

# MQ高级

## 1、课程介绍

在昨天的练习作业中，我们改造了余额支付功能，在支付成功后利用RabbitMQ通知交易服务，更新业务订单状态为已支付。

但是大家思考一下，如果这里MQ通知失败，支付服务中支付流水显示支付成功，而交易服务中的订单状态却显示未支付，数据出现了不一致。

此时前端发送请求查询支付状态时，肯定是查询交易服务状态，会发现业务订单未支付，而用户自己知道已经支付成功，这就导致用户体验不一致。

因此，这里我们必须尽可能确保MQ消息的可靠性，即：消息应该至少被消费者处理1次

那么问题来了：

- 我们该如何确保MQ消息的可靠性？
- 如果真的发送失败，有没有其它的兜底方案？

这些问题，在今天的学习中都会找到答案。

## 2、发送者可靠性-发送者重连

首先第一种情况，就是生产者发送消息时，出现了网络故障，导致与MQ的连接中断。

为了解决这个问题，SpringAMQP提供的消息发送时的重试机制。即：当 `RabbitTemplate` 与MQ连接超时后，多次重试。

修改 `publisher` 模块的 `application.yaml` 文件，添加下面的内容：

```
spring:
  rabbitmq:
    connection-timeout: 1s # 设置MQ的连接超时时间
    template:
      retry:
        enabled: true # 开启超时重试机制
        initial-interval: 1000ms # 失败后的初始等待时间
        multiplier: 1 # 失败后下次的等待时长倍数，下次等待时长 = initial-interval * multiplier
        max-attempts: 3 # 最大重试次数
```

我们利用命令停掉RabbitMQ服务：

```
docker stop mq
```

然后测试发送一条消息，会发现每隔1秒重试1次，总共重试了3次。消息发送的超时重试机制配置成功了！

**注意：**当网络不稳定的时候，利用重试机制可以有效提高消息发送的成功率。不过SpringAMQP提供的重试机制是**阻塞式**的重试，也就是说多次重试等待的过程中，当前线程是被阻塞的。

如果对于业务性能有要求，建议禁用重试机制。如果一定要使用，请合理配置等待时长和重试次数，当然也可以考虑使用异步线程来执行发送消息的代码。

具体详情见代码

### 3、发送者机制-发送者确认机制

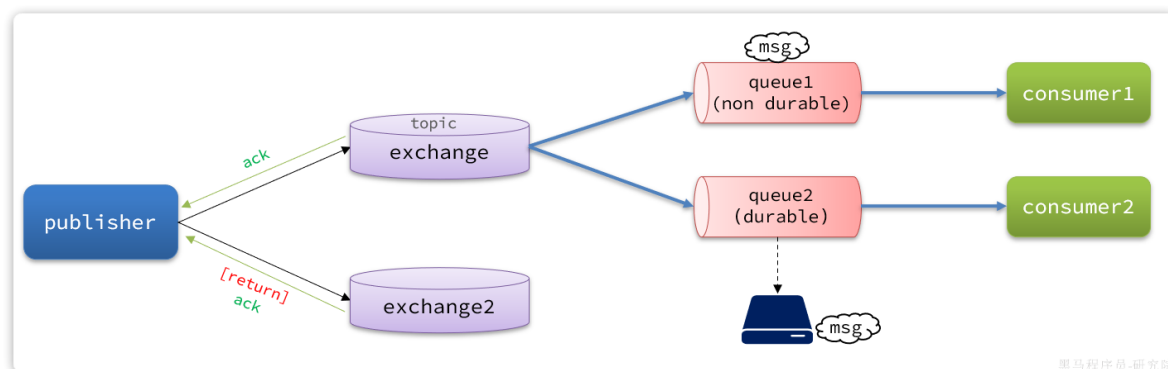
一般情况下，只要生产者与MQ之间的网路连接顺畅，基本不会出现发送消息丢失的情况，因此大多数情况下我们无需考虑这种问题。

不过，在少数情况下，也会出现消息发送到MQ之后丢失的现象，比如：

- MQ内部处理消息的进程发生了异常
- 生产者发送消息到达MQ后未找到 `Exchange`
- 生产者发送消息到达MQ的 `Exchange` 后，未找到合适的 `Queue`，因此无法路由

针对上述情况，RabbitMQ提供了生产者消息确认机制，包括 `Publisher Confirm` 和 `Publisher Return` 两种。在开启确认机制的情况下，当生产者发送消息给MQ后，MQ会根据消息处理的情况返回不同的**回执**。

具体如图所示：



总结如下：

- 当消息投递到MQ，但是路由失败时，通过**Publisher Return**返回异常信息，同时返回ack的确认信息，代表投递成功
- 临时消息投递到了MQ，并且入队成功，返回ACK，告知投递成功
- 持久消息投递到了MQ，并且入队完成持久化，返回ACK，告知投递成功
- 其它情况都会返回NACK，告知投递失败

其中 `ack` 和 `nack` 属于**Publisher Confirm**机制，`ack` 是投递成功；`nack` 是投递失败。而 `return` 则属于**Publisher Return**机制。

默认两种机制都是关闭状态，需要通过配置文件来开启。

## 4、发送者可靠性-发送者确认的代码实现

在publisher模块的 `application.yaml` 中添加配置：

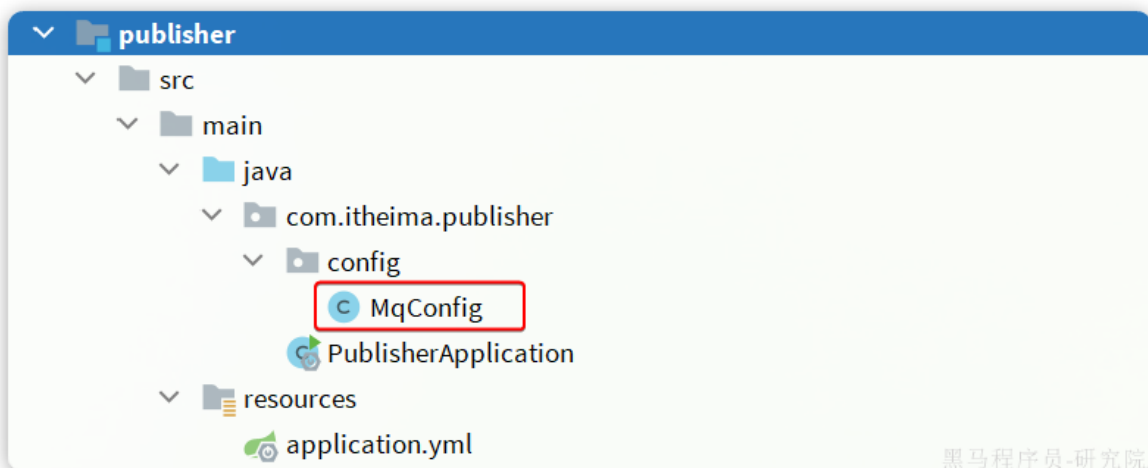
```
spring:
  rabbitmq:
    publisher-confirm-type: correlated # 开启publisher confirm机制，并设置confirm类型
    publisher-returns: true # 开启publisher return机制
```

这里 `publisher-confirm-type` 有三种模式可选：

- `none`：关闭confirm机制
- `simple`：同步阻塞等待MQ的回执
- `correlated`：MQ异步回调返回回执

一般我们推荐使用 `correlated`，回调机制。

每个 `RabbitTemplate` 只能配置一个 `ReturnCallback`，因此我们可以在配置类中统一设置。我们在publisher模块定义一个配置类：



内容如下：

```
package com.itheima.publisher.config;

import lombok.AllArgsConstructor;
import lombok.extern.slf4j.Slf4j;
import org.springframework.amqp.core.ReturnedMessage;
import org.springframework.amqp.rabbit.core.RabbitTemplate;
import org.springframework.context.annotation.Configuration;

import javax.annotation.PostConstruct;

@Slf4j
@AllArgsConstructor
@Configuration
public class MqConfig {
```

```

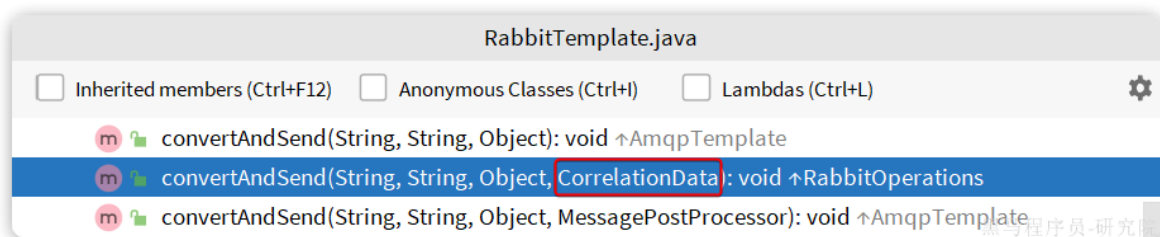
private final RabbitTemplate rabbitTemplate;

@PostConstruct
public void init(){
    rabbitTemplate.setMandatory(true);
    rabbitTemplate.setReturnsCallback(new RabbitTemplate.ReturnsCallback() {
        @Override
        public void returnedMessage(ReturnedMessage returned) {
            log.error("触发return callback,");
            log.debug("exchange: {}", returned.getExchange());
            log.debug("routingKey: {}", returned.getRoutingKey());
            log.debug("message: {}", returned.getMessage());
            log.debug("replyCode: {}", returned.getReplyCode());
            log.debug("replyText: {}", returned.getReplyText());
        }
    });
}
}

