ假定消费者获取消息后会成功处理，因此消息投递后立即被删除

由此可知：

- none模式下，消息投递是不可靠的，可能丢失
- auto模式类似事务机制，出现异常时返回nack，消息回滚到mq；没有异常，返回ack
- manual：自己根据业务情况，判断什么时候该ack

一般，我们都是使用默认的auto即可。

1.3.1.演示none模式

修改consumer服务的application.yml文件，添加下面内容：

```
1 spring:
2   rabbitmq:
3     listener:
4       simple:
5         acknowledge-mode: none # 关闭ack
```

修改consumer服务的SpringRabbitListener类中的方法，模拟一个消息处理异常：

```
1 @RabbitListener(queues = "simple.queue")
2 public void listenSimpleQueue(String msg) {
3     log.info("消费者接收到simple.queue的消息: 【{}】", msg);
4     // 模拟异常
5     system.out.println(1 / 0);
6     log.debug("消息处理完成!");
7 }
```

测试可以发现，当消息处理抛异常时，消息依然被RabbitMQ删除了。

1.3.2.演示auto模式

再次把确认机制修改为auto:

```
1 spring:
2   rabbitmq:
3     listener:
4       simple:
5         acknowledge-mode: auto # 关闭ack
```

在异常位置打断点，再次发送消息，程序卡在断点时，可以发现此时消息状态为unack（未确定状态）：

Queues

► All queues (8, filtered down to 1)

Overview					Messages			Message rates				+/-
Virtual host	Name	Type	Features	State	Ready	Unacked	Total	incoming	deliver / get	ack		
/	simple.queue	classic	D Args	idle	0	1	1	0.00/s	0.00/s	0.00/s		

抛出异常后，因为Spring会自动返回nack，所以消息恢复至Ready状态，并且没有被RabbitMQ删除：

Queues

► All queues (8, filtered down to 1)

Overview					Messages			Message rates				+/-
Virtual host	Name	Type	Features	State	Ready	Unacked	Total	incoming	deliver / get	ack		
/	simple.queue	classic	D Args	idle	1	0	1	0.20/s	0.00/s	0.00/s		

1.4.消费失败重试机制

当消费者出现异常后，消息会不断requeue（重入队）到队列，再重新发送给消费者，然后再次异常，再次requeue，无限循环，导致mq的消息处理飙升，带来不必要的压力：

Overview				Messages			Message rates				+/-
Name	Type	Features	State	Ready	Unacked	Total	incoming	deliver / get	ack		
simple.queue	classic	D	running	0	1	1	0.00/s	3,370/s	0.00/s		

怎么办呢？

1.4.1.本地重试

我们可以利用Spring的retry机制，在消费者出现异常时利用本地重试，而不是无限制的requeue到mq队列。

修改consumer服务的application.yml文件，添加内容：


```

1  spring:
2      rabbitmq:
3          listener:
4              simple:
5                  retry:
6                      enabled: true # 开启消费者失败重试
7                      initial-interval: 1000 # 初识的失败等待时长为1秒
8                      multiplier: 1 # 失败的等待时长倍数，下次等待时长 = multiplier * last-
interval
9                      max-attempts: 3 # 最大重试次数
10                     stateless: true # true无状态; false有状态。如果业务中包含事务，这里改为
false

```

重启consumer服务，重复之前的测试。可以发现：

- 在重试3次后，SpringAMQP会抛出异常AmqpRejectAndDontRequeueException，说明本地重试触发了
- 查看RabbitMQ控制台，发现消息被删除了，说明最后SpringAMQP返回的是ack，mq删除消息了

结论：

- 开启本地重试时，消息处理过程中抛出异常，不会requeue到队列，而是在消费者本地重试
- 重试达到最大次数后，Spring会返回ack，消息会被丢弃

1.4.2.失败策略

在之前的测试中，达到最大重试次数后，消息会被丢弃，这是由Spring内部机制决定的。

在开启重试模式后，重试次数耗尽，如果消息依然失败，则需要有MessageRecovery接口来处理，它包含三种不同的实现：

- RejectAndDontRequeueRecoverer：重试耗尽后，直接reject，丢弃消息。默认就是这种方式
- ImmediateRequeueMessageRecoverer：重试耗尽后，返回nack，消息重新入队
- RepublishMessageRecoverer：重试耗尽后，将失败消息投递到指定的交换机

比较优雅的一种处理方案是RepublishMessageRecoverer，失败后将消息投递到一个指定的，专门存放异常消息的队列，后续由人工集中处理。

1) 在consumer服务中定义处理失败消息的交换机和队列

```

1  @Bean
2  public DirectExchange errorMessageExchange(){
3      return new DirectExchange("error.direct");
4  }
5  @Bean
6  public Queue errorQueue(){
7      return new Queue("error.queue", true);
8  }
9  @Bean
10 public Binding errorBinding(Queue errorQueue, DirectExchange
    errorMessageExchange){
11     return
12     BindingBuilder.bind(errorQueue).to(errorMessageExchange).with("error");
13 }

