

WebPerf Scout — 完整需求规格说明书

- > 版本 : 1.1
 - > 主题 : 具备爬虫能力的 Web 软件性能分析与测评工具
 - > 目标 : 通过声明式配置 , 自动发现页面并执行性能测评 , 输出可量化、可对比、可追溯的专业报告
 - > 适用对象 : 参赛开发者、AI 代码生成器、评审专家
-

一、整体功能描述 (Overall Functional Description)

1.1 产品定位

WebPerf Scout 是一个集智能爬虫与真实浏览器性能测评于一体的自动化工具。用户可通过两种方式指定待测范围 :

- 手动模式 : 显式列出关键页面 URL
- 爬虫模式 : 提供种子 URL , 工具自动发现站点内页面并进行性能巡检

核心理念 : “从入口出发 , 自动覆盖 , 精准测评”。

1.2 核心价值主张

- 自动发现 : 内置轻量级爬虫 , 从首页递归提取有效页面链接
- 可控遍历 : 支持深度限制、域名白名单、路径排除、页面数量上限
- 真实性能采集 : 基于 Playwright 在模拟设备/网络下采集 Web Vitals
- 专业报告 : 输出含评分环、截图、指标卡、资源瀑布图的 HTML 报告
- CI/CD 友好 : 单命令运行 , 输出结构化 JSON + 静态 HTML

1.3 用户工作流 (End-to-End Flow)

1. 编写配置 : 选择以下任一方式
 - 方式 A (手动) : 在 `targets` 中列出 URL
 - 方式 B (爬虫) : 配置 `crawler.seedUrl` 等参数
2. 执行命令 : `webperf-scout run --spec perf-spec.yaml`
3. 系统自动执行 :

- 若为爬虫模式 启动爬取引擎，生成 URL 列表

- 为每个页面 × 设备组合启动性能测评

4. 生成报告 : `report.html` + `report.json`

5. 查看/集成：人工审阅或接入自动化流程

1.4 能力边界 (In Scope / Out of Scope)

| 类别 | 包含 (In Scope) | 不包含 (Out of Scope) |

| ----- | ----- | ----- |

| 爬虫能力 | 单域内链接发现、深度控制、路径过滤、去重 | 跨域爬取、登录后内容、JavaScript 动态路由 (如 React Router 无 SSR) |

| 页面类型 | 静态页、SSR SPA、含 `<a href>` 的页面 |
需交互触发跳转的页面 (如点击按钮才出现新链接) |

| 性能测评 | LCP/FCP/CLS/TTI/TBT/resourceLoadTime | 自定义 RUM 指标 (除非通过 JS 表达式定义) |

| 部署 | CLI 工具、Docker 容器 | SaaS 服务、多用户管理 |

1.5 典型使用场景

- 全站性能巡检：给定首页 URL，自动测评全站 50 个核心页面在手机 4G 下的表现

- 上线前回归测试：PR 合并前，爬取 staging 环境关键路径，确保无性能退化

- 竞品分析：对公开网站 (如电商首页) 进行自动发现 + 性能打分

1.6 一句话定义

> WebPerf Scout 是一个“爬虫 + 性能双引擎”工具，从一个入口 URL 出发，自动发现页面并完成专业级 Web 性能测评，输出可视化报告。

二、后端功能清单 (Backend Modules)

2.1 CLI 入口模块 (`cli/main`)

- 职责：接收命令，启动测评流程

- 输入：`--spec <path>`（必填），`--output-dir`（默认 `./reports/`），`--verbose`
- 输出：`report.html + report.json`，或错误退出（code=1）
- 行为：
- 解析参数 校验 spec 初始化日志 调度任务 生成报告
- 约束：无交互；路径相对当前工作目录

2.2 Spec 解析与校验模块（`spec/validator`）

- 职责：加载并验证 `perf-spec.yaml`
- 输入：YAML/JSON 文件路径
- 输出：标准化内部对象，或 `ValidationError`
- 校验规则：
 - `- version: "1.0"`
 - `- targets` 和 `crawler` 互斥且必选其一
 - 若存在 `crawler`，则必须包含 `seedUrl`
 - `- url` 必须为 HTTPS
 - `- device` [“Desktop”, Playwright 内置设备名]
 - `- metrics` 预定义集合 或 自定义 JS 指标
 - `- crawler.maxDepth`：默认 2，最大 5
 - `- crawler.maxPages`：默认 30，最大 100
 - `- crawler.includeDomains`：默认 `[new URL(seedUrl).hostname]`
 - `- crawler.excludePatterns`：字符串数组（支持子串匹配）
- 约束：错误信息需人类可读（如“第5行：缺少 url”）

