

MyBatis的体系结构与核心工作原理分析

课程目标

1. 掌握MyBatis源码环境搭建
2. 掌握MyBatis的体系结构
3. 掌握MyBatis核心工具类
4. 掌握MyBatis的核心流程

内容定位

从宏观角度学习MyBatis的架构、工作流程、主要模块，从微观角度学习MyBatis的工作原理与设计思想，为手写MyBatis做准备。

适合已经掌握MyBatis基本使用方法的同学。

一、源码环境准备

1. 手动编译源码

工欲善其事必先利其器。为了方便我们在看源码的过程中能够方便的添加注释，我们可以自己来从官网下载源码编译生成对应的Jar包，然后上传到本地maven仓库，再引用这个Jar。大家可以自行去官网下载

```
git clone https://github.com/mybatis/parent  
git clone https://github.com/mybatis/mybatis-3
```

也可以通过我们下载好的并且已经添加的有相关注释的源码来使用，可以自行云盘下载，或者在课程源码中也给大家提供了

链接: <https://pan.baidu.com/s/13bmU7m4bYREGfHZeDvg0UA>

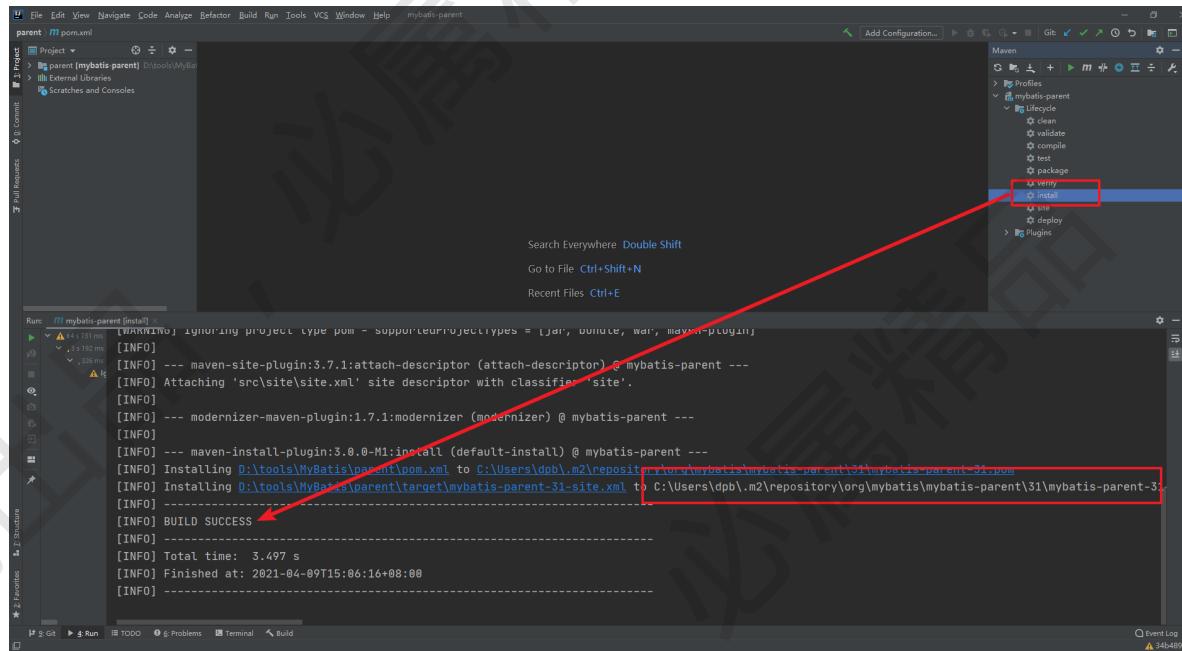
提取码: 9ra4

<input type="checkbox"/> 文件名	修改时间	<input type="button" value="↓"/> 类型
 MyBatis带中文注释源码.zip	2021-04-09 15:00	zip文件

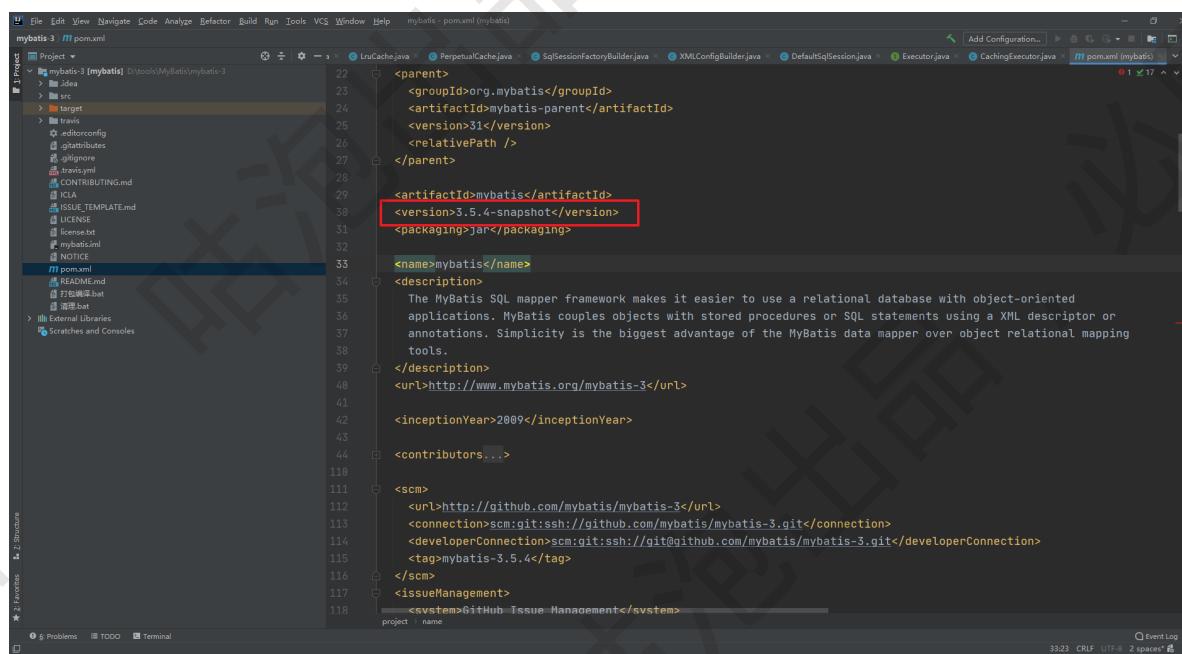
解压缩后的目录结构

名称	修改日期	类型
mybatis-3	2021/4/9 14:39	文件夹
parent	2021/4/9 14:17	文件夹
mybatis-3.5.4-snapshot.jar	2020/4/26 22:40	JAR
使用说明.txt	2020/5/8 17:11	文本文档

首先我们需要编译打包parent项目，进入到parent目录下或者通过IDE打开该项目



然后在编译打包mybatis项目。为了和官方的版本有区别，该项目我们添加了一个对应的后缀 -snapshot



编译报错

```
<artifactId>maven-site-plugin</artifactId>
<configuration>
    <locales>en,es,ja,fr,zh_CN,ko</locales>
</configuration>
</plugin>
<plugin>
    <groupId>org.jacoco</groupId>
    <artifactId>jacoco-maven-plugin</artifactId>
    <configuration>
        <excludes>
            <exclude>org.apache.ibatis.ognl.*</exclude>
            <exclude>org.apache.ibatis.javassist.*</exclude>
        </excludes>
    </configuration>
</plugin>
<plugins>
    <resource>
        <directory>${project.basedir}</directory>
        <targetPath>META-INF</targetPath>
    <resource>
        <includes>
            <include>LICENSE</include>
            <include>NOTICE</include>
        </includes>
    <resource>
        <directory>${project.build.sourceDirectory}</directory>
        <excludes>
            <exclude>**/*.java</exclude>
        </excludes>
    <resource>
        <includes>
    </resources>
</resources>
</pluginManagement>
```

加上 pluginManagement 标签

```
<!-- Remove after parent 32 (support for jdk 13on) -->
<jacoco.version>0.8.5</jacoco.version>
</properties>
<dependencies>...
<build>
    <pluginManagement>...
```

然后执行编译打包命令即可

```
mvn install -DskipTests=true -Dmaven.test.skip=true -Dlicense.skip=true
```

mybatis-3 pom.xml

```

<!-- Remove after parent 32 (support for jdk 13on) -->
<jacoco.version>0.8.5</jacoco.version>

```

Run Anything

- m mvn install -DskipTests=true -Dmaven.test.skip=true -Dlicense.skip=true
- m mvn install -DskipTests=true -Dmaven.test.skip=true -Dlicense.skip=true

Press ⌘+Space or ⌘+Shift to navigate through the suggestion list

```

</systemProperties>
</configuration>

```

操作成功

mybatis-3 pom.xml

```

<!-- Remove after parent 32 (support for jdk 13on) -->
<jacoco.version>0.8.5</jacoco.version>

```

Run: m mybatis install -DskipTests=true...

```

[INFO] --- maven-site-plugin:3.7.1:attach-descriptor (attach-descriptor) @ mybatis ---
[INFO] Skipping because packaging 'jar' is not pom.
[INFO]
[INFO] --- modernizer-maven-plugin:1.7.1:modernizer (modernizer) @ mybatis ---
[INFO]
[INFO] --- maven-install-plugin:3.0.0-M1:install (default-install) @ mybatis
[INFO] Installing D:\tools\MyBatis\mybatis-3\target\mybatis-3.5.4-snapshot.jar to C:\Users\dpb\.m2\repository\org\mybatis\mybatis\3.5.4-snapshot\mybatis-3.5.4-snapshot.jar
[INFO] Installing D:\tools\MyBatis\mybatis-3\pom.xml to C:\Users\dpb\.m2\repository\org\mybatis\mybatis\3.5.4-snapshot\mybatis-3.5.4-snapshot.pom
[INFO] -----
[INFO] BUILD SUCCESS
[INFO] -----
[INFO] Total time: 6.547 s
[INFO] Finished at: 2021-04-09T15:12:00+08:00
[INFO] -----

```

这样我们在本地仓库就可以看到我们编译好的源码

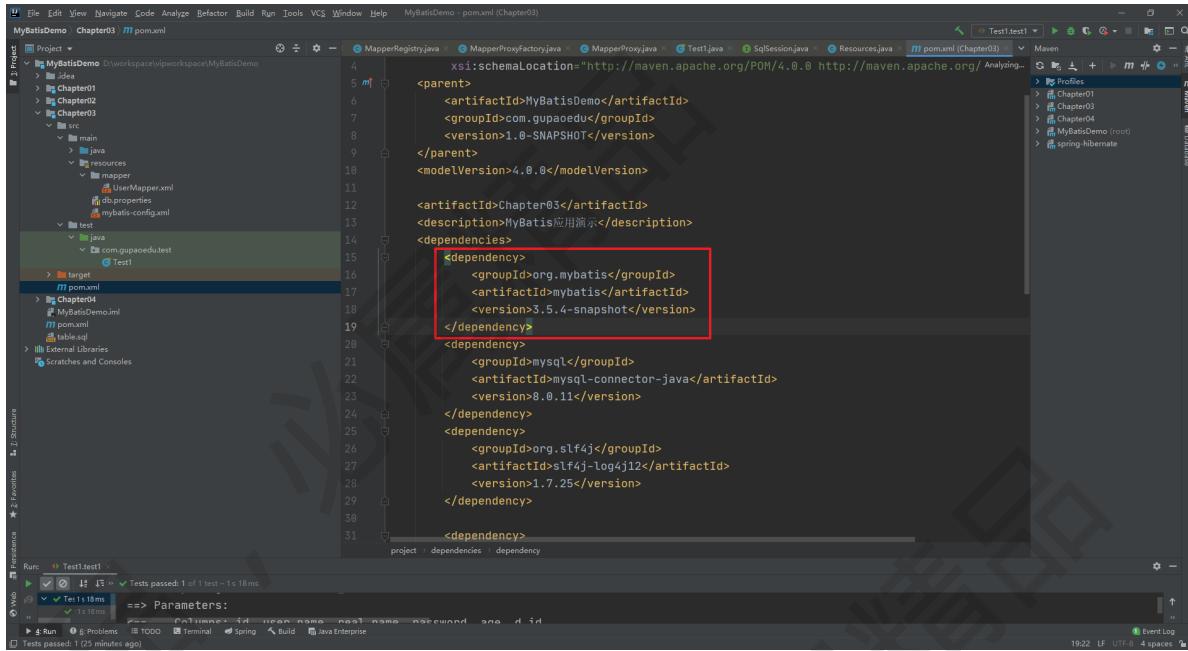
名称

名称	修改日期	类型	大小
3.2.8	2021/3/2 10:14	文件夹	
3.4.6	2020/12/19 19:26	文件夹	
3.5.1	2021/2/2 20:37	文件夹	
3.5.4	2020/12/1 20:55	文件夹	
3.5.4-snapshot	2021/4/9 14:44	文件夹	
3.5.5	2021/1/15 10:57	文件夹	
maven-metadata-local.xml	2021/4/9 15:12	XML 文档	1 KB

