23 | 渲染流水线：CSS如何影响首次加载时的白屏时间？

2019-09-26 李兵

《浏览器工作原理与实践》 课程介绍 >

讲述：李兵

时长 09:50　大小 13.51M

在上一篇文章中我们详细介绍了 DOM 的生成过程，并结合具体例子分析了 JavaScript 是如何阻塞 DOM 生成的。那本文我们就继续深入聊聊渲染流水线中的 CSS。因为 CSS 是页面中非常重要的资源，它决定了页面最终显示出来的效果，并影响着用户对整个网站的第一体验。所以，搞清楚浏览器中的 CSS 是怎么工作的很有必要，只有理解了 CSS 是如何工作的，你才能更加深刻地理解如何去优化页面。

本文我们先站在渲染流水线的视角来介绍 CSS 是如何工作的，然后通过 CSS 的工作流程来分析性能瓶颈，最后再来讨论如何减少首次加载时的白屏时间。

渲染流水线视角下的 CSS

我们先结合下面代码来看看最简单的渲染流程：

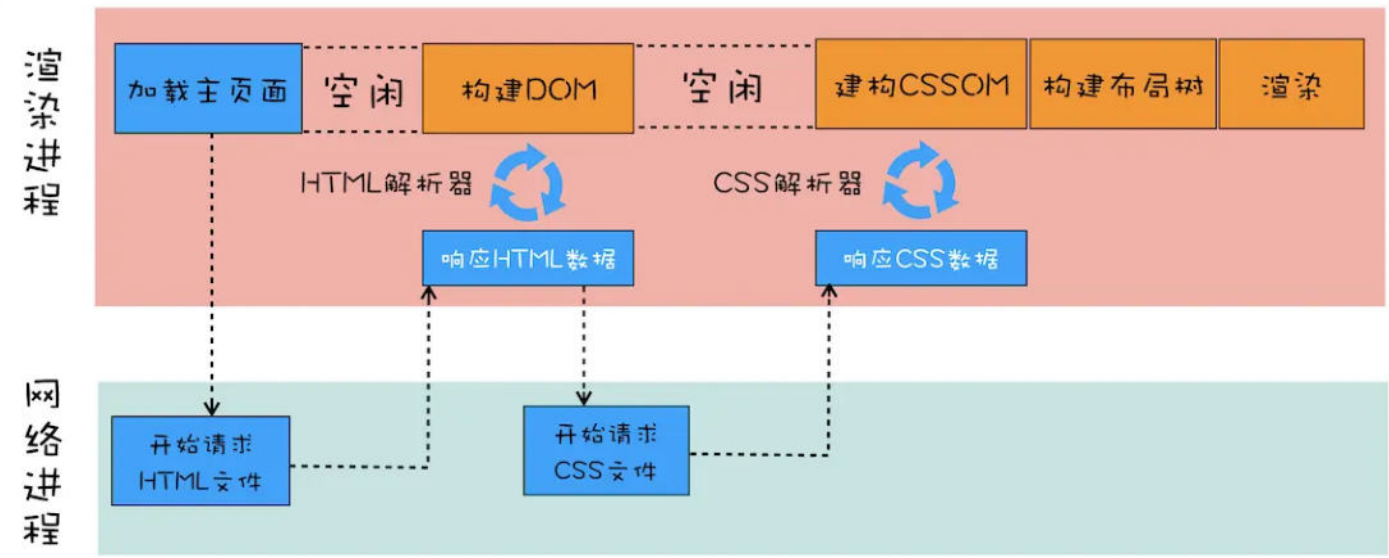
复制代码

```
//theme.css
div{
    color : coral;
    background-color:black
}
```

复制代码

```
<html>
<head>
    <link href="theme.css" rel="stylesheet">
</head>
<body>
    <div>geekbang com</div>
</body>
</html>
```

