

如何在镜像站里 优雅地“点击房子”

从一台镜像服务器到 HERNET Mirrors 的高校开源基础设施实践

省级镜像服务的运行状态如何被持续度量

当镜像服务由单校节点扩展为省级基础设施，如何持续度量访问来源、服务负载、异常访问与同步状态，并将结果用于容量规划和故障处置？

服务能力 网络、存储与安全约束	分析能力 从 ES 文档检索到 CK 事件聚合	运行能力 同步调度与状态观测
---------------------------	-----------------------------------	--------------------------

河南省教育科研网与高校开源资源供给



河南省教育科研网面向省内高校提供教育科研网络服务，并通过 CERNET 连接全国教育科研网络。

服务范围	省内高校与教育科研节点
协议栈	IPv4 / IPv6 双栈
应用场景	教学、科研、实验平台与系统运维

镜像价值	开源软件与模型资源在教育网内就近访问
------	--------------------

已投入生产的建设规格与服务边界

类别	建设规格（设计下限）	承担职责
教育网接入	20 Gbps，IPv4 / IPv6 双栈	省内高校就近访问
存储节点	≥512 GiB ECC，双路 ≥64 核，≥300 TB 企业级 SSD，ZFS	镜像数据与高并发读取
计算节点	≥128 GiB ECC，双路 ≥48 核，系统盘 RAID1	入口控制、分析与调度
网络接口	双节点各 4×10GbE，冗余电源	带宽聚合与故障冗余
服务入口	mirrors.ha.edu.cn、mirror.ha.edu.cn、mirrors4.ha.edu.cn、mirrors6.ha.edu.cn	双栈与协议族分流

当前生产架构：数据面、控制面与观测面

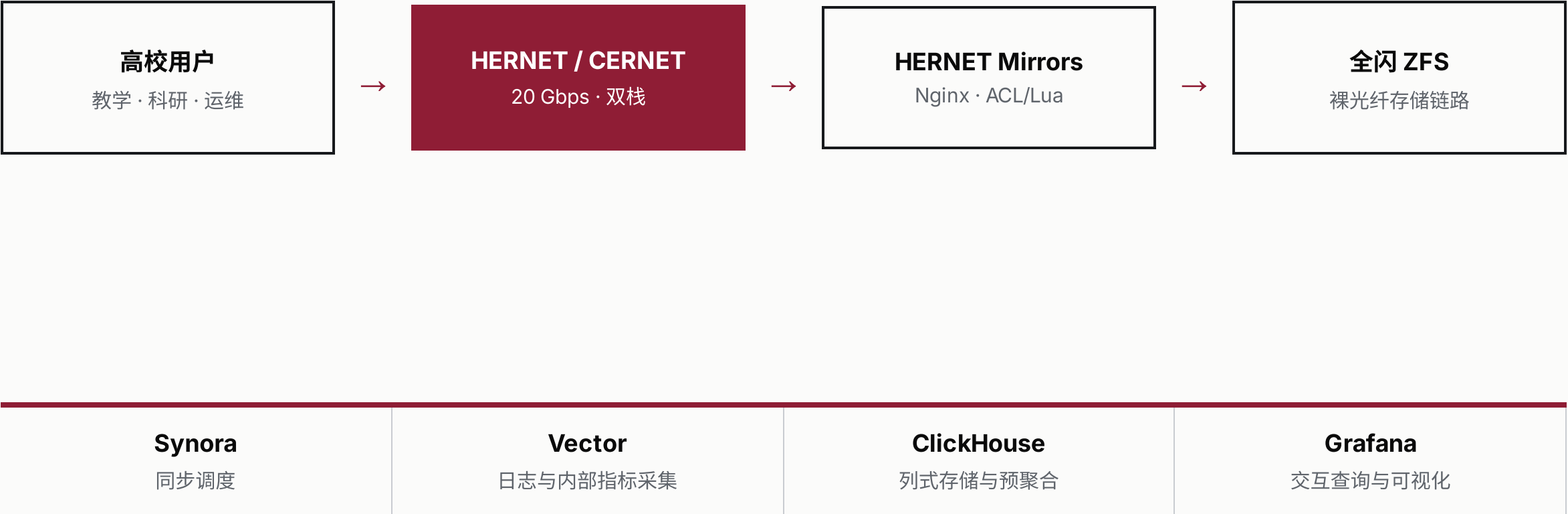


图 1 · HERNET Mirrors 生产架构（2026）

Nginx ACL/Lua：从异常访问特征到分层控制

阶段	策略	生产作用
入口校验	Host、UA、扫描器与脚本特征	未知 Host 静默断开，明显异常请求提前拒绝
可信例外	校园网段白名单	降低正常教学科研流量的验证成本
浏览器验证	POW 一次性票据绑定 URL / IP / UA	失败令牌进入临时黑名单
请求配额	IPv4 /24、IPv6 /56 滑动窗口	普通与严格阈值分层执行
流量配额	小时到月度累计，80% 后降速	达到阈值拒绝，避免单网段耗尽带宽
大文件控制	每网段最多 5 个 Range 并发	Redis 不可用时 fail-open，优先保证服务可用

