

RabbitMQ

xbZhong

2025-10-06

Contents

RabbitMQ	1
本页 PDF	

RabbitMQ

是一种消息队列，负责在不同的服务之间传递消息

核心作用：解耦、异步、削峰填谷、可靠消息传递

同步调用

整个流程是**顺序执行**的，一步接一步，必须等前一步完成才能开始下一步

优势：

- 时效性强，等待到结果才返回

问题：

- 扩展性差
- 性能下降
- 级联失败

异步调用

基于消息通知的方式，包含三个角色：

- **消息发送者：**投递消息的人，就是原来的**调用者**
- **消息接收者：**接收和处理消息的人，就是原来的**服务提供者**
- **消息代理：**管理、暂存、转发消息

优势：

- 耦合度低，扩展性强
- 异步调用，无需等待
- 故障隔离，下游服务故障不影响上游服务
- 缓存消息，流量削峰填谷

问题：

- 不能立刻得到结果，时效性差
- 不确定下游业务是否执行成功

基本介绍

RabbitMQ 整体架构

- virtual-host: 虚拟主机, 起到数据隔离的作用
- publisher: 消息发送者
- consumer: 消息的消费者
- queue: 队列, 存储信息
- exchange: 交换机, 负责路由消息

消息

负责路由消息

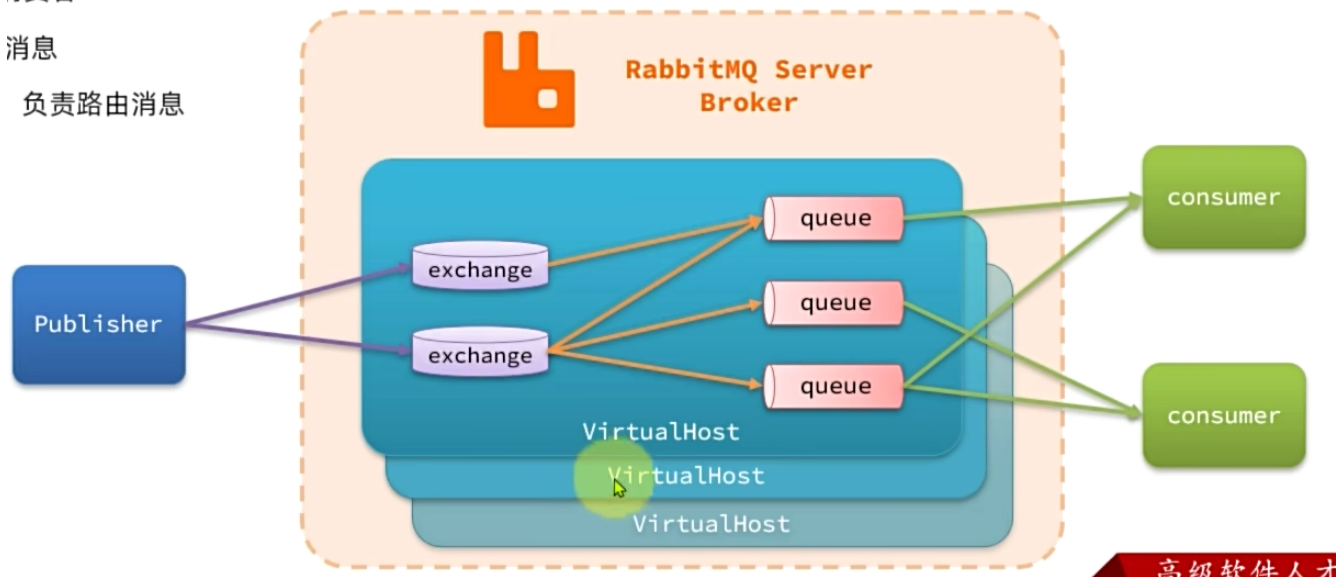


Figure 1: image-20251004143308203

Java 客户端

使用 Spring AMQP 进行开发, 是基于 **AMQP** 协议定义的一套 API 规范

操作步骤

- 导入依赖

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

- 进行配置

```
spring:
  rabbitmq:
    host: 192.168.150.101 # 你的虚拟机 IP
    port: 5672 # 端口
    virtual-host: /hmall # 虚拟主机
```

```
username: hmall # 用户名
password: 123 # 密码
```

