



第21讲 | Java并发类库提供的线程池有哪几种？分别有什么特点？

2018-06-23 杨晓峰

Java核心技术36讲

[进入课程 >](#)



讲述：黄洲君

时长 12:30 大小 5.73M



我在[专栏第 17 讲](#)中介绍过线程是不能够重复启动的，创建或销毁线程存在一定的开销，所以利用线程池技术来提高系统资源利用效率，并简化线程管理，已经是非常成熟的选择。

今天我要问你的是，[Java 并发类库提供的线程池有哪几种？分别有什么特点？](#)

典型回答

通常开发者都是利用 Executors 提供的通用线程池创建方法，去创建不同配置的线程池，主要区别在于不同的 ExecutorService 类型或者不同的初始参数。

Executors 目前提供了 5 种不同的线程池创建配置：

`newCachedThreadPool()`，它是一种用来处理大量短时间工作任务的线程池，具有几个鲜明特点：它会试图缓存线程并重用，当无缓存线程可用时，就会创建新的工作线程；如果线程闲置的时间超过 60 秒，则被终止并移出缓存；长时间闲置时，这种线程池，不会消耗什么资源。其内部使用 `SynchronousQueue` 作为工作队列。

`newFixedThreadPool(int nThreads)`，重用指定数目（`nThreads`）的线程，其背后使用的是无界的工作队列，任何时候最多有 `nThreads` 个工作线程是活动的。这意味着，如果任务数量超过了活动队列数目，将在工作队列中等待空闲线程出现；如果有工作线程退出，将会有新的工作线程被创建，以补足指定的数目 `nThreads`。

`newSingleThreadExecutor()`，它的特点在于工作线程数目被限制为 1，操作一个无界的工作队列，所以它保证了所有任务的都是被顺序执行，最多会有一个任务处于活动状态，并且不允许使用者改动线程池实例，因此可以避免其改变线程数目。

`newSingleThreadScheduledExecutor()` 和 `newScheduledThreadPool(int corePoolSize)`，创建的是个 `ScheduledExecutorService`，可以进行定时或周期性的工作调度，区别在于单一工作线程还是多个工作线程。

`newWorkStealingPool(int parallelism)`，这是一个经常被人忽略的线程池，Java 8 才加入这个创建方法，其内部会构建[ForkJoinPool](#)，利用[Work-Stealing](#)算法，并行地处理任务，不保证处理顺序。

考点分析

Java 并发包中的 `Executor` 框架无疑是并发编程中的重点，今天的题目考察的是对几种标准线程池的了解，我提供的是一个针对最常见的应用方式的回答。

在大多数应用场景下，使用 `Executors` 提供的 5 个静态工厂方法就足够了，但是仍然可能需要直接利用 `ThreadPoolExecutor` 等构造函数创建，这就要求你对线程构造方式有进一步的了解，你需要明白线程池的设计和结构。