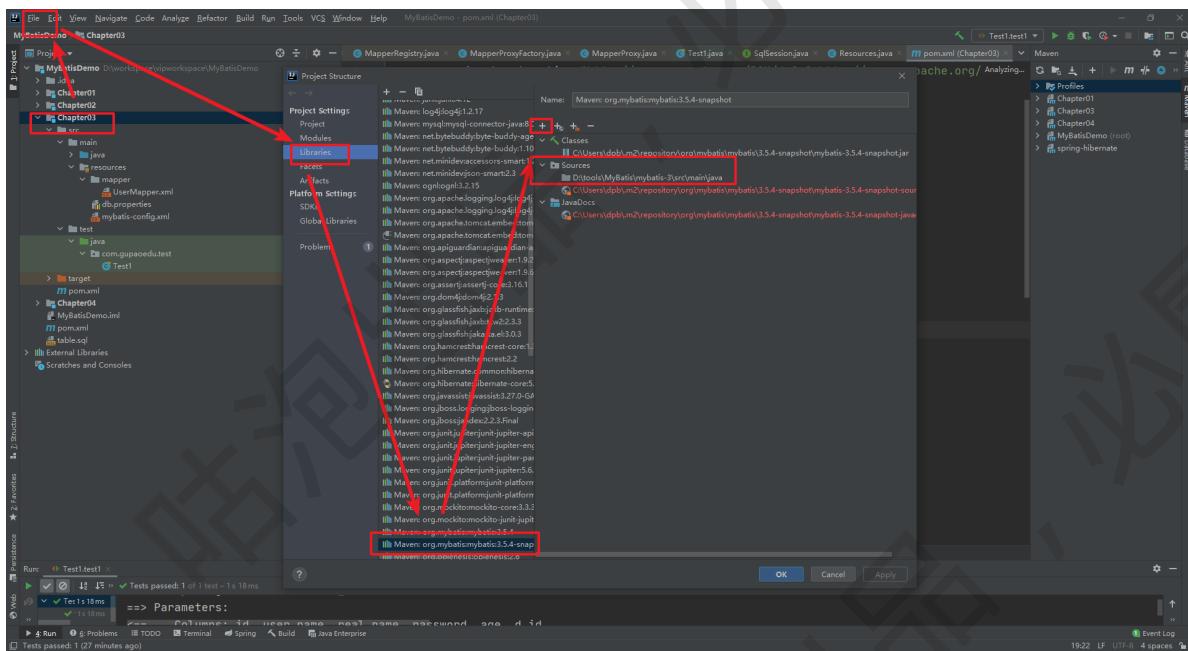
中文注释

2. 关联源码

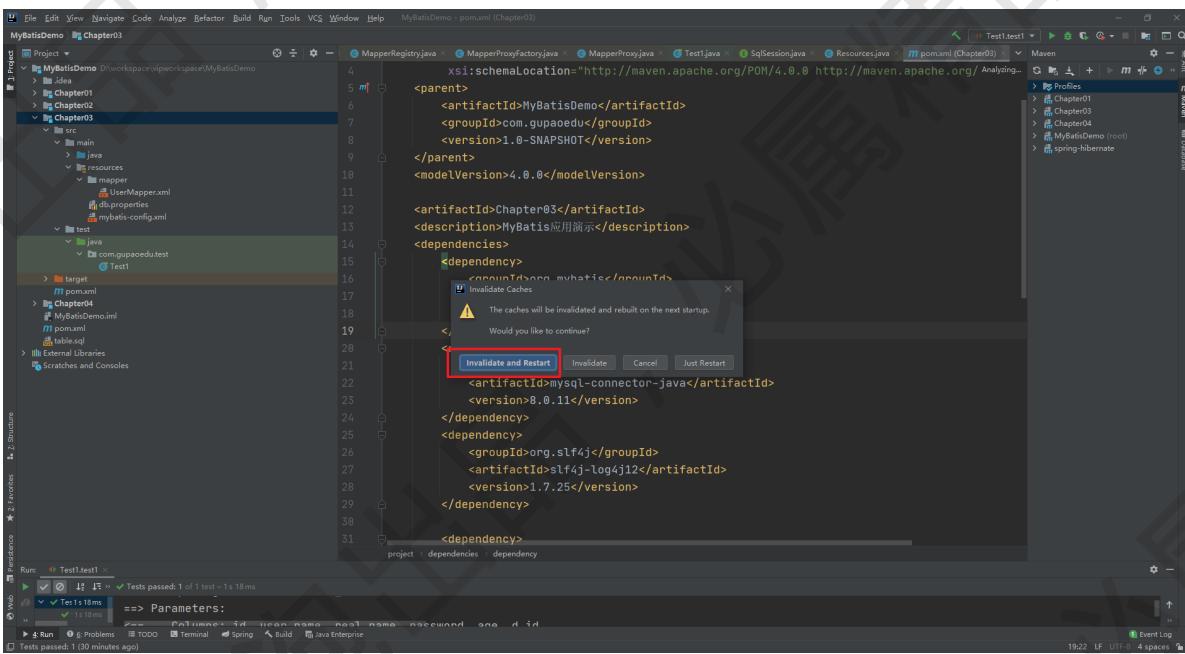
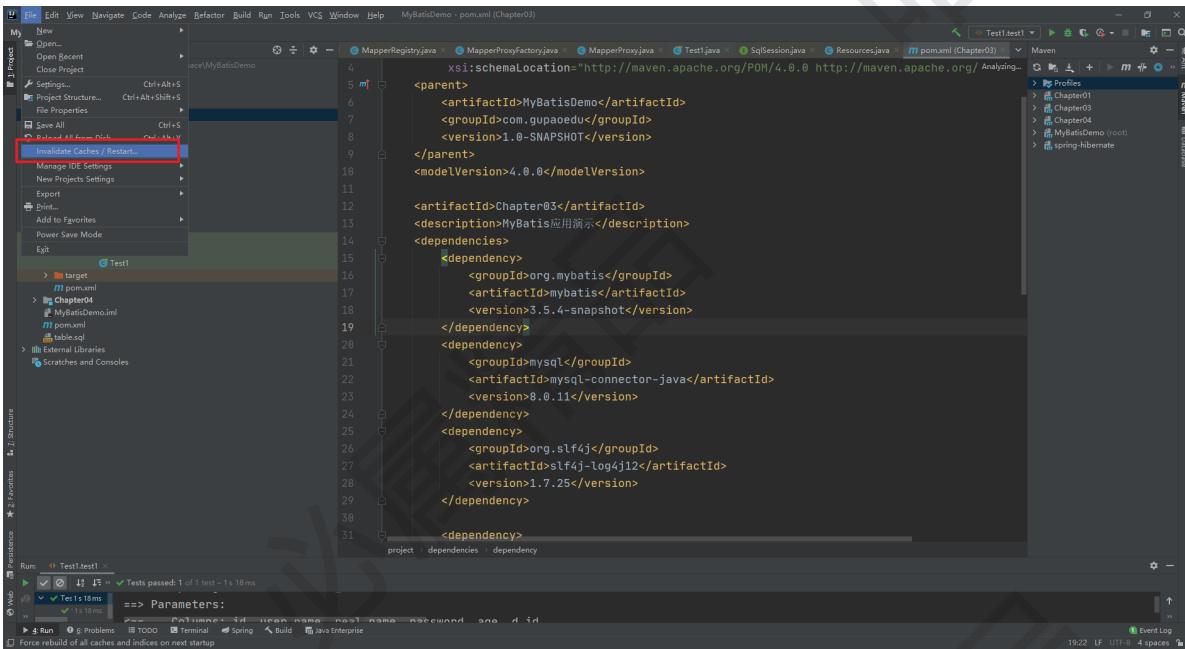
我们本地编译好了源码，这时我们就可以在我们的项目中来使用源码了。首先依赖要改变下



然后修改配置 Project Structure —— Libraries —— Maven: org.mybatis:mybatis:3.5.4-snapshot —— 在原来的Sources上面点+（加号）—— 选择到下载的源码路径



然后如果出现mybatis的相关源码查找不到等异常情况，就执行如下操作 File --> Invalidate Caches and Restart 重启IDE就可以了



然后我们就可以在源码上添加我们的注释了

The screenshot shows the IntelliJ IDEA interface with the code editor open to the `DefaultSqlSession.java` file. A red box highlights the line `@Override public Configuration getConfiguration() { return configuration; }`. A warning dialog box is displayed over the code, containing the text: "This file does not belong to the project." and "I want to edit this file anyway". Below the dialog are the standard "OK" and "Cancel" buttons.

```
mybatis 3.5.4-snapshot.jar org.apache.ibatis.session.defaults.DefaultSqlSession
283     }
284     cursorList.clear();
285   }
286 }
287
288 @Override
289 public Configuration getConfiguration() { return configuration; }
290
291 @Override
292 public <T> T getMapper(Class<T> type) {
293   return configuration.getMapper(type, sqlSession);
294 } // Non-Project File Protection
295
296 /**
297  * I want to edit all files in this directory
298  */
299 public void wantToEditAllFilesInThisDirectory() {
300   // I want to edit any non-project file in the current session
301 }
302
303 /**
304  * I want to edit any non-project file in the current session
305  */
306
307 @Override
308 public void clearCache() { executor.clearLocalCache(); }
309
310 private <T> void registerCursor(Cursor<T> cursor) {
311   if (cursorList == null) {
312     cursorList = new ArrayList<T>();
313   }
314 }
```

The screenshot shows the IntelliJ IDEA interface with the code editor open to the `DefaultSqlSession.java` file. A red box highlights the annotations on the `getMapper` method: `@Override`, `public Configuration getConfiguration() { return configuration; }`, and the Javadoc block above it.

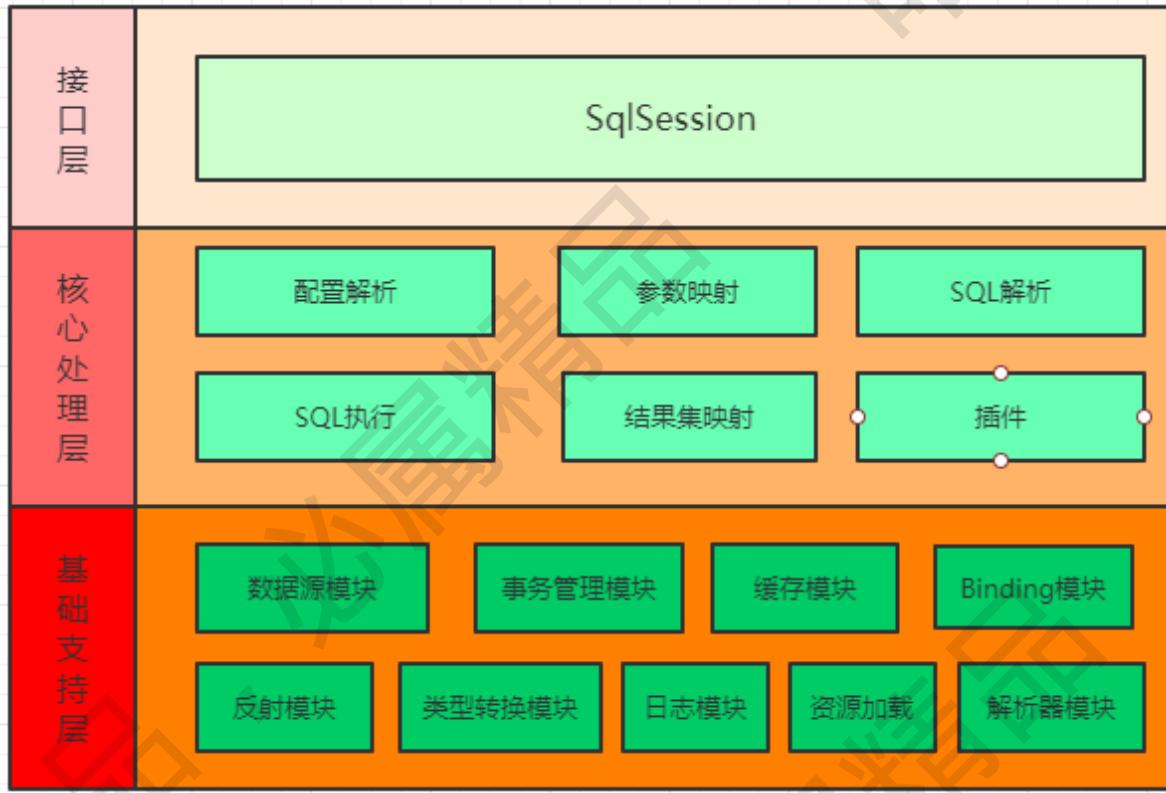
```
mybatis 3.5.4-snapshot.jar org.apache.ibatis.session.defaults.DefaultSqlSession
286 }
287
288 @Override
289 public Configuration getConfiguration() { return configuration; }
290
291 /**
292  * 源码中添加注释
293  * @param type
294  * @param <T>
295  * @return
296  */
297 @Override
298 public <T> T getMapper(Class<T> type) {
299   return configuration.getMapper(type, sqlSession);
300 }
301
302 /**
303  * I want to edit all files in this directory
304  */
305 public void wantToEditAllFilesInThisDirectory() {
306   // I want to edit any non-project file in the current session
307 }
308
309 /**
310  * I want to edit any non-project file in the current session
311  */
312
313 @Override
314 public Connection getConnection() {
315   try {
316     return executor.getTransaction().getConnection();
317   } catch (SQLException e) {
318     throw ExceptionFactory.wrapException("Error getting a new connection. Cause: " + e, e);
319   }
320 }
321
322 @Override
323 public void clearCache() { executor.clearLocalCache(); }
324 }
```