- SpringAMQP 提供了 RabbitTemplate 工具类，方便我们发送消息
 - 使用的时候引入 RabbitTemplate 工具类，使用两个参数的 convertAndSend 方法指定队列名和信息进行消息发送
- SpringAMQP 提供声明式的消息监听，我们需要通过注解在方法上声明要监听的队列名称
 - 自定义类，并使用 @Component 将其注册为 Bean 对象
 - 使用 @RabbitListener 声明要监听的队列名

Work Queues

任务模型，让多个消费者绑定到一个队列，共同消费队列中的消息

- 同一个消息只能被一个消费者处理
- 默认情况下，多条消息会采用轮询的方式被均匀分配给多个消费者，不会根据消费者的处理速度或负载来调整分配，而是严格按顺序分发
 - 修改配置文件，设置 prefetch 值为 1，确保同一时刻最多投递给消费者 1 条消息，实现能者多劳

```
spring:
  rabbitmq:
    listener:
      simple:
        prefetch: 1 # 每次只能获取一条消息，处理完成才能获取下一个消息
```

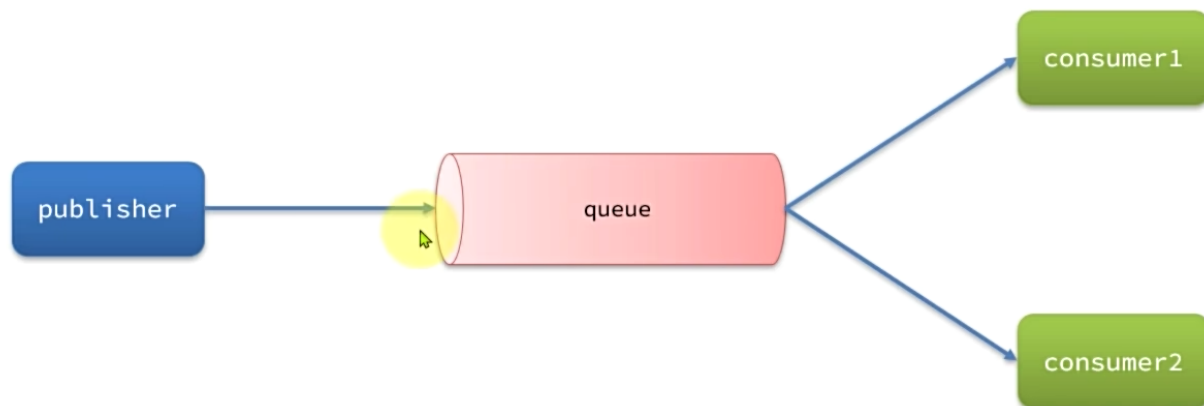


Figure 2: image-20251005125952532

交换机

交换机的作用主要是接收发送者发送的消息，并将消息路由到与其绑定的队列

常用交换机类型：

- Fanout：广播
- Direct：定向

- Topic: 话题

Fanout 交换机 Fanout Exchange 会将接收到的消息路由到**每一个跟其绑定的 queue**，也叫广播模式

使用步骤：

- 同上，但是使用三个参数的 `convertAndSend` 方法指定交换机名称、队列名和信息进行消息发送

```
rabbitTemplate.convertAndSend(exchangeName,null,message);
```

Direct 交换机 Direct Exchange 会将接收到的消息根据规则路由到指定的 Queue，称为**定向路由**

- 每一个 Queue 都与 Exchange 设置一个 **BindingKey**
- 发布者发送消息时，指定消息的 **RoutingKey**
- Exchange 将消息路由到 BindingKey 与消息 RoutingKey **一致**的队列