另外，线程池这个定义就是个容易让人误解的术语，因为 `ExecutorService` 除了通常意义上“池”的功能，还提供了更全面的线程管理、任务提交等方法。

`Executor` 框架可不仅仅是线程池，我觉得至少下面几点值得深入学习：

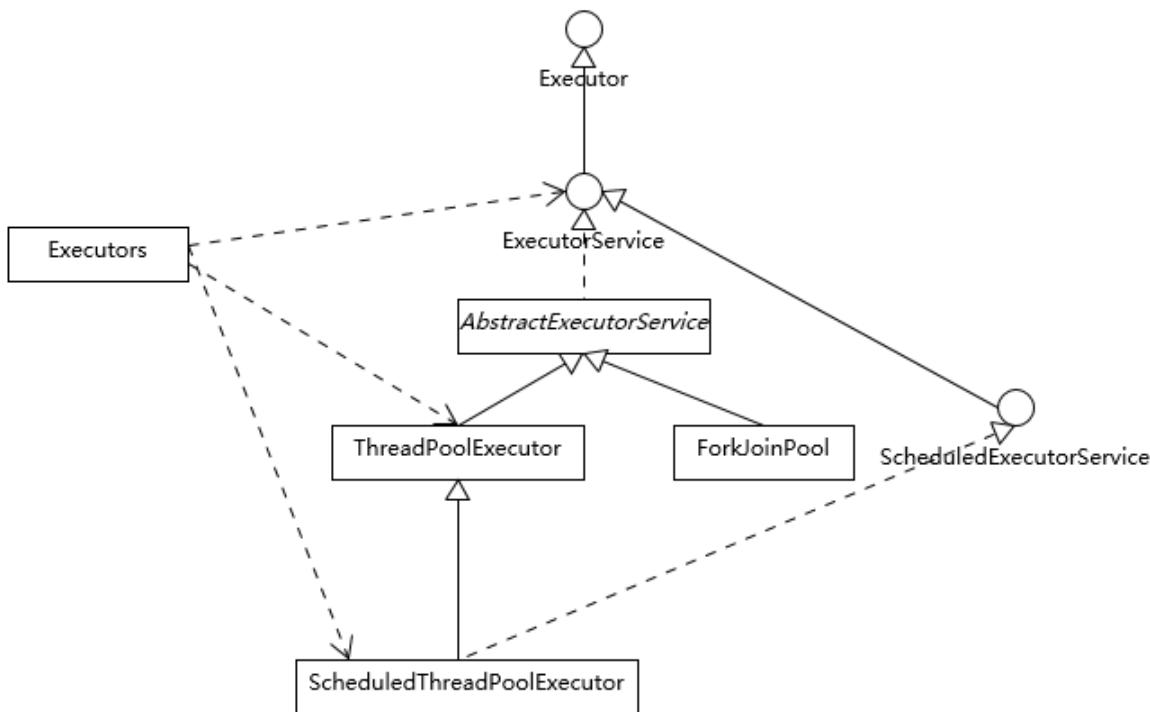
掌握 `Executor` 框架的主要内容，至少要了解组成与职责，掌握基本开发用例中的使用。
对线程池和相关并发工具类型的理解，甚至是源码层面的掌握。

实践中有哪些常见问题，基本的诊断思路是怎样的。

如何根据自身应用特点合理使用线程池。

知识扩展

首先，我们来看看 Executor 框架的基本组成，请参考下面的类图。



我们从整体上把握一下各个类型的主要设计目的：

Executor 是一个基础的接口，其初衷是将任务提交和任务执行细节解耦，这一点可以体会其定义的唯一方法。

复制代码

```
1 void execute(Runnable command);
```

Executor 的设计是源于 Java 早期线程 API 使用的教训，开发者在实现应用逻辑时，被太多线程创建、调度等不相关细节所打扰。就像我们进行 HTTP 通信，如果还需要自己操作 TCP 握手，开发效率低下，质量也难以保证。

ExecutorService 则更加完善，不仅提供 service 的管理功能，比如 shutdown 等方法，也提供了更加全面的提交任务机制，如返回[Future](#)而不是 void 的 submit 方法。

 复制代码

```
1 <T> Future<T> submit(Callable<T> task);
```

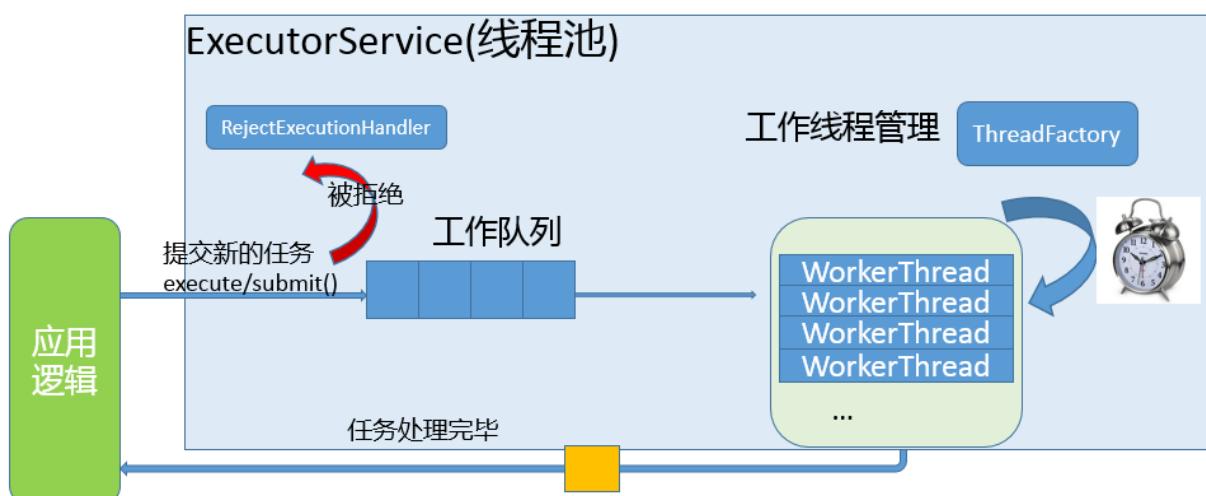
注意，这个例子输入的可是[Callable](#)，它解决了 Runnable 无法返回结果的困扰。