```

2) 定义一个RepublishMessageRecoverer，关联队列和交换机

```

1  @Bean
2  public MessageRecoverer republishMessageRecoverer(RabbitTemplate
    rabbitTemplate){
3      return new RepublishMessageRecoverer(rabbitTemplate, "error.direct",
        "error");
4  }

```

完整代码：

```

1  package cn.itcast.mq.config;
2
3  import org.springframework.amqp.core.Binding;
4  import org.springframework.amqp.core.BindingBuilder;
5  import org.springframework.amqp.core.DirectExchange;
6  import org.springframework.amqp.core.Queue;
7  import org.springframework.amqp.rabbit.core.RabbitTemplate;
8  import org.springframework.amqp.rabbit.retry.MessageRecoverer;
9  import org.springframework.amqp.rabbit.retry.RepublishMessageRecoverer;
10 import org.springframework.context.annotation.Bean;
11
12 @Configuration
13 public class ErrorMessageConfig {
14     @Bean
15     public DirectExchange errorMessageExchange(){
16         return new DirectExchange("error.direct");
17     }
18     @Bean
19     public Queue errorQueue(){
20         return new Queue("error.queue", true);
21     }
22     @Bean
23     public Binding errorBinding(Queue errorQueue, DirectExchange
        errorMessageExchange){

```

```
24         return
25         BindingBuilder.bind(errorQueue).to(errorMessageExchange).with("error");
26     }
27     @Bean
28     public MessageRecoverer republishMessageRecoverer(RabbitTemplate
29     rabbitTemplate){
30         return new RepublishMessageRecoverer(rabbitTemplate, "error.direct",
31         "error");
32     }
33 }
```

1.5.总结

如何确保RabbitMQ消息的可靠性？

- 开启生产者确认机制，确保生产者的消息能到达队列
- 开启持久化功能，确保消息未消费前在队列中不会丢失
- 开启消费者确认机制为auto，由spring确认消息处理成功后完成ack
- 开启消费者失败重试机制，并设置MessageRecoverer，多次重试失败后将消息投递到异常交换机，交由人工处理

2.死信交换机

2.1.初识死信交换机

2.1.1.什么是死信交换机

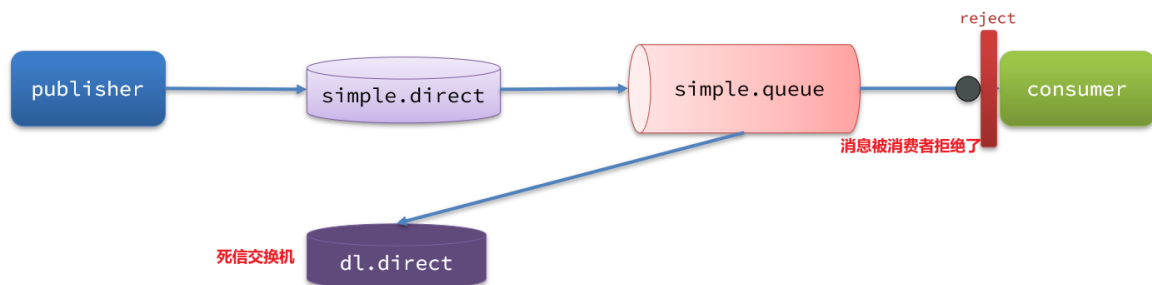
什么是死信？

当一个队列中的消息满足下列情况之一时，可以成为死信（dead letter）：

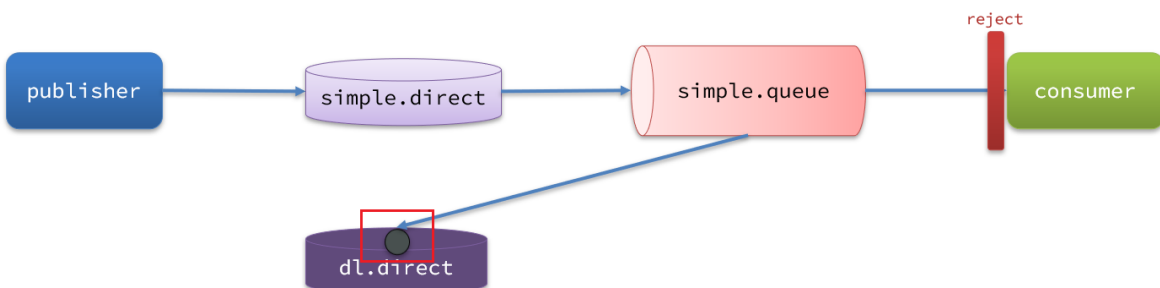
- 消费者使用basic.reject或 basic.nack声明消费失败，并且消息的requeue参数设置为false
- 消息是一个过期消息，超时无消费
- 要投递的队列消息满了，无法投递