这两段代码分别由 CSS 文件和 HTML 文件构成，我们来分析下打开这段 HTML 文件时的渲染流水线，你可以先参考下面这张渲染流水线示意图：



含有 CSS 的页面渲染流水线

下面我们结合上图来分析这个页面文件的渲染流水线。

首先是发起主页面的请求，这个发起请求方可能是渲染进程，也有可能是浏览器进程，发起的请求被送到网络进程中去执行。网络进程接收到返回的 HTML 数据之后，将其发送给渲染进程，渲染进程会解析 HTML 数据并构建 DOM。这里你需要特别注意下，请求 HTML 数据和构建 DOM 中间有一段空闲时间，这个空闲时间有可能成为页面渲染的瓶颈。

上一篇文章中我们提到过，当渲染进程接收 HTML 文件字节流时，会先开启一个**预解析线程**，如果遇到 JavaScript 文件或者 CSS 文件，那么预解析线程会提前下载这些数据。对于上面的代码，预解析线程会解析出来一个外部的 theme.css 文件，并发起 theme.css 的下载。这里也有一个空闲时间需要你注意一下，就是在 DOM 构建结束之后、theme.css 文件还未下载完成的这段时间内，渲染流水线无事可做，因为下一步是合成布局树，而合成布局树需要 CSSOM 和 DOM，所以这里需要等待 CSS 加载结束并解析成 CSSOM。

那渲染流水线为什么需要 CSSOM 呢?

和 HTML 一样，渲染引擎也是无法直接理解 CSS 文件内容的，所以需要将其解析成渲染引擎能够理解的结构，这个结构就是 CSSOM。和 DOM 一样，CSSOM 也具有两个作用，**第一个是提供给 JavaScript 操作样式表的能力，第二个是为布局树的合成提供基础的样式信息**。这个 CSSOM 体现在 DOM 中就是`document.styleSheets`。具体结构你可以去查阅相关资料，这里我就不过多介绍了，你知道 CSSOM 的两个作用是怎样的就行了。

有了 DOM 和 CSSOM，接下来就可以合成布局树了，我们在前面《05 | 渲染流程（上）：HTML、CSS 和 JavaScript 文件，是如何变成页面的？》这篇文章中讲解过布局树的构造过程，这里咱们再简单回顾下。等 DOM 和 CSSOM 都构建好之后，渲染引擎就会构造布局树。布局树的结构基本上就是复制 DOM 树的结构，不同之处在于 DOM 树中那些不需要显示的元素会被过滤掉，如 display:none 属性的元素、head 标签、script 标签等。复制好基本的布局树结构之后，渲染引擎会为对应的 DOM 元素选择对应的样式信息，这个过程就是**样式计算**。样式计算完成之后，渲染引擎还需要计算布局树中每个元素对应的几何位置，这个过程就是**计算布局**。通过样式计算和计算布局就完成了最终布局树的构建。再之后，就该进行后续的绘制操作了。