Java 标准类库提供了几种基础实现，比如[ThreadPoolExecutor](#)、[ScheduledThreadPoolExecutor](#)、[ForkJoinPool](#)。这些线程池的设计特点在于其高度的可调节性和灵活性，以尽量满足复杂多变的实际应用场景，我会进一步分析其构建部分的源码，剖析这种灵活性的源头。

Executors 则从简化使用的角度，为我们提供了各种方便的静态工厂方法。

下面我就从源码角度，分析线程池的设计与实现，我将主要围绕最基础的 ThreadPoolExecutor 源码。ScheduledThreadPoolExecutor 是 ThreadPoolExecutor 的扩展，主要是增加了调度逻辑，如想深入了解，你可以参考相关[教程](#)。而 ForkJoinPool 则是为 ForkJoinTask 定制的线程池，与通常意义的线程池有所不同。

这部分内容比较晦涩，罗列概念也不利于你去理解，所以我会配合一些示意图来说明。在现实应用中，理解应用与线程池的交互和线程池的内部工作过程，你可以参考下图。

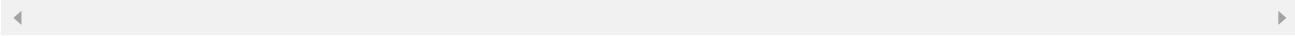


简单理解一下：

工作队列负责存储用户提交的各个任务，这个工作队列，可以是容量为 0 的 SynchronousQueue（使用 newCachedThreadPool），也可以是像固定大小线程池（newFixedThreadPool）那样使用 LinkedBlockingQueue。

 复制代码

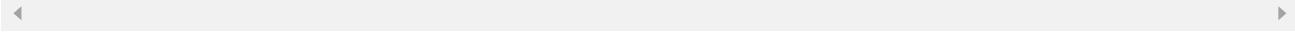
```
1 private final BlockingQueue<Runnable> workQueue;  
2
```



内部的“线程池”，这是指保持工作线程的集合，线程池需要在运行过程中管理线程创建、销毁。例如，对于带缓存的线程池，当任务压力较大时，线程池会创建新的工作线程；当业务压力退去，线程池会在闲置一段时间（默认 60 秒）后结束线程。

 复制代码

```
1 private final HashSet<Worker> workers = new HashSet<>();
```



线程池的工作线程被抽象为静态内部类 Worker，基于[AQS](#)实现。

ThreadFactory 提供上面所需要的创建线程逻辑。

如果任务提交时被拒绝，比如线程池已经处于 SHUTDOWN 状态，需要为其提供处理逻辑，Java 标准库提供了类似[ThreadPoolExecutor.AbortPolicy](#)等默认实现，也可以按照实际需求自定义。

从上面的分析，就可以看出线程池的几个基本组成部分，一起都体现在线程池的构造函数中，从字面我们就可以大概猜测到其用意：

corePoolSize，所谓的核心线程数，可以大致理解为长期驻留的线程数目（除非设置了 allowCoreThreadTimeOut）。对于不同的线程池，这个值可能会有很大区别，比如 newFixedThreadPool 会将其设置为 nThreads，而对于 newCachedThreadPool 则是为 0。

maximumPoolSize，顾名思义，就是线程不够时能够创建的最大线程数。同样进行对比，对于 newFixedThreadPool，当然就是 nThreads，因为其要求是固定大小，而 newCachedThreadPool 则是 Integer.MAX_VALUE。

keepAliveTime 和 TimeUnit，这两个参数指定了额外的线程能够闲置多久，显然有些线程池不需要它。

workQueue，工作队列，必须是 BlockingQueue。

通过配置不同的参数，我们就可以创建出行为大相径庭的线程池，这就是线程池高度灵活性的基础。

 复制代码

```
1 public ThreadPoolExecutor(int corePoolSize,
2                           int maximumPoolSize,
3                           long keepAliveTime,
4                           TimeUnit unit,
5                           BlockingQueue<Runnable> workQueue,
6                           ThreadFactory threadFactory,
7                           RejectedExecutionHandler handler)
8
```