```

只有消息发送到MQ然后丢失才会触发ReturnsCallback

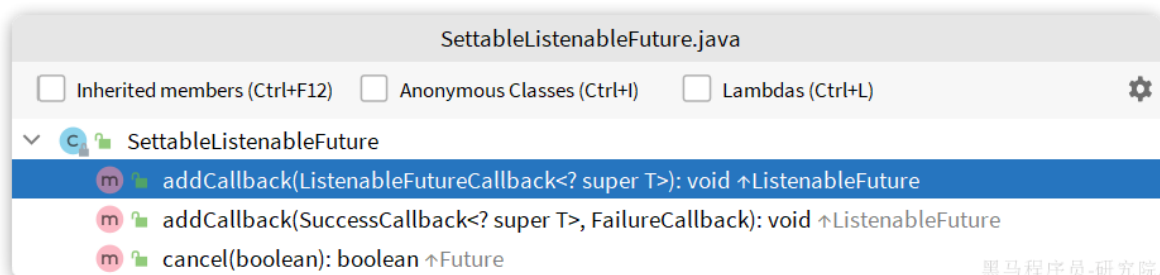
由于每个消息发送时的处理逻辑不一定相同，因此ConfirmCallback需要在每次发消息时定义。具体来说，是在调用RabbitTemplate中的convertAndSend方法时，多传递一个参数：



这里的CorrelationData中包含两个核心的东西：

- `id`：消息的唯一标示，MQ对不同的消息的回执以此做判断，避免混淆
- `SettableListenableFuture`：回执结果的Future对象

将来MQ的回执就会通过这个Future来返回，我们可以提前给CorrelationData中的Future添加回调函数来处理消息回执：



我们新建一个测试，向系统自带的交换机发送消息，并且添加ConfirmCallback：

```

@Test
void testPublisherConfirm() {

```

```

// 1.创建CorrelationData
CorrelationData cd = new CorrelationData();
// 2.给Future添加ConfirmCallback
cd.getFuture().addCallback(new
ListenableFutureCallback<CorrelationData.Confirm>() {
    @Override
    public void onFailure(Throwable ex) {
        // 2.1.Future发生异常时的处理逻辑，基本不会触发
        log.error("send message fail", ex);
    }
    @Override
    public void onSuccess(CorrelationData.Confirm result) {
        // 2.2.Future接收到回执的处理逻辑，参数中的result就是回执内容
        if(result.isAck()){ // result.isAck(), boolean类型，true代表ack回执，
false 代表 nack回执
            log.debug("发送消息成功，收到 ack!");
        }else{ // result.getReason(), String类型，返回nack时的异常描述
            log.error("发送消息失败，收到 nack, reason : {}",
result.getReason());
        }
    }
});
// 3.发送消息
rabbitTemplate.convertAndSend("hmall.direct", "q", "hello", cd);
}

```

执行结果如下：

```

06-21 20:47:11:699 ERROR 5220 --- [nctionFactory1] com.itheima.publisher.config.MqConfig : 触发return callback,
06-21 20:47:11:700 DEBUG 5220 --- [68.150.101:5672] com.itheima.publisher.SpringAmqpTest : 发送消息成功，收到 ack!
06-21 20:47:11:699 DEBUG 5220 --- [nctionFactory1] com.itheima.publisher.config.MqConfig : exchange: hmall.direct
06-21 20:47:11:702 DEBUG 5220 --- [nctionFactory1] com.itheima.publisher.config.MqConfig : routingKey: q
06-21 20:47:11:702 DEBUG 5220 --- [nctionFactory1] com.itheima.publisher.config.MqConfig : message: {Body:"hello"
MessageProperties [headers={spring_returned_message_correlation=a5ecf459-2413-465a-8e18-c2773b312e05, __TypeId__=java.lang
.String}, messageId=f850c05e-66a4-474a-94a1-5716e98b95f9, contentType=application/json, contentEncoding=UTF-8,
contentLength=0, receivedDeliveryMode=PERSISTENT, priority=0, deliveryTag=0]}
06-21 20:47:11:702 DEBUG 5220 --- [nctionFactory1] com.itheima.publisher.config.MqConfig : replyCode: 312
06-21 20:47:11:702 DEBUG 5220 --- [nctionFactory1] com.itheima.publisher.config.MqConfig : replyText: NO_ROUTE

```

可以看到，由于传递的 `RoutingKey` 是错误的，路由失败后，触发了 `return callback`，同时也收到了 `ack`。

当我们修改为正确的 `RoutingKey` 以后，就不会触发 `return callback` 了，只收到 `ack`。

而如果连交换机都是错误的，则只会收到 `nack`。

**注意：**

开启生产者确认比较消耗MQ性能，一般不建议开启。而且大家思考一下触发确认的几种情况：

- 路由失败：一般是因为 `RoutingKey` 错误导致，往往是编程导致
- 交换机名称错误：同样是编程错误导致
- MQ内部故障：这种需要处理，但概率往往较低。因此只有对消息可靠性要求非常高的业务才需要开启，而且仅仅需要开启 `ConfirmCallback` 处理 `nack` 就可以了。

## 5、MQ可靠性-数据持久化

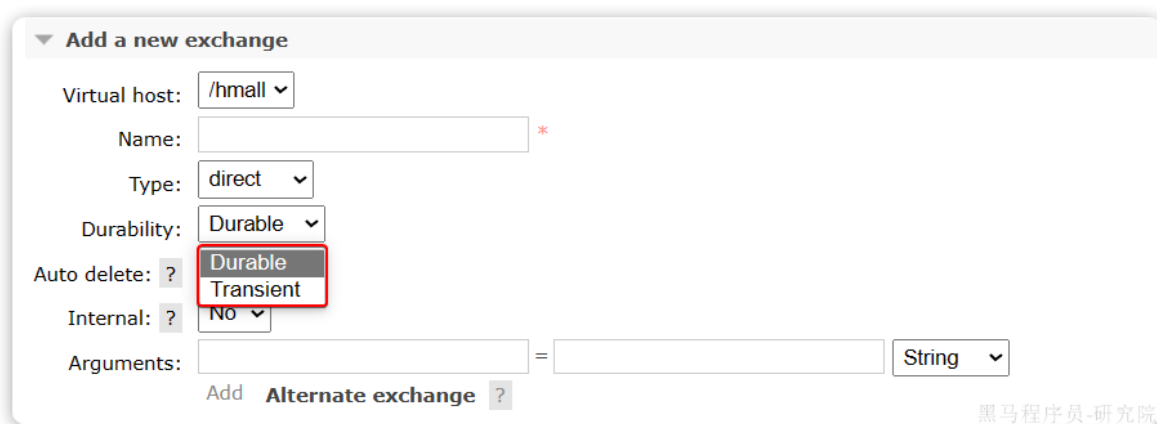
消息到达MQ以后，如果MQ不能及时保存，也会导致消息丢失，所以MQ的可靠性也非常重要。

为了提升性能，默认情况下MQ的数据都是在内存存储的临时数据，重启后就会消失。为了保证数据的可靠性，必须配置数据持久化，包括：

- 交换机持久化
- 队列持久化
- 消息持久化

我们以控制台界面为例来说明。

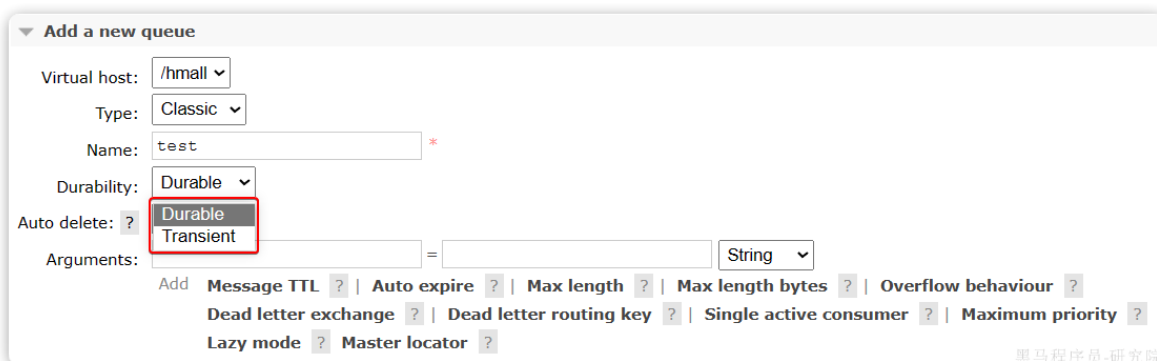
在控制台的 `Exchanges` 页面，添加交换机时可以配置交换机的 `durability` 参数：



The screenshot shows the 'Add a new exchange' form in the RabbitMQ management console. The form includes fields for 'Virtual host' (set to '/hmall'), 'Name' (empty), 'Type' (set to 'direct'), 'Durability' (set to 'Durable'), 'Auto delete' (set to '?'), 'Internal' (set to 'No'), and 'Arguments' (empty). The 'Durability' dropdown is highlighted with a red box, showing 'Durable' and 'Transient' options. The 'Durable' option is selected. Below the form, there are links for 'Add' and 'Alternate exchange'.

设置为 `Durable` 就是持久化模式，`Transient` 就是临时模式。

在控制台的 `Queues` 页面，添加队列时，同样可以配置队列的 `durability` 参数：



The screenshot shows the 'Add a new queue' form in the RabbitMQ management console. The form includes fields for 'Virtual host' (set to '/hmall'), 'Type' (set to 'Classic'), 'Name' (set to 'test'), 'Durability' (set to 'Durable'), 'Auto delete' (set to '?'), and 'Arguments' (empty). The 'Durability' dropdown is highlighted with a red box, showing 'Durable' and 'Transient' options. The 'Durable' option is selected. Below the form, there are links for 'Add' and a list of advanced parameters: 'Message TTL', 'Auto expire', 'Max length', 'Max length bytes', 'Overflow behaviour', 'Dead letter exchange', 'Dead letter routing key', 'Single active consumer', 'Maximum priority', 'Lazy mode', and 'Master locator'.