这就是在渲染过程中涉及到 CSS 的一些主要流程。

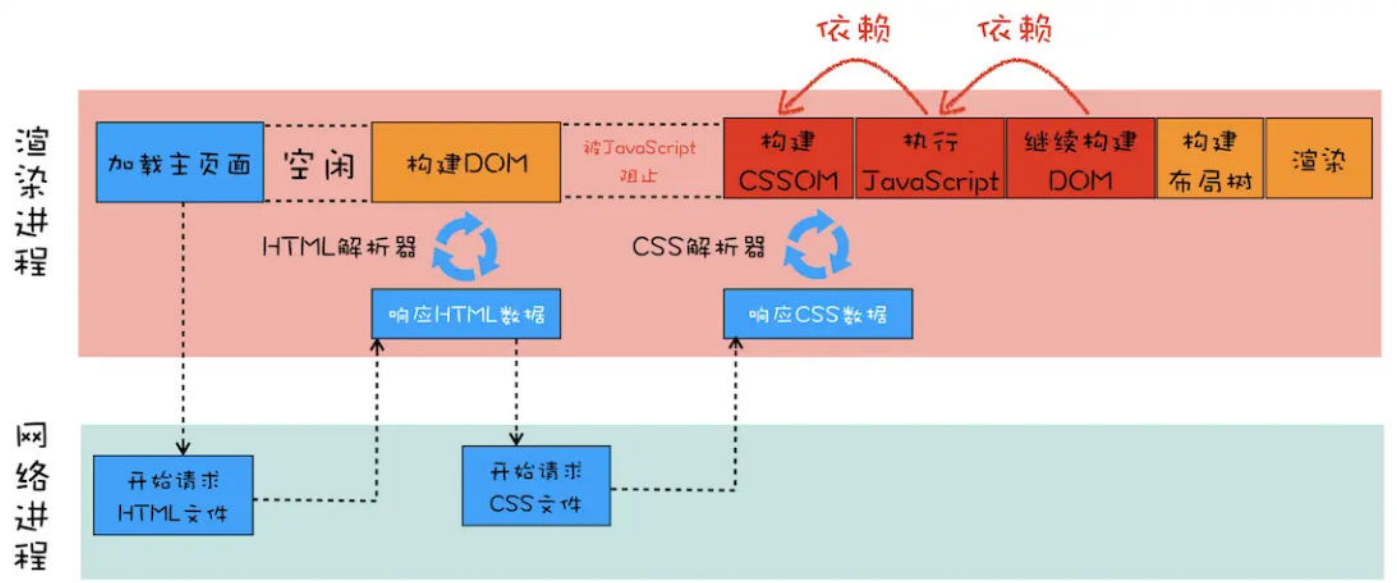
了解了这些之后，我们再来看看稍微复杂一点的场景，还是看下面这段 HTML 代码：

复制代码

```
//theme.css
div{
    color : coral;
    background-color:black
}
```

```
<html>
<head>
    <link href="theme.css" rel="stylesheet">
</head>
<body>
    <div>geekbang com</div>
    <script>
        console.log('time.geekbang.org')
    </script>
    <div>geekbang com</div>
</body>
</html>
```

这段代码是我在开头代码的基础之上做了一点小修改，在 body 标签内部加了一个简单的 JavaScript。有了 JavaScript，渲染流水线就有点不一样了，可以参考下面这张渲染流水线图：



含有 JavaScript 和 CSS 的页面渲染流水线

那我们就结合这张图来分析含有外部 CSS 文件和 JavaScript 代码的页面渲染流水线，上一篇文章中我们提到过在解析 DOM 的过程中，如果遇到了 JavaScript 脚本，那么需要先暂停 DOM 解析去执行 JavaScript，因为 JavaScript 有可能会修改当前状态下的 DOM。

不过在执行 JavaScript 脚本之前，如果页面中包含了外部 CSS 文件的引用，或者通过 style 标签内置了 CSS 内容，那么渲染引擎还需要将这些内容转换为 CSSOM，因为 JavaScript 有