如果这个包含死信的队列配置了 `dead-letter-exchange` 属性，指定了一个交换机，那么队列中的死信就会投递到这个交换机中，而这个交换机称为**死信交换机**（Dead Letter Exchange，检查DLX）。

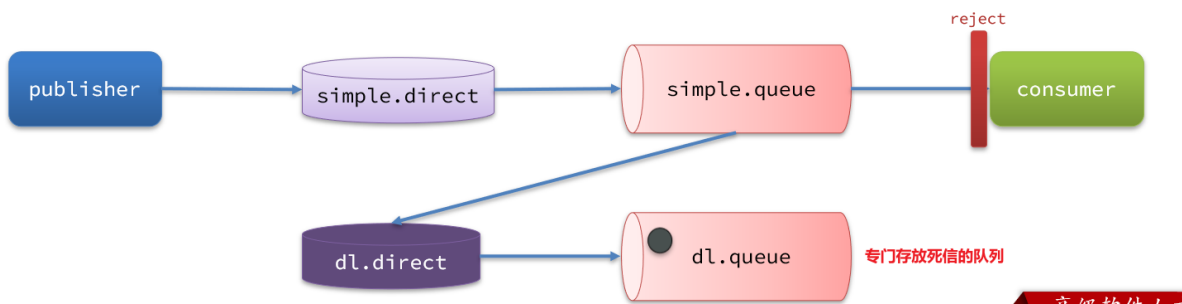
如图，一个消息被消费者拒绝了，变成了死信：



因为`simple.queue`绑定了死信交换机 `dl.direct`，因此死信会投递给这个交换机：



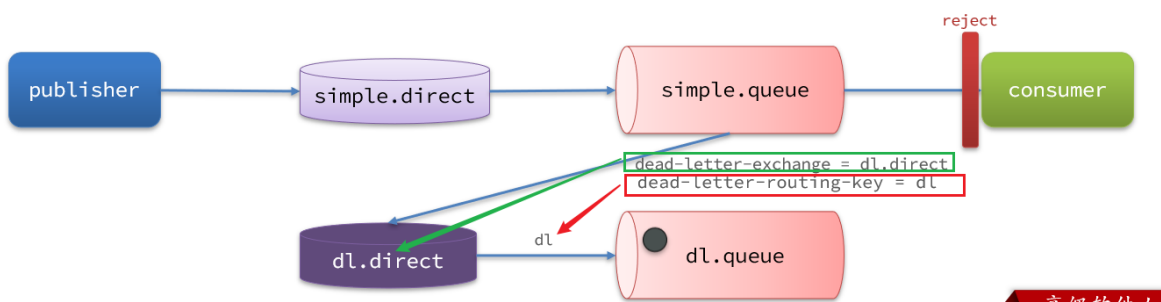
如果这个死信交换机也绑定了一个队列，则消息最终会进入这个存放死信的队列：



另外，队列将死信投递给死信交换机时，必须知道两个信息：

- 死信交换机名称
- 死信交换机与死信队列绑定的RoutingKey

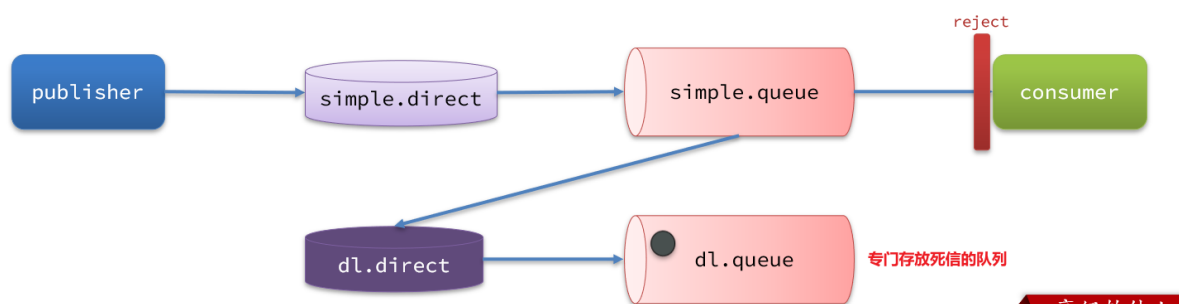
这样才能确保投递的消息能到达死信交换机，并且正确的路由到死信队列。



2.1.2.利用死信交换机接收死信（拓展）

在失败重试策略中，默认的`RejectAndDontRequeueRecoverer`会在本地重试次数耗尽后，发送`reject`给RabbitMQ，消息变成死信，被丢弃。

