

第28讲 | 谈谈你的GC调优思路?

2018-07-10 杨晓峰

Java核心技术36讲

[进入课程 >](#)



讲述：黄洲君

时长 14:35 大小 6.68M



我发现，目前不少外部资料对 G1 的介绍大多还停留在 JDK 7 或更早期的实现，很多结论已经存在较大偏差，甚至一些过去的 GC 选项已经不再推荐使用。所以，今天我会选取新版 JDK 中的默认 G1 GC 作为重点进行详解，并且我会从调优实践的角度，分析典型场景和调优思路。下面我们一起来更新下这方面的知识。

今天我要问你的问题是，**谈谈你的 GC 调优思路？**

典型回答

谈到调优，这一定是针对特定场景、特定目的的事情，对于 GC 调优来说，首先就需要清楚调优的目标是什么？从性能的角度看，通常关注三个方面，内存占用（footprint）、延时（latency）和吞吐量（throughput），大多数情况下调优会侧重于其中一个或者两个方

面的目标，很少有情况可以兼顾三个不同的角度。当然，除了上面通常的三个方面，也可能需要考虑其他 GC 相关的场景，例如，OOM 也可能与不合理的 GC 相关参数有关；或者，应用启动速度方面的需求，GC 也会是个考虑的方面。

基本的调优思路可以总结为：

理解应用需求和问题，确定调优目标。假设，我们开发了一个应用服务，但发现偶尔会出现性能抖动，出现较长的服务停顿。评估用户可接受的响应时间和业务量，将目标简化为，希望 GC 暂停尽量控制在 200ms 以内，并且保证一定标准的吞吐量。

掌握 JVM 和 GC 的状态，定位具体的问题，确定真的有 GC 调优的必要。具体有很多方法，比如，通过 jstat 等工具查看 GC 等相关状态，可以开启 GC 日志，或者是利用操作系统提供的诊断工具等。例如，通过追踪 GC 日志，就可以查找是不是 GC 在特定时间发生了长时间的暂停，进而导致了应用响应不及时。

这里需要思考，选择的 GC 类型是否符合我们的应用特征，如果是，具体问题表现在哪里，是 Minor GC 过长，还是 Mixed GC 等出现异常停顿情况；如果不是，考虑切换到什么类型，如 CMS 和 G1 都是更侧重于低延迟的 GC 选项。

通过分析确定具体调整的参数或者软硬件配置。

验证是否达到调优目标，如果达到目标，即可以考虑结束调优；否则，重复完成分析、调整、验证这个过程。

考点分析

今天考察的 GC 调优问题是 JVM 调优的一个基础方面，很多 JVM 调优需求，最终都会落在 GC 调优上或者与其相关，我提供的是一个常见的思路。

真正快速定位和解决具体问题，还是需要对 JVM 和 GC 知识的掌握，以及实际调优经验的总结，有的时候甚至是源自经验积累的直觉判断。面试官可能会继续问项目中遇到的真实问题，如果你能清楚、简要地介绍其上下文，然后将诊断思路和调优实践过程表述出来，会是个很好的加分项。

专栏虽然无法提供具体的项目经验，但是可以帮助你掌握常见的调优思路 and 手段，这不管是面试还是在实际工作中都是很有帮助的。另外，我会还会从下面不同角度进行补充：