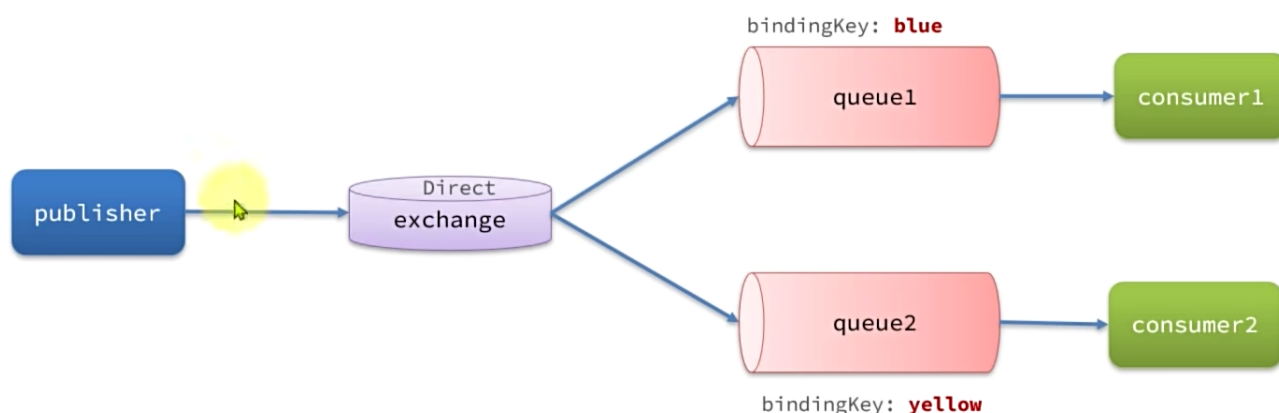


Figure 3: image-20251005141740256

使用方式：

- 使用三个参数的 `convertAndSend` 方法指定 RoutingKey

```
rabbitTemplate.convertAndSend(exchangeName,"red",message);
```

Topic 交换机 Topic Exchange 也是基于 RoutingKey 做消息路由，但是 RoutingKey 通常是多个单词的组合，并且以 . 分割

Queue 与 Exchange 指定 BindingKey 时可以使用通配符：

- #: 代指 0 或多个单词
- *: 代指一个单词

使用方式：

- 使用三个参数的 `convertAndSend` 方法指定 RoutingKey

```
rabbitTemplate.convertAndSend(exchangeName,"usa.news",message);
```

◆ #: 代指0个或多个单词

◆ *: 代指一个单词

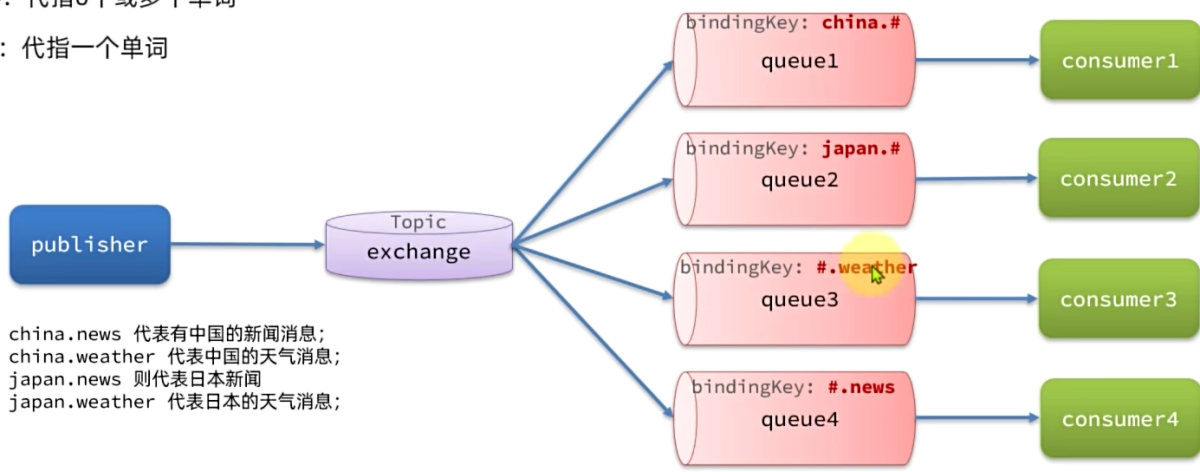


Figure 4: image-20251005143159018

声明队列交换机 基于 Bean 声明交换机

SpringAMQP 提供了几个类，用来声明队列、交换机及其绑定关系

- Queue：用于声明队列，可以用工厂类 QueueBuilder 构建
- Exchange：用于声明交换机，可以用工厂类 ExchangeBuilder 构建