表 1 · nginx-acl-lua-public-master 控制项

请求频率限制：三个滑动窗口

窗口	桶大小	桶数量	普通阈值	严格阈值	聚合对象	IPv4 /24 · IPv6 /56
1 小时	5 分钟	12	4,000	120	普通路径	access_type 0 / 1
5 小时	25 分钟	12	8,000	240	严格路径	access_type 2
1 天	1 小时	24	12,000	360	超过阈值	HTTP 429
					Redis 故障	fail-open

表 2 · rate_limit.lua 当前滑动窗口与阈值

出站流量限制：四级窗口与两档速率

累计窗口	统计粒度	80% 后降速	达到上限拒绝
1 小时	1 分钟	80 GiB	100 GiB
5 小时	5 分钟	160 GiB	200 GiB
7 天	1 小时	800 GiB	1,000 GiB
1 个月	1 天	1,600 GiB	2,000 GiB

执行对象	正常速率	降速后	附加限制
浏览器	75 MiB/s	25 MiB/s	POW 一次性票据；失败票据封禁 6 小时
非浏览器	25 MiB/s	12.5 MiB/s	执行请求次数滑动窗口
严格路径大文件	按客户端类型	按客户端类型	每网段最多 5 个 Range 并发；超限返回 429

表 3 · acl.lua 与 acl_log.lua 当前流量、速率和并发阈值

从 NYIST Mirrors 到 HERNET Mirrors

阶段 1 单校镜像服务 解决校内软件源速度与可用性问题。	阶段 2 全闪存与骨干互联 容量和吞吐成为可复用的基础能力。	阶段 3 省级服务入口 域名、双栈、安全与多高校流量统一承载。	阶段 4 数据驱动运行 Mirrorlog 与 Synora 让访问和同步都可度量。
---	---	--	---

镜像站日志分析演进史：从文本、ES 到 ClickHouse

01

文本日志

grep / awk 适合定位单条问题，却难以稳定回答趋势、地理与行为聚合。

02

Elasticsearch

倒排索引、GeoIP 与 Grafana 建立交互分析能力，代价是较高的内存和索引体积。

03

ClickHouse

列式存储、AggregateFunction 与 30 秒预聚合，使长期保留和复杂 SQL 同时成立。

原日志集群配置：三节点、每节点 31 GiB JVM

NODE 1

31 GiB

-Xms31g / -Xmx31g

NODE 2

31 GiB

-Xms31g / -Xmx31g

NODE 3

31 GiB

-Xms31g / -Xmx31g

JVM 堆总量	93 GiB	索引副本	1 个主分片 + 1 个副本分片
刷新间隔	30 s	Rollover	50 GB 或 1 天
保留策略	30 天	采集链路	Logstash → Elasticsearch

表 4 · mirror_log 模板、ILM 与容器配置

ES 停止前后，主机内存出现明显下降



15:33 used memory 从约 128 GiB 降至约 40 GiB；下降量与 3×31 GiB JVM 的量级相符。

图 2 · 服务器监控；15:33 为 ES 容器停止记录对应时刻

索引体积： 截图可见的 14 个 rollover 索引合计 212.58 GB

mirror_log-000014	● green	open	1	1	12,306,423	12.63gb
mirror_log-000015	● green	open	1	1	17,886,942	18.42gb
mirror_log-000016	● green	open	1	1	20,457,899	21.38gb
mirror_log-000017	● green	open	1	1	11,810,020	11.97gb
mirror_log-000018	● green	open	1	1	17,896,621	18.84gb
mirror_log-000019	● green	open	1	1	10,879,738	11.31gb
mirror_log-000020	● green	open	1	1	15,408,178	15.76gb
mirror_log-000021	● green	open	1	1	12,747,439	13.22gb
mirror_log-000022	● green	open	1	1	13,433,632	14.06gb
mirror_log-000023	● green	open	1	1	19,646,368	20.35gb
mirror_log-000024	● green	open	1	1	13,532,166	13.8gb
mirror_log-000025	● green	open	1	1	17,380,781	16.94gb
mirror_log-000026	● green	open	1	1	15,959,509	16.1gb
mirror_log-000027	● green	open	1	1	7,928,347	7.8gb

14 截图可见索引	207.27 M 截图可见文档数	212.58 GB 界面显示体积合计
-----------	------------------	--------------------