除了持久化以外，你可以看到队列还有很多其它参数，有一些我们会在后期学习。

在控制台发送消息的时候，可以添加很多参数，而消息的持久化是要配置一个 `properties`：

▼ Publish message

Message will be published to the default exchange with routing key **simple.queue**, routing it to this queue.

Delivery mode: 1 - Non-persistent ▼

1 - Non-persistent

2 - Persistent

Headers: ? =

Properties: ? =

String ▼

Payload:

Publish message

**说明：**在开启持久化机制以后，如果同时还开启了生产者确认，那么MQ会在消息持久化以后才发送ACK回执，进一步确保消息的可靠性。

不过出于性能考虑，为了减少IO次数，发送到MQ的消息并不是逐条持久化到数据库的，而是每隔一段时间批量持久化。一般间隔在100毫秒左右，这就会导致ACK有一定的延迟，因此建议生产者确认全部采用异步方式。

不过基本上默认都是数据持久化的

[详情看代码](#)

## 6、MQ可靠性-LazyQueue

在默认情况下，RabbitMQ会将接收到的信息保存在内存中以降低消息收发的延迟。但在某些特殊情况下，这会导致消息积压，比如：

- 消费者宕机或出现网络故障
- 消息发送量激增，超过了消费者处理速度
- 消费者处理业务发生阻塞

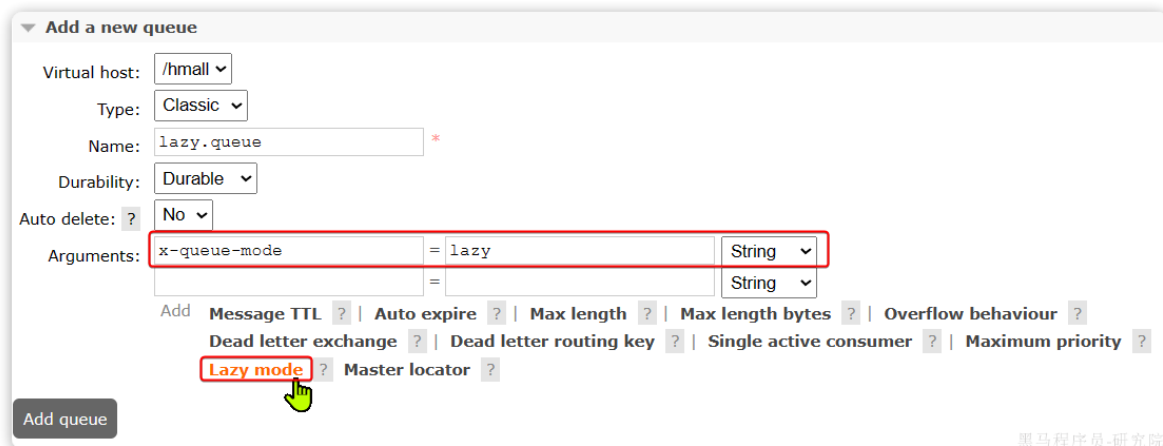
一旦出现消息堆积问题，RabbitMQ的内存占用就会越来越高，直到触发内存预警上限。此时RabbitMQ会将内存消息刷到磁盘上，这个行为成为 **PageOut**。PageOut 会耗费一段时间，并且会阻塞队列进程。因此在这个过程中RabbitMQ不会再处理新的消息，生产者的所有请求都会被阻塞。

为了解决这个问题，从RabbitMQ的3.6.0版本开始，就增加了Lazy Queues的模式，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（也就是懒加载）
- 支持数百万条的消息存储

而在3.12版本之后，LazyQueue已经成为所有队列的默认格式。因此官方推荐升级MQ为3.12版本或者所有队列都设置为LazyQueue模式。

在添加队列的时候，添加 `x-queue-mod=lazy` 参数即可设置队列为Lazy模式：

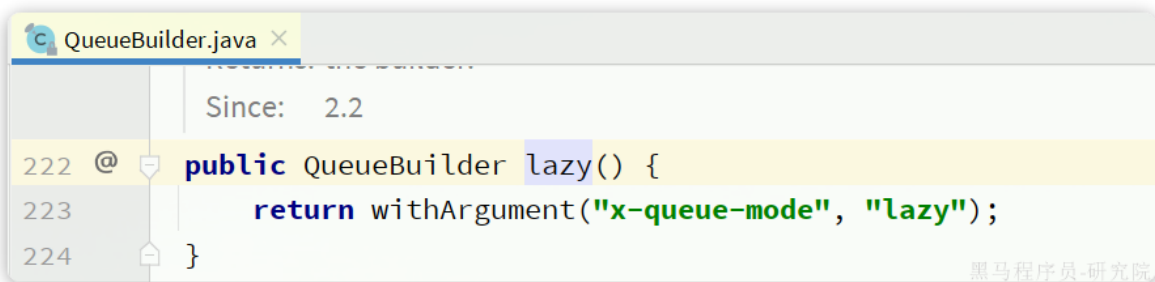


黑马程序员-研究院

在利用SpringAMQP声明队列的时候，添加 `x-queue-mod=lazy` 参数也可设置队列为Lazy模式：

```
@Bean
public Queue lazyQueue(){
    return QueueBuilder
        .durable("lazy.queue")
        .lazy() // 开启Lazy模式
        .build();
}
```

这里是通过 `QueueBuilder` 的 `lazy()` 函数配置Lazy模式，底层源码如下：



黑马程序员-研究院

当然，我们也可以基于注解来声明队列并设置为Lazy模式：

```
@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);
}
```



对于已经存在的队列，也可以配置为lazy模式，但是要通过设置policy实现。

可以基于命令行设置policy：

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

注：要先在进入mq的docker命令行

要在hmall账号中，要修改一下

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

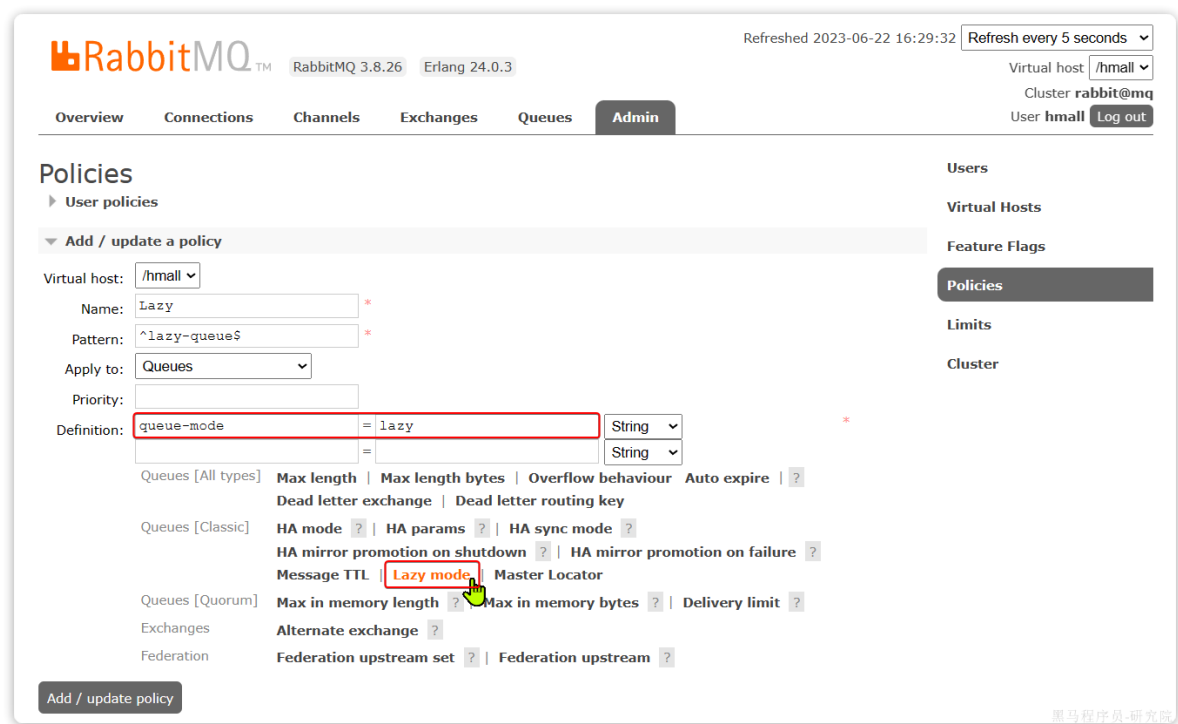
删除策略

```
rabbitmqctl clear_policy Lazy -p /hamll
```

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

当然，也可以在控制台配置policy，进入在控制台的Admin页面，点击Policies，即可添加配置：



## 7、消费者可靠性-消费者重试策略

为了确认消费者是否成功处理消息，RabbitMQ提供了消费者确认机制（**Consumer Acknowledgement**）。即：当消费者处理消息结束后，应该向RabbitMQ发送一个回执，告知RabbitMQ自己消息处理状态。回执有三种可选值：

- **ack**：成功处理消息，RabbitMQ从队列中删除该消息
- **nack**：消息处理失败，RabbitMQ需要再次投递消息
- **reject**：消息处理失败并拒绝该消息，RabbitMQ从队列中删除该消息