我们可以给simple.queue添加一个死信交换机，给死信交换机绑定一个队列。这样消息变成死信后也不会丢弃，而是最终投递到死信交换机，路由到与死信交换机绑定的队列。



我们在consumer服务中，定义一组死信交换机、死信队列：

```
1 // 声明普通的 simple.queue队列，并且为其指定死信交换机：dl.direct
2 @Bean
3 public Queue simpleQueue2(){
4     return QueueBuilder.durable("simple.queue") // 指定队列名称，并持久化
5         .deadLetterExchange("dl.direct") // 指定死信交换机
6         .build();
7 }
8 // 声明死信交换机 dl.direct
9 @Bean
10 public DirectExchange dlExchange(){
11     return new DirectExchange("dl.direct", true, false);
12 }
13 // 声明存储死信的队列 dl.queue
14 @Bean
15 public Queue dlQueue(){
16     return new Queue("dl.queue", true);
17 }
18 // 将死信队列 与 死信交换机绑定
19 @Bean
20 public Binding dlBinding(){
21     return BindingBuilder.bind(dlQueue()).to(dlExchange()).with("simple");
22 }
```

2.1.3.总结

什么样的消息会成为死信？

- 消息被消费者reject或者返回nack
- 消息超时未消费
- 队列满了

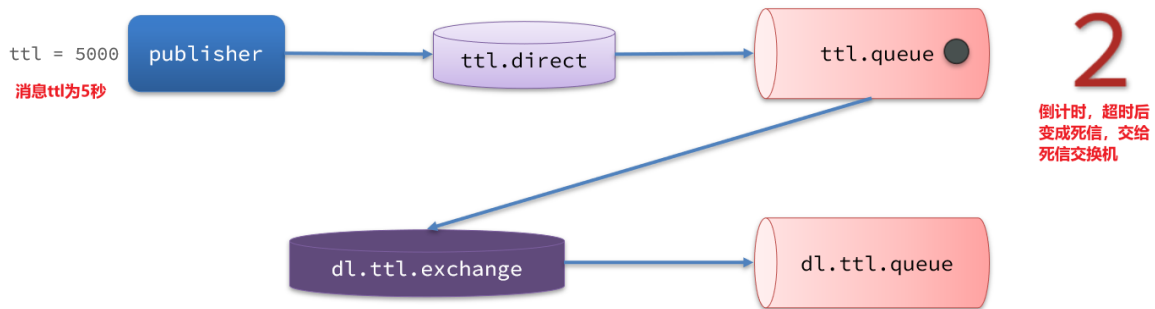
死信交换机的使用场景是什么？

- 如果队列绑定了死信交换机，死信会投递到死信交换机；
- 可以利用死信交换机收集所有消费者处理失败的消息（死信），交由人工处理，进一步提高消息队列的可靠性。

2.2.TTL

一个队列中的消息如果超时未消费，则会变为死信，超时分为两种情况：

- 消息所在的队列设置了超时时间
- 消息本身设置了超时时间



2.2.1.接收超时死信的死信交换机

在consumer服务的SpringRabbitListener中，定义一个新的消费者，并且声明 死信交换机、死信队列：

```

1 @RabbitListener(bindings = @QueueBinding(
2     value = @Queue(name = "dl.ttl.queue", durable = "true"),
3     exchange = @Exchange(name = "dl.ttl.direct"),
4     key = "ttl"
5 ))
6 public void listenDlQueue(String msg){
7     log.info("接收到 dl.ttl.queue的延迟消息: {}", msg);
8 }
  
```

2.2.2.声明一个队列，并且指定TTL

要给队列设置超时时间，需要在声明队列时配置x-message-ttl属性：

```

1 @Bean
2 public Queue ttlQueue(){
3     return QueueBuilder.durable("ttl.queue") // 指定队列名称，并持久化
4         .ttl(10000) // 设置队列的超时时间，10秒
5         .deadLetterExchange("dl.ttl.direct") // 指定死信交换机
6         .build();
7 }
  
```

注意，这个队列设定了死信交换机为 `dl.ttl.direct`

声明交换机，将ttl与交换机绑定：

```
1 @Bean
2 public DirectExchange ttlExchange(){
3     return new DirectExchange("ttl.direct");
4 }
5 @Bean
6 public Binding ttlBinding(){
7     return BindingBuilder.bind(ttlQueue()).to(ttlExchange()).with("ttl");
8 }
```