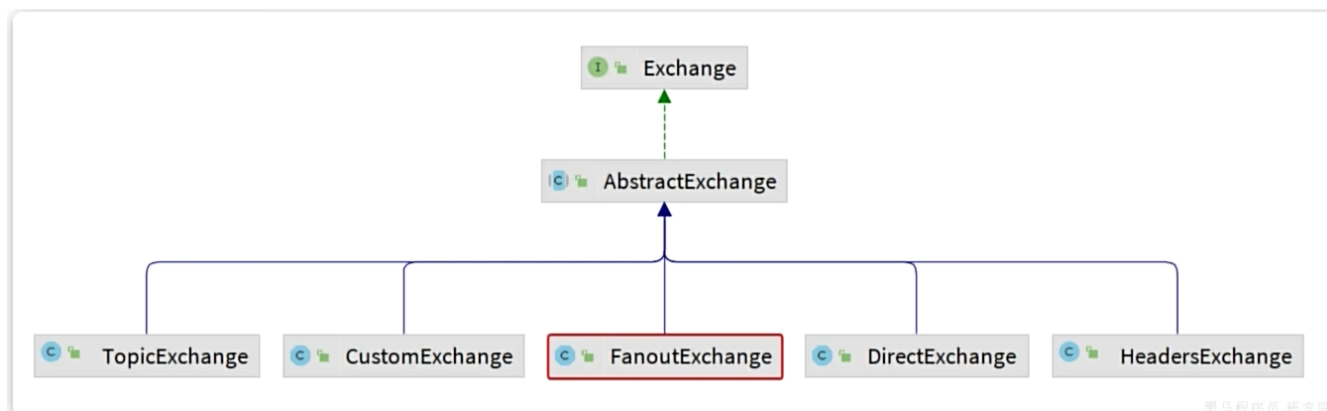


Figure 5: image-20251005143848191

- Binding：用于声明队列和交换机的绑定关系，可以用工厂类 BindingBuilder 构建

例如：需要使用自定义配置类进行声明

- Binding bindingQueue1(Queue fanoutQueue1, FanoutExchange fanoutExchange): 参数是 Bean 对象, Spring 默认传入

```
@Configuration
public class FanoutConfig {
    /**
     * 声明交换机
     * @return Fanout类型交换机
     */
}
```

```

    */
@Bean
public FanoutExchange fanoutExchange(){
    return new FanoutExchange("hmall.fanout");
}

/**
 * 第 1 个队列
 */
@Bean
public Queue fanoutQueue1(){
    return new Queue("fanout.queue1");
}

/**
 * 绑定队列和交换机
 */
@Bean
public Binding bindingQueue1(Queue fanoutQueue1, FanoutExchange fanoutExchange){
    return BindingBuilder.bind(fanoutQueue1).to(fanoutExchange);
}

/**
 * 第 2 个队列
 */
@Bean
public Queue fanoutQueue2(){
    return new Queue("fanout.queue2");
}

/**
 * 绑定队列和交换机
 */
@Bean
public Binding bindingQueue2(Queue fanoutQueue2, FanoutExchange fanoutExchange){
    return BindingBuilder.bind(fanoutQueue2).to(fanoutExchange);
}
}

```

基于注解声明交换机

SpringAMQP 还提供了基于 @RabbitListener 注解声明队列和交换机的方式：

- 使用 bindings 参数指定绑定关系
 - 使用 values 参数指定消息队列
 - 使用 exchange 参数指定交换机
 - 使用 name 参数指定交换机名称，使用 type 指定交换机类型
 - 使用 key 指定 bindingKeys，接收参数为 List 类型

```

@RabbitListener(bindings = @QueueBinding(
    value = @Queue(name = "direct.queue1"),
    exchange = @Exchange(name = "hmall.direct", type = ExchangeTypes.DIRECT),
    key = {"red", "blue"})
))
public void listenDirectQueue1(String msg){
    System.out.println(" 消费者 1 接收到 direct.queue1 的消息: [" + msg + " ]");
}

```

消息转换器 底层会基于 **JDK 自带序列化方式**对对象进行序列化

建议采用 **JSON 序列化**代替默认的 JDK 序列化:

- 引入 jackson 依赖

```

<dependency>
    <groupId>com.fasterxml.jackson.dataformat</groupId>
    <artifactId>jackson-dataformat-xml</artifactId>
    <version>2.9.10</version>
</dependency>

```

- 在启动类配置 MessageConvertor

```

@Bean
public MessageConverter messageConverter(){
    // 1. 定义消息转换器
    Jackson2JsonMessageConverter jackson2JsonMessageConverter = 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
    jackson2JsonMessageConverter.setCreateMessageIds(true);
    return jackson2JsonMessageConverter;
}

```

发送者可靠性

发送者重连 可能会出现发送者连接 MQ 失败的情况, 通过配置可以**开启连接失败后的重连机制**:

- 但是重连机制是阻塞的, 会影响业务性能

```

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

```

发送者确认

- ConfirmCallback 关注 **消息是否到达 Exchange**

- 消息到达 Exchange 返回 ACK，否则返回 NACK
- ReturnsCallback 关注 **消息是否从 Exchange 路由到 Queue**
 - 触发条件是：**消息成功到达 Exchange，但无法路由到任何队列**

SpringAMQP 提供了 **Publisher Confirm** 和 **Publisher Return** 两种确认机制，开启确认机制后，发送者发送信息给 MQ，MQ 会返回确认结果给发送者，有以下几种情况：