修改 CSSOM 的能力，所以在执行 JavaScript 之前，还需要依赖 CSSOM。也就是说 CSS 在部分情况下也会阻塞 DOM 的生成。

我们再来看看更加复杂一点的情况，如果在 body 中被包含的是 JavaScript 外部引用文件，Demo 代码如下所示：

复制代码

```
//theme.css
div{
    color : coral;
    background-color:black
}
```

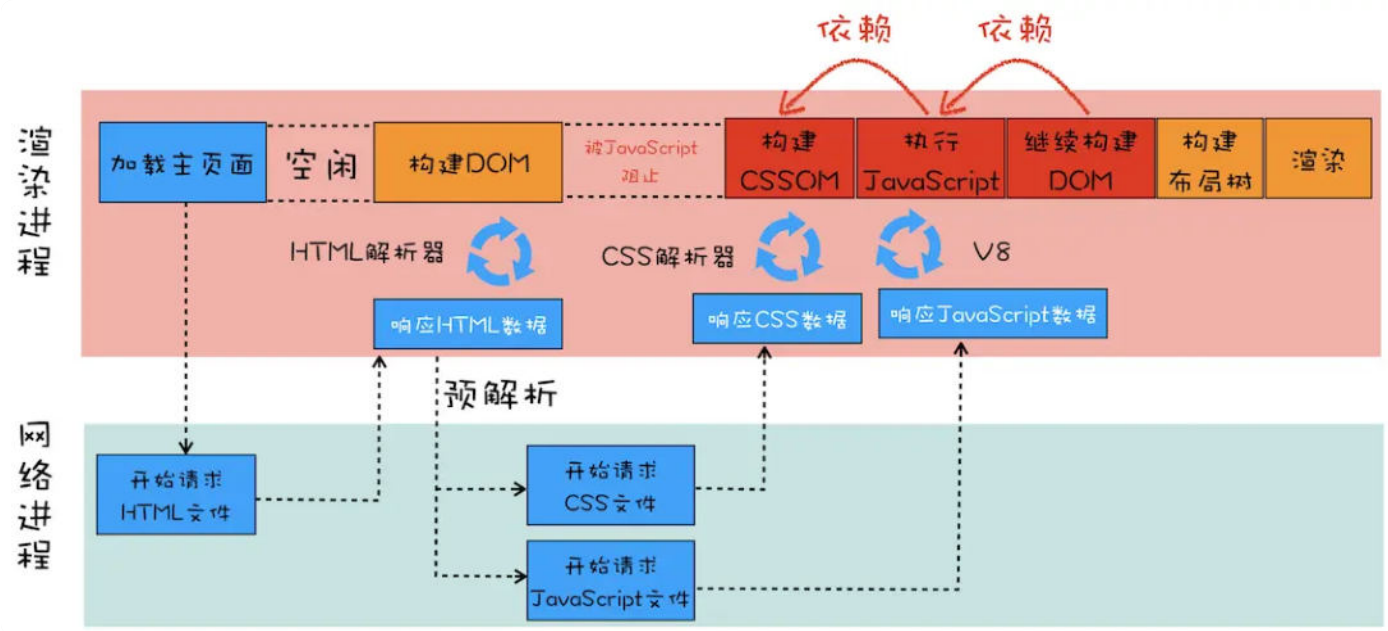
复制代码

```
//foo.js
console.log('time.geekbang.org')
```

复制代码

```
<html>
<head>
    <link href="theme.css" rel="stylesheet">
</head>
<body>
    <div>geekbang com</div>
    <script src='foo.js'></script>
    <div>geekbang com</div>
</body>
</html>
```

从上面代码可以看出来，HTML 文件中包含了 CSS 的外部引用和 JavaScript 外部文件，那它们的渲染流水线是怎样的呢？可参考下图：



含有 JavaScript 文件和 CSS 文件页面的渲染流水线

从图中可以看出来，在接收到 HTML 数据之后的预解析过程中，HTML 预解析器识别出来了有 CSS 文件和 JavaScript 文件需要下载，然后就同时发起这两个文件的下载请求，需要注意的是，这两个文件的下载过程是重叠的，所以下载时间按照最久的那个文件来算。

后面的流水线就和前面是一样的了，不管 CSS 文件和 JavaScript 文件谁先到达，都要先等到 CSS 文件下载完成并生成 CSSOM，然后再执行 JavaScript 脚本，最后再继续构建 DOM，构建布局树，绘制页面。

影响页面展示的因素以及优化策略

前面我们为什么要花这么多文字来分析渲染流水线呢？主要原因就是**渲染流水线影响到了首次页面展示的速度，而首次页面展示的速度又直接影响到了用户体验**，所以我们分析渲染流水线的目的就是为了找出一些影响到首屏展示的因素，然后再基于这些因素做一些针对性的调整。

那么接下来我们就来看看从发起 URL 请求开始，到首次显示页面的内容，在视觉上经历的三个阶段。

- 第一个阶段，等请求发出去之后，到提交数据阶段，这时页面展示出来的还是之前页面的内容。关于提交数据你可以参考前面《04 | 导航流程：从输入 URL 到页面展示，这中间发生了什么？》这篇文章。