发送消息，但是不要指定TTL：

```
1 @Test
2 public void testTTLQueue() {
3     // 创建消息
4     String message = "hello, ttl queue";
5     // 消息ID，需要封装到CorrelationData中
6     CorrelationData correlationData = new
7 CorrelationData(UUID.randomUUID().toString());
8     // 发送消息
9     rabbitTemplate.convertAndSend("ttl.direct", "ttl", message,
10 correlationData);
11     // 记录日志
12     log.debug("发送消息成功");
13 }
```

发送消息的日志：

```
19:16:36:298 INFO 4112 --- [          main] o.s.a.r.c.CachingConnectionFactory      :
Created new connection: rabbitConnectionFactory#61a5b4ae:0/SimpleConnection@15fdd1f2
[delegate=amqp://itcast@192.168.150.101:5672/, localPort= 4655]
19:16:36:322 DEBUG 4112 --- [          main] cn.itcast.mq.spring.SpringAmqpTest      : 发送消息
成功
```

查看下接收消息的日志：

```
19:15:38:251 INFO 23428 --- [          main] cn.itcast.mq.ConsumerApplication
Started ConsumerApplication in 1.358 seconds (JVM running for 2.195)
19:16:46:347 INFO 23428 --- [ntContainer#0-1] c.i.mq.listener.SpringRabbitListener
收到 dl.ttl.queue的延迟消息: hello, ttl queue
```

因为队列的TTL值是10000ms，也就是10秒。可以看到消息发送与接收之间的时差刚好是10秒。

2.2.3.发送消息时，设定TTL

在发送消息时，也可以指定TTL：

```
1  @Test
2  public void testTTLMsg() {
3      // 创建消息
4      Message message = MessageBuilder
5          .withBody("hello, ttl message").getBytes(StandardCharsets.UTF_8))
6          .setExpiration("5000")
7          .build();
8      // 消息ID，需要封装到CorrelationData中
9      CorrelationData correlationData = new
10      CorrelationData(UUID.randomUUID().toString());
11      // 发送消息
12      rabbitTemplate.convertAndSend("ttl.direct", "ttl", message,
13      correlationData);
14      log.debug("发送消息成功");
15  }
```

查看发送消息日志：

```
Created new connection: rabbitConnectionFactory#49ef32e0:0/SimpleConnection@1704f67f
[delegate=amqp://itcast@192.168.150.101:5672/, localPort= 4749]
19:19:13:732 DEBUG 19476 --- [main] cn.itcast.mq.spring.SpringAmqpTest
发送消息成功
```

接收消息日志：

```
19:19:18:740 INFO 23428 --- [ntContainer#0-1] c.i.mq.listener.SpringRabbitListener
: 接收到 dl.ttl.queue的延迟消息: hello, ttl message
```

这次，发送与接收的延迟只有5秒。说明当队列、消息都设置了TTL时，任意一个到期就会成为死信。

2.2.4.总结

消息超时的两种方式是？

- 给队列设置ttl属性，进入队列后超过ttl时间的消息变为死信
- 给消息设置ttl属性，队列接收到消息超过ttl时间后变为死信

如何实现发送一个消息20秒后消费者才收到消息？

- 给消息的目标队列指定死信交换机
- 将消费者监听的队列绑定到死信交换机
- 发送消息时给消息设置超时时间为20秒

2.3.延迟队列

利用TTL结合死信交换机，我们实现了消息发出后，消费者延迟收到消息的效果。这种消息模式就称为延迟队列（Delay Queue）模式。

延迟队列的使用场景包括：

- 延迟发送短信
- 用户下单，如果用户在15 分钟内未支付，则自动取消
- 预约工作会议，20分钟后自动通知所有参会人员

因为延迟队列的需求非常多，所以RabbitMQ的官方也推出了一个插件，原生支持延迟队列效果。

这个插件就是DelayExchange插件。参考RabbitMQ的插件列表页面：<https://www.rabbitmq.com/community-plugins.html>

rabbitmq_delayed_message_exchange

A plugin that adds delayed-messaging (or scheduled-messaging) to RabbitMQ.

- Download for [3.7.x and 3.8.x](#)
- Author: **Alvaro Videla**
- GitHub: [rabbitmq/rabbitmq-delayed-message-exchange](https://github.com/rabbitmq/rabbitmq-delayed-message-exchange)

使用方式可以参考官网地址：<https://blog.rabbitmq.com/posts/2015/04/scheduling-messages-with-rabbitmq>

2.3.1.安装DelayExchange插件

参考课前资料：



RabbitMQ部署指南

- √ 1.单机部署
 - 1.1.下载镜像
 - 1.2.安装MQ
- √ 2.安装DelayExchange插件
 - 2.1.下载插件
 - 2.2.上传插件
 - 2.3.安装插件
- > 3.集群部署