上一讲中我已经谈到，涉及具体的 GC 类型，JVM 的实际表现要更加复杂。目前，G1 已经成为新版 JDK 的默认选择，所以值得你去深入理解。

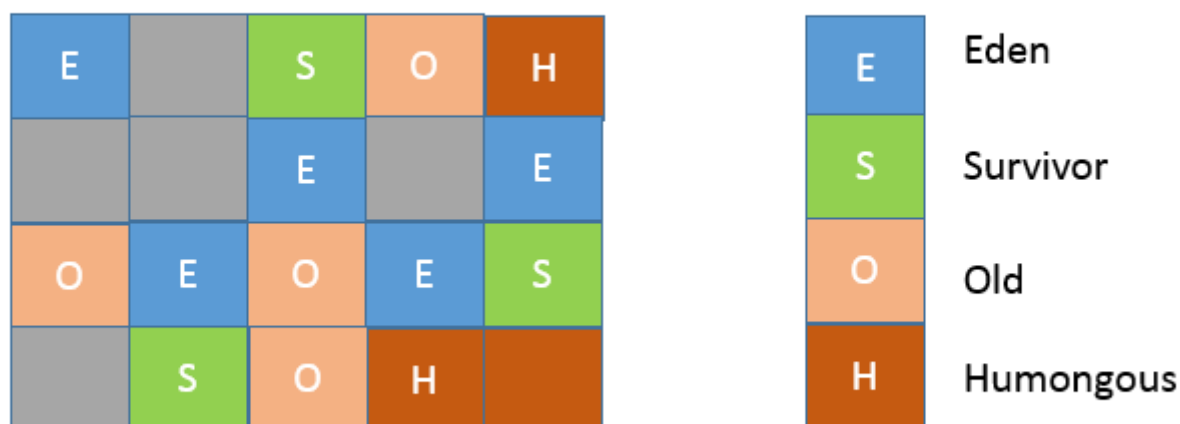
因为 G1 GC 一直处在快速发展之中，我会侧重它的演进变化，尤其是行为和配置相关的变化。并且，同样是因为 JVM 的快速发展，即使是收集 GC 日志等方面也发生了较大改进，这也是为什么我在上一讲留给你的思考题是有关日志相关选项，看完讲解相信你会很惊讶。

从 GC 调优实践的角度，理解通用问题的调优思路 and 手段。

知识扩展

首先，先来整体了解一下 G1 GC 的内部结构和主要机制。

从内存区域的角度，G1 同样存在着年代的概念，但是与我前面介绍的内存结构很不一样，其内部是类似棋盘状的一个个 region 组成，请参考下面的示意图。




region 的大小是一致的，数值是在 1M 到 32M 字节之间的一个 2 的幂值数，JVM 会尽量划分 2048 个左右、同等大小的 region，这点可以从源码[heapRegionBounds.hpp](#)中看到。当然这个数字既可以手动调整，G1 也会根据堆大小自动进行调整。

在 G1 实现中，年代是个逻辑概念，具体体现在，一部分 region 是作为 Eden，一部分作为 Survivor，除了意料之中的 Old region，G1 会将超过 region 50% 大小的对象（在应用中，通常是 byte 或 char 数组）归类为 Humongous 对象，并放置在相应的 region 中。逻辑上，Humongous region 算是老年代的一部分，因为复制这样的大对象是很昂贵的操作，并不适合新生代 GC 的复制算法。

你可以思考下 region 设计有什么副作用？

例如，region 大小和大对象很难保证一致，这会导致空间的浪费。不知道你有没有注意到，我的示意图中有的区域是 Humongous 颜色，但没有用名称标记，这是为了表示，特别大的对象是可能占用超过一个 region 的。并且，region 太小不合适，会令你在分配大对象时更难找到连续空间，这是一个长久存在的情况，请参考[OpenJDK 社区的讨论](#)。这本质也可以看作是 JVM 的 bug，尽管解决办法也非常简单，直接设置较大的 region 大小，参数如下：

 复制代码

```
1 -XX:G1HeapRegionSize=<N, 例如 16>M
```


从 GC 算法的角度，G1 选择的是复合算法，可以简化理解为：

在新生代，G1 采用的仍然是并行的复制算法，所以同样会发生 Stop-The-World 的暂停。

在老年代，大部分情况下都是并发标记，而整理（Compact）则是和新生代 GC 时捎带进行，并且不是整体性的整理，而是增量进行的。

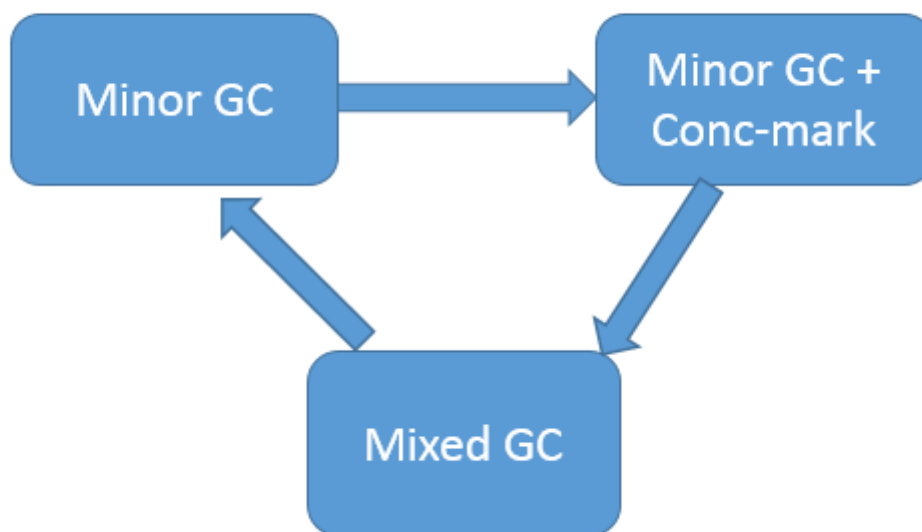
我在[上一讲](#)曾经介绍过，习惯上人们喜欢把新生代 GC（Young GC）叫作 Minor GC，老年代 GC 叫作 Major GC，区别于整体性的 Full GC。但是现代 GC 中，这种概念已经不再准确，对于 G1 来说：