一般reject方式用的较少，除非是消息格式有问题，那就是开发问题了。因此大多数情况下我们需要将消息处理的代码通过 `try catch` 机制捕获，消息处理成功时返回ack，处理失败时返回nack。

由于消息回执的处理代码比较统一，因此SpringAMQP帮我们实现了消息确认。并允许我们通过配置文件设置ACK处理方式，有三种模式：

- **none**：不处理。即消息投递给消费者后立刻ack，消息会立刻从MQ删除。非常不安全，不建议使用
- **manual**：手动模式。需要自己在业务代码中调用api，发送 **ack** 或 **reject**，存在业务入侵，但更灵活
- **auto**：自动模式。SpringAMQP利用AOP对我们的消息处理逻辑做了环绕增强，当业务正常执行时则自动返回 **ack**。当业务出现异常时，根据异常判断返回不同结果：
  - 如果是**业务异常**，会自动返回 **nack**；
  - 如果是**消息处理或校验异常**，自动返回 **reject**；

返回Reject的常见异常有：

Starting with version 1.3.2, the default ErrorHandler is now a ConditionalRejectingErrorHandler that rejects (and does not requeue) messages that fail with an irrecoverable error. Specifically, it rejects messages that fail with the following errors:

- o.s.amqp...MessageConversionException: Can be thrown when converting the incoming message payload using a MessageConverter.
- o.s.messaging...MessageConversionException: Can be thrown by the conversion service if additional conversion is required when mapping to a @RabbitListener method.
- o.s.messaging...MethodArgumentNotValidException: Can be thrown if validation (for example, @Valid) is used in the listener and the validation fails.
- o.s.messaging...MethodArgumentTypeMismatchException: Can be thrown if the inbound message was converted to a type that is not correct for the target method. For example, the parameter is declared as Message but Message is received.
- java.lang.NoSuchMethodException: Added in version 1.6.3.
- java.lang.ClassCastException: Added in version 1.6.3.

通过下面的配置可以修改SpringAMQP的ACK处理方式:

```
spring:
  rabbitmq:
    listener:
      simple:
        acknowledge-mode: none # 不做处理
```

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

```
@RabbitListener(queues = "simple.queue")
public void listenSimpleQueueMessage(String msg) throws InterruptedException {
    log.info("spring 消费者接收到消息: [" + msg + "]");
    if (true) {
        throw new MessageConversionException("故意的");
    }
    log.info("消息处理完成");
}
```

测试可以发现: 当消息处理发生异常时, 消息依然被RabbitMQ删除了。

我们再次把确认机制修改为auto:

```
spring:
  rabbitmq:
    listener:
      simple:
        acknowledge-mode: auto # 自动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 `unacked` (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
/hmall	simple.queue	classic	D Args	idle	0	1	1	0.00/s	0.00/s	0.00/s

黑马程序员-研究院

放行以后，由于抛出的是消息转换异常，因此Spring会自动返回 reject，所以消息依然会被删除：

Overview Connections Channels Exchanges **Queues** Admin

## 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
/hmall	simple.queue	classic	D Args	idle	0	0	0	0.00/s	0.00/s	0.00/s

黑马程序员-研究院

我们将异常改为RuntimeException类型：

```
@RabbitListener(queues = "simple.queue")
public void listenSimpleQueueMessage(String msg) throws InterruptedException {
    log.info("spring 消费者接收到消息: [" + msg + "]");
    if (true) {
        throw new RuntimeException("故意的");
    }
    log.info("消息处理完成");
}
```

在异常位置打断点，然后再次发送消息测试，程序卡在断点时，可以发现此时消息状态为 unacked（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
/hmall	simple.queue	classic	D Args	idle	0	1	1	0.00/s	0.00/s	0.00/s

黑马程序员-研究院

放行以后，由于抛出的是业务异常，所以Spring返回 ack，最终消息恢复至 Ready 状态，并且没有被 RabbitMQ 删除：

Overview Connections Channels Exchanges **Queues** Admin

## 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
/hmall	simple.queue	classic	D Args	idle	1	0	1	0.00/s	0.00/s	0.00/s

黑马程序员-研究院

当我们把配置改为 auto 时，消息处理失败后，会回到 RabbitMQ，并重新投递到消费者。

具体详情见代码

## 8、消费者可靠性-消费者失败重试机制

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。如果消费者再次执行依然出错，消息会再次requeue到队列，再次投递，直到消息处理成功为止。

极端情况就是消费者一直无法执行成功，那么消息requeue就会无限循环，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		running	0	1	1	0.00/s	3,370/s	0.00/s	

当然，上述极端情况发生的概率还是非常低的，不过不怕一万就怕万一。为了应对上述情况Spring又提供了消费者失败重试机制：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：

```
spring:
  rabbitmq:
    listener:
      simple:
        retry:
          enabled: true # 开启消费者失败重试
          initial-interval: 1000ms # 初次失败的等待时长为1秒
          multiplier: 1 # 失败的等待时长倍数，下次等待时长 = multiplier * last-interval
          max-attempts: 3 # 最大重试次数
          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：

- 消费者在失败后消息没有重新回到MQ无限重新投递，而是在本地重试了3次
- 本地重试3次以后，抛出了 `AmqpRejectAndDontRequeueException` 异常。查看RabbitMQ控制台，发现消息被删除了，说明最后SpringAMQP返回的是 `reject`

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reject，消息会被丢弃

在之前的测试中，本地测试达到最大重试次数后，消息会被丢弃。这在某些对于消息可靠性要求较高的业务场景下，显然不太合适了。

因此Spring允许我们自定义重试次数耗尽后的消息处理策略，这个策略是由 `MessageRecovery` 接口来定义的，它有3个不同实现：

- `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

```
@Bean
public DirectExchange errorMessageExchange(){
    return new DirectExchange("error.direct");
}
@Bean
public Queue errorQueue(){
    return new Queue("error.queue", true);
}
@Bean
public Binding errorBinding(Queue errorQueue, DirectExchange
errorMessageExchange){
    return
    BindingBuilder.bind(errorQueue).to(errorMessageExchange).with("error");
}
```

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

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

完整代码如下：

```
package com.itheima.consumer.config;

import org.springframework.amqp.core.Binding;
import org.springframework.amqp.core.BindingBuilder;
import org.springframework.amqp.core.DirectExchange;
import org.springframework.amqp.core.Queue;
import org.springframework.amqp.rabbit.core.RabbitTemplate;
import org.springframework.amqp.rabbit.retry.MessageRecoverer;
import org.springframework.amqp.rabbit.retry.RepublishMessageRecoverer;
import org.springframework.context.annotation.Bean;

@Configuration
@ConditionalOnProperty(name = "spring.rabbitmq.listener.simple.retry.enabled",
havingValue = "true")
public class ErrorMessageConfig {
    @Bean
    public DirectExchange errorMessageExchange(){
        return new DirectExchange("error.direct");
    }
    @Bean
    public Queue errorQueue(){
```

```

        return new Queue("error.queue", true);
    }
    @Bean
    public Binding errorBinding(Queue errorQueue, DirectExchange
    errorMessageExchange){
        return
    BindingBuilder.bind(errorQueue).to(errorMessageExchange).with("error");
    }

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

```

具体详情见代码

## 9、消费者可靠性-业务幂等处理

何为幂等性？

**幂等**是一个数学概念，用函数表达式来描述是这样的： $f(x) = f(f(x))$ ，例如求绝对值函数。

在程序开发中，则是指同一个业务，执行一次或多次对业务状态的影响是一致的。例如：

- 根据id删除数据
- 查询数据
- 新增数据

但数据的更新往往不是幂等的，如果重复执行可能造成不一样的后果。比如：

- 取消订单，恢复库存的业务。如果多次恢复就会出现库存重复增加的情况
- 退款业务。重复退款对商家而言会有经济损失。

所以，我们要尽可能避免业务被重复执行。

然而在实际业务场景中，由于意外经常会出现业务被重复执行的情况，例如：

- 页面卡顿时频繁刷新导致表单重复提交
- 服务间调用的重试
- MQ消息的重复投递

我们在用户支付成功后会发送MQ消息到交易服务，修改订单状态为已支付，就可能出现消息重复投递的情况。如果消费者不做判断，很有可能导致消息被消费多次，出现业务故障。

举例：

1. 假如用户刚刚支付完成，并且投递消息到交易服务，交易服务更改订单为**已支付**状态。
2. 由于某种原因，例如网络故障导致生产者没有得到确认，隔了一段时间后**重新投递**给交易服务。
3. 但是，在新投递的消息被消费之前，用户选择了退款，将订单状态改为了**已退款**状态。
4. 退款完成后，新投递的消息才被消费，那么订单状态会被再次改为**已支付**。业务异常。

因此，我们必须想办法保证消息处理的幂等性。这里给出两种方案：

- 唯一消息ID
- 业务状态判断

这个思路非常简单：

1. 每一条消息都生成一个唯一的id，与消息一起投递给消费者。
2. 消费者接收到消息后处理自己的业务，业务处理成功后将消息ID保存到数据库
3. 如果下次又收到相同消息，去数据库查询判断是否存在，存在则为重复消息放弃处理。

我们该如何给消息添加唯一ID呢？

其实很简单，SpringAMQP的MessageConverter自带了MessageID的功能，我们只要开启这个功能即可。

以Jackson的消息转换器为例：

```
@Bean
public MessageConverter messageConverter(){
    // 1. 定义消息转换器
    Jackson2JsonMessageConverter jjmc = new Jackson2JsonMessageConverter();
    // 2. 配置自动创建消息id，用于识别不同消息，也可以在业务中基于ID判断是否是重复消息
    jjmc.setCreateMessageIds(true);
    return jjmc;
}
```