- 第二个阶段，提交数据之后渲染进程会创建一个空白页面，我们通常把这段时间称为**解析白屏**，并等待 CSS 文件和 JavaScript 文件的加载完成，生成 CSSOM 和 DOM，然后合成布局树，最后还要经过一系列的步骤准备首次渲染。
- 第三个阶段，等首次渲染完成之后，就开始进入完整页面的生成阶段了，然后页面会一点点被绘制出来。

影响第一个阶段的因素主要是网络或者是服务器处理这块儿，前面文章中我们已经讲过了，这里我们就不再继续分析了。至于第三个阶段，我们会在后续文章中分析，所以这里也不做介绍了。

现在我们重点关注第二个阶段，这个阶段的主要问题是白屏时间，如果白屏时间过久，就会影响到用户体验。为了缩短白屏时间，我们来挨个分析这个阶段的主要任务，包括了解析 HTML、下载 CSS、下载 JavaScript、生成 CSSOM、执行 JavaScript、生成布局树、绘制页面一系列操作。

通常情况下的瓶颈主要体现在**下载 CSS 文件、下载 JavaScript 文件和执行 JavaScript**。

所以要想缩短白屏时长，可以有以下策略：

- 通过内联 JavaScript、内联 CSS 来移除这两种类型的文件下载，这样获取到 HTML 文件之后就可以直接开始渲染流程了。
- 但并不是所有的场合都适合内联，那么还可以尽量减少文件大小，比如通过 webpack 等工具移除一些不必要的注释，并压缩 JavaScript 文件。
- 还可以将一些不需要在解析 HTML 阶段使用的 JavaScript 标记上 async 或者 defer。
- 对于大的 CSS 文件，可以通过媒体查询属性，将其拆分为多个不同用途的 CSS 文件，这样只有在特定的场景下才会加载特定的 CSS 文件。

通过以上策略就能缩短白屏展示的时长了，不过在实际项目中，总是存在各种各样的情况，这些策略并不能随心所欲地去引用，所以还需要结合实际情况来调整最佳方案。

总结

好了，今天就介绍到这里，下面我来总结下今天的内容。

我们首先介绍了 CSS 在渲染流水线中的位置，以及 CSS 是如何影响到渲染流程的；接下来我们通过渲染流水线分析了从发出请求到页面首次绘制的三个阶段；最后重点介绍了第二个白屏阶段以及优化该阶段的一些策略。

通过今天的内容我们可以知道虽然 JavaScript 和 CSS 给我们带来了极大的便利，不过也对页面的渲染带来了很多的限制，所以我们要关注资源加载速度，需要小心翼翼地处理各种资源之间的关联关系。

思考时间

今天留给你的思考题是：当你横屏方向拿着一个手机时，打开一个页面，观察下面几种资源的加载方式，你认为哪几种会阻塞页面渲染？为什么？

复制代码

```
1:<script src="foo.js" type="text/javascript"></script>
2:<script defer src="foo.js" type="text/javascript"></script>
3:<script sync src="foo.js" type="text/javascript"></script>
4:<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" />
5:<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="screen"/>
6:<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="print" />
7:<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="orientation:landsc
8:<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="orientation:portra
```

欢迎在留言区与我分享你的想法，也欢迎你在留言区记录你的思考过程。感谢阅读，如果你觉得这篇文章对你有帮助的话，也欢迎把它分享给更多的朋友。

精选留言 (45)

写留言

Angus
2019-09-26

第1条：下载JavaScript文件并执行同步代码，会阻塞页面渲染
第2条：defer异步下载JavaScript文件，会在HTML解析完成之后执行，不会阻塞页面渲染
第3条：sync异步下载JavaScript文件，下载完成之后会立即执行，有可能会阻塞页面渲染
第4条：下载CSS文件，可能阻塞页面渲染
第5条：media属性用于区分设备，screen表示用于有屏幕的设备，无法用于打印机、3D眼镜、盲文阅读机等，在题设手机条件下，会加载，与第4条一致，可能阻塞页面渲染
第6条：print用于打印预览模式或打印页面，这里不会加载，不会阻塞页面渲染
第7条：orientation:landscape表示横屏，与题设条件一致，会加载，与第4条一致，可能阻塞页面渲染
第8天：orientation:portrait表示竖屏，这里不会加载，不会阻塞页面渲染