Minor GC 仍然存在，虽然具体过程会有区别，会涉及 Remembered Set 等相关处理。老年代回收，则是依靠 Mixed GC。并发标记结束后，JVM 就有足够的信息进行垃圾收集，Mixed GC 不仅同时会清理 Eden、Survivor 区域，而且还会清理部分 Old 区域。可以通过设置下面的参数，指定触发阈值，并且设定最多被包含在一次 Mixed GC 中的 region 比例。

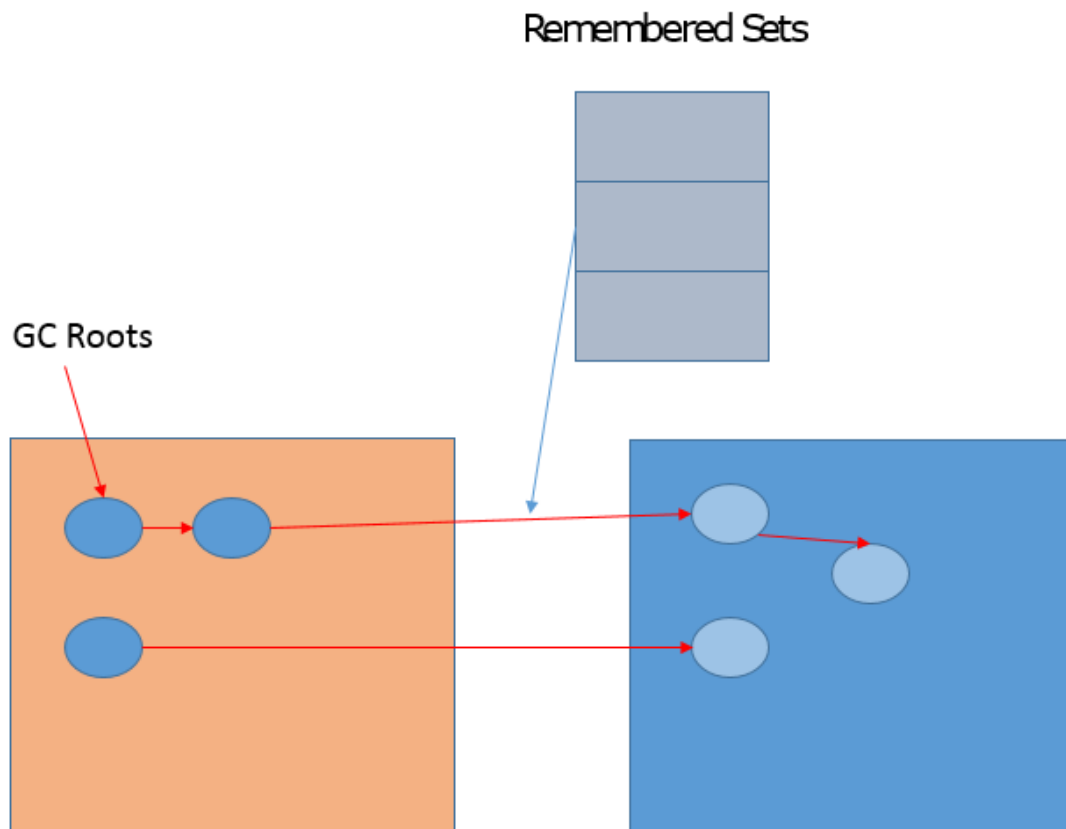
 复制代码

```
1 -XX:G1MixedGCLiveThresholdPercent
2 -XX:G1OldCSetRegionThresholdPercent
```