好了，接下来我们就可以开始我们的源码分析之旅了。

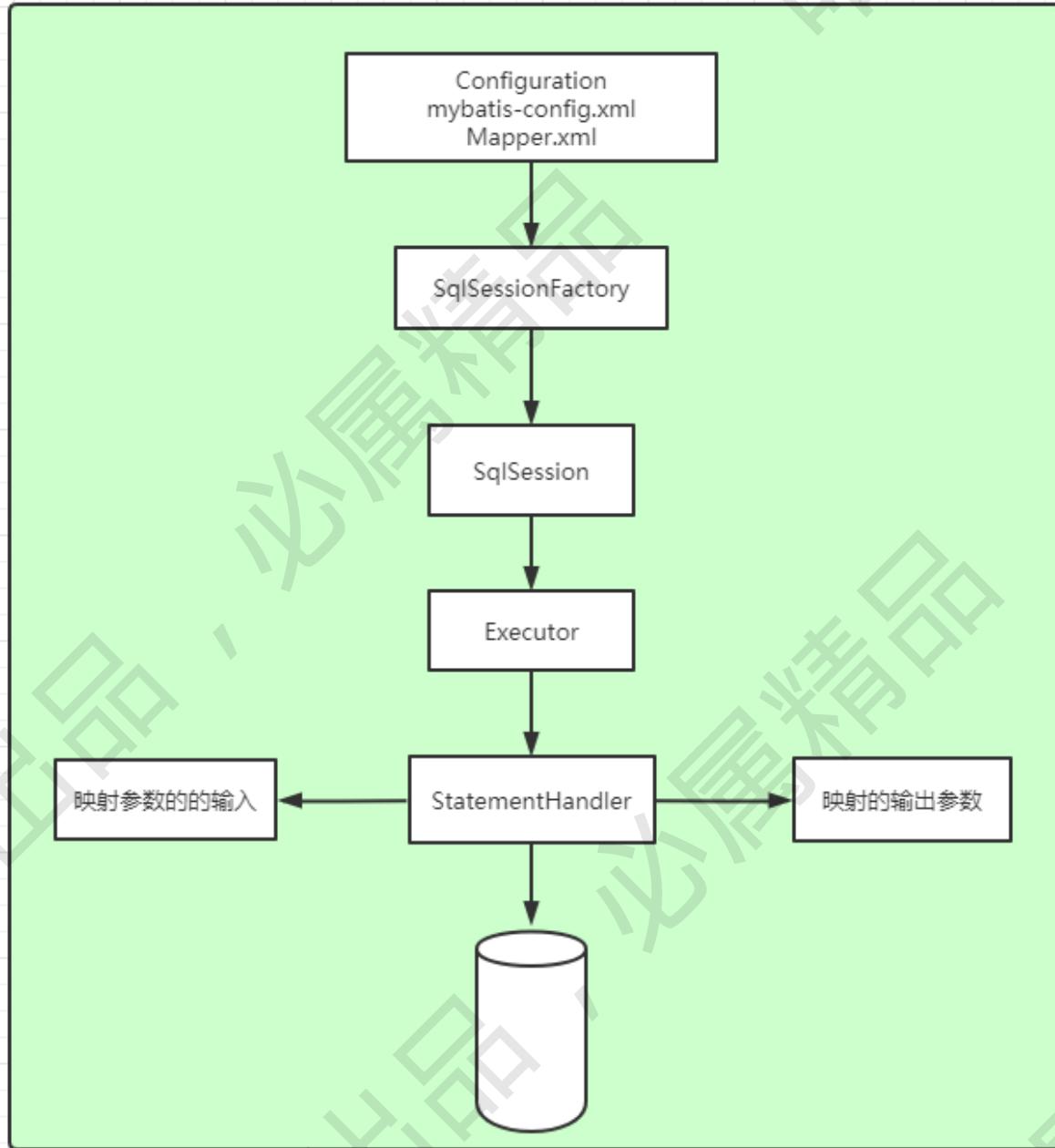
二、MyBatis源码分析

1.三层划分介绍

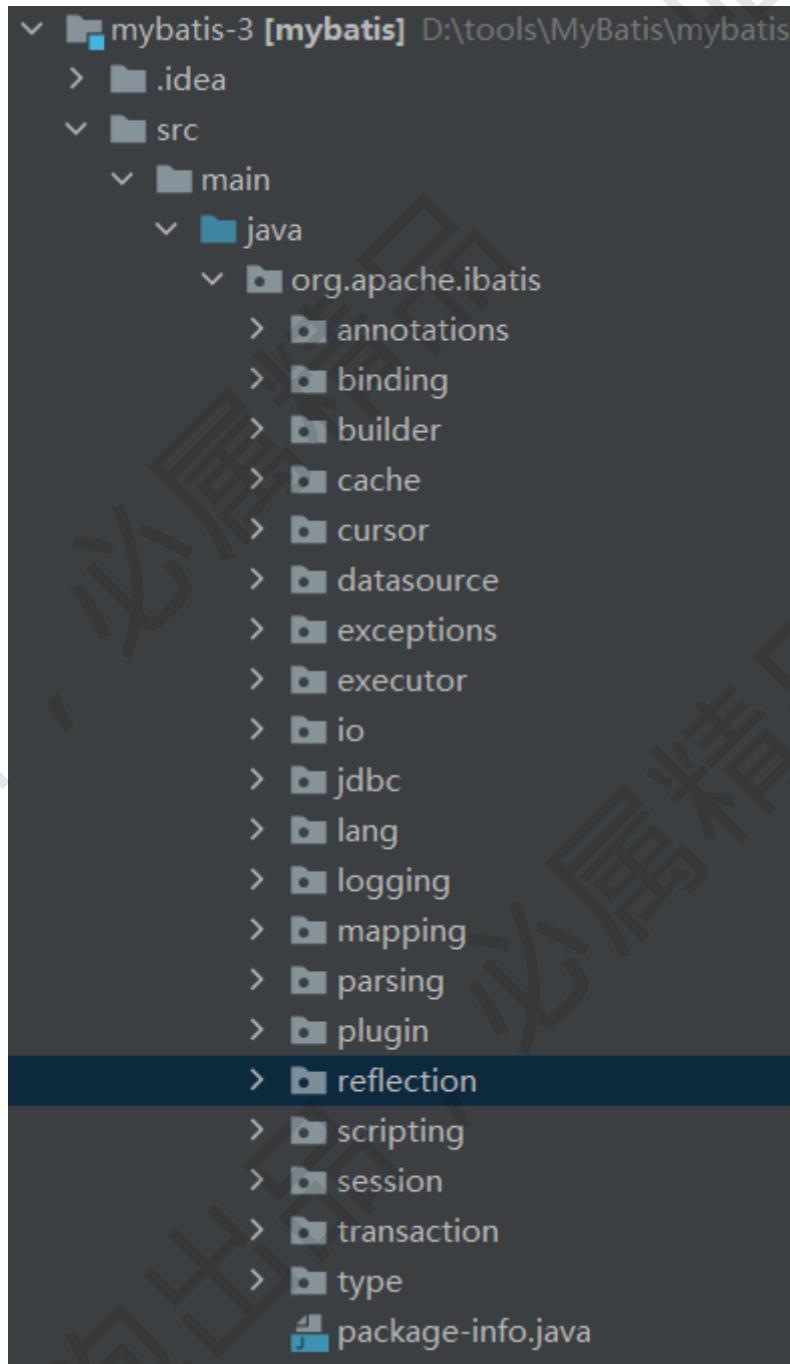
接下来我们就开始MyBatis的源码之旅，首先大家要从宏观上了解Mybatis的整体框架分为三层，分别是基础支持层、核心处理层、和接口层。如下图



然后根据前面讲解的MyBatis的应用案例，给出MyBatis的主要工作流程图



在MyBatis的主要工作流程里面，不同的功能是由很多不同的类协作完成的，它们分布在MyBatis jar包的不同的package里面。



大概有一千多个类，这样看起来不够清楚，不知道什么类在什么环节工作，属于什么层次。MyBatis按照功能职责的不同，所有的package可以分成不同的工作层次。上面的那个图已经给大家展现了

1.1 接口层

首先接口层是我们打交道最多的。核心对象是SqlSession，它是上层应用和MyBatis打交道的桥梁，SqlSession上定义了非常多的对数据库的操作方法。接口层在接收到调用请求的时候，会调用核心处理层的相应模块来完成具体的数据操作。

1.2 核心处理层

接下来是核心处理层。既然叫核心处理层，也就是跟数据库操作相关的动作都是在这一层完成的。

核心处理层主要做了这几件事：

1. 把接口中传入的参数解析并且映射成JDBC类型；
2. 解析xml文件中的SQL语句，包括插入参数，和动态SQL的生成；
3. 执行SQL语句；

4. 处理结果集，并映射成Java对象。

插件也属于核心层，这是由它的工作方式和拦截的对象决定的。

1.3 基础支持层

最后一个就是基础支持层。基础支持层主要是一些抽取出来的通用的功能（实现复用），用来支持核心处理层的功能。比如数据源、缓存、日志、xml解析、反射、IO、事务等等这些功能，

2. 核心流程

分析源码我们还是从编程式的Demo入手。Spring的集成后面会介绍

```
/*
 * MyBatis getMapper 方法的使用
 */
@Test
public void test2() throws Exception{
    // 1.获取配置文件
    InputStream in = Resources.getResourceAsStream("mybatis-config.xml");
    // 2.加载解析配置文件并获取SqlSessionFactory对象
    SqlSessionFactory factory = new SqlSessionFactoryBuilder().build(in);
    // 3.根据SqlSessionFactory对象获取SqlSession对象
    SqlSession sqlSession = factory.openSession();
    // 4.通过SqlSession中提供的 API方法来操作数据库
    UserMapper mapper = sqlSession.getMapper(UserMapper.class);
    List<User> list = mapper.selectUserList();
    for (User user : list) {
        System.out.println(user);
    }
    // 5.关闭会话
    sqlSession.close();
}
```

上面我们通过一个比较复杂的步骤实现了MyBatis的数据库查询操作。下面我们会按照这5个步骤来分析MyBatis的运行原理

看源码的注意事项

1. 一定要带着问题去看，猜想验证。
2. 不要只记忆流程，学编程风格，设计思想（他的代码为什么这么写？如果不这么写呢？包括接口的定义，类的职责，涉及模式的应用，高级语法等等）。
3. 先抓重点，就像开车熟路，哪个地方限速，哪个地方变道，要走很多次。先走主干道，再去、覆盖分支小路。
4. 记录核心流程和对象，总结层次、结构、关系，输出（图片或者待注释的源码）。
5. 培养看源码的信心和感觉，从带着看到自己去看，看更多的源码。
6. debug还是直接Ctrl+Alt+B跟方法？debug可以看到实际的值，比如到底是哪个实现类，value到底是什么。但是Ctrl+Alt+B不一定能走到真正的对象，比如有代理或者父类方法，或者多个实现的时候。熟悉流程之后，直接跟方法。

2.1 核心对象的生命周期

2.1.1 SqlSessionFactoryBuiler

首先是SqlSessionFactoryBuiler。它是用来构建SqlSessionFactory的，而SqlSessionFactory只需要一个，所以只要构建了这一个SqlSessionFactory，它的使命就完成了，也就没有存在的意义了。所以它的生命周期只存在于方法的局部。

2.1.2 SqlSessionFactory

SqlSessionFactory是用来创建SqlSession的，每次应用程序访问数据库，都需要创建一个会话。因为我们一直有创建会话的需要，所以SqlSessionFactory应该存在于应用的整个生命周期中（作用域是应用作用域）。创建SqlSession只需要一个实例来做这件事就行了，否则会产生很多的混乱，和浪费资源。所以我们要采用单例模式。

2.1.3 SqlSession

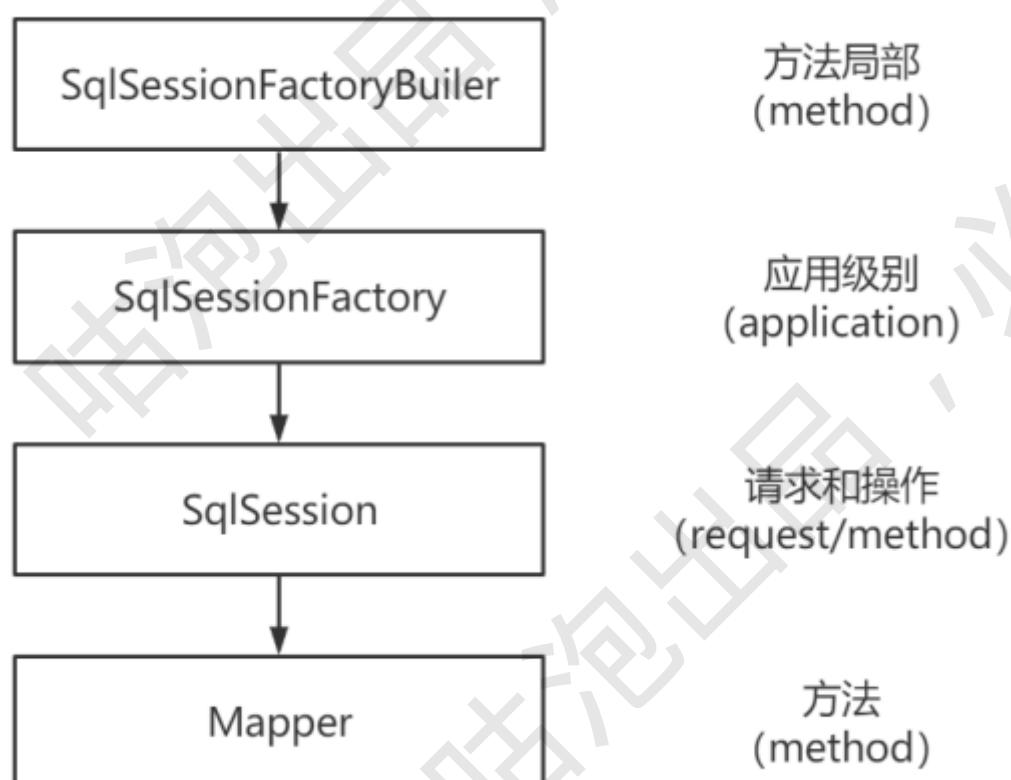
SqlSession是一个会话，因为它不是线程安全的，不能在线程间共享。所以我们在请求开始的时候创建一个SqlSession对象，在请求结束或者说方法执行完毕的时候要及时关闭它（一次请求或者操作中）。

2.1.4 Mapper

Mapper（实际上是一个代理对象）是从SqlSession中获取的。

```
UserMapper mapper = sqlSession.getMapper(UserMapper.class);
```

它的作用是发送SQL来操作数据库的数据。它应该在一个SqlSession事务方法之内。



2.2 SqlSessionFactory

首先我们来看下SqlSessionFactory对象的获取

```
SqlSessionFactory factory = new SqlSessionFactoryBuilder().build(in);
```

2.2.1 SqlSessionFactoryBuilder

首先我们new了一个SqlSessionFactoryBuilder，这是建造者模式的运用（建造者模式用来创建复杂对象，而不需要关注内部细节，是一种封装的体现）。MyBatis中很多地方用到了建造者模式（名字以Builder结尾的类还有9个）。