图 3 · mirror_log-000014—000027

日志分析系统的资源量级对照（非同窗基准）

指标	Elasticsearch 基线	ClickHouse 当前生产
运行内存	3×31 GiB JVM；主机 used memory 约 128 GiB	容器约 28–31 GiB
可见数据规模	截图范围 207.27 M 文档	access_log 约 420.1 M 行
落盘体积	截图范围 212.58 GB	access_log 约 19.35 GB；日志链路相关表约 21.75 GB
压缩口径	截图未提供未压缩体积	原始日志表 13.61%；相关表综合 14.82%（约 6.75×）
查询模型	文档检索与 bucket aggregation	列式 SQL、物化视图、AggregateFunction

注 · 时间范围不同，仅比较资源量级，不计算迁移倍数

生产日志链路：Nginx → Vector → ClickHouse → Grafana



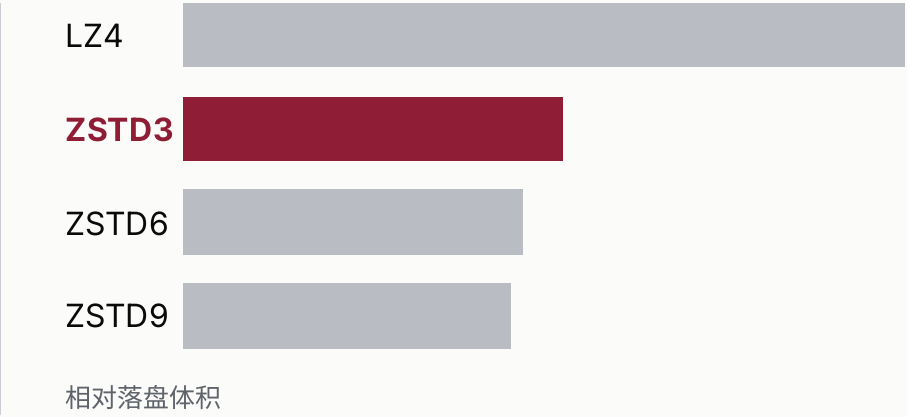
```
sources.nginx_syslog_udp.type = "syslog"
transforms.parse_nginx.type = "remap"
sinks.clickhouse.type = "clickhouse"
# Vector internal_metrics 进入独立资源监控
```

原始事实表、30 秒聚合表与 180 天分层留存

对象	作用	关键设计
access_log	保留请求级事实	客户端地址统一存为 IPv6 类型（IPv4 映射归一化）；LowCardinality 维度；event_time DoubleDelta
access_log_30s	Grafana 常用窗口预聚合	AggregatingMergeTree；PV、UV、bytes、平均响应时间聚合状态
repository_catalog	仓库存量与分享率分母	tunasync reponame / size；Git 目录映射为 /git/<name>
热层 0-30 天	高频查询	全局 ZSTD3
温层 30-90 天	历史查询	ZSTD6
冷层 90-180 天	容量优先	ZSTD9；180 天后 TTL 删除

200 万行压缩实验：ZSTD3 兼顾写入耗时与落盘体积

方案	写入耗时	落盘	压缩率	倍数
LZ4	4.672 s	178.01 MiB	26.833%	3.727×
ZSTD3	6.885 s	93.74 MiB	14.130%	7.077×
ZSTD6	16.134 s	83.67 MiB	12.610%	7.930×
ZSTD9	26.775 s	81.02 MiB	12.212%	8.189×



ClickHouse 当前生产表规模与压缩率

表	行数	压缩后	未压缩	压缩率
access_log	420,066,680	19.35 GB	142.20 GB	13.61%
access_log_30s	53,405,142	2.39 GB	4.47 GB	53.41%
vector_internal_metrics	2,425,082	5.35 MB	48.58 MB	11.01%

日志链路相关表合计	475,896,904	21.75 GB	146.72 GB	14.82% / 6.75×
-----------	-------------	----------	-----------	----------------

14.90 M 24h PV	1.56 M 24h UV	16.80 TB 24h 出站流量	1.40 s 平均响应时间
-------------------	------------------	----------------------	------------------

数据截面 · 2026-08-20；压缩率仅统计上述三表

30 秒预聚合：时间窗内行数约为原表的一成

查询窗口	原表行数	聚合表行数	行数占比	典型 PV 加速
1 小时	869,807	85,775	9.86%	—
24 小时	20,287,081	2,164,849	10.67%	3.77×
7 天	110,020,105	14,589,524	13.26%	5.71×
历史全量	247,390,348	31,782,370	12.85%	—