从 G1 内部运行的角度，下面的示意图描述了 G1 正常运行时的状态流转变化，当然，在发生逃逸失败等情况下，就会触发 Full GC。



G1 相关概念非常多，有一个重点就是 Remembered Set，用于记录和维护 region 之间对象的引用关系。为什么需要这么做呢？试想，新生代 GC 是复制算法，也就是说，类似对象从 Eden 或者 Survivor 到 to 区域的“移动”，其实是“复制”，本质上是一个新的对象。在这个过程中，需要必须保证老年代到新生代的跨区引用仍然有效。下面的示意图说明了相关设计。



G1 的很多开销都是源自 Remembered Set，例如，它通常约占用 Heap 大小的 20% 或更高，这可是非常可观的比例。并且，我们进行对象复制的时候，因为需要扫描和更改 Card Table 的信息，这个速度影响了复制的速度，进而影响暂停时间。

描述 G1 内部的资料很多，我就不重复了，如果你想了解更多内部结构和算法等，我建议参考一些具体的[介绍](#)，书籍方面我推荐 Charlie Hunt 等撰写的《Java Performance Companion》。


接下来，我介绍下大家可能还不了解的 G1 行为变化，它们在一定程度上解决了专栏其他讲中提到的部分困扰，如类型卸载不及时的问题。

上面提到了 Humongous 对象的分配和回收，这是很多内存问题的来源，Humongous region 作为老年代的一部分，通常认为它会在并发标记结束后才进行回收，但是在新版 G1 中，Humongous 对象回收采取了更加激进的策略。

我们知道 G1 记录了老年代 region 间对象引用，Humongous 对象数量有限，所以能够快速知道是否有老年代对象引用它。如果没有，能够阻止它被回收的唯一可能，就是新生代是否有对象引用了它，但这个信息是可以在 Young GC 时就知道的，所以完全可以

在 Young GC 中就进行 Humongous 对象的回收，不用像其他老年代对象那样，等待并发标记结束。

我在[专栏第 5 讲](#)，提到了在 8u20 以后字符串排重的特性，在垃圾收集过程中，G1 会把新创建的字符串对象放入队列中，然后在 Young GC 之后，并发地（不会 STW）将内部数据（char 数组，JDK 9 以后是 byte 数组）一致的字符串进行排重，也就是将其引用同一个数组。你可以使用下面参数激活：


 复制代码

```
1 -XX:+UseStringDeduplication
```

注意，这种排重虽然可以节省不少内存空间，但这种并发操作会占用一些 CPU 资源，也会导致 Young GC 稍微变慢。


类型卸载是个长期困扰一些 Java 应用的问题，在[专栏第 25 讲](#)中，我介绍了一个类只有当加载它的自定义类加载器被回收后，才能被卸载。元数据区替换了永久代之后有所改善，但还是可能出现问题。

G1 的类型卸载有什么改进吗？很多资料中都谈到，G1 只有在发生 Full GC 时才进行类型卸载，但这显然不是我们想要的。你可以加上下面的参数查看类型卸载：

 复制代码

```
1 -XX:+TraceClassUnloading
```


幸好现代的 G1 已经不是如此了，8u40 以后，G1 增加并默认开启下面的选项：

 复制代码

```
1 -XX:+ClassUnloadingWithConcurrentMark
```


也就是说，在并发标记阶段结束后，JVM 即进行类型卸载。

我们知道老年代对象回收，基本要等待并发标记结束。这意味着，如果并发标记结束不及时，导致堆已满，但老年代空间还没完成回收，就会触发 Full GC，所以触发并发标记的时机很重要。早期的 G1 调优中，通常会设置下面参数，但是很难给出一个普适的数值，往往要根据实际运行结果调整

 复制代码

```
1 -XX:InitiatingHeapOccupancyPercent
```

在 JDK 9 之后的 G1 实现中，这种调整需求会少很多，因为 JVM 只会将该参数作为初始值，会在运行时进行采样，获取统计数据，然后据此动态调整并发标记启动时机。对应的 JVM 参数如下，默认已经开启：

 复制代码

```
1 -XX:+G1UseAdaptiveIHOP
```

在现有的资料中，大多指出 G1 的 Full GC 是最差劲的单线程串行 GC。其实，如果采用的是最新的 JDK，你会发现 Full GC 也是并行进行的了，在通用场景中的表现还优于 Parallel GC 的 Full GC 实现。