SqlSessionFactoryBuilder中用来创建SqlSessionFactory对象的方法是build()，build()方法有9个重载，可以用不同的方式来创建SqlSessionFactory对象。SqlSessionFactory对象默认是单例的。

```
public SqlSessionFactory build(InputStream inputStream, String environment,
Properties properties) {
    try {
        // 用于解析 mybatis-config.xml，同时创建了 Configuration 对象 >>
        XMLConfigBuilder parser = new XMLConfigBuilder(inputStream, environment,
properties);
        // 解析XML，最终返回一个 DefaultSqlSessionFactory >>
        return build(parser.parse());
    } catch (Exception e) {
        throw ExceptionFactory.wrapException("Error building sqlsession.", e);
    } finally {
        ErrorContext.instance().reset();
        try {
            inputStream.close();
        } catch (IOException e) {
            // Intentionally ignore. Prefer previous error.
        }
    }
}
```

在build方法中首先是创建了一个XMLConfigBuilder对象，XMLConfigBuilder是抽象类BaseBuilder的一个子类，专门用来解析全局配置文件，针对不同的构建目标还有其他的一些子类（关联到源码路径），比如：

- XMLMapperBuilder：解析Mapper映射器
- XMLStatementBuilder：解析增删改查标签
- XMLScriptBuilder：解析动态SQL

然后是执行了

```
build(parser.parse());
```

构建的代码，parser.parse()方法返回的是一个Configuration对象，build方法的如下

```
public SqlSessionFactory build(Configuration config) {
    return new DefaultSqlSessionFactory(config);
}
```

在这儿我们可以看到SessionFactory最终实现是DefaultSqlSessionFactory对象。

2.2.2 XMLConfigBuilder

然后我们再来看下XMLConfigBuilder初始化的时候做了哪些操作

```
public XMLConfigBuilder(InputStream inputStream, String environment,
Properties props) {
    // EntityResolver的实现类是XMLMapperEntityResolver 来完成配置文件的校验，根据对应的
    // DTD文件来实现
    this(new XPathParser(inputStream, true, props, new
    XMLMapperEntityResolver()), environment, props);
}
```

再去进入重载的构造方法中

```
private XMLConfigBuilder(XPathParser parser, String environment, Properties
props) {
    super(new Configuration()); // 完成了Configuration的初始化
    ErrorContext.instance().resource("SQL Mapper Configuration");
    this.configuration.setVariables(props); // 设置对应的Properties属性
    this.parsed = false; // 设置 是否解析的标志为 false
    this.environment = environment; // 初始化environment
    this.parser = parser; // 初始化 解析器
}
```

2.2.3 Configuration

然后我们可以看下Configuration初始化做了什么操作

```
public Configuration() {
    // 为类型注册别名
    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "JDBC", JdbcTransactionFactory.class);
    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "MANAGED", ManagedTransactionFactory.class);

    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "JNDI", JndiDataSourceFactory.class);
    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "POOLED", PooledDataSourceFactory.class);
    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "UNPOOLED", UnpooledDataSourceFactory.class);

    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "PERPETUAL", PerpetualCache.class);
    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "FIFO", FifoCache.class);
    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "LRU", LruCache.class);
    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "SOFT", SoftCache.class);
    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "WEAK", WeakCache.class);

    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "DB_VENDOR", VendorDatabaseIdProvider.class);

    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "XML", XMLElementLanguageDriver.class);
    typeAliasRegistry.registerAlias(alias: "RAW", RawLanguageDriver.class);
```

完成了类型别名的注册工作，通过上面的分析我们可以看到XMLConfigBuilder完成了XML文件的解析，对应XPathParser和Configuration对象的初始化操作，然后我们再来看下parse方法到底是如何解析配置文件的。

2.2.4 parse解析

```
parser.parse()
```

进入具体的解析方法

```
public Configuration parse() {
    // 检查是否已经解析过了
    if (parsed) {
        throw new BuilderException("Each XMLConfigBuilder can only be used once.");
    }
    parsed = true;
    // XPathParser, dom 和 SAX 都有用到 >> 开始解析
    parseConfiguration(parser.evalNode("/configuration"));
    return configuration;
}
```

parseConfiguration方法

```
private void parseConfiguration(XNode root) {
    try {
        //issue #117 read properties first
        // 对于全局配置文件各种标签的解析
        propertiesElement(root.evalNode("properties"));
        // 解析 settings 标签
        Properties settings = settingsAsProperties(root.evalNode("settings"));
        // 读取文件
        loadCustomVfs(settings);
        // 日志设置
        loadCustomLogImpl(settings);
        // 类型别名
        typeAliasesElement(root.evalNode("typeAliases"));
        // 插件
        pluginElement(root.evalNode("plugins"));
        // 用于创建对象
        objectFactoryElement(root.evalNode("objectFactory"));
        // 用于对对象进行加工
        objectWrapperFactoryElement(root.evalNode("objectWrapperFactory"));
        // 反射工具箱
        reflectorFactoryElement(root.evalNode("reflectorFactory"));
        // settings 子标签赋值，默认值就是在这里提供的 >>
        settingsElement(settings);
        // read it after objectFactory and objectWrapperFactory issue #631
        // 创建了数据源 >>
        environmentsElement(root.evalNode("environments"));
        databaseIdProviderElement(root.evalNode("databaseIdProvider"));
        typeHandlerElement(root.evalNode("typeHandlers"));
        // 解析引用的Mapper映射器
        mapperElement(root.evalNode("mappers"));
    } catch (Exception e) {
        throw new BuilderException("Error parsing SQL Mapper Configuration. Cause: " + e, e);
    }
}
```

2.2.4.1 全局配置文件解析

properties解析

```
private void propertiesElement(XNode context) throws Exception {
    if (context != null) {
        // 创建了一个 Properties 对象，后面可以用到
        Properties defaults = context.getChildrenAsProperties();
        String resource = context.getStringAttribute("resource");
        String url = context.getStringAttribute("url");
        if (resource != null && url != null) {
            // url 和 resource 不能同时存在
            throw new BuilderException("The properties element cannot specify both a
URL and a resource based property file reference. Please specify one or the
other.");
        }
        // 加载resource或者url属性中指定的 properties 文件
        if (resource != null) {
            defaults.putAll(Resources.getResourceAsProperties(resource));
        } else if (url != null) {
            defaults.putAll(Resources.getUrlAsProperties(url));
        }
        Properties vars = configuration.getVariables();
        if (vars != null) {
            // 和 Configuration中的 variables 属性合并
            defaults.putAll(vars);
        }
        // 更新对应的属性信息
        parser.setVariables(defaults);
        configuration.setVariables(defaults);
    }
}
```

第一个是解析<properties>标签，读取我们引入的外部配置文件，例如db.properties。

这里面又有两种类型，一种是放在resource目录下的，是相对路径，一种是写的绝对路径的 (url) 。

解析的最终结果就是我们会把所有的配置信息放到名为defaults的Properties对象里面（Hashtable对象，KV存储），最后把XPathParser和Configuration的Properties属性都设置成我们填充后的Properties对象。

settings解析

```
private Properties settingsAsProperties(XNode context) {
    if (context == null) {
        return new Properties();
    }
    // 获取settings节点下的所有的子节点
    Properties props = context.getChildrenAsProperties();
    // Check that all settings are known to the configuration class
    MetaClass metaConfig = MetaClass.forClass(Configuration.class,
        LocalReflectorFactory);
    for (Object key : props.keySet()) {
        //
        if (!metaConfig.hasSetter(String.valueOf(key))) {
```

```
        throw new BuilderException("The setting " + key + " is not known. Make  
        sure you spelled it correctly (case sensitive).");  
    }  
}  
return props;  
}
```

getChildrenAsProperties方法就是具体的解析了

```
public Properties getChildrenAsProperties() {  
    Properties properties = new Properties();  
    for (XNode child : getChildren()) {  
        // 获取对应的name和value属性  
        String name = child.getStringAttribute("name");  
        String value = child.getStringAttribute("value");  
        if (name != null && value != null) {  
            properties.setProperty(name, value);  
        }  
    }  
    return properties;  
}
```

loadCustomVfs(settings)方法

loadCustomVfs是获取Virtual File System的自定义实现类，比如要读取本地文件，或者FTP远程文件的时候，就可以用到自定义的VFS类。

根据<settings>标签里面的<vfsImpl>标签，生成了一个抽象类VFS的子类，在MyBatis中有JBoss6VFS和DefaultVFS两个实现，在io包中。

```
private void loadCustomVfs(Properties props) throws ClassNotFoundException {  
    String value = props.getProperty("vfsImpl");  
    if (value != null) {  
        String[] clazzes = value.split(",");  
        for (String clazz : clazzes) {  
            if (!clazz.isEmpty()) {  
                @SuppressWarnings("unchecked")  
                Class<? extends VFS> vfsImpl = (Class<? extends  
VFS>)Resources.classForName(clazz);  
                configuration.setVfsImpl(vfsImpl);  
            }  
        }  
    }  
}
```

最后赋值到Configuration中。

loadCustomLogImpl(settings)方法

loadCustomLogImpl是根据<logImpl>标签获取日志的实现类，我们可以用到很多的日志的方案，包括LOG4J，LOG4J2，SLF4J等等，在logging包中。

```
private void loadCustomLogImpl(Properties props) {
    Class<? extends Log> logImpl = resolveClass(props.getProperty("logImpl"));
    configuration.setLogImpl(logImpl);
}
```

typeAliases解析

这一步是类型别名的解析

```
private void typeAliasesElement(XNode parent) {
    // 放入 TypeAliasRegistry
    if (parent != null) {
        for (XNode child : parent.getChildren()) {
            if ("package".equals(child.getName())) {
                String typeAliasPackage = child.getStringAttribute("name");

                configuration.getTypeAliasRegistry().registerAliases(typeAliasPackage);
            } else {
                String alias = child.getStringAttribute("alias");
                String type = child.getStringAttribute("type");
                try {
                    Class<?> clazz = Resources.classForName(type);
                    if (alias == null) {
                        // 扫描 @Alias 注解使用
                        typeAliasRegistry.registerAlias(clazz);
                    } else {
                        // 直接注册
                        typeAliasRegistry.registerAlias(alias, clazz);
                    }
                } catch (ClassNotFoundException e) {
                    throw new BuilderException("Error registering typeAlias for '" +
                        alias + "'. Cause: " + e, e);
                }
            }
        }
    }
}
```

plugins解析

插件标签的解析

```
private void pluginElement(XNode parent) throws Exception {
    if (parent != null) {
        for (XNode child : parent.getChildren()) {
            // 获取<plugin> 节点的 interceptor 属性的值
            String interceptor = child.getStringAttribute("interceptor");
            // 获取<plugin> 下的所有 properties 子节点
            Properties properties = child.getChildrenAsProperties();
            // 获取 Interceptor 对象
            Interceptor interceptorInstance = (Interceptor)
                resolveClass(interceptor).getDeclaredConstructor().newInstance();
            // 设置 interceptor 的属性
        }
    }
}
```

```

        interceptorInstance.setProperties(properties);
        // Configuration中记录 Interceptor
        configuration.addInterceptor(interceptorInstance);
    }
}
}

```

插件的具体使用后面专门介绍

objectFactory, objectWrapperFactory及reflectorFactory解析

```

private void objectFactoryElement(XNode context) throws Exception {
    if (context != null) {
        // 获取<objectFactory> 节点的 type 属性
        String type = context.getStringAttribute("type");
        // 获取 <objectFactory> 节点下的配置信息
        Properties properties = context.getChildrenAsProperties();
        // 获取ObjectFactory 对象的对象 通过反射方式
        ObjectFactory factory = (ObjectFactory)
            resolveClass(type).getDeclaredConstructor().newInstance();
        // ObjectFactory 和 对应的属性信息关联
        factory.setProperties(properties);
        // 将创建的ObjectFactory对象绑定到Configuration中
        configuration.setObjectFactory(factory);
    }
}

private void objectwrapperFactoryElement(XNode context) throws Exception {
    if (context != null) {
        String type = context.getStringAttribute("type");
        ObjectWrapperFactory factory = (ObjectWrapperFactory)
            resolveClass(type).getDeclaredConstructor().newInstance();
        configuration.setObjectWrapperFactory(factory);
    }
}

private void reflectorFactoryElement(XNode context) throws Exception {
    if (context != null) {
        String type = context.getStringAttribute("type");
        ReflectorFactory factory = (ReflectorFactory)
            resolveClass(type).getDeclaredConstructor().newInstance();
        configuration.setReflectorFactory(factory);
    }
}

```

ObjectFactory用来创建返回的对象。

ObjectWrapperFactory用来对对象做特殊的处理。比如：select没有写别名，查询返回的是一个Map，可以在自定义的objectWrapperFactory中把下划线命名变成驼峰命名。