2.3 任务调度器（`engine/orchestrator`）

- 职责：展开任务矩阵并并发执行
- 输入：已校验 spec
- 输出：`TaskResult[]`（每个 target × deviceProfile 一个结果）
- 行为：
 - 若 spec 含 `targets` 直接使用
 - 若 spec 含 `crawler` 调用 `discoverUrls(crawlerConfig)` 获取 URL 列表，并转换为 targets 格式（`name = pathname`）
 - 生成 $K = N \times M$ 个任务
 - 并发执行（默认 CPU 核数，上限 8）
 - 独立浏览器上下文（无状态污染）
 - 失败重试 2 次（指数退避）

- 约束：单任务总超时 30 秒

2.4 Playwright 性能采集器 (`engine/playwright-runner`)

- 职责：在真实浏览器中加载页面并采集指标
- 输入：`url, deviceProfile` (含 `device/network/cpuThrottle`)
- 输出：`{ metrics, screenshotBase64, resources }`
- 行为：
 - 启动 Chromium via Playwright
 - 应用设备模拟 (`viewport/userAgent`)
 - 应用网络节流 (`4G/3G/WiFi`)
 - 通过 CDP 应用 CPU 节流 (`Emulation.setCPUThrottlingRate`)
 - 导航到 URL
 - 注入指标脚本采集 Web Vitals
 - 截图 + 获取资源列表
- 指标采集方式：
 - `lcp/fcp/cls` : Google `web-vitals@4` 库
 - `tti` : 实现 Lighthouse TTI 算法
 - `totalBlockingTime` : Long Tasks API
 - `resourceLoadTime` : `performance.navigation.loadEventEnd`
- 安全约束：
 - 禁止执行任意用户 JS
 - 禁止 `file://`
 - 爬取深度 = 1

2.5 性能评分与分析器 (`engine/analyzer`)

- 职责：计算综合评分并标记异常

- 输入：原始指标值

- 输出：`score: 0-100, alerts: []`

- 评分公式：

...

`score = 100`

`- max(0, lcp - 2500) * 0.03`

```
- max(0, fcp - 1800) * 0.055  
- max(0, tti - 3500) * 0.028  
- totalBlockingTime * 0.1  
- cls 1000 0.15  
score = clamp(round(score), 0, 100)  
...  
...
```

- 告警阈值：

```
- LCP > 2500 ms  
- FCP > 1800 ms  
- TTI > 3500 ms  
- TBT > 200 ms  
- CLS > 0.1
```

2.6 报告生成器 (`report/generator`)

- 职责：生成 HTML 和 JSON 报告

- 输入：`TaskResult[]` + 时间戳

- 输出：

```
- report.html : 嵌入数据的静态页面  
- report.json : 结构化数据
```

- HTML 生成：

```
- 读取 public/report-template.html  
- 替换 {REPORT_DATA_JSON} 为序列化数据
```

- JSON 结构：

```
```json  
{
 "specVersion": "1.0",
 "runAt": "2025-12-11T14:00:00Z",
 "results": [
 {
 "targetName": "/"
 }
]
}
```

```
"deviceProfile": "Mobile_4G",
"metrics": {
 "lcp": 2800,
 "fcp": 1200,
 "tti": 3100,
 "totalBlockingTime": 180,
 "cls": 0.05,
 "resourceLoadTime": 3200
},
"score": 72,
"ScreenshotBase64": "data:image/png;base64,...",
"resources": [
 { "url": "https://example.com/", "duration": 3200, "startTime": 0 },
 { "url": "https://example.com/main.js", "duration": 800, "startTime": 400 }
]
}
]
}
...
``
```

## 2.7 智能爬取模块 (`crawler/discoverer`)

- 职责：从种子 URL 自动发现待测页面集合

- 输入：

```
```ts
{
  seedUrl: string;
  maxDepth: number; // 默认 2
  maxPages: number; // 默认 30
  includeDomains: string[]; // 默认 [seedUrl 域名]
  excludePatterns: string[]; // 如 ["/admin", "/api"]
}
...
``
```

- 输出：`Promise<{ url: string; name: string }[]>` (最多 `maxPages` 个)