2.3.2.DelayExchange原理

DelayExchange需要将一个交换机声明为delayed类型。当我们发送消息到delayExchange时，流程如下：

- 接收消息
- 判断消息是否具备x-delay属性
- 如果有x-delay属性，说明是延迟消息，持久化到硬盘，读取x-delay值，作为延迟时间
- 返回routing not found结果给消息发送者
- x-delay时间到期后，重新投递消息到指定队列

2.3.3.使用DelayExchange

插件的使用也非常简单：声明一个交换机，交换机的类型可以是任意类型，只需要设定delayed属性为true即可，然后声明队列与其绑定即可。

1) 声明DelayExchange交换机

基于注解方式（推荐）：

```
@RabbitListener(bindings = @QueueBinding(
    value = @Queue(name = "delay.queue", durable = "true"),
    exchange = @Exchange(name = "delay.direct", delayed = "true"),
    key = "delay"
))
public void listenDelayedQueue(String msg){
    log.info("接收到 delay.queue的延迟消息: {}", msg);
}
```

也可以基于@Bean的方式：

```
@Bean
public DirectExchange delayedExchange(){
    return ExchangeBuilder
        .directExchange("delay.direct") // 指定交换机类型和名称
        .delayed() // 设置delay属性为 true
        .durable(true) // 持久化
        .build();
}

@Bean
public Queue delayedQueue(){
    return new Queue("delay.queue");
}

@Bean
public Binding delayedBinding(){
    return BindingBuilder.bind(delayedQueue()).to(delayedExchange()).with("delay");
}
```

2) 发送消息

发送消息时，一定要携带x-delay属性，指定延迟的时间：

```
@Test
public void testDelayedMsg() {
    // 创建消息
    Message message = MessageBuilder
        .withBody("hello, delayed message".getBytes(StandardCharsets.UTF_8))
        .setHeader("x-delay", 10000)
        .build();
    // 消息ID，需要封装到CorrelationData中
    CorrelationData correlationData = new CorrelationData(UUID.randomUUID().toString());
    // 发送消息
    rabbitTemplate.convertAndSend(exchange: "delay.direct", routingKey: "delay", message, correlationData);
    log.debug("发送消息成功");
}
```

2.3.4.总结

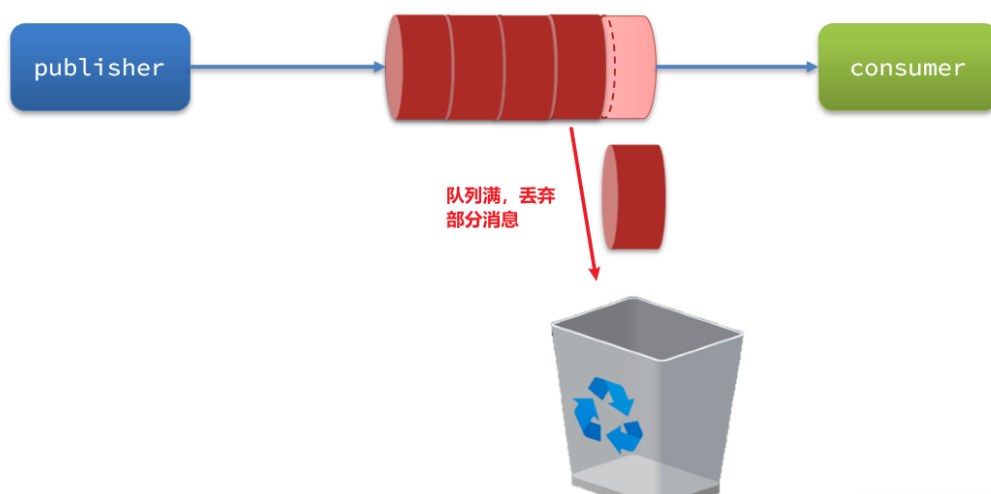
延迟队列插件的使用步骤包括哪些？

- 声明一个交换机，添加delayed属性为true
- 发送消息时，添加x-delay头，值为超时时间

3.惰性队列

3.1.消息堆积问题

当生产者发送消息的速度超过了消费者处理消息的速度，就会导致队列中的消息堆积，直到队列存储消息达到上限。之后发送的消息就会成为死信，可能会被丢弃，这就是消息堆积问题。



解决消息堆积有两种思路：

- 增加更多消费者，提高消费速度。也就是我们之前说的work queue模式

- 扩大队列容积，提高堆积上限

要提升队列容积，把消息保存在内存中显然是不行的。

3.2. 惰性队列

从RabbitMQ的3.6.0版本开始，就增加了Lazy Queues的概念，也就是惰性队列。惰性队列的特征如下：

- 接收到消息后直接存入磁盘而非内存
- 消费者要消费消息时才会从磁盘中读取并加载到内存
- 支持数百万条的消息存储

3.2.1. 基于命令行设置lazy-queue

而要设置一个队列为惰性队列，只需要在声明队列时，指定x-queue-mode属性为lazy即可。可以通过命令行将一个运行中的队列修改为惰性队列：

```
1 rabbitmqctl set_policy Lazy "^lazy-queue$" '{"queue-mode":"lazy"}' --apply-to queues
```