ReflectorFactory是反射的工具箱，对反射的操作进行了封装（官网和文档没有这个对象的描述）。

以上四个对象，都是用resolveClass创建的。

settingsElement(settings)方法

这里就是对<settings>标签里面所有子标签的处理了，前面我们已经把子标签全部转换成了Properties对象，所以在里处理Properties对象就可以了。

settings二级标签中一共26个配置，比如二级缓存、延迟加载、默认执行器类型等等。

需要注意的是，我们之前提到的所有的默认值，都是在这里赋值的。如果说后面我们不知道这个属性的值是什么，也可以到这一步来确认一下。

所有的值，都会赋值到Configuration的属性里面去。

```
private void settingsElement(Properties props) {  
  
    configuration.setAutoMappingBehavior(AutoMappingBehavior.valueOf(props.getProperty("autoMappingBehavior", "PARTIAL")));  
  
    configuration.setAutoMappingUnknownColumnBehavior(AutoMappingUnknownColumnBehavior.valueOf(props.getProperty("autoMappingUnknownColumnBehavior", "NONE")));  
  
    configuration.setCacheEnabled(booleanValueOf(props.getProperty("cacheEnabled"), true));  
    configuration.setProxyFactory((ProxyFactory) createInstance(props.getProperty("proxyFactory")));  
  
    configuration.setLazyLoadingEnabled(booleanValueOf(props.getProperty("lazyLoadingEnabled"), false));  
  
    configuration.setAggressiveLazyLoading(booleanValueOf(props.getProperty("aggressiveLazyLoading"), false));  
  
    configuration.setMultipleResultSetsEnabled(booleanValueOf(props.getProperty("multipleResultSetsEnabled"), true));  
  
    configuration.setUseColumnLabel(booleanValueOf(props.getProperty("useColumnLabel"), true));  
  
    configuration.setUseGeneratedKeys(booleanValueOf(props.getProperty("useGeneratedKeys"), false));  
  
    configuration.setDefaultExecutorType(ExecutorType.valueOf(props.getProperty("defaultExecutorType", "SIMPLE")));  
  
    configuration.setDefaultStatementTimeout(integerValueOf(props.getProperty("defaultStatementTimeout"), null));  
  
    configuration.setDefaultFetchSize(integerValueOf(props.getProperty("defaultFetchSize"), null));  
  
    configuration.setDefaultResultSetType(resolveResultSetType(props.getProperty("defaultResultSetType")));  
  
    configuration.setMapUnderscoreToCamelCase(booleanValueOf(props.getProperty("mapUnderscoreToCamelCase"), false));  
  
    configuration.setSafeRowBoundsEnabled(booleanValueOf(props.getProperty("safeRowBoundsEnabled"), false));  
  
    configuration.setLocalCacheScope(LocalCacheScope.valueOf(props.getProperty("localCacheScope", "SESSION")));
```

```

        configuration.setJdbcTypeForNull(JdbcType.valueOf(props.getProperty("jdbcTypeForNull", "OTHER")));

        configuration.setLazyLoadTriggerMethods(stringSetValueof(props.getProperty("lazyLoadTriggerMethods"), "equals,clone,hashCode,tostring"));

        configuration.setSafeResultHandlerEnabled(booleanValueof(props.getProperty("safeResultHandlerEnabled"), true));

        configuration.setDefaultScriptingLanguage(resolveClass(props.getProperty("defaultScriptingLanguage")));

        configuration.setDefaultEnumTypeHandler(resolveClass(props.getProperty("defaultEnumTypeHandler")));

        configuration.setCallSettersOnNulls(booleanValueof(props.getProperty("callSettersOnNulls"), false));

        configuration.setUseActualParamName(booleanValueof(props.getProperty("useActualParamName"), true));

        configuration.setReturnInstanceForEmptyRow(booleanValueof(props.getProperty("returnInstanceForEmptyRow"), false));
        configuration.setLogPrefix(props.getProperty("logPrefix"));

        configuration.setConfigurationFactory(resolveClass(props.getProperty("configurationFactory")));
    }
}

```

environments解析

这一步是解析<environments>标签。

我们前面讲过，一个environment就是对应一个数据源，所以在这里我们会根据配置的<transactionManager>创建一个事务工厂，根据<dataSource>标签创建一个数据源，最后把这两个对象设置成Environment对象的属性，放到Configuration里面。

```

private void environmentsElement(XNode context) throws Exception {
    if (context != null) {
        if (environment == null) {
            environment = context.getStringAttribute("default");
        }
        for (XNode child : context.getChildren()) {
            String id = child.getStringAttribute("id");
            if (isSpecifiedEnvironment(id)) {
                // 事务工厂
                TransactionFactory txFactory =
                transactionManagerElement(child.evalNode("transactionManager"));
                // 数据源工厂（例如 DruidDataSourceFactory ）
                DataSourceFactory dsFactory =
                dataSourceElement(child.evalNode("dataSource"));
                // 数据源

```

```

        DataSource dataSource = dsFactory.getDataSource();
        // 包含了 事务工厂和数据源的 Environment
        Environment.Builder environmentBuilder = new Environment.Builder(id)
            .transactionFactory(txFactory)
            .dataSource(dataSource);
        // 放入 Configuration
        configuration.setEnvironment(environmentBuilder.build());
    }
}
}
}

```

databaseIdProviderElement()

解析databaseIdProvider标签，生成DatabaseIdProvider对象（用来支持不同厂商的数据库）。

typeHandlerElement()

跟TypeAlias一样，TypeHandler有两种配置方式，一种是单独配置一个类，一种是指定一个package。最后我们得到的是JavaType和JdbcType，以及用来做相互映射的TypeHandler之间的映射关系，存放在TypeHandlerRegistry对象里面。

```

private void typeHandlerElement(XNode parent) {
    if (parent != null) {
        for (XNode child : parent.getChildren()) {
            if ("package".equals(child.getName())) {
                String typeHandlerPackage = child.getStringAttribute("name");
                typeHandlerRegistry.register(typeHandlerPackage);
            } else {
                String javaTypeName = child.getStringAttribute("javaType");
                String jdbcTypeName = child.getStringAttribute("jdbcType");
                String handlerTypeName = child.getStringAttribute("handler");
                Class<?> javaTypeClass = resolveClass(javaTypeName);
                JdbcType jdbcType = resolveJdbcType(jdbcTypeName);
                Class<?> typeHandlerClass = resolveClass(handlerTypeName);
                if (javaTypeClass != null) {
                    if (jdbcType == null) {
                        typeHandlerRegistry.register(javaTypeClass, typeHandlerClass);
                    } else {
                        typeHandlerRegistry.register(javaTypeClass, jdbcType,
                            typeHandlerClass);
                    }
                } else {
                    typeHandlerRegistry.register(typeHandlerClass);
                }
            }
        }
    }
}

```

mapper解析

最后就是<mappers>标签的解析。

根据全局配置文件中不同的注册方式，用不同的方式扫描，但最终都是做了两件事情，对于语句的注册和接口的注册。

扫描类型	含义
resource	相对路径
url	绝对路径
package	包
class	单个接口

```

private void mapperElement(XNode parent) throws Exception {
    if (parent != null) {
        for (XNode child : parent.getChildren()) {
            // 不同的定义方式的扫描，最终都是调用 addMapper()方法（添加到 MapperRegistry）。
            // 这个方法和 getMapper() 对应
            // package 包
            if ("package".equals(child.getName())) {
                String mapperPackage = child.getStringAttribute("name");
                configuration.addMappers(mapperPackage);
            } else {
                String resource = child.getStringAttribute("resource");
                String url = child.getStringAttribute("url");
                String mapperClass = child.getStringAttribute("class");
                if (resource != null && url == null && mapperClass == null) {
                    // resource 相对路径
                    ErrorContext.instance().resource(resource);
                    InputStream inputStream = Resources.getResourceAsStream(resource);
                    XMLMapperBuilder mapperParser = new XMLMapperBuilder(inputStream,
configuration, resource, configuration.getSqlFragments());
                    // 解析 Mapper.xml，总体上做了两件事情 >>
                    mapperParser.parse();
                } else if (resource == null && url != null && mapperClass == null) {
                    // url 绝对路径
                    ErrorContext.instance().resource(url);
                    InputStream inputStream = Resources.getUrlAsStream(url);
                    XMLMapperBuilder mapperParser = new XMLMapperBuilder(inputStream,
configuration, url, configuration.getSqlFragments());
                    mapperParser.parse();
                } else if (resource == null && url == null && mapperClass != null) {
                    // class 单个接口
                    Class<?> mapperInterface = Resources.classForName(mapperClass);
                    configuration.addMapper(mapperInterface);
                } else {
                    throw new BuilderException("A mapper element may only specify a url,
resource or class, but not more than one.");
                }
            }
        }
    }
}

```

然后开始进入具体的配置文件的解析操作

2.2.4.2 映射文件的解析

首先进入parse方法

```
public void parse() {  
    // 总体上做了两件事情，对于语句的注册和接口的注册  
    if (!configuration.isResourceLoaded(resource)) {  
        // 1、具体增删改查标签的解析。  
        // 一个标签一个MappedStatement。 >>  
        configurationElement(parser.evalNode("/mapper"));  
        configuration.addLoadedResource(resource);  
        // 2、把namespace (接口类型) 和工厂类绑定起来，放到一个map。  
        // 一个namespace 一个 MapperProxyFactory >>  
        bindMapperForNamespace();  
    }  
  
    parsePendingResultMaps();  
    parsePendingCacheRefs();  
    parsePendingStatements();  
}
```

configurationElement()——解析所有的子标签，最终获得MappedStatement对象。

bindMapperForNamespace()——把namespace (接口类型) 和工厂类MapperProxyFactory绑定起来。

configurationElement方法

configurationElement是对Mapper.xml中所有具体的标签的解析，包括namespace、cache、parameterMap、resultMap、sql和select|insert|update|delete。

```
private void configurationElement(XNode context) {  
    try {  
        String namespace = context.getStringAttribute("namespace");  
        if (namespace == null || namespace.equals("")) {  
            throw new BuilderException("Mapper's namespace cannot be empty");  
        }  
        builderAssistant.setCurrentNamespace(namespace);  
        // 添加缓存对象  
        cacheRefElement(context.evalNode("cache-ref"));  
        // 解析 cache 属性，添加缓存对象  
        cacheElement(context.evalNode("cache"));  
        // 创建 ParameterMapping 对象  
        parameterMapElement(context.evalNodes("/mapper/parameterMap"));  
        // 创建 List<ResultMapping>  
        resultMapElements(context.evalNodes("/mapper/resultMap"));  
        // 解析可以复用的SQL  
        sqlElement(context.evalNodes("/mapper/sql"));  
        // 解析增删改查标签，得到 MappedStatement >>  
  
        buildStatementFromContext(context.evalNodes("select|insert|update|delete"));  
    } catch (Exception e) {  
        throw new BuilderException("Error parsing Mapper XML. The XML location is  
" + resource + ". Cause: " + e, e);  
    }  
}
```

在buildStatementFromContext()方法中，创建了用来解析增删改查标签的XMLStatementBuilder，并且把创建的MappedStatement添加到mappedStatements中。

```
MappedStatement statement = statementBuilder.build();
// 最关键的一步，在 Configuration 添加了 MappedStatement >>
configuration.addMappedStatement(statement);
```

bindMapperForNamespace方法

```
private void bindMapperForNamespace() {
    String namespace = builderAssistant.getCurrentNamespace();
    if (namespace != null) {
        Class<?> boundType = null;
        try {
            // 根据名称空间加载对应的接口类型
            boundType = Resources.classForName(namespace);
        } catch (ClassNotFoundException e) {
            //ignore, bound type is not required
        }
        if (boundType != null) {
            if (!configuration.hasMapper(boundType)) {
                // Spring may not know the real resource name so we set a flag
                // to prevent loading again this resource from the mapper interface
                // look at MapperAnnotationBuilder#loadXmlResource
                configuration.addLoadedResource("namespace:" + namespace);
                // 添加到 MapperRegistry，本质是一个 map，里面也有 Configuration >>
                configuration.addMapper(boundType);
            }
        }
    }
}
```

通过源码分析发现主要是调用了addMapper()。addMapper()方法中，把接口类型注册到MapperRegistry中：实际上是为接口创建一个对应的MapperProxyFactory（用于为这个type提供工厂类，创建MapperProxy）。

```
public <T> void addMapper(Class<T> type) {
    if (type.isInterface()) { // 检测 type 是否为接口
        if (hasMapper(type)) { // 检测是否已经加装过该接口
            throw new BindingException("Type " + type + " is already known to the
MapperRegistry.");
        }
        boolean loadCompleted = false;
        try {
            // ! Map<Class<?>, MapperProxyFactory<?>> 存放的是接口类型，和对应的工厂类的关
系
            knownMappers.put(type, new MapperProxyFactory<>(type));
            // It's important that the type is added before the parser is run
            // otherwise the binding may automatically be attempted by the
            // mapper parser. If the type is already known, it won't try.
        }
```

```
// 注册了接口之后，根据接口，开始解析所有方法上的注解，例如 @Select >>
MapperAnnotationBuilder parser = new MapperAnnotationBuilder(config,
type);
    parser.parse();
    loadCompleted = true;
} finally {
    if (!loadCompleted) {
        knownMappers.remove(type);
    }
}
}
```

同样的再进入parse方法中查看

```
public void parse() {
    String resource = type.toString();
    if (!configuration.isResourceLoaded(resource)) {
        // 先判断 Mapper.xml 有没有解析，没有的话先解析 Mapper.xml (例如定义 package 方式)
        loadXmlResource();
        configuration.addLoadedResource(resource);
        assistant.setCurrentNamespace(type.getName());
        // 处理 @CacheNamespace
        parseCache();
        // 处理 @CacheNamespaceRef
        parseCacheRef();
        // 获取所有方法
        Method[] methods = type.getMethods();
        for (Method method : methods) {
            try {
                // issue #237
                if (!method.isBridge()) {
                    // 解析方法上的注解，添加到 MappedStatement 集合中 >>
                    parseStatement(method);
                }
            } catch (IncompleteElementException e) {
                configuration.addIncompleteMethod(new MethodResolver(this, method));
            }
        }
    }
    parsePendingMethods();
}
```