会阻塞页面的有1、3、4、5、7。我这里的问题在于是否加载CSS文件和JavaScript文件时，CSS文件一定会阻塞JavaScript代码的执行，还是说在JavaScript脚本需要使用到CSSOM能力的时候才会有这个前置依赖。

共 19 条评论 >　　114

老余
2019-10-13

script异步的属性是async，不是sync

19

SeaYang
2019-09-27

老师，浏览器是不是有一个尽量快速渲染页面的机制呢？比如说，有时候打开一个网页很慢，后面慢慢地显示了样式错乱的页面，这明显是css没有加载构建完成，但是还是看到有页面出来了，只是样式有点乱。老师，能解释一下浏览器在这个过程中的一些优化措施吗？

共 2 条评论>

16

🍐🍾🔆
2019-12-03

老师我想问下 如果script放在</body> 还有优化的意义么 这样就不会阻塞渲染了么

作者回复: 依然会阻塞啊，只不过DOM会提前生成，但是渲染之前还需要等待该JS的执行完成！

共 12 条评论>

12

梦见君笑
2021-02-23

DOMContentLoaded: 当页面的内容解析完成后，则触发该事件

- JS 会阻塞DOM的解析和渲染，所以DOMContentLoaded会在JS执行后触发
- 因为CSS会阻塞JS执行
  - 如果JS在CSS之前或只有CSS资源，则DOMContentLoaded事件不必等CSS加载完毕
  - 如果页面同时存在JS和CSS且CSS在JS之前，那DOMContentLoaded事件需等待CSS加载完毕后触发

onLoad: 等待页面的所有资源都加载完成才会触发，这些资源包括css、js、图片视频等

8

铮
2020-02-27

网络进程不是按流式把数据给渲染进程，同时渲染进程用HTML parser构造DOM的么，似乎不存在预解释的机会阿

共 8 条评论>

5

梦星魂
2020-06-22

老师好，经过我实践后的得知，chrome遇到外部脚本就会渲染标签之前的dom, 这应该是chr

ome的优化处理，但如果是内联脚本，则会阻塞全部dom的渲染

共 1 条评论> 5

弓
2020-03-26

如果没有js，解析到link 有 css这个标签的时候，css不管下没下载好，是否都会阻塞html的解析

共 2 条评论> 4

HB
2019-09-26

有个疑问，DOM tree 和 render tree 构建是同时进行的还是DOM tree和 cssom都构建完成后才构建render tree呢？看how browser works 有些没看清楚

共 1 条评论> 5

雨晴
2021-03-31

我觉得有两个问题不是很明确
1.网速很慢的时候，会出现无样式的DOM，此时的css文件没有下载解析完成，但文章中说，DOM 构建结束之后、css 文件还未下载完成的这段时间内，渲染流水线无事可做，因为下一步是合成布局树，而合成布局树需要 CSSOM 和 DOM，所以这里需要等待 CSS 加载结束并解析成 CSSOM。布局树没有生成的情况下，怎么布局？怎么渲染呢？无样式dom怎么出现的呢？
2.为什么要把JS放在/body前，反正都是一样阻塞

共 2 条评论> 3

在路上_W
2020-04-28

Hardboiled Web Design这本书中讲，这个方法初看起来似乎在区分不同媒体查询的时候非常有效，但是当心，浏览器会下载每一个外联的样式表，无论这些样式在当前设备中
是否有效，这将会大大降低网站或者APP 的性能。
李老师文章说是特定场景下会才会加载，这个只是会都下载，但有些不符合条件的文件不会被解析吗？