业务判断就是基于业务本身的逻辑或状态来判断是否是重复的请求或消息，不同的业务场景判断的思路也不一样。

例如我们当前案例中，处理消息的业务逻辑是把订单状态从未支付修改为已支付。因此我们就可以在执行业务时判断订单状态是否是未支付，如果不是则证明订单已经被处理过，无需重复处理。

相比较而言，消息ID的方案需要改造原有的数据库，所以我更推荐使用业务判断的方案。

以支付修改订单的业务为例，我们需要修改 `OrderServiceImpl` 中的 `markOrderPaySuccess` 方法：

```
@Override
public void markOrderPaySuccess(Long orderId) {
    // 1. 查询订单
    Order old = getById(orderId);
    // 2. 判断订单状态
    if (old == null || old.getStatus() != 1) {
        // 订单不存在或者订单状态不是1，放弃处理
        return;
    }
    // 3. 尝试更新订单
    Order order = new Order();
    order.setId(orderId);
    order.setStatus(2);
    order.setPayTime(LocalDateTime.now());
    updateById(order);
}
```



上述代码逻辑上符合了幂等判断的需求，但是由于判断和更新是两步动作，因此在极小概率下可能存在线程安全问题。

我们可以合并上述操作为这样：

```
@Override
public void markOrderPaySuccess(Long orderId) {
    // UPDATE `order` SET status = ? , pay_time = ? WHERE id = ? AND status = 1
    lambdaUpdate()
        .set(Order::getStatus, 2)
        .set(Order::getPayTime, LocalDateTime.now())
        .eq(Order::getId, orderId)
        .eq(Order::getStatus, 1)
        .update();
}
```

注意看，上述代码等同于这样的SQL语句：

```
UPDATE `order` SET status = ? , pay_time = ? WHERE id = ? AND status = 1
```

我们在where条件中除了判断id以外，还加上了status必须为1的条件。如果条件不符（说明订单已支付），则SQL匹配不到数据，根本不会执行。

具体详情见代码

## 10、延迟消息-什么是延迟消息

虽然我们利用各种机制尽可能增加了消息的可靠性，但也不好说能保证消息100%的可靠。万一真的MQ通知失败该怎么办呢？

有没有其它兜底方案，能够确保订单的支付状态一致呢？

其实思想很简单：既然MQ通知不一定发送到交易服务，那么交易服务就必须自己**主动去查询**支付状态。这样即便支付服务的MQ通知失败，我们依然能通过主动查询来保证订单状态的一致。

流程如下：

暂时无法在飞书文档外展示此内容

图中黄色线圈起来的部分就是MQ通知失败后的兜底处理方案，由交易服务自己主动去查询支付状态。

不过需要注意的是，交易服务并不知道用户会在什么时候支付，如果查询的时机不正确（比如查询的时候用户正在支付中），可能查询到的支付状态也不正确。

那么问题来了，我们到底该在什么时间主动查询支付状态呢？

这个时间是无法确定的，因此，通常我们采取的措施就是利用**定时任务**定期查询，例如每隔20秒就查询一次，并判断支付状态。如果发现订单已经支付，则立刻更新订单状态为已支付即可。

定时任务大家之前学习过，具体的实现这里就不再赘述了。

至此，消息可靠性的问题已经解决了。

综上，支付服务与交易服务之间的订单状态一致性是如何保证的？

- 首先，支付服务会在用户支付成功以后利用MQ消息通知交易服务，完成订单状态同步。
- 其次，为了保证MQ消息的可靠性，我们采用了生产者确认机制、消费者确认、消费者失败重试等策略，确保消息投递的可靠性
- 最后，我们还在交易服务设置了定时任务，定期查询订单支付状态。这样即便MQ通知失败，还可以利用定时任务作为兜底方案，确保订单支付状态的最终一致性。

在电商的支付业务中，对于一些库存有限的商品，为了更好的用户体验，通常都会用户在下单时立刻扣减商品库存。例如电影院购票、高铁购票，下单后就会锁定座位资源，其他人无法重复购买。

但是这样就存在一个问题，假如用户下单后一直不付款，就会一直占有库存资源，导致其他客户无法正常交易，最终导致商户利益受损！

因此，电商中通常的做法就是：**对于超过一定时间未支付的订单，应该立刻取消订单并释放占用的库存。**

例如，订单支付超时时间为30分钟，则我们应该在用户下单后的第30分钟检查订单支付状态，如果发现未支付，应该立刻取消订单，释放库存。

但问题来了：如何才能准确的实现在下单后第30分钟去检查支付状态呢？

像这种在一段时间以后才执行的任务，我们称之为**延迟任务**，而要实现延迟任务，最简单的方案就是利用MQ的延迟消息了。

在RabbitMQ中实现延迟消息也有两种方案：

- 死信交换机+TTL
- 延迟消息插件

这一章我们就一起研究下这两种方案的实现方式，以及优缺点。

## 11、延迟消息-死信交换机

首先我们来学习一下基于死信交换机的延迟消息方案。

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

如果一个队列中的消息已经成为死信，并且这个队列通过 `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，而这个交换机就称为**死信交换机**（Dead Letter Exchange）。而此时加入有队列与死信交换机绑定，则最终死信就会被投递到这个队列中。

死信交换机有什么作用呢？

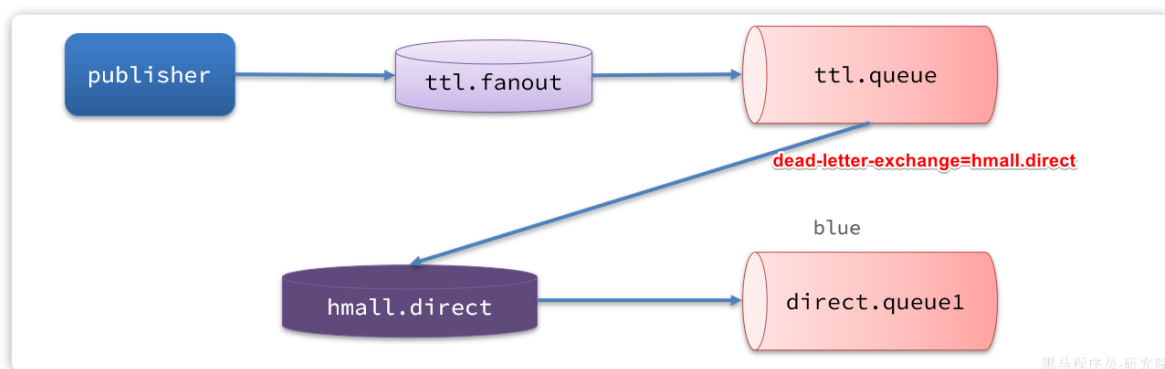
1. 收集那些因处理失败而被拒绝的消息
2. 收集那些因队列满了而被拒绝的消息

### 3. 收集因TTL（有效期）到期的消息

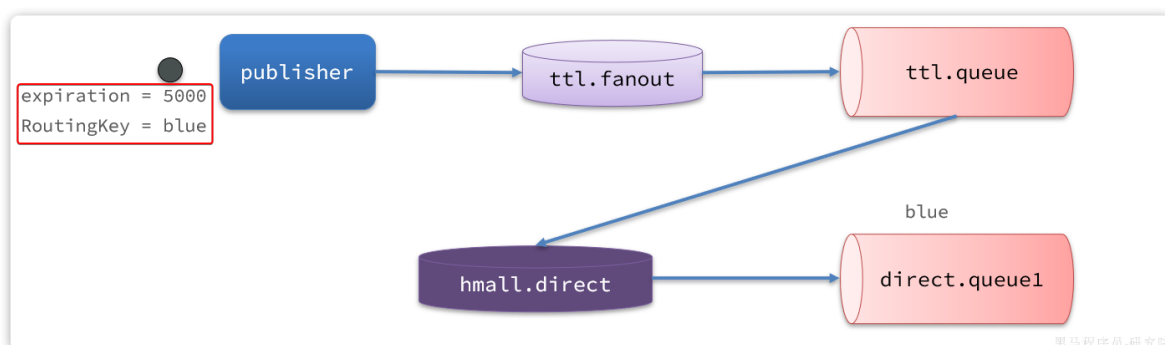
前面两种作用场景可以看做是把死信交换机当做一种消息处理的最终兜底方案，与消费者重试时讲的 `RepublishMessageRecoverer` 作用类似。

而最后一种场景，大家设想一下这样的场景：

如图，有一组绑定的交换机（`ttl.fanout`）和队列（`ttl.queue`）。但是 `ttl.queue` 没有消费者监听，而是设定了死信交换机 `hmall.direct`，而队列 `direct.queue1` 则与死信交换机绑定，RoutingKey是blue：