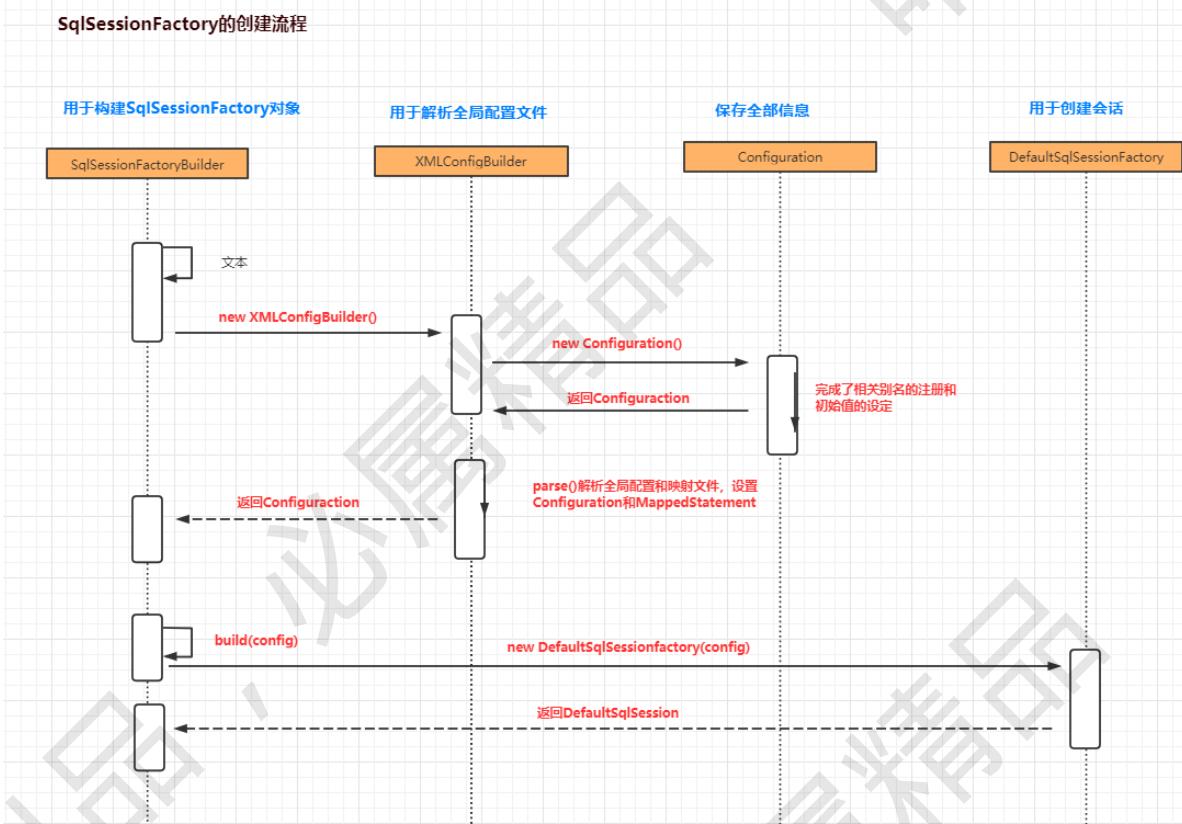
大家可以继续进入到parseStatement方法中查看。

总结：

1. 我们主要完成了config配置文件、Mapper文件、Mapper接口中注解的解析。
2. 我们得到了一个最重要的对象Configuration，这里面存放了全部的配置信息，它在属性里面还有各种各样的容器。
3. 最后，返回了一个DefaultSqlSessionFactory，里面持有了Configuration的实例。

最后的时序图

SqlSessionFactory的创建流程



2.3 SqlSession

程序每一次操作数据库，都需要创建一个会话，我们用openSession()方法来创建。接下来我们看看SqlSession创建过程中做了哪些操作

```
SqlSession sqlSession = factory.openSession();
```

通过前面创建的DefaultSqlSessionFactory的openSession方法来创建

```
@Override
public SqlSession openSession() {
    return openSessionFromDataSource(configuration.getDefaultExecutorType(),
        null, false);
}
```

首先会获取默认的执行器类型。默认的是simple

The screenshot shows the IntelliJ IDEA interface with the Configuration.java file open. The code is annotated with red boxes highlighting specific sections:

- Line 27: `protected ExecutorType defaultExecutorType = ExecutorType.SIMPLE;`
- Line 127: `protected boolean lazyLoadingEnabled = false;`

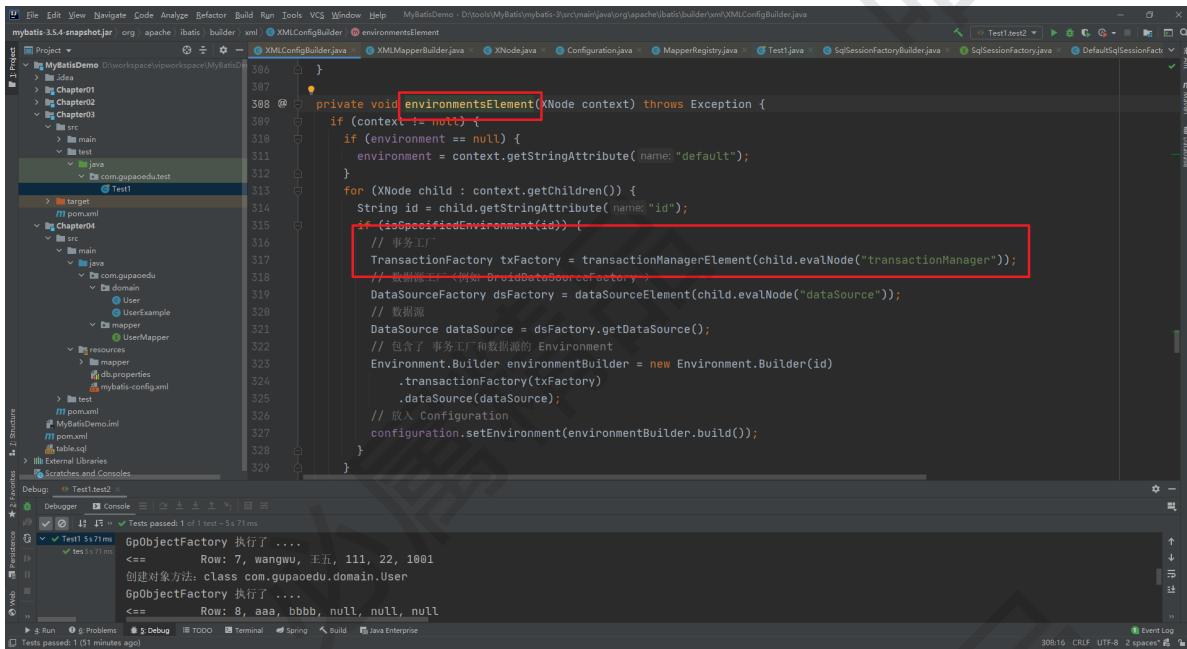
Below the code editor, the Test1 test results are displayed, showing 1 test passed in 5s.71ms. The output shows two rows of data from a database query.

```
private SqlSession openSessionFromDataSource(ExecutorType execType,
TransactionIsolationLevel level, boolean autoCommit) {
    Transaction tx = null;
    try {
        final Environment environment = configuration.getEnvironment();
        // 获取事务工厂
        final TransactionFactory transactionFactory =
getTransactionFactoryFromEnvironment(environment);
        // 创建事务
        tx = transactionFactory.newTransaction(environment.getDataSource(), level,
autoCommit);
        // 根据事务工厂和默认的执行器类型，创建执行器 >>
        final Executor executor = configuration.newExecutor(tx, execType);
        return new DefaultSqlSession(configuration, executor, autoCommit);
    } catch (Exception e) {
        closeTransaction(tx); // may have fetched a connection so lets call
close()
        throw ExceptionFactory.wrapException("Error opening session. Cause: " +
e, e);
    } finally {
        ErrorContext.instance().reset();
    }
}
```

继续往下

```
private SqlSession openSessionFromDataSource(ExecutorType execType,
TransactionIsolationLevel level, boolean autoCommit) {
    Transaction tx = null;
    try {
        final Environment environment = configuration.getEnvironment();
        // 获取事务工厂
        final TransactionFactory transactionFactory =
getTransactionFactoryFromEnvironment(environment);
        // 创建事务
        tx = transactionFactory.newTransaction(environment.getDataSource(), level,
autoCommit);
        // 根据事务工厂和默认的执行器类型，创建执行器 >>
        final Executor executor = configuration.newExecutor(tx, execType);
        return new DefaultSqlSession(configuration, executor, autoCommit);
    } catch (Exception e) {
        closeTransaction(tx); // may have fetched a connection so lets call
close()
        throw ExceptionFactory.wrapException("Error opening session. Cause: " +
e, e);
    } finally {
        ErrorContext.instance().reset();
    }
}
```

我们在解析environment标签的时候有创建TransactionFactory对象



根据事务工厂和默认的执行器类型，创建执行器

```
public Executor newExecutor(Transaction transaction, ExecutorType
executorType) {
    executorType = executorType == null ? defaultExecutorType : executorType;
    executorType = executorType == null ? ExecutorType.SIMPLE : executorType;
    Executor executor;
    if (ExecutorType.BATCH == executorType) {
        executor = new BatchExecutor(this, transaction);
    } else if (ExecutorType.REUSE == executorType) {
        executor = new ReuseExecutor(this, transaction);
    } else {
        // 默认 SimpleExecutor
        executor = new SimpleExecutor(this, transaction);
    }
    // 二级缓存开关, settings 中的 cacheEnabled 默认是 true
    if (cacheEnabled) {
        executor = new CachingExecutor(executor);
    }
    // 植入插件的逻辑, 至此, 四大对象已经全部拦截完毕
    executor = (Executor) interceptorChain.pluginAll(executor);
    return executor;
}
```

最后返回的是一个DefaultSqlSession对象

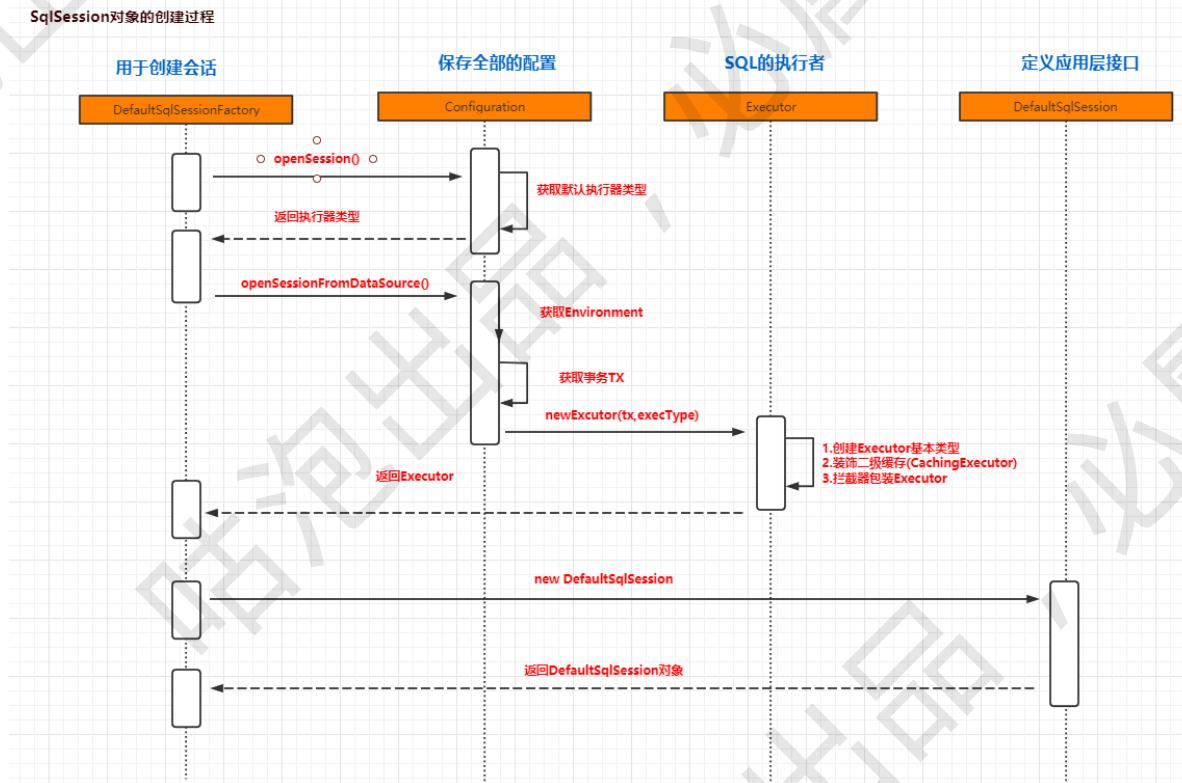
```

private SqlSession openSessionFromDataSource(ExecutorType execType, TransactionIsolationLevel level, boolean autoCommit) {
    Transaction tx = null;
    try {
        final Environment environment = configuration.getEnvironment();
        // 获取事务工厂
        final TransactionFactory transactionFactory = getTransactionFactoryFromEnvironment(environment);
        // 创建事务
        tx = transactionFactory.newTransaction(dataSource(), level, autoCommit);
        // 根据事务工厂和默认的执行器类型，创建执行器 >>
        final Executor executor = configuration.newExecutor(tx, execType);
        return new DefaultSqlSession(configuration, executor, autoCommit);
    } catch (Exception e) {
        closeTransaction(tx); // 可能已经获取了连接，所以调用close()
        throw ExceptionFactory.wrapException("Error opening session. Cause: " + e, e);
    } finally {
        ErrorContext.instance().reset();
    }
}

```

在这个DefaultSqlSession对象中包括了Configuration和Executor对象

总结：创建会话的过程，我们获得了一个DefaultSqlSession，里面包含了一个Executor，Executor是SQL的实际执行对象。



2.4 Mapper代理对象

接下来看下通过getMapper方法获取对应的接口的代理对象的实现原理

```

// 4. 通过sqlSession中提供的 API方法来操作数据库
UserMapper mapper = sqlSession.getMapper(UserMapper.class);

```

进入DefaultSqlSession中查看

```
public <T> T getMapper(Class<T> type, SqlSession sqlSession) {  
    // mapperRegistry中注册的有Mapper的相关信息 在解析映射文件时 调用过addMapper方法  
    return mapperRegistry.getMapper(type, sqlSession);  
}
```

进入getMapper方法

```
/**  
 * 获取Mapper接口对应的代理对象  
 */  
public <T> T getMapper(Class<T> type, SqlSession sqlSession) {  
    // 获取Mapper接口对应的 MapperProxyFactory 对象  
    final MapperProxyFactory<T> mapperProxyFactory = (MapperProxyFactory<T>)  
knownMappers.get(type);  
    if (mapperProxyFactory == null) {  
        throw new BindingException("Type " + type + " is not known to the  
MapperRegistry.");  
    }  
    try {  
        return mapperProxyFactory.newInstance(sqlSession);  
    } catch (Exception e) {  
        throw new BindingException("Error getting mapper instance. Cause: " + e,  
e);  
    }  
}
```

进入newInstance方法

```
public T newInstance(SqlSession sqlSession) {  
    final MapperProxy<T> mapperProxy = new MapperProxy<>(sqlSession,  
mapperInterface, methodCache);  
    return newInstance(mapperProxy);  
}
```