命令解读：

- `rabbitmqctl`：RabbitMQ的命令行工具
- `set_policy`：添加一个策略
- `Lazy`：策略名称，可以自定义
- `"^lazy-queue$"`：用正则表达式匹配队列的名字
- `'{"queue-mode":"lazy"}'`：设置队列模式为lazy模式
- `--apply-to queues`：策略的作用对象，是所有的队列

3.2.2. 基于@Bean声明lazy-queue

```
@Bean
public Queue lazyQueue(){
    return QueueBuilder
        .durable("lazy.queue")
        .lazy() // 开启x-queue-mode为lazy
        .build();
}
```

3.2.3.基于@RabbitListener声明LazyQueue

```
@RabbitListener(queuesToDeclare = @Queue(  
    name = "lazy.queue",  
    durable = "true",  
    arguments = @Argument(name = "x-queue-mode", value = "lazy")  
))  
public void listenLazyQueue(String msg){  
    log.info("接收到 lazy.queue的消息: {}", msg);  
}
```

3.3.总结

消息堆积问题的解决方案？

- 队列上绑定多个消费者，提高消费速度
- 使用惰性队列，可以再mq中保存更多消息

惰性队列的优点有哪些？

- 基于磁盘存储，消息上限高
- 没有间歇性的page-out，性能比较稳定

惰性队列的缺点有哪些？

- 基于磁盘存储，消息时效性会降低
- 性能受限于磁盘的IO

4.MQ集群

4.1.集群分类

RabbitMQ的是基于Erlang语言编写，而Erlang又是一个面向并发的语言，天然支持集群模式。

RabbitMQ的集群有两种模式：

- **普通集群**：是一种分布式集群，将队列分散到集群的各个节点，从而提高整个集群的并发能力。
- **镜像集群**：是一种主从集群，普通集群的基础上，添加了主从备份功能，提高集群的数据可用性。

镜像集群虽然支持主从，但主从同步并不是强一致的，某些情况下可能有数据丢失的风险。因此在RabbitMQ的3.8版本以后，推出了新的功能：**仲裁队列**来代替镜像集群，底层采用Raft协议确保主从的数据一致性。

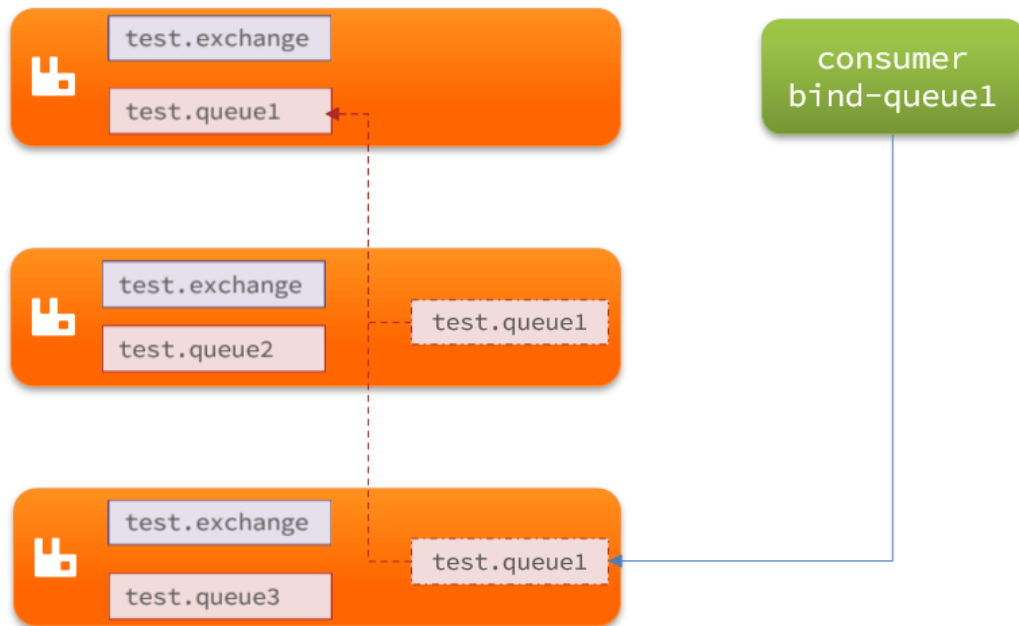
4.2.普通集群

4.2.1.集群结构和特征

普通集群，或者叫标准集群（classic cluster），具备下列特征：

- 会在集群的各个节点间共享部分数据，包括：交换机、队列元信息。不包含队列中的消息。
- 当访问集群某节点时，如果队列不在该节点，会从数据所在节点传递到当前节点并返回
- 队列所在节点宕机，队列中的消息就会丢失