当然，还有很多其他的改变，比如更快的 Card Table 扫描等，这里不再展开介绍，因为它们并不带来行为的变化，基本不影响调优选择。

前面介绍了 G1 的内部机制，并且穿插了部分调优建议，下面从整体上给出一些调优的建议。

首先，**建议尽量升级到较新的 JDK 版本**，从上面介绍的改进就可以看到，很多人们常常讨论的问题，其实升级 JDK 就可以解决了。


第二，掌握 GC 调优信息收集途径。掌握尽量全面、详细、准确的信息，是各种调优的基础，不仅仅是 GC 调优。我们来看看打开 GC 日志，这似乎是很简单的事情，可是你确定真的掌握了吗？

除了常用的两个选项，

 复制代码

```
1 -XX:+PrintGCDetails
2 -XX:+PrintGCDateStamps
```


还有一些非常有用的日志选项，很多特定问题的诊断都是要依赖这些选项：

 复制代码

```
1 -XX:+PrintAdaptiveSizePolicy // 打印 G1 Ergonomics 相关信息
```


我们知道 GC 内部一些行为是适应性的触发的，利用 PrintAdaptiveSizePolicy，我们就可以知道为什么 JVM 做出了一些可能我们不希望发生的动作。例如，G1 调优的一个基本建议就是避免进行大量的 Humongous 对象分配，如果 Ergonomics 信息说明发生了这一点，那么就可以考虑要么增大堆的大小，要么直接将 region 大小提高。

如果是怀疑出现引用清理不及时的情况，则可以打开下面选项，掌握到底是哪里出现了堆积。

 复制代码

```
1 -XX:+PrintReferenceGC
```

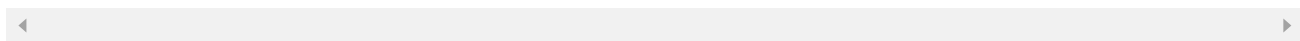
另外，建议开启选项下面的选项进行并行引用处理。

 复制代码

```
1 -XX:+ParallelRefProcEnabled
```

需要注意的一点是，JDK 9 中 JVM 和 GC 日志机构进行了重构，其实我前面提到的 **PrintGCDetails** 已经被标记为废弃，而 **PrintGCDateStamps** 已经被移除，指定它会导致 JVM 无法启动。可以使用下面的命令查询新的配置参数。

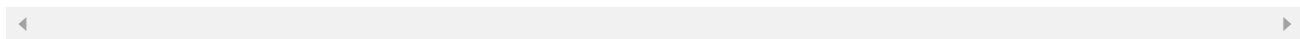
```
1 java -Xlog:help
```



最后，来看一些通用实践，理解了我前面介绍的内部结构和机制，很多结论就一目了然了，例如：

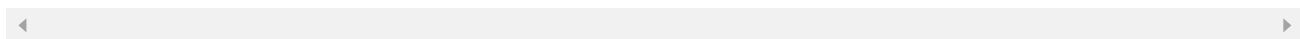
如果发现 Young GC 非常耗时，这很可能就是因为新生代太大了，我们可以考虑减小新生代的最小比例。

```
1 -XX:G1NewSizePercent
```



降低其最大值同样对降低 Young GC 延迟有帮助。

```
1 -XX:G1MaxNewSizePercent
```



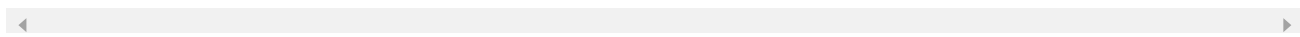
如果我们直接为 G1 设置较小的延迟目标值，也会起到减小新生代的效果，虽然会影响吞吐量。

如果是 Mixed GC 延迟较长，我们应该怎么做呢？

还记得前面说的，部分 Old region 会被包含进 Mixed GC，减少一次处理的 region 个数，就是个直接的选择之一。

我在上面已经介绍了 G1OldCSetRegionThresholdPercent 控制其最大值，还可以利用下面参数提高 Mixed GC 的个数，当前默认值是 8，Mixed GC 数量增多，意味着每次被包含的 region 减少。

```
1 -XX:G1MixedGCCountTarget
```



今天的内容算是抛砖引玉，更多内容你可以参考[G1 调优指南](#)等，远不是几句话可以囊括的。需要注意的是，也要避免过度调优，G1 对大堆非常友好，其运行机制也需要浪费一定的空间，有时候稍微多给堆一些空间，比进行苛刻的调优更加实用。