继续

```
/**  
 * 创建实现了 mapperInterface 接口的代理对象  
 */  
protected T newInstance(MapperProxy<T> mapperProxy) {  
    // 1: 类加载器:2: 被代理类实现的接口、3: 实现了 InvocationHandler 的触发管理类  
    return (T) Proxy.newProxyInstance(mapperInterface.getClassLoader(), new  
Class[] { mapperInterface }, mapperProxy);  
}
```

最终我们在代码中发现代理对象是通过JDK动态代理创建，返回的代理对象。而且里面也传递了一个实现了InvocationHandler接口的触发管理类。

```

32 /**
33  * Mapper 代理对象
34  * @author Clinton Begin
35  * @author Eduardo Macarron
36 */
37 public class MapperProxy<T> implements InvocationHandler, Serializable {
38
39     private static final long serialVersionUID = -4724728412955527868L;
40     private static final int ALLOWED_MODES = MethodHandles.Lookup.PRIVATE | MethodHandles.Lookup.PROTECTED
41             | MethodHandles.Lookup.PACKAGE | MethodHandles.Lookup.PUBLIC;
42     private static final Constructor<Lookup> lookupConstructor;
43     private static final Method privateLookupInMethod;
44     private final SqlSession sqlSession;
45     private final Class<?> mapperInterface;
46     private final Map<Method, MapperMethodInvoker> methodCache;
47
48     public MapperProxy(SqlSession sqlSession, Class<T> mapperInterface, Map<Method, MapperMethodInvoker> methodCache) {...}
49
50     static {...}
51
52     @Override
53     public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args) throws Throwable {...}
54
55     private MapperMethodInvoker cachedInvoker(Method method) throws Throwable {...}

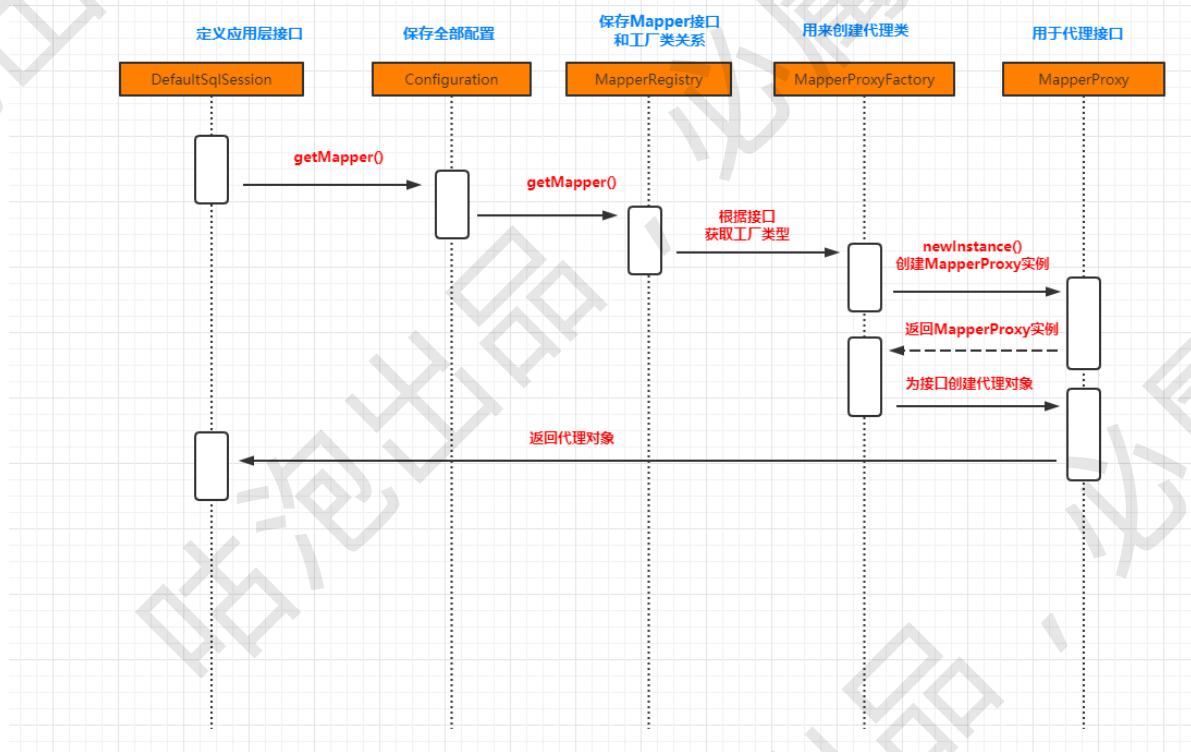
```

Tests passed: 1 / 1 test - 5s 71ms

6pObjectFactory 执行了
 <= Row: 7, wangwu, 王五, 111, 22, 1001
 创建对象方法: class com.gupaoedu.domain.User
 6pObjectFactory 执行了
 <= Row: 8, aaa, bbbb, null, null, null

总结：获得Mapper对象的过程，实质上是获取了一个JDK动态代理对象（类型是\$ProxyN）。这个代理类会继承Proxy类，实现被代理的接口，里面持有了一个MapperProxy类型的触发管理类。

获取代理对象



2.5 SQL执行

接下来我们看看SQL语句的具体执行过程是怎么样的

```
List<User> list = mapper.selectUserList();
```

由于所有的Mapper都是JDK动态代理对象，所以任意的方法都是执行触发管理类MapperProxy的invoke()方法

2.5.1 MapperProxy.invoke()

我们直接进入到invoke方法中

```
@Override
public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args) throws Throwable {
    try {
        // toString hashCode equals getClass等方法，无需走到执行SQL的流程
        if (Object.class.equals(method.getDeclaringClass())) {
            return method.invoke(this, args);
        } else {
            // 提升获取 mapperMethod 的效率，到 MapperMethodInvoker（内部接口） 的 invoke
            // 普通方法会走到 PlainMethodInvoker（内部类）的 invoke
            return cachedInvoker(method).invoke(proxy, method, args, sqlSession);
        }
    } catch (Throwable t) {
        throw ExceptionUtil.unwrapThrowable(t);
    }
}
```

然后进入到PlainMethodInvoker的invoke方法

```
@Override
public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args, SqlSession sqlSession) throws Throwable {
    // SQL执行的真正起点
    return mapperMethod.execute(sqlSession, args);
}
```

2.5.2 mapperMethod.execute()

```
public Object execute(SqlSession sqlSession, Object[] args) {
    Object result;
    switch (command.getType()) { // 根据SQL语句的类型调用SqlSession对应的方法
        case INSERT: {
            // 通过 ParamNameResolver 处理args[] 数组 将用户传入的实参和指定参数名称关联起来
            Object param = method.convertArgsToSqlCommandParam(args);
            // sqlSession.insert(command.getName(), param) 调用SqlSession的insert方法
            // rowCountResult 方法会根据 method 字段中记录的方法的返回值类型对结果进行转换
            result = rowCountResult(sqlSession.insert(command.getName(), param));
            break;
        }
        case UPDATE: {
            Object param = method.convertArgsToSqlCommandParam(args);
            result = rowCountResult(sqlSession.update(command.getName(), param));
            break;
        }
        case DELETE: {
            Object param = method.convertArgsToSqlCommandParam(args);
            result = rowCountResult(sqlSession.delete(command.getName(), param));
            break;
        }
    }
}
```

```

    }

    case SELECT:
        if (method.returnsVoid() && method.hasResultHandler()) {
            // 返回值为空 且 ResultSet通过 ResultHandler处理的方法
            executeWithResultHandler(sqlSession, args);
            result = null;
        } else if (method.returnsMany()) {
            result = executeForMany(sqlSession, args);
        } else if (method.returnsMap()) {
            result = executeForMap(sqlSession, args);
        } else if (method.returnsCursor()) {
            result = executeForCursor(sqlSession, args);
        } else {
            // 返回值为 单一对象的方法
            Object param = method.convertArgsToSqlCommandParam(args);
            // 普通 select 语句的执行入口 >>
            result = sqlSession.selectOne(command.getName(), param);
            if (method>ReturnsOptional()
                && (result == null ||

!method.getReturnType().equals(result.getClass())))
                result = Optional.ofNullable(result);
            }
        }
        break;
    case FLUSH:
        result = sqlSession.flushStatements();
        break;
    default:
        throw new BindingException("Unknown execution method for: " +
command.getName());
    }
    if (result == null && method.getReturnType().isPrimitive() &&
!method.returnsVoid()) {
        throw new BindingException("Mapper method '" + command.getName()
        + " attempted to return null from a method with a primitive return
        type (" + method.getReturnType() + ").");
    }
    return result;
}

```

在这一步，根据不同的type (INSERT、UPDATE、DELETE、SELECT) 和返回类型：

- 1) 调用convertArgsToSqlCommandParam()将方法参数转换为SQL的参数。
- 2) 调用sqlSession的insert()、update()、delete()、selectOne ()方法。我们以查询为例，会走到selectOne()方法。

```

Object param = method.convertArgsToSqlCommandParam(args);
result = sqlSession.selectOne(command.getName(), param);

```

2.5.3 sqlSession.selectOne

这里来到了对外的接口的默认实现类DefaultSqlSession。

selectOne()最终也是调用了selectList()

```
@Override  
public <T> T selectOne(String statement, Object parameter) {  
    // 来到了 DefaultSqlSession  
    // Popular vote was to return null on 0 results and throw exception on too  
    // many.  
    List<T> list = this.selectList(statement, parameter);  
    if (list.size() == 1) {  
        return list.get(0);  
    } else if (list.size() > 1) {  
        throw new TooManyResultsException("Expected one result (or null) to be  
        returned by selectOne(), but found: " + list.size());  
    } else {  
        return null;  
    }  
}
```

在SelectList()中，我们先根据command name (Statement ID) 从Configuration中拿到MappedStatement。ms里面有xml中增删改查标签配置的所有属性，包括id、statementType、sqlSource、useCache、入参、出参等等

```
@Override  
public <E> List<E> selectList(String statement, Object parameter, RowBounds  
rowBounds) {  
    try {  
        MappedStatement ms = configuration.getMappedStatement(statement);  
        // 如果 cacheEnabled = true (默认)，Executor会被 CachingExecutor装饰  
        return executor.query(ms, wrapCollection(parameter), rowBounds,  
Executor.NO_RESULT_HANDLER);  
    } catch (Exception e) {  
        throw ExceptionFactory.wrapException("Error querying database. Cause: " +  
e, e);  
    } finally {  
        ErrorContext.instance().reset();  
    }  
}
```

然后执行了Executor的query()方法。

Executor是第二步openSession的时候创建的，创建了执行器基本类型之后，依次执行了二级缓存装饰，和插件包装。

所以，如果有被插件包装，这里会先走到插件的逻辑。如果没有显式地在settings中配置cacheEnabled=false，再走到CachingExecutor的逻辑，然后会走到BaseExecutor的query()方法。

插件后面讲，这里先跳过。

2.5.4 CachingExecutor.query()

```
@Override  
public <E> List<E> query(MappedStatement ms, Object parameterObject, RowBounds rowBounds, ResultHandler resultHandler) throws SQLException {  
    // 获取SQL  
    BoundSql boundSql = ms.getBoundSql(parameterObject);  
    // 创建CacheKey: 什么样的SQL是同一条SQL? >>  
    CacheKey key = createCacheKey(ms, parameterObject, rowBounds, boundSql);  
    return query(ms, parameterObject, rowBounds, resultHandler, key, boundSql);  
}
```

二级缓存的CacheKey是怎么构成的呢？或者说，什么样的查询才能确定是同一个查询呢？

在BaseExecutor的createCacheKey方法中，用到了六个要素：

```
cacheKey.update(ms.getId()); // com.gupaoedu.mapper.BlogMapper.selectBlogById  
cacheKey.update(rowBounds.getOffset()); // 0  
cacheKey.update(rowBounds.getLimit()); // 2147483647 = 2^31-1  
cacheKey.update(boundSql.getSql());  
cacheKey.update(value);  
cacheKey.update(configuration.getEnvironment().getId());
```

也就是说，方法相同、翻页偏移相同、SQL相同、参数值相同、数据源环境相同，才会被认为是同一个查询。

CacheKey的实际值举例（toString()生成的），debug可以看到：

```
-1381545870:4796102018:com.gupaoedu.mapper.BlogMapper.selectBlogById:0:214748364  
7:select * from blog where bid = ?:1:development
```

注意看一下CacheKey的属性，里面有一个List按顺序存放了这些要素。

```
private static final int DEFAULT_MULTIPLIER = 37;  
private static final int DEFAULT_HASHCODE = 17;  
private final int multiplier;  
private int hashCode;  
private long checksum;  
private int count;  
private List<Object> updateList
```

怎么比较两个CacheKey是否相等呢？如果一上来就是依次比较六个要素是否相等，要比较6次，这样效率不高。有没有更高效的方法呢？继承Object的每个类，都有一个hashCode()方法，用来生成哈希码。它是用来在集合中快速判重的。

在生成CacheKey的时候（update方法），也更新了CacheKey的hashCode，它是用乘法哈希生成的（基数baseHashCode=17，乘法因子multiplier=37）。

```
hashCode = multiplier * hashCode + baseHashCode;
```

Object中的hashCode()是一个本地方法，通过随机数算法生成（OpenJDK8，默认，可以通过-XX:hashCode修改）。CacheKey中的hashCode()方法进行了重写，返回自己生成的hashCode。

为什么要用37作为乘法因子呢？跟String中的31类似。

CacheKey中的equals也进行了重写，比较CacheKey是否相等。

```
@Override  
public boolean equals(Object object) {  
    if (this == object) {  
        return true;  
    }  
    if (!(object instanceof CacheKey)) {  
        return false;  
    }  
    final CacheKey cacheKey = (CacheKey) object;  
  
    if (hashcode != cacheKey.hashcode) {  
        return false;  
    }  
    if (checksum != cacheKey.checksum) {  
        return false;  
    }  
    if (count != cacheKey.count) {  
        return false;  
    }  
    for (int i = 0; i < updateList.size(); i++) {  
        Object thisObject = updateList.get(i);  
        Object thatObject = cacheKey.updateList.get(i);  
        if (!ArrayUtil.equals(thisObject, thatObject)) {  
            return false;  
        }  
    }  
    return true;  
}
```