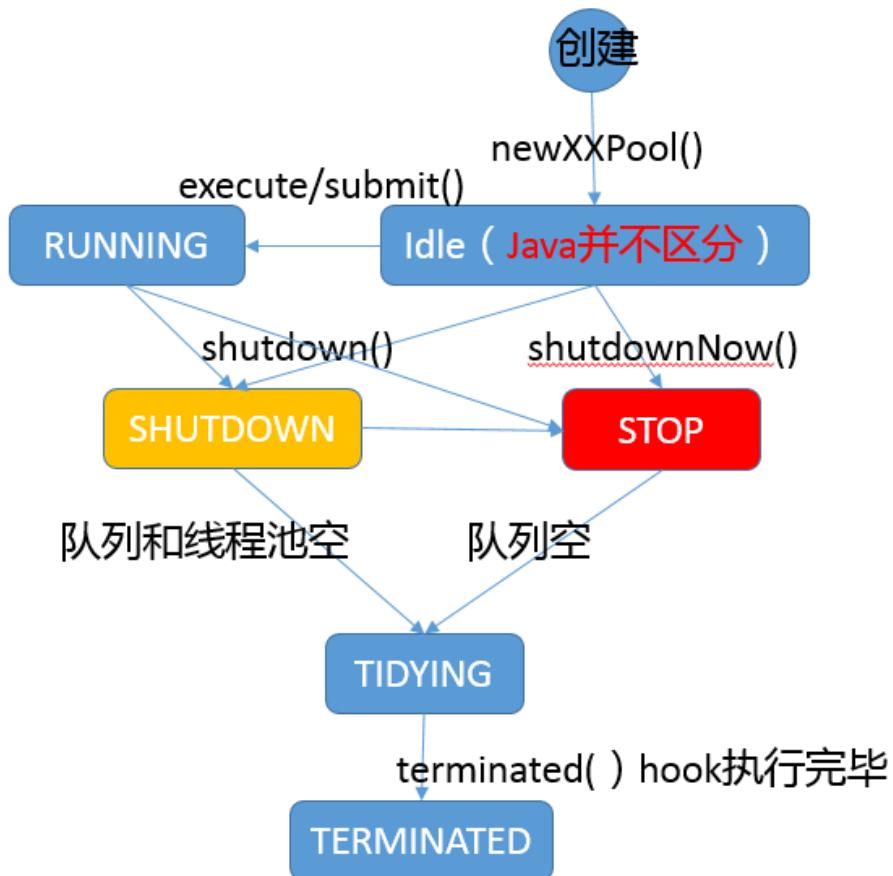
进一步分析，线程池既然有生命周期，它的状态是如何表征的呢？

这里有一个非常有意思的设计，ctl 变量被赋予了双重角色，通过高低位的不同，既表示线程池状态，又表示工作线程数目，这是一个典型的高效优化。试想，实际系统中，虽然我们可以指定线程极限为 Integer.MAX_VALUE，但是因为资源限制，这只是个理论值，所以完全可以将空闲位赋予其他意义。

 复制代码

```
1 private final AtomicInteger ctl = new AtomicInteger(ctlOf(RUNNING, 0));
2 // 真正决定了工作线程数的理论上限
3 private static final int COUNT_BITS = Integer.SIZE - 3;
4 private static final int COUNT_MASK = (1 << COUNT_BITS) - 1;
5 // 线程池状态，存储在数字的高位
6 private static final int RUNNING = -1 << COUNT_BITS;
7 ...
8 // Packing and unpacking ctl
9 private static int runStateOf(int c) { return c & ~COUNT_MASK; }
10 private static int workerCountOf(int c) { return c & COUNT_MASK; }
11 private static int ctlOf(int rs, int wc) { return rs | wc; }
```