- 消息投递到了 MQ，但是路由失败，此时会通过 PublisherReturn **返回路由异常原因**，然后返回 ACK，告知投递成功
- 临时消息投递到了 Exchange，并且入队成功，通过 PublisherConfirm 返回 ACK，告知投递成功
- 持久消息投递到了 Exchange，并且入队成功并完成持久化，通过 PublisherConfirm 返回 ACK，告知投递成功
- 其它情况都会返回 NACK，告知投递失败

开启确认机制

- 在 yaml 文件添加配置
 - publisher-confirm-type 有三种模式可选：
 - none：关闭 confirm 机制
 - simple：同步阻塞等待 MQ 的回执信息
 - correlated：MQ 异步回调方式返回回执信息

```
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
```

- 每个 RabbitTemplate 在项目启动的时候配置一个 ReturnCallback

```
@Slf4j
@AllArgsConstructor
@Configuration
public class MqConfig {
    private final RabbitTemplate rabbitTemplate;

    @PostConstruct
    public void init(){
        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());
            }
        });
    }
}
```

- 发送消息的时候**指定消息 ID、消息 ConfirmCallback**
 - 需要获取 Future 对象并且重写两个方法，定义回调函数
 - 发送消息的时候需要把 CorrelationData 对象发送过去，后续可以通过其获取执行结果


```

@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);
}

```

数据持久化

RabbitMQ 实现**数据持久化**包括 3 个方面：

- 交换机持久化
- 队列持久化
- 消息持久化
 - 会把消息**同时保存在内存和磁盘**

消息非持久化的问题：

- 内存达到上限，需要把数据临时写入磁盘缓解内存压力，此时会**造成 MQ 阻塞**
- 消息可能会丢失

Lazy Queue

惰性队列：

- 接收到消息后**直接存入磁盘，不再存储到内存**
 - 所有消息（包括非持久化消息）都会写入到磁盘，但**重启后非持久化消息不会保留**
- 消费者要消费消息时才会从**磁盘读取并加载到内存**（可以**提前缓存部分消息到内存**，最多 2048 条）

在 3.12 版本后，所有队列都是 Lazy Queue 模式，无法更改

声明方式：声明队列时，指定 x-queue-mode 属性为 lazy 即可

- 基于 Bean 的方式

```

@Bean
public Queue queue(){
    return QueueBuilder
        .durable("Lazy-queue")
        .lazy()
        .build();
}

```

- 基于注解的方式

```

@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);
}

```

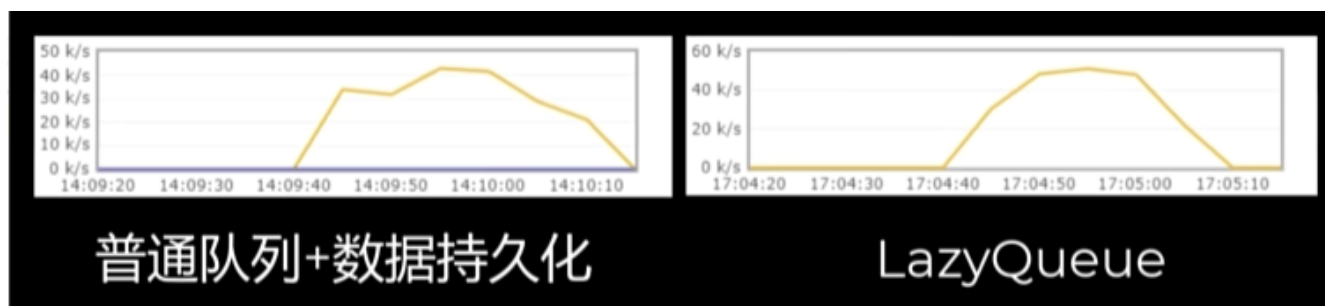


Figure 6: image-20251006144125410

消费者的可靠性

消费者确认机制 是为了确认消费者是否成功处理消息，当消费者处理消息结束后，应该向 RabbitMQ 发送一个回执，告知 RabbitMQ 自己的消息处理状态：

- **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
 - 消息格式有问题，无论重试几次都会失败

SpringAMQP 允许我们通过配置文件选择 ACK 处理方式：

- **none**: 不处理。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
- **manual**: 手动模式。需要自己在业务代码中调用 api，发送 ack 或者 reject，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，当业务正常执行时自动返回 ack，出现异常时根据异常判断返回不同结果：
 - 业务异常，返回 nack
 - 消息处理或校验异常，返回 reject