如果哈希值（乘法哈希）、校验值（加法哈希）、要素个数任何一个不相等，都不是同一个查询，最后才循环比较要素，防止哈希碰撞。

CacheKey生成之后，调用另一个query()方法。

2.5.5 BaseExecutor.query方法

```
@Override  
public <E> List<E> query(MappedStatement ms, Object parameterObject, RowBounds rowBounds, ResultHandler resultHandler, CacheKey key, BoundSql boundSql)  
    throws SQLException {  
    Cache cache = ms.getCache();  
    // cache 对象是在哪里创建的？ XMLMapperBuilder类 xmlConfigurationElement()  
    // 由 <cache> 标签决定  
    if (cache != null) {  
        // flushCache="true" 清空一级二级缓存 >>  
        flushCacheIfRequired(ms);  
        if (ms.isUseCache() && resultHandler == null) {  
            ensureNoOutParams(ms, boundSql);  
            // 获取二级缓存  
            // 缓存通过 TransactionalCacheManager、TransactionalCache 管理  
            @SuppressWarnings("unchecked")
```

```
        List<E> list = (List<E>) tcm.getObject(cache, key);
        if (list == null) {
            list = delegate.query(ms, parameterObject, rowBounds, resultHandler,
key, boundSql);
            // 写入二级缓存
            tcm.putObject(cache, key, list); // issue #578 and #116
        }
        return list;
    }
}

// 走到 SimpleExecutor | ReuseExecutor | BatchExecutor
return delegate.query(ms, parameterObject, rowBounds, resultHandler, key,
boundSql);
}

public <E> List<E> query(MappedStatement ms, Object parameter, RowBounds
rowBounds, ResultHandler resultHandler, CacheKey key, BoundsSql boundsSql) throws
SQLException {
    // 异常体系之 ErrorContext
    ErrorContext.instance().resource(ms.getResource()).activity("executing a
query").object(ms.getId());
    if (closed) {
        throw new ExecutorException("Executor was closed.");
    }
    if (queryStack == 0 && ms.isFlushCacheRequired()) {
        // flushcache="true"时, 即使是查询, 也清空一级缓存
        clearLocalCache();
    }
    List<E> list;
    try {
        // 防止递归查询重复处理缓存
        queryStack++;
        // 查询一级缓存
        // ResultHandler 和 ResultSetHandler的区别
        list = resultHandler == null ? (List<E>) localCache.getObject(key) : null;
        if (list != null) {
            handleLocallyCachedOutputParameters(ms, key, parameter, boundsSql);
        } else {
            // 真正的查询流程
            list = queryFromDatabase(ms, parameter, rowBounds, resultHandler, key,
boundsSql);
        }
    } finally {
        queryStack--;
    }
    if (queryStack == 0) {
        for (DeferredLoad deferredLoad : deferredLoads) {
            deferredLoad.load();
        }
        // issue #601
        deferredLoads.clear();
        if (configuration.getLocalCacheScope() == LocalCacheScope.STATEMENT) {
            // issue #482
            clearLocalCache();
        }
    }
    return list;
}
```

```

private <E> List<E> queryFromDatabase(MappedStatement ms, Object parameter,
RowBounds rowBounds, ResultHandler resultHandler, CacheKey key, BoundSql
boundSql) throws SQLException {
    List<E> list;
    // 先占位
    localCache.putObject(key, EXECUTION_PLACEHOLDER);
    try {
        // 三种 Executor 的区别, 看doUpdate
        // 默认Simple
        list = doQuery(ms, parameter, rowBounds, resultHandler, boundSql);
    } finally {
        // 移除占位符
        localCache.removeObject(key);
    }
    // 写入一级缓存
    localCache.putObject(key, list);
    if (ms.getStatementType() == StatementType.CALLABLE) {
        localOutputParameterCache.putObject(key, parameter);
    }
    return list;
}

```

2.5.6 SimpleExecutor.doQuery方法

```

@Override
public <E> List<E> doQuery(MappedStatement ms, Object parameter, RowBounds
rowBounds, ResultHandler resultHandler, BoundSql boundSql) throws SQLException {
    Statement stmt = null;
    try {
        Configuration configuration = ms.getConfiguration();
        // 注意, 已经来到SQL处理的关键对象 StatementHandler >>
        StatementHandler handler = configuration.newStatementHandler(wrapper, ms,
parameter, rowBounds, resultHandler, boundSql);
        // 获取一个 Statement对象
        stmt = prepareStatement(handler, ms.getStatementLog());
        // 执行查询
        return handler.query(stmt, resultHandler);
    } finally {
        // 用完就关闭
        closeStatement(stmt);
    }
}

```

在configuration.newStatementHandler()中, new一个StatementHandler, 先得到RoutingStatementHandler。

RoutingStatementHandler里面没有任何的实现, 是用来创建基本的StatementHandler的。这里会根据MappedStatement里面的statementType决定StatementHandler的类型。默认是PREPARED (STATEMENT、PREPARED、CALLABLE)。

```

public RoutingStatementHandler(Executor executor, MappedStatement ms, Object
parameter, RowBounds rowBounds, ResultHandler resultHandler, BoundSql boundSql)
{
    // StatementType 是怎么来的? 增删改查标签中的 statementType="PREPARED", 默认值
    PREPARED
    switch (ms.getStatementType()) {
        case STATEMENT:
            delegate = new SimpleStatementHandler(executor, ms, parameter,
rowBounds, resultHandler, boundSql);
            break;
        case PREPARED:
            // 创建 StatementHandler 的时候做了什么? >>
            delegate = new PreparedStatementHandler(executor, ms, parameter,
rowBounds, resultHandler, boundSql);
            break;
        case CALLABLE:
            delegate = new CallableStatementHandler(executor, ms, parameter,
rowBounds, resultHandler, boundSql);
            break;
        default:
            throw new ExecutorException("Unknown statement type: " +
ms.getStatementType());
    }
}

```

StatementHandler里面包含了处理参数的ParameterHandler和处理结果集的ResultSetHandler。

这两个对象都是在上面new的时候创建的。

```

protected BaseStatementHandler(Executor executor, MappedStatement
mappedStatement, Object parameterObject, RowBounds rowBounds, ResultHandler
resultHandler, BoundSql boundSql) {
    this.configuration = mappedStatement.getConfiguration();
    this.executor = executor;
    this.mappedStatement = mappedStatement;
    this.rowBounds = rowBounds;

    this.typeHandlerRegistry = configuration.getTypeHandlerRegistry();
    this.objectFactory = configuration.getObjectFactory();

    if (boundSql == null) { // issue #435, get the key before calculating the
statement
        generateKeys(parameterObject);
        boundSql = mappedStatement.getBoundSql(parameterObject);
    }

    this.boundSql = boundSql;

    // 创建了四大对象的其它两大对象 >>
    // 创建这两大对象的时候分别做了什么?
    this.parameterHandler = configuration.newParameterHandler(mappedStatement,
parameterObject, boundSql);
    this.resultSetHandler = configuration.newResultSetHandler(executor,
mappedStatement, rowBounds, parameterHandler, resultHandler, boundSql);
}

```

这三个对象都是可以被插件拦截的四大对象之一，所以在创建之后都要用拦截器进行包装的方法。

```
public ParameterHandler newParameterHandler(MappedStatement mappedStatement,
Object parameterObject, BoundSql boundSql) {
    ParameterHandler parameterHandler =
mappedStatement.getLang().createParameterHandler(mappedStatement,
parameterObject, boundSql);
    // 植入插件逻辑（返回代理对象）
    parameterHandler = (ParameterHandler)
interceptorChain.pluginAll(parameterHandler);
    return parameterHandler;
}

public ResultSetHandler newResultSetHandler(Executor executor, MappedStatement
mappedStatement, RowBounds rowBounds, ParameterHandler parameterHandler,
ResultHandler resultHandler, BoundSql boundSql) {
    ResultSetHandler resultSetHandler = new DefaultResultSetHandler(executor,
mappedStatement, parameterHandler, resultHandler, boundSql, rowBounds);
    // 植入插件逻辑（返回代理对象）
    resultSetHandler = (ResultSetHandler)
interceptorChain.pluginAll(resultSetHandler);
    return resultSetHandler;
}

public StatementHandler newStatementHandler(Executor executor, MappedStatement
mappedStatement, Object parameterObject, RowBounds rowBounds, ResultHandler
resultHandler, BoundSql boundSql) {
    StatementHandler statementHandler = new RoutingStatementHandler(executor,
mappedStatement, parameterObject, rowBounds, resultHandler, boundSql);
    // 植入插件逻辑（返回代理对象）
    statementHandler = (StatementHandler)
interceptorChain.pluginAll(statementHandler);
    return statementHandler;
}
```

创建Statement

用new出来的StatementHandler创建Statement对象。

The screenshot shows the IntelliJ IDEA interface with the following details:

- Project Structure:** The project is named "MyBatisDemo". It contains several chapters (Chapter01, Chapter02, Chapter03) and a "test" directory. Under "Chapter03/test/java/com.gupaoedu.test", there is a file named "Test1".
- Code Editor:** The code for "Test1" is displayed. It includes annotations like "@Override" and methods like "doQuery". A specific line of code is highlighted with a red box: `StatementHandler handler = configuration.newStatementHandler(wrapper, ms, parameter, rowBounds, resultHandler, boundSql);`
- Run/Debug:** A test named "Test1Test2" is running. The output shows the results of a query execution.
- Status Bar:** Shows the date (6-26), time (16:39), and encoding (UTF-8).

执行查询操作,如果有插件包装,会先走到被拦截的业务逻辑。

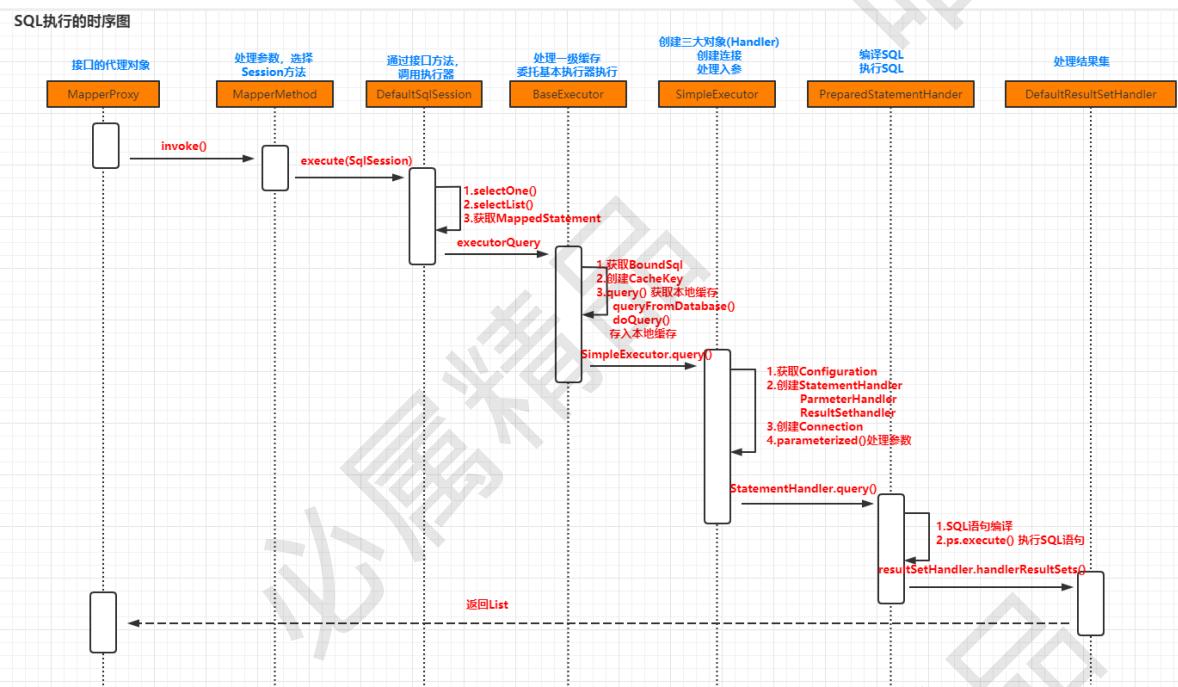
```
// 执行查询  
return handler.query(stmt, resultHandler);
```

进入到PreparedStatementHandler中处理

```
@Override  
public <E> List<E> query(Statement statement, ResultHandler resultHandler)  
throws SQLException {  
    PreparedStatement ps = (PreparedStatement) statement;  
    // 到了JDBC的流程  
    ps.execute();  
    // 处理结果集  
    return resultSetHandler.handleResultSets(ps);  
}
```

执行PreparedStatement的execute()方法,后面就是JDBC包中的PreparedStatement的执行了。ResultSetHandler处理结果集,如果有插件包装,会先走到被拦截的业务逻辑。

总结: 调用代理对象执行SQL操作的流程



2.6 MyBatis核心对象

对象	相关对象	作用
Configuration	MapperRegistry TypeAliasRegistry TypeHandlerRegistry	包含了MyBatis的所有的配置信息
SqlSession	SqlSessionFactory DefaultSqlSession	对操作数据库的增删改查的API进行了封装，提供给应用层使用
Executor	BaseExecutor SimpleExecutor BatchExecutor ReuseExecutor	MyBatis执行器，是MyBatis 调度的核心，负责SQL语句的生成和查询缓存的维护
StatementHandler	BaseStatementHandler SimpleStatementHandler PreparedStatementHandler CallableStatementHandler	封装了JDBC Statement操作，负责对 JDBC statement 的操作，如设置参数、将Statement结果集转换成List集合
ParameterHandler	DefaultParameterHandler	把用户传递的参数转换成JDBC Statement 所需要的参数
ResultSetHandler	DefaultResultSetHandler	把JDBC返回的ResultSet结果集对象转换成List类型的集合
MapperProxy	MapperProxyFactory	触发管理类，用于代理Mapper接口方法
MappedStatement	SqlSource BoundSql	MappedStatement维护了一条<select update delete insert>节点的封装，表示一条SQL包括了SQL信息、入参信息、出参信息