为了让你能对线程生命周期有个更加清晰的印象，我这里画了一个简单的状态流转图，对线程池的可能状态和其内部方法之间进行了对应，如果有不理解的方法，请参考 Javadoc。
注意，实际 Java 代码中并不存在所谓 Idle 状态，我添加它仅仅是便于理解。

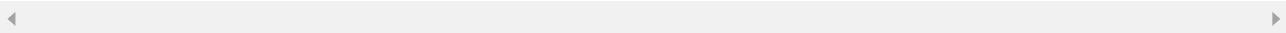


前面都是对线程池属性和构建等方面的分析，下面我选择典型的 execute 方法，来看看其是如何工作的，具体逻辑请参考我添加的注释，配合代码更加容易理解。

 复制代码

```
1 public void execute(Runnable command) {  
2     ...  
3     int c = ctl.get();  
4     // 检查工作线程数目，低于 corePoolSize 则添加 Worker  
5     if (workerCountOf(c) < corePoolSize) {  
6         if (addWorker(command, true))  
7             return;  
8         c = ctl.get();  
9     }
```

```
10 // isRunning 就是检查线程池是否被 shutdown
11 // 工作队列可能是有界的，offer 是比较友好的入队方式
12     if (isRunning(c) && workQueue.offer(command)) {
13         int recheck = ctl.get();
14     // 再次进行防御性检查
15         if (! isRunning(recheck) && remove(command))
16             reject(command);
17         else if (workerCountOf(recheck) == 0)
18             addWorker(null, false);
19     }
20 // 尝试添加一个 worker，如果失败意味着已经饱和或者被 shutdown 了
21     else if (!addWorker(command, false))
22         reject(command);
23 }
```



线程池实践

线程池虽然为提供了非常强大、方便的功能，但是也不是银弹，使用不当同样会导致问题。我这里介绍些典型情况，经过前面的分析，很多方面可以自然的推导出来。

避免任务堆积。前面我说过 newFixedThreadPool 是创建指定数目的线程，但是其工作队列是无界的，如果工作线程数目太少，导致处理跟不上入队的速度，这就很有可能占用大量系统内存，甚至是出现 OOM。诊断时，你可以使用 jmap 之类的工具，查看是否有大量的任务对象入队。

避免过度扩展线程。我们通常在处理大量短时任务时，使用缓存的线程池，比如在最新的 HTTP/2 client API 中，目前的默认实现就是如此。我们在创建线程池的时候，并不能准确预计任务压力有多大、数据特征是什么样子（大部分请求是 1K、100K 还是 1M 以上？），所以很难明确设定一个线程数目。

另外，如果线程数目不断增长（可以使用 jstack 等工具检查），也需要警惕另外一种可能性，就是线程泄漏，这种情况往往是因为任务逻辑有问题，导致工作线程迟迟不能被释放。建议你排查下线程栈，很有可能多个线程都是卡在近似的代码处。

避免死锁等同步问题，对于死锁的场景和排查，你可以复习[专栏第 18 讲](#)。

尽量避免在使用线程池时操作 ThreadLocal，同样是[专栏第 17 讲](#)已经分析过的，通过今天的线程池学习，应该更能理解其原因，工作线程的生命周期通常都会超过任务的生命周期。

线程池大小的选择策略

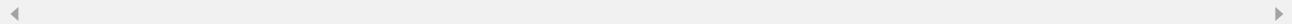
上面我已经介绍过，线程池大小不合适，太多或太少，都会导致麻烦，所以我们需要去考虑一个合适的线程池大小。虽然不能完全确定，但是有一些相对普适的规则和思路。

如果我们的任务主要是进行计算，那么就意味着 CPU 的处理能力是稀缺的资源，我们能够通过大量增加线程数提高计算能力吗？往往是不能的，如果线程太多，反倒可能导致大量的上下文切换开销。所以，这种情况下，通常建议按照 CPU 核的数目 N 或者 N+1。