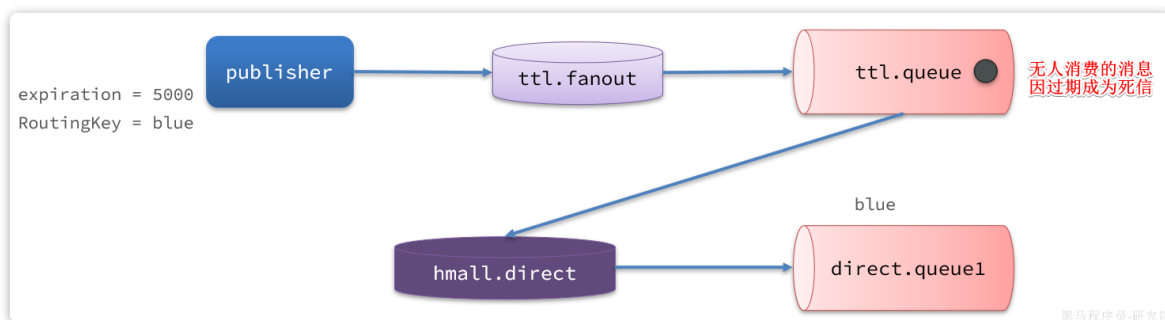


假如我们现在发送一条消息到 `ttl.fanout`，RoutingKey为blue，并设置消息的有效期为5000毫秒：

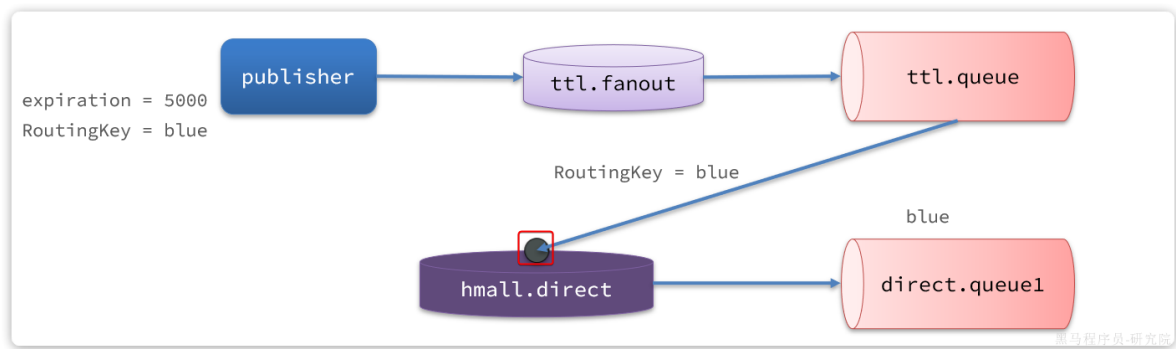


**注意：**尽管这里的 `ttl.fanout` 不需要RoutingKey，但是当消息变为死信并投递到死信交换机时，会沿用之前的RoutingKey，这样 `hmall.direct` 才能正确路由消息。

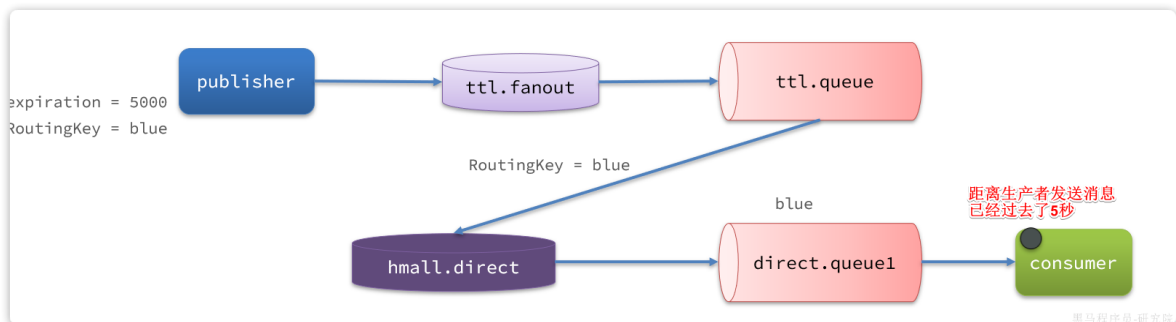
消息肯定会被投递到 `ttl.queue` 之后，由于没有消费者，因此消息无人消费。5秒之后，消息的有效期到期，成为死信：



死信被再次投递到死信交换机 `hmall.direct`，并沿用之前的RoutingKey，也就是blue：



由于 `direct.queue1` 与 `hmall.direct` 绑定的key是blue，因此最终消息被成功路由到 `direct.queue1`，如果此时有消费者与 `direct.queue1` 绑定，也就能成功消费消息了。但此时已经是5秒钟以后了：



也就是说，publisher发送了一条消息，但最终consumer在5秒后才收到消息。我们成功实现了**延迟消息**。

### 注意：

RabbitMQ的消息过期是基于追溯方式来实现的，也就是说当一个消息的TTL到期以后不一定会被移除或投递到死信交换机，而是在消息恰好处于队首时才会被处理。

当队列中消息堆积很多的时候，过期消息可能不会被按时处理，因此你设置的TTL时间不一定准确。

```

package com.itheima.consumer.config;

import org.springframework.amqp.core.*;
import org.springframework.context.annotation.Bean;
import org.springframework.context.annotation.Configuration;

@Configuration
public class NormalConfiguration {

    @Bean
    public DirectExchange normalExchange() {
        return new DirectExchange("normal.direct");
    }

    @Bean
    public Queue normalQueue(){
        return QueueBuilder
            .durable("normal.queue")
            .deadLetterExchange("dlx.direct")
    }
}
  
```

```

        .build();
    }

    @Bean
    public Binding normalExchangeBindingRed(Queue normalQueue, DirectExchange
normalExchange) {
        return BindingBuilder.bind(normalQueue).to(normalExchange).with("hi");
    }
}

```



```

@Test
void testSendDelayMessage(){
    rabbitTemplate.convertAndSend("normal.direct", "hi", "hello", message->{
        message.getMessageProperties().setExpiration("10000");
        return message;
    });
}

```

具体详情见代码

## 12、延迟消息-延迟消息插件

基于死信队列虽然可以实现延迟消息，但是太麻烦了。因此RabbitMQ社区提供了一个延迟消息插件来实现相同的效果。

官方文档说明：

<https://blog.rabbitmq.com/posts/2015/04/scheduling-messages-with-rabbitmq>

插件下载地址：

<https://github.com/rabbitmq/rabbitmq-delayed-message-exchange>

由于我们安装的MQ是 3.8 版本，因此这里下载 3.8.17 版本：

## v3.8.17

### 3.8.17

This release targets [RabbitMQ 3.8.16](#) and later versions.

This release [requires Erlang 23.2](#) or a later version, and supports Erlang 24.




#### Enhancements

- When nodes are restarted, schema database tables used by this plugin are now reconciled with cluster peers the [same way RabbitMQ core does it](#).

Contributed by [@mwfriedm](#).

GitHub issue: [rabbitmq/rabbitmq-delayed-message-exchange#163](#)

#### ▼ Assets 3


 <a href="#">rabbitmq_delayed_message_exchange-3.8.17.8f537ac.ez</a>	49.7 KB	Jun 10, 2021
 <a href="#">Source code (zip)</a>		Jun 4, 2021
 <a href="#">Source code (tar.gz)</a>		Jun 4, 2021

 14 14 people reacted

黑马程序员-研究院

当然，也可以使用课前资料提供好的插件：

新加卷 (D:) > 课程资料 > 服务框架 > day06-MQ高级 > 资料 >

名称	类型	大小
 rabbitmq_delayed_message_exchange-3.8.17.8f537ac.ez	EZ 文件	50 KB

黑马程序员-研究院

因为我们是基于Docker安装，所以需要先查看RabbitMQ的插件目录对应的数据卷。

```
docker volume inspect mq-plugins
```

结果如下：

```
[
  {
    "CreatedAt": "2024-06-19T09:22:59+08:00",
    "Driver": "local",
    "Labels": null,
    "Mountpoint": "/var/lib/docker/volumes/mq-plugins/_data",
    "Name": "mq-plugins",
    "Options": null,
    "Scope": "local"
  }
]
```

插件目录被挂载到了 `/var/lib/docker/volumes/mq-plugins/_data` 这个目录，我们上传插件到该目录下。

接下来执行命令，安装插件：

```
docker exec -it mq rabbitmq-plugins enable rabbitmq_delayed_message_exchange
```

运行结果如下：

```
[root@heima _data]# docker exec -it mq rabbitmq-plugins enable rabbitmq_delayed_message_e
xchange
Enabling plugins on node rabbit@mq:
rabbitmq_delayed_message_exchange
The following plugins have been configured:
  rabbitmq_delayed_message_exchange
  rabbitmq_management
  rabbitmq_management_agent
  rabbitmq_prometheus
  rabbitmq_web_dispatch
Applying plugin configuration to rabbit@mq...
The following plugins have been enabled:
  rabbitmq_delayed_message_exchange

started 1 plugins.
```

黑马程序员-研究院

基于注解方式：

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

基于 @Bean 的方式：

```
package com.itheima.consumer.config;

import lombok.extern.slf4j.Slf4j;
import org.springframework.amqp.core.*;
import org.springframework.context.annotation.Bean;
import org.springframework.context.annotation.Configuration;

@Slf4j
@Configuration
public class DelayExchangeConfig {

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

    @Bean
```

```

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

    @Bean
    public Binding delayQueueBinding(){
        return
        BindingBuilder.bind(delayedQueue()).to(delayExchange()).with("delay");
    }
}

```

发送消息时，必须通过x-delay属性设定延迟时间：

```

@Test
void testPublisherDelayMessage() {
    // 1.创建消息
    String message = "hello, delayed message";
    // 2.发送消息，利用消息后置处理器添加消息头
    rabbitTemplate.convertAndSend("delay.direct", "delay", message, new
    MessagePostProcessor() {
        @Override
        public Message postProcessMessage(Message message) throws AmqpException
        {
            // 添加延迟消息属性
            message.getMessageProperties().setDelay(5000);
            return message;
        }
    });
}