正确性验证 24 小时验证窗口内，144 个 10 分钟桶逐桶比较，PV / UV / bytes 与原表一致。

复杂异常查询：候选集缩小高基数聚合范围

```
WITH candidates AS (  
  SELECT mirror_ip_prefix(client_ip,  
    ${ipv4_prefix}, ${ipv6_prefix}) AS ip  
  FROM mirrorlog.access_log  
  WHERE $__timeFilter(event_time) /* Grafana filters */  
  GROUP BY ip ORDER BY ${order_by:raw} DESC  
  LIMIT greatest(toUInt64(${top_n}) * 100, 100000)  
)  
SELECT ip, count() AS requests, uniqCombined64(url) AS unique_urls,  
  approx_top_k(1, 10)(url)[1] AS top_url, sum(body_bytes_sent) AS bytes  
FROM mirrorlog.access_log  
WHERE $__timeFilter(event_time) AND ip IN candidates  
GROUP BY ip ORDER BY ${order_by:raw} DESC LIMIT ${top_n}
```

生产面板查询	1h	24h	7d
反复请求相同文件	2.40s	4.67s	11.49s
高 URL 离散度	0.46s	1.72s	7.60s
流量异常 IP	0.53s	1.82s	8.49s

分享率

观察窗口出站流量 ÷ 仓库当前存量

生产 SQL 节选；异常查询读取请求级事实表

过去 24 小时的访问地理分布

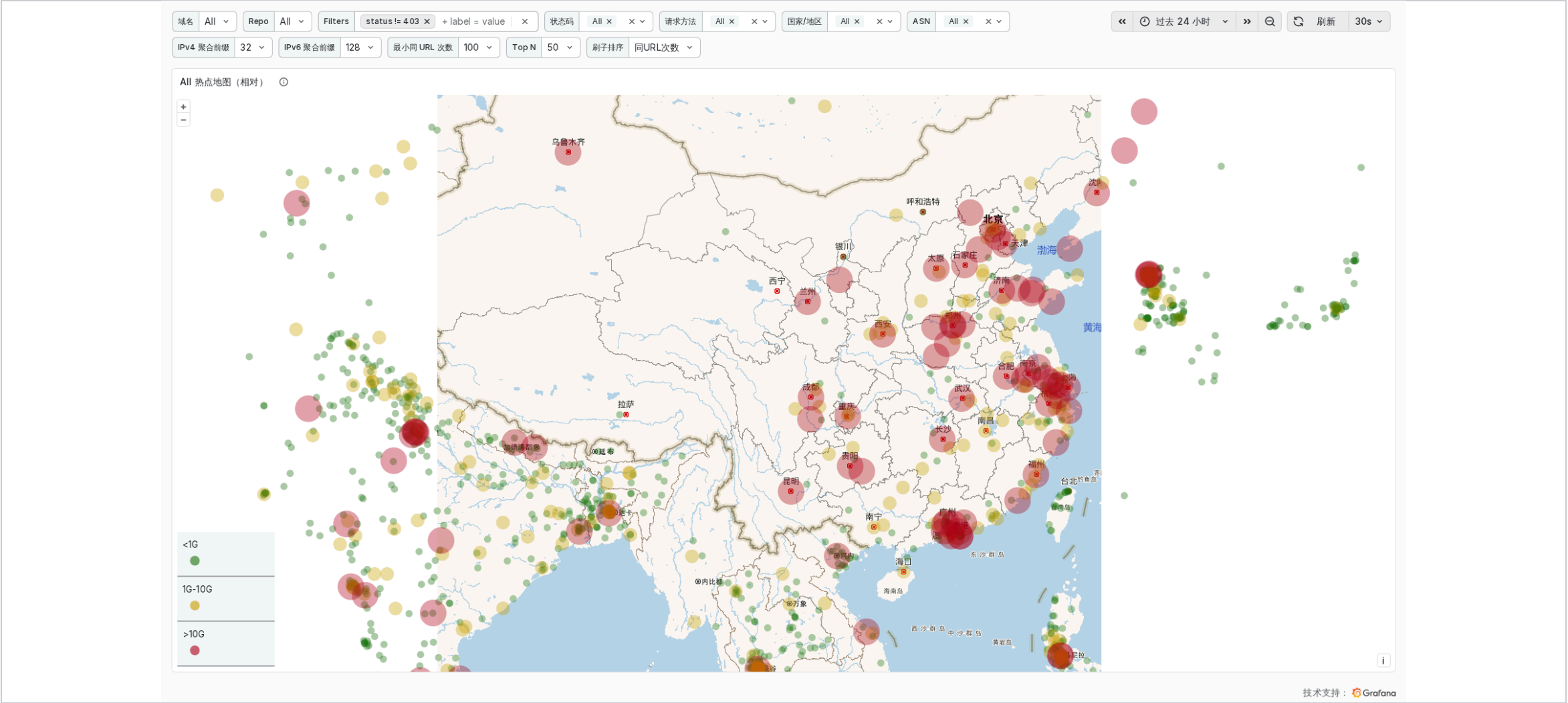