如果是需要较多等待的任务，例如 I/O 操作比较多，可以参考 Brian Goetz 推荐的计算方法：

 复制代码

```
1 线程数 = CPU 核数 × 目标 CPU 利用率 × (1 + 平均等待时间 / 平均工作时间)
```



这些时间并不能精准预计，需要根据采样或者概要分析等方式进行计算，然后在实际中验证和调整。

上面是仅仅考虑了 CPU 等限制，实际还可能受各种系统资源限制影响，例如我最近就在 Mac OS X 上遇到了大负载时 [ephemeral 端口受限](#) 的情况。当然，我是通过扩大可用端口范围解决的，如果我们不能调整资源的容量，那么就只能限制工作线程的数目了。这里的资源可以是文件句柄、内存等。

另外，在实际工作中，不要把解决问题的思路全部指望到调整线程池上，很多时候架构上的改变更能解决问题，比如利用背压机制的 [Reactive Stream](#)、合理的拆分等。

今天，我从 Java 创建的几种线程池开始，对 Executor 框架的主要组成、线程池结构与生命周期等方面进行了讲解和分析，希望对你有所帮助。

一课一练

关于今天我们讨论的题目你做到心中有数了吗？今天的思考题是从逻辑上理解，线程池创建和生命周期。请谈一谈，如果利用 `newSingleThreadExecutor()` 创建一个线程池，`corePoolSize`、`maxPoolSize` 等都是什么数值？`ThreadFactory` 可能在线程池生命周期中被使用多少次？怎么验证自己的判断？

请你在留言区写写你对这个问题的思考，我会选出经过认真思考的留言，送给你一份学习奖励礼券，欢迎你与我一起讨论。

你的朋友是不是也在准备面试呢？你可以“请朋友读”，把今天的题目分享给好友，或许你能帮到他。

The banner features the 'Geektime' logo at the top left. The main title 'Java核心技术36讲' is prominently displayed in large, stylized purple text. Below it, the subtitle reads '— 前 Oracle 首席工程师 带你修炼 Java 内功 —'. To the right of the text is a portrait of the author, Yang Xiaofeng, a man with glasses and a purple shirt, with his arms crossed. At the bottom, a dark blue bar contains the text '新版升级：点击「请朋友读」，10位好友免费读，邀请订阅更有现金奖励。'.

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 第20讲 | 并发包中的ConcurrentLinkedQueue和LinkedBlockingQueue有什么区别？

下一篇 第22讲 | AtomicInteger底层实现原理是什么？如何在自己的产品代码中应用CAS操作？

精选留言 (22)

[写留言](#)



I am a ...

2018-06-23

20

通过看源码可以得知，core和max都是1，而且通过
FinalizableDelegatedExecutorService进行了包装，保证线程池无法修改。同时
shutdown方法通过调用interruptIdleWorkers方法，去停掉没有工作的线程，而
shutdownNow方法是直接粗暴的停掉所有线程。无论是shutdown还是shutdownNow都

不会进行等待，都会直接将线程池状态设置成shutdown或者stop，如果需要等待，需要...
展开▼

作者回复: 不错，很棒的总结；

我问threadFactory次数，其实是问worker都在什么情况下会被创建，比如，比较特别的，任务抛异常时；随便自定义一个threadfactory，模拟提交任务就能体会到



约书亚

2018-06-23

10

疑问，为什么当初sun的线程池模式要设计成队列满了才能创建非核心线程？类比其他类似池的功能实现，很多都是设置最小数最大数，达到最大数才向等待队列里加入，比如有的连接池实现。

作者回复: Doug Lea这个实现基本是工业标准了，除非特定场景需求



三木子

2018-06-23

7

我觉得还有一点很重要，就是放在线程池中的线程要捕获异常，如果直接抛出异常，每次都会创建线程，也就等于线程池没有发挥作用，如果大并发下一直创建线程可能会导致JVM挂掉。最近遇到的一个坑

作者回复: 任务出异常是要避免



Harry陈祥

2019-02-12

4

老师您好。有次面试，面试官问：为什么java的线程池当核心线程满了以后，先往blockingQueue中存任务，queue满了以后才会创建非核心线程？是在问，为什么要这么设计？

请问这个问题应该怎么回答？

展开▼



沈琦斌 2018-06-28

4

老师，我想问的是cache的线程池大小是1，每次还要新创建，那和我自己创建而不用线程池有什么区别？

作者回复: 你是说cachedthreadpool ? 那个大小是浮动的，不是1；如果说single，executorservice毕竟还提供了工作队列，生命周期管理，工作线程维护等很多事，还是要高效



欣

2018-07-04

1

杨老师，我照着文章翻看源码，下面那块是不是不太对？

Executors 目前提供了 5 种不同的线程池创建配置：

newSingleThreadExecutor，它创建的是个 FinalizableDelegatedExecutorService...