2

(ಡωಡ)hahaha
2020-03-21

老师，请问一下，你在说 这个问题（渲染引擎还需要将这些内容转换为 CSSOM，因为 JavaScript 有修改 CSSOM 的能力，所以在执行 JavaScript 之前，还需要依赖 CSSOM。也就是说 CSS 在部分情况下也会阻塞 DOM 的生成）css也会阻塞dom生成，是因为js阻塞了dom，

而 JavaScript 执行之前，还需要依赖 CSSOM，是怎么判断js依赖 cssom,是 执行js 发现 需要cssom,渲染引擎 停止执行js,开始去解析css吗

共 2 条评论>

2

张宗伟

2021-04-10

1:<script src="foo.js" type="text/javascript"></script> // 会，因为加载了js文件
2:<script defer src="foo.js" type="text/javascript"></script> // 不会，因为是在DOM解析完成后， DOMContentLoaded 之前执行
3:<script sync src="foo.js" type="text/javascript"></script> // 会，因为加载后立即执行
4:<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" /> // 会，因为需要生成CSSOM
5:<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="screen"/> // 会，因为针对屏幕
6:<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="print" /> // 不会，因为在打印机才生效
7:<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="orientation:landscape" /> // 会，因为横屏
8:<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="orientation:portrait" /> // 不会，因为竖屏

1

星星Leo

2020-08-26

所以要把js放在下面。
因为遇到js 如果是引入的话 就要等下载 而js又要等css的下载 也就是取其大者 不是引入也要等css下载
css放在哪里应该无所谓 老师说过会提前下载

1

LS

2021-09-29

这里有点问题，预解析会提前下载，其实也相当于异步了，而defer，async也是异步下载。那么用了defer，async理论上应该没啥区别？defer会在最后执行，不加defer就在中间执行，这时间(dom解析+执行js+继续dom解析， dom解析+继续dom解析+执行js)加起来时间不也是一样的么。async可能在dom解析完执行，好像也差不多没啥差别。

Geek_7be3ab

2021-08-31

老师，请问微信订阅号内的文章打开首屏渲染优化也是这些吗？有什么其他方式吗？


1830

2021-07-05

老师，这几节课介绍了渲染是依赖布局树的，布局树依赖dom树和cssom。我有个问题是布局树是必须所有的dom解析完成和cssom创建完成后再开始的嘛，还是一边解析创建，一边渲染绘制


Jinx

2021-06-17

请问老师，在两个非白色背景色的页面直接跳转，浏览器是不是把这里的解析白屏有优化？如果不是的话，那页面跳转时白屏终会一闪而过，但是在chrome里我看到这个现象（黑页面直接到黑页面）。 但是如果在iframe里进行页面跳转，就会出现 （黑-> 白 -> 黑）的状况。。


v8

2021-04-12

老师好，文中说的【在接收到 HTML 数据之后的预解析过程中，HTML 预解析器识别出来了有 CSS 文件和 JavaScript 文件需要下载】，HTML 预解析器和真正的HTML解析器区别在哪呢？既然都拿到了HTML数据了为什么真正的HTML解析器不直接解析？


张宗伟

2021-04-10

```
<!-- 会，同步加载且执行 -->
<script src="foo.js" type="text/javascript"></script>
<!-- 不会，因为其是在DOM树构建完成后，DOMContentLoaded 之前执行 -->
<script defer src="foo.js" type="text/javascript"></script>
<!-- 可能会，因为其下载完之后就立即执行，有可能DOM树完成之前就加载完成 -->
<script async src="foo.js" type="text/javascript"></script>
<!-- 可能会，其实css本身并不会阻断DOM构建，但是结合js脚本就可能了 -->
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" />
<!-- 同上 -->
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="screen"/>
<!-- 不会，在打印预览时才会加载 -->
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="print" />
<!-- 可能会，其实css本身并不会阻断DOM构建，但是结合js脚本就可能了 -->
```

```
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="orientation:landscape" />
<!-- 不会，在竖屏时才会加载 -->
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="foo.css" media="orientation:portrait" />
```