```

**注意：**

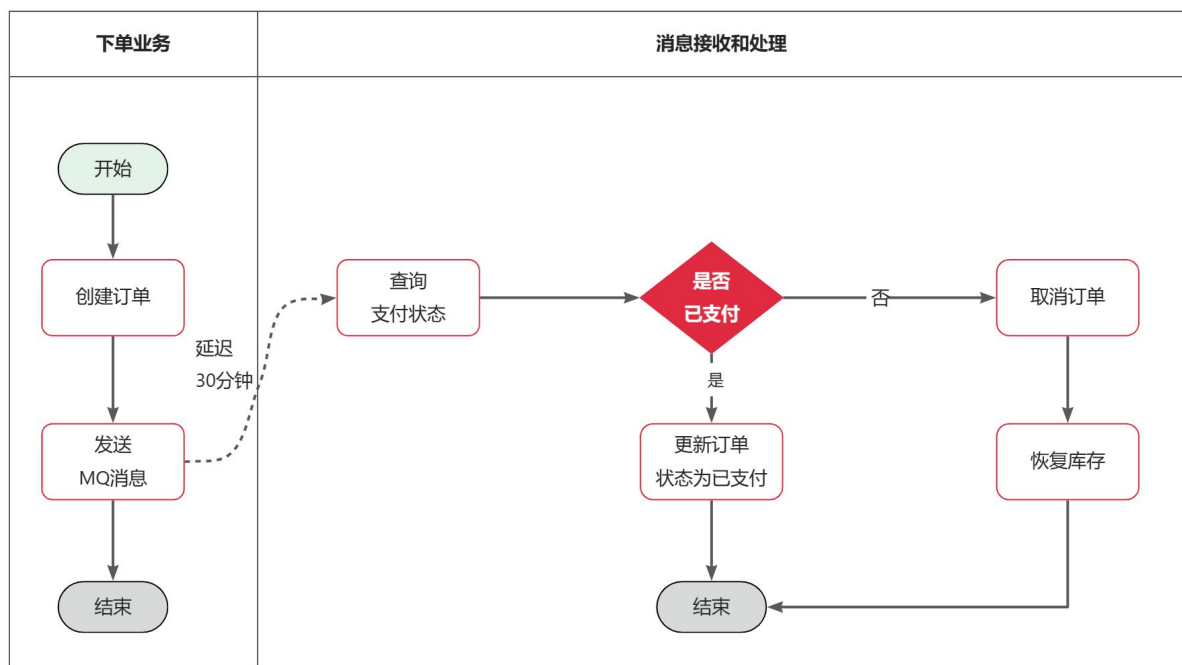
延迟消息插件内部会维护一个本地数据库表，同时使用Elang Timers功能实现计时。如果消息的延迟时间设置较长，可能会导致堆积的延迟消息非常多，会带来较大的CPU开销，同时延迟消息的时间会存在误差。

因此，**不建议设置延迟时间过长的延迟消息。**

## 13、延迟消息-取消超时订单

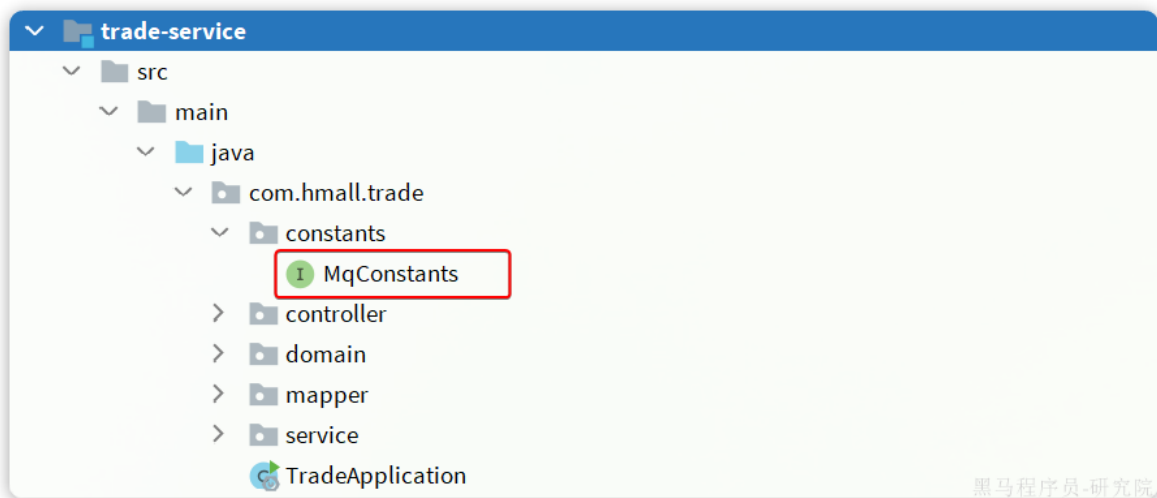
接下来，我们就在交易服务中利用延迟消息实现订单超时取消功能。其大概思路如下：





假如订单超时支付时间为30分钟，理论上说我们应该在下单时发送一条延迟消息，延迟时间为30分钟。这样就可以在接收到消息时检验订单支付状态，关闭未支付订单。

无论是消息发送还是接收都是在交易服务完成，因此我们在 `trade-service` 中定义一个常量类，用于记录交换机、队列、RoutingKey等常量：



内容如下：

```

package com.hmall.trade.constants;

public interface MQConstants {
    String DELAY_EXCHANGE_NAME = "trade.delay.direct";
    String DELAY_ORDER_QUEUE_NAME = "trade.delay.order.queue";
    String DELAY_ORDER_KEY = "delay.order.query";
}

```

在 `trade-service` 模块的 `pom.xml` 中引入amqp的依赖：

```
<!--amqp-->
<dependency>
    <groupId>org.springframework.boot</groupId>
    <artifactId>spring-boot-starter-amqp</artifactId>
</dependency>
```

在 trade-service 的 application.yaml 中添加MQ的配置：

```
spring:
  rabbitmq:
    host: 192.168.150.101
    port: 5672
    virtual-host: /hmall
    username: hmall
    password: 123
```

接下来，我们改造下单业务，在下单完成后，发送延迟消息，查询支付状态。

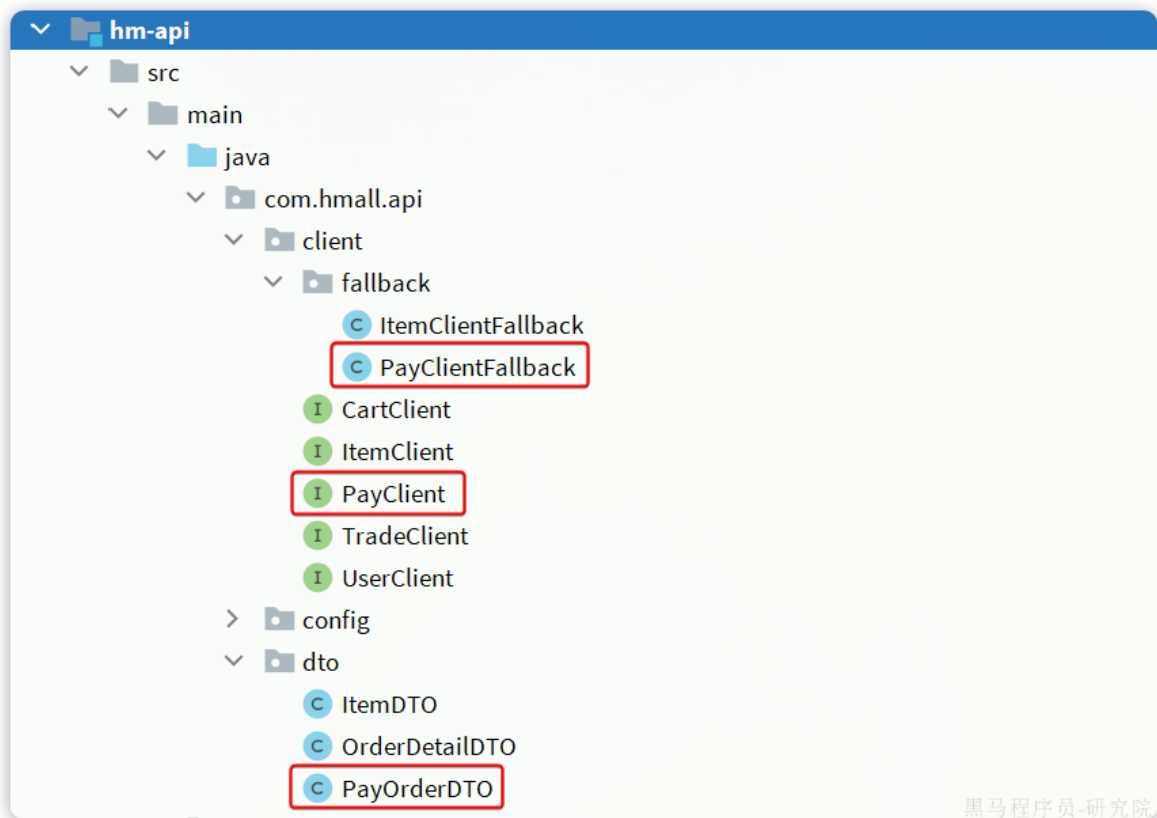
修改 trade-service 模块的 com.hmall.trade.service.impl.OrderServiceImpl 类的 createOrder 方法，添加消息发送的代码：

```
// 5. 发送延迟消息，检测订单支付状态
rabbitTemplate.convertAndSend(
    MQConstants.DELAY_EXCHANGE_NAME,
    MQConstants.DELAY_ORDER_KEY,
    order.getId(),
    message -> {
        message.getMessageProperties().setDelay(10000);
        return message;
    });
```