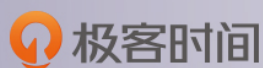
今天我梳理了基本的 GC 调优思路，并对 G1 内部结构以及最新的行为变化进行了详解。总的来说，G1 的调优相对简单、直观，因为可以直接设定暂停时间等目标，并且其内部引入了各种智能的自适应机制，希望这一切的努力，能够让你在日常应用开发时更加高效。

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，定位 Full GC 发生的原因，有哪些方式？

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。



Java 核心技术 36 讲

—— 前 Oracle 首席工程师
带你修炼 Java 内功 ——

杨晓峰 前 Oracle 首席工程师



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。

上一篇 第27讲 | Java常见的垃圾收集器有哪些？

下一篇 第29讲 | Java内存模型中的happen-before是什么？

精选留言 (18)

写留言



clz134152...

2018-08-10

16

1,首先通过printgcdetail 查看fullgc频率以及时长
2,通过dump 查看内存中哪些对象多，这些可能是引起fullgc的原因，看是否能优化
3,如果堆大或者是生产环境，可以开起jmc 飞行一段时间，查看这期间的相关数据来订位问题

展开

作者回复: 不错



潇洒的毅小...

2018-07-11

3

老师要快点更新啊感觉到26更不完，校招马上开始了呢，学的不亦乐乎

作者回复: 汗



涛哥迷妹

2018-07-18

2

感谢了这么晚还在回复.点赞了

展开



Jacky.L

2018-12-14

1

请问不同年代的GC会分别进行标记吗？还是说不同年代会对整个堆整体标记一次



Pantheon

2018-07-19

👍 1

杨老师能不能具体讲讲cms，这个垃圾回收似乎用的还挺多的，昨天上官网介绍的也不是很详细能不能说说原理以及参数优化的东西，感谢了

展开 ∨



Honey拯救...

2018-07-18

👍 1

这一集有难度了，平时接触得少，初步读来能吸收的真有限。:(



涛哥迷妹

2018-07-17

👍 1

FullGc可通过Gc日志 或者添加fullgc前后堆dump 查看引起fullgc原因 CPU飙升可以看看jstack

作者回复: 不错思路，如果堆太大dump不现实呢；除了gc日志，还有没有其他工具？

◀ ▶



三口先生

2018-07-11

👍 1

jmap指令加不加live，分析是否是内存泄漏或者是请求的内存处理不过来等原因。

作者回复: 嗯，不过，加live会触发full gc吧

◀ ▶



Dimple

2019-04-04

👍

前面的课程还行，接触了垃圾收集这几节课，感觉这课程真的很赞，把我很多自信都打败了，要好好学习



半个西瓜

2019-01-16

👍

老师，为什么 G1 对大堆非常友好。是因为运行机制也需要浪费一定的空间？

作者回复: 说来话长，简单说，除了尽量让更多GC工作并发进行，G1的内存区域是如棋盘一样的一个个region，非连续性内存划分以及一些设计，让相当一部分工作处理时间与堆大小不是很相关（当然也不是完全如此）



Sunny Li

2018-09-24



老师，我想问一下除了dump文件和gc日志，还可以使用什么工具可以用jconsole吗，具体关注那几个参数



衡亨

2018-08-15



-XX:+PrintGCDetails

-XX:+PrintGCDateStamps

这两个参数可用于CMS GC下吗？还是只能用于G1 GC？

展开 ∨

作者回复: 当然可以，无关的；建议随手试验一下，顺道熟悉各种gc怎么启用



于海

2018-07-27



这个问题真的很难，如果没有实际的生产经验，真的很难回答，麻烦老师能给提供一些参考方案吗？谢谢您～



涛哥迷妹

2018-07-18



如果dump堆太大.我觉得可以先通过jmap -heap看下是哪个区占用特别多.再看下对内存占用前20到30的大对象.然后结合jstat gccuase 查看下引起Gc原因 .目前想到这些思路请问还有更好的工具？jconsole jdb远程连接查看占用？

展开 ∨



涛哥迷妹

2018-07-16



请问Remembered Set和cardtable关系是怎怎样的？他们之间是如何协作一起完成g1 gc的？

作者回复: 我理解card table是remembered set的一种实现



涛哥迷妹

2018-07-16



Remembered Set和cardtable的关系是什么？他们什么时候使用能说明下吗



涛哥迷妹

2018-07-16



Remembered Set和cardtable 是什么关系什么时候使用能说明下这个过程吗



小刚

2018-07-10



老师讲的很到位，看得不是很明白，得多看几遍。

展开 ▾