结构如图：



4.2.2.部署

参考课前资料：《RabbitMQ部署指南.md》

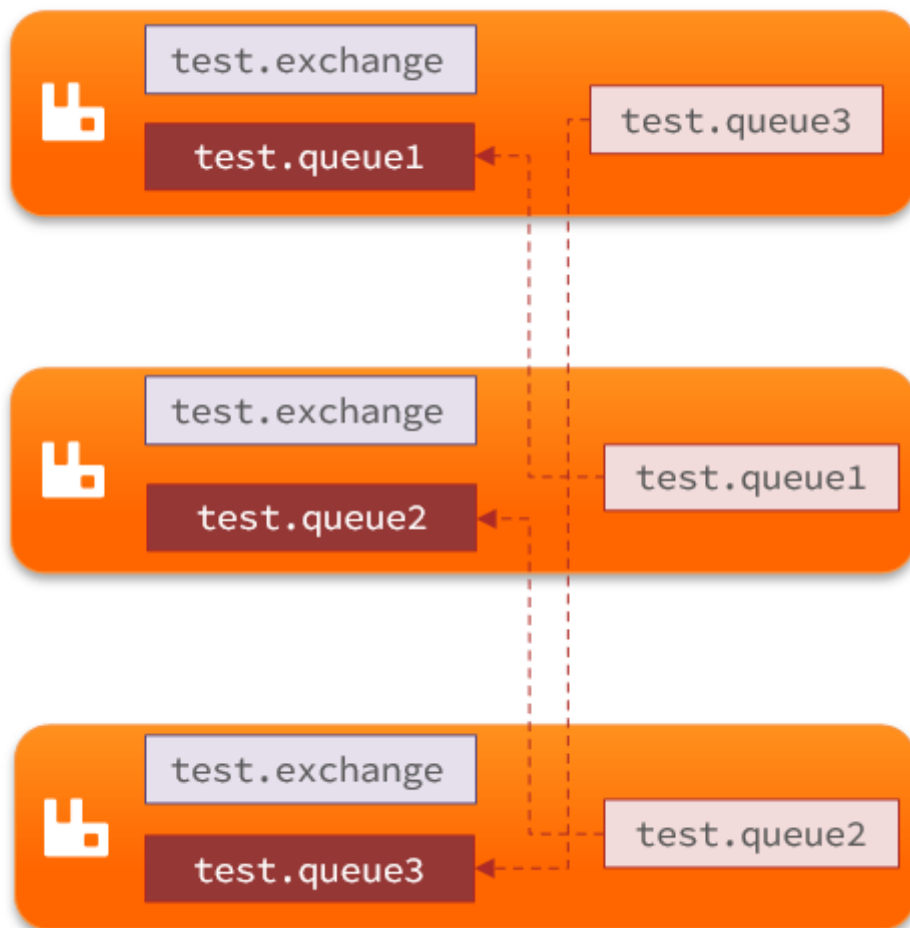
4.3.镜像集群

4.3.1.集群结构和特征

镜像集群：本质是主从模式，具备下面的特征：

- 交换机、队列、队列中的消息会在各个mq的镜像节点之间同步备份。
- 创建队列的节点被称为该队列的**主节点**，备份到的其它节点叫做该队列的**镜像节点**。
- 一个队列的主节点可能是另一个队列的镜像节点
- 所有操作都是主节点完成，然后同步给镜像节点
- 主宕机后，镜像节点会替代成新的主

结构如图：



4.3.2.部署

参考课前资料：《RabbitMQ部署指南.md》

4.4.仲裁队列

4.4.1.集群特征

仲裁队列：仲裁队列是3.8版本以后才有的新功能，用来替代镜像队列，具备下列特征：

- 与镜像队列一样，都是主从模式，支持主从数据同步
- 使用非常简单，没有复杂的配置
- 主从同步基于Raft协议，强一致

4.4.2.部署

参考课前资料：《RabbitMQ部署指南.md》

4.4.3.Java代码创建仲裁队列

```
1 @Bean
2 public Queue quorumQueue() {
3     return QueueBuilder
4         .durable("quorum.queue") // 持久化
5         .quorum() // 仲裁队列
6         .build();
7 }
```

4.4.4.SpringAMQP连接MQ集群

注意, 这里用address来代替host、port方式

```
1 spring:
2   rabbitmq:
3     addresses: 192.168.150.105:8071, 192.168.150.105:8072,
4               192.168.150.105:8073
5     username: itcast
6     password: 123321
7     virtual-host: /
```