这里延迟消息的时间应该是15分钟，不过我们为了测试方便，改成10秒。

由于MQ消息处理时需要查询支付状态，因此我们要在 pay-service 模块定义一个这样的接口，并提供对应的 FeignClient。

首先，在 hm-api 模块定义三个类：



说明：

- PayOrderDTO：支付单的数据传输实体
- PayClient：支付系统的Feign客户端
- PayClientFallback：支付系统的fallback逻辑

PayOrderDTO 代码如下：

```
package com.hmall.api.dto;

import io.swagger.annotations.ApiModel;
import io.swagger.annotations.ApiModelProperty;
import lombok.Data;

import java.time.LocalDateTime;

/**
 * <p>
 * 支付订单
 * </p>
 */
@Data
@ApiModel(description = "支付单数据传输实体")
public class PayOrderDTO {
    @ApiModelProperty("id")
    private Long id;
    @ApiModelProperty("业务订单号")
    private Long bizOrderNo;
    @ApiModelProperty("支付单号")
    private Long payOrderNo;
    @ApiModelProperty("支付用户id")
    private Long bizUserId;
```

```

@ApiModelProperty("支付渠道编码")
private String payChannelCode;
@ApiModelProperty("支付金额, 单位分")
private Integer amount;
@ApiModelProperty("付类型, 1: h5, 2: 小程序, 3: 公众号, 4: 扫码, 5: 余额支付")
private Integer payType;
@ApiModelProperty("付状态, 0: 待提交, 1: 待支付, 2: 支付超时或取消, 3: 支付成功")
private Integer status;
@ApiModelProperty("拓展字段, 用于传递不同渠道单独处理的字段")
private String expandJson;
@ApiModelProperty("第三方返回业务码")
private String resultCode;
@ApiModelProperty("第三方返回提示信息")
private String resultMsg;
@ApiModelProperty("支付成功时间")
private LocalDateTime paySuccessTime;
@ApiModelProperty("支付超时时间")
private LocalDateTime payOverTime;
@ApiModelProperty("支付二维码链接")
private String qrCodeUrl;
@ApiModelProperty("创建时间")
private LocalDateTime createTime;
@ApiModelProperty("更新时间")
private LocalDateTime updateTime;
}

```

PayClient 代码如下:

```

package com.hmall.api.client;

import com.hmall.api.client.fallback.PayClientFallback;
import com.hmall.api.dto.PayOrderDTO;
import org.springframework.cloud.openfeign.FeignClient;
import org.springframework.web.bind.annotation.GetMapping;
import org.springframework.web.bind.annotation.PathVariable;

@FeignClient(value = "pay-service", fallbackFactory = PayClientFallback.class)
public interface PayClient {
    /**
     * 根据交易订单id查询支付单
     * @param id 业务订单id
     * @return 支付单信息
     */
    @GetMapping("/pay-orders/biz/{id}")
    PayOrderDTO queryPayOrderByBizOrderNo(@PathVariable("id") Long id);
}

```

PayClientFallback 代码如下:

```

package com.hmall.api.client.fallback;

import com.hmall.api.client.PayClient;
import com.hmall.api.dto.PayOrderDTO;
import lombok.extern.slf4j.Slf4j;

```

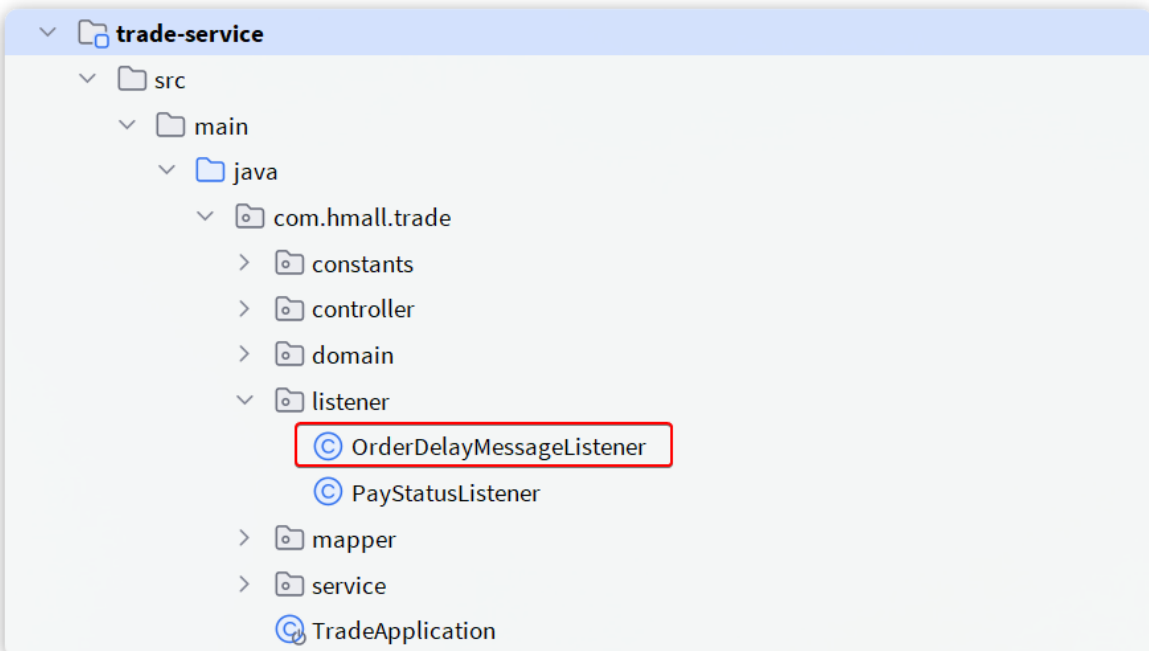
```
import org.springframework.cloud.openfeign.FallbackFactory;

@Slf4j
public class PayClientFallback implements FallbackFactory<PayClient> {
    @Override
    public PayClient create(Throwable cause) {
        return new PayClient() {
            @Override
            public PayOrderDTO queryPayOrderByBizOrderNo(Long id) {
                return null;
            }
        };
    }
}
```

最后，在 `pay-service` 模块的 `PayController` 中实现该接口：

```
@ApiOperation("根据id查询支付单")
@GetMapping("/biz/{id}")
public PayOrderDTO queryPayOrderByBizOrderNo(@PathVariable("id") Long id){
    PayOrder payOrder =
    payOrderService.lambdaQuery().eq(PayOrder::getBizOrderNo, id).one();
    return BeanUtils.copyBean(payOrder, PayOrderDTO.class);
}
```

接下来，我们在 `trader-service` 编写一个监听器，监听延迟消息，查询订单支付状态：



代码如下：

```
package com.hmall.trade.listener;

import com.hmall.api.client.PayClient;
import com.hmall.api.dto.PayOrderDTO;
import com.hmall.trade.constants.MQConstants;
```

```

import com.hmall.trade.domain.po.Order;
import com.hmall.trade.service.IOrderService;
import lombok.RequiredArgsConstructor;
import org.springframework.amqp.rabbit.annotation.Exchange;
import org.springframework.amqp.rabbit.annotation.Queue;
import org.springframework.amqp.rabbit.annotation.QueueBinding;
import org.springframework.amqp.rabbit.annotation.RabbitListener;
import org.springframework.stereotype.Component;

@Component
@RequiredArgsConstructor
public class OrderDelayMessageListener {

    private final IOrderService orderService;
    private final PayClient payClient;

    @RabbitListener(bindings = @QueueBinding(
        value = @Queue(name = MQConstants.DELAY_ORDER_QUEUE_NAME),
        exchange = @Exchange(name = MQConstants.DELAY_EXCHANGE_NAME, delayed
= "true"),
        key = MQConstants.DELAY_ORDER_KEY
    ))
    public void listenOrderDelayMessage(Long orderId){
        // 1.查询订单
        Order order = orderService.getById(orderId);
        // 2.检测订单状态，判断是否已支付
        if(order == null || order.getStatus() != 1){
            // 订单不存在或者已经支付
            return;
        }
        // 3.未支付，需要查询支付流水状态
        PayOrderDTO payOrder = payClient.queryPayOrderByBizOrderNo(orderId);
        // 4.判断是否支付
        if(payOrder != null && payOrder.getStatus() == 3){
            // 4.1.已支付，标记订单状态为已支付
            orderService.markOrderPaySuccess(orderId);
        }else{
            // TODO 4.2.未支付，取消订单，回复库存
            orderService.cancelOrder(orderId);
        }
    }
}

```

注意，这里要在OrderServiceImpl中实现cancelOrder方法，留作作业大家自行实现。

具体详情见代码

## 补充：延迟消息插件

在 RabbitMQ 中，`x-delayed-message` 交换机本身**不存储消息**，它的作用是在**达到延迟时间后才将消息投递到绑定的队列**。但是，在消息延迟期间，RabbitMQ 仍然需要存储这些未到投递时间的消息。

### 消息存储在 RabbitMQ 内部的 Mnesia 数据库

RabbitMQ 使用 **Mnesia** 作为其内部数据库来存储队列元数据和持久化消息。

当消息被发送到 **x-delayed-message 交换机** 后，RabbitMQ **不会立即投递**它，而是将消息存储在 **内存** 或 **磁盘（如果消息是持久化的）**，直到延迟时间到达。

这些消息的存储位置依赖于队列的配置：

**非持久化（Transient）消息**：存储在**内存**中（如果 RabbitMQ 进程崩溃，消息会丢失）。

**持久化（Durable）消息**：存储在**磁盘**上，并受 RabbitMQ 的 **消息持久化机制** 保护，即使 RabbitMQ 重新启动，消息仍然可用。