- 行为逻辑：

1. 初始化队列 : `[{ url: seedUrl, depth: 0 }]`
2. 初始化已访问集合 (Set)
3. While 队列非空 且 结果数 < maxPages :
 - 出队一个 URL
 - 若已访问 跳过
 - 若域名不在 `includeDomains` 跳过
 - 若路径匹配任意 `excludePatterns` (子串匹配) 跳过
 - 使用 Playwright 加载该页面 (快速模式 , 禁用图片/媒体)
 - 执行 JS 提取所有 `<a[href]>` :

```
```js
Array.from(document.querySelectorAll('a[href']))
.map(a => new URL(a.href, document.baseURI).href)
.filter(href => href.startsWith('http'))
````
```
 - 对每个新链接 :
 - 若 `depth + 1` `maxDepth` 入队
 - 将当前 URL 加入结果列表 (`name = new URL(url).pathname`)
 - 标记为已访问
4. 返回结果列表 (按发现顺序)
- 安全约束 :
 - 单页面加载超时 10 秒
 - 总爬取时间 2 分钟
 - 通过 `page.route()` 拦截非 text/html 资源 (提升速度)
 - User-Agent 标识为 `WebPerfScout-Crawler/1.0`

三、前端功能清单（HTML 报告 UI）

3.1 整体设计

- 响应式：适配桌面/手机浏览器
- 风格：现代卡片式，绿色/橙色/红色表示性能状态
- 字体：系统无衬线字体（如 `-apple-system, 'Segoe UI'`）

3.2 核心组件

(1) 标题与时间

- 显示：“WebPerf Scout 性能报告”
- 显示运行时间（如“2025年12月11日 14:00”）

(2) 综合评分环

- 圆形进度环，显示 0 – 100 分
- 颜色：
 - 90 : 绿色
 - 50 – 89 : 橙色
 - <50 : 红色

(3) 页面切换 Tab

- 每个“页面 × 设备”一个 Tab
- 默认激活第一个
- 点击切换内容（前端 JS 动态渲染）

(4) 指标片区

- 网格布局（响应式）
- 每卡含：指标名（LCP）、值（2.8s）、状态色（根据阈值）

(5) 页面截图

- 显示 base64 截图
- 最大宽度 100% , 圆角边框

(6) 资源瀑布图 (简化)

- 列出前 20 个资源
- 每行 : URL (截断) + 耗时 (如 “ 1.2s ”)
- 按 startTime 排序

3.3 交互逻辑

- 页面加载时读取内联 REPORT_DATA 变量
- 渲染默认页面内容
- Tab 切换时更新指标/截图/资源列表
- 自动应用颜色类 (good/warning/bad)

3.4 数据绑定

- 后端注入 :

```
```html
<script>
const REPORT_DATA = { / report.json 内容 / };
</script>
...```

```

- 前端直接使用该变量渲染

---

## 四、非功能性要求

类别	要求
----- -----	
爬虫安全性	默认限深=2、限页=30；禁止跨域；自动排除 <code>/admin</code> 、 <code>/api</code> 等路径
可复现性	相同 spec + 相同环境    相同输出（含截图）
性能	爬取阶段：单页    10s；测评阶段：单页 × 设备    15s ( 4C8G 机器 )
安全性	仅 HTTPS；无任意 JS 执行；无文件写入风险
日志	结构化 JSON 日志，输出 stdout，含 level/task/message
部署	提供 Dockerfile ( <code>node:20-alpine</code> )
兼容性	支持 Chromium、Firefox ( Playwright )

-----

## 五、交付物 ( MVP )

1. CLI 工具：支持 `targets` ( 手动 ) 和 `crawler` ( 自动 ) 两种模式
  2. 静态报告：`report.html` ( 含所有被测页面性能数据 )
  3. 结构化数据：`report.json`
  4. 示例配置
    - `examples/manual-spec.yaml` ( 手动列表 )
    - `examples/crawler-spec.yaml` ( 自动爬取 )
  5. 使用文档：`README.md` ( 含安装、运行、CI 集成示例 )
- 

## 六、附录：Spec 示例

### 手动模式 ( manual-spec.yaml )

```
'''yaml
version: "1.0"
targets:
- name: 首页
url: https://example.com
- name: 关于我们
url: https://example.com/about
deviceProfiles:
```

```
- device: "Desktop"
network: "WiFi"
metrics: ["lcp", "fcp", "cls"]
...
```

## 爬虫模式 ( crawler-spec.yaml )

```
'''yaml
version: "1.0"
crawler:
seedUrl: https://example.com
maxDepth: 2
maxPages: 20
excludePatterns: ["/admin", "/api", "/login"]
deviceProfiles:
- device: "iPhone 12"
network: "4G"
metrics: ["lcp", "fcp", "tti", "cls"]
...
```

-----

>