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

消费者失败重试机制 SpringAMQP 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**，而不是无限的 requeue 到 MQ

可以通过 yaml 文件进行配置：

```
spring:
  rabbitmq:
    listener:
      simple:
        retry:
          enabled: true # 开启消费者失败重试
          initial-interval: 1000ms # 初识的失败等待时长为 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
```

开启重试模式之后，重试次数耗尽，如果消息依然失败，则需要用 **MessageRecoverer** 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，默认的实现方式
- 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

实现方式：

- 定义接受失败消息的交换机、队列及其绑定关系
- 定义 RepublishMessageRecoverer，声明为 Bean 对象

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

业务幂等性 幂等是一个数学概念，即 $f(x)=f(f(x))$ ，指的是用一个业务，执行一次或多次对业务状态的影响是一致的

唯一消息 id

给每个消息都设置一个唯一 id，利用 id 区分是否是重复消息：

- 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
- 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
- 下次又收到相同消息，去数据库查询是否存在，存在则视为重复消息放弃处理

在**消息转换器中进行设置**



Figure 7: image-20251006152239253

```
@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;
}
```

监听的时候使用 Message 类型进行接收

- 使用 `getBody()` 获得消息信息
- 使用 `getMessageProperties().getMessageId()` 获得消息 ID

延迟消息

延迟消息：发送者发送消息时指定一个时间，消费者不会立刻收到信息，而是指定时间之后才收到消息

死信交换机 当一个队列中的消息满足下列情况之一时，可以成为死信：

- 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**，超时无人消费
- 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**

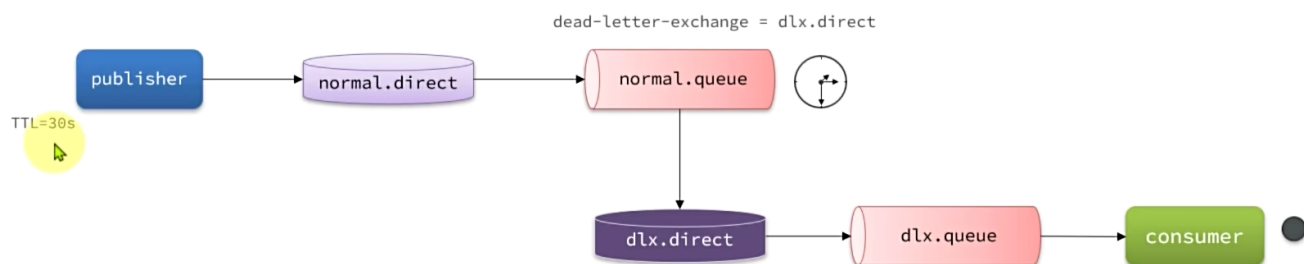


Figure 8: image-20251006154840679

- 给消息设置过期时间
- 普通队列不设置消费者
- 消息过期后投递给死信交换机，交给其消费者处理

延迟消息插件 可以将普通交换机改造为支持延迟消息功能的交换机，当消息投递到交换机后可以暂存一定时间，到期后再投递给队列

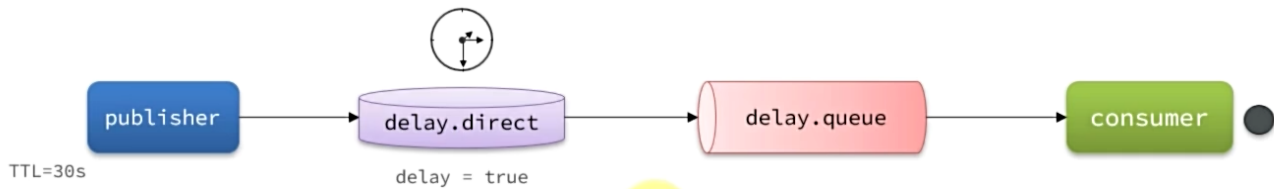


Figure 9: image-20251006155739041

需要下载插件，并将其集成到 RabbitMQ 中

基于注解的方式：在 @Exchange 注解增加一个 delayed 的参数，使其为 true

```
@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：使用 .delayed() 声明

```
@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();
}
```

发送消息的时候需要通过消息头 x-delay 来设置过期时间

- 使用一个消息后置处理器的匿名内部类，使用 .getMessageProperties() 方法获取消息头，用 .setDelay() 方法对消息设置过期时间

```
// 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;
    }
});
```

```
}  
});
```