展开 ▾

作者回复: 谢谢指出



镰仓

2018-06-28

1

听了一段时间课程，质量很高。我的需求是android JavaVM

作者回复: android我并没有特别的经验，尽管很多方面是通用的



Zach_

2019-04-28

4

core/max size都是1。但是后面的 我就不知道怎么验证了



木刻

2019-03-19

4

老师好，如果我一台服务器上跑好几个程序，每个程序都有自己的线程池，那每个程序中

的线程池数量都配置自己本程序根据CPU核数和IO等算出的理论值吗

展开 ▼

Ifdevil

2019-03-04



老师您好，我看了线程池源码，里面是用HashSet存放worker的，为什么这里用hashset呢？去重？线程池需要去重吗？

展开 ▼

康

2019-03-03



我的理解，设置非核心线程的目的是防止任务数的段时间激增，导致任务数过多，从而核心线程处理时间太长。正常情况下要保证线程数小于核心线程数，非核心线程会过一段时间就被移出，保证了资源的利用，而核心一般不会变少

展开 ▼

不告诉你

2019-02-22



无论是创建核心线程还是非核心线程，都需要获取全局锁。只有在工作队列满了以后才去创建非核心线程，应该就是为了在时间上尽量延后非核心线程的创建，为了线程池的性能做考虑吧。

森

2019-02-13



老师你好，如果创建一个线程池，核心线程数为1，最大线程数为10，现在有100个线程并发，这90个线程怎么处理的（全部压在栈中吗）？假设栈中最多只能存放50个线程，剩下40个线程放在哪里？

JasonLai

2019-02-10



老师你好，我在学些线程池时候遇到一个说法，创建线程池不推荐使用executors而是使用threadpoolexecutor去创建。首先executor都是继承于threadpoolexecutor 其次是编写的线程池更为明确运行规则，有助于规避资源耗尽的风险。请老师分析下这种说法，其次是您的观点

展开 ▼

作者回复: 看应用是否有类似高并发、高负载等需求，如果没有，简便的方法也许就足够了；如果有，用构造函数创建是可取的，例如，可以限制最大线程数目，避免过度创建线程而OOM等



GK java

2019-01-26



线程池到底需不需要关闭

展开 ▼

作者回复: 通常建议明确关闭，要看具体场景，我们的应用对于关闭本身是如何定义，有没有要求，什么时机触发，需要保证优雅的退出吗？



Eliefly

2019-01-15



写了个简单demo玩了下。

创建线程池会初始化线程工厂，工作线程是在提交任务时创建的。工作线程在执行任务中抛出异常，再次提交任务会新建工作线程。newFixedThreadPool 正常执行任务时会优先创建线程已达到核心线程数，不会优先复用空闲工作线程。

```  
...  
```

展开 ▼

作者回复: 实践是好习惯



Eliefly

2019-01-15



Geotz那本java并发实战线程池大小计算还有个CPU利用率？

线程数 = CPU 核数 × CPU利用率 × (1 + 平均等待时间 / 平均工作时间)

作者回复: 难道我记错了...我去翻一下





夏日

2018-09-10



老师好，newsingle 可以做类似单机版的秒杀吧？当然秒杀是分布式的。总觉得这么好的特点会被其他中间件封装利用。

展开 ▼



绍晖

2018-08-10



请谈一谈，如果利用 newSingleThreadExecutor() 创建一个线程池，corePoolSize、maxPoolSize 等都是什么数值？ThreadFactory 可能在线程池生命周期中被使用多少次？怎么验证自己的判断？



洗头用酱油

2018-08-03



老师，我看NewSingleExecutor 所有的队列是LinkedBlockingQueue，它好像是有界的队列不是无界的吧？

作者回复: Linked本身是可选的，不指定容量就是int max，newsingle记得就没指定，换个角度默认指定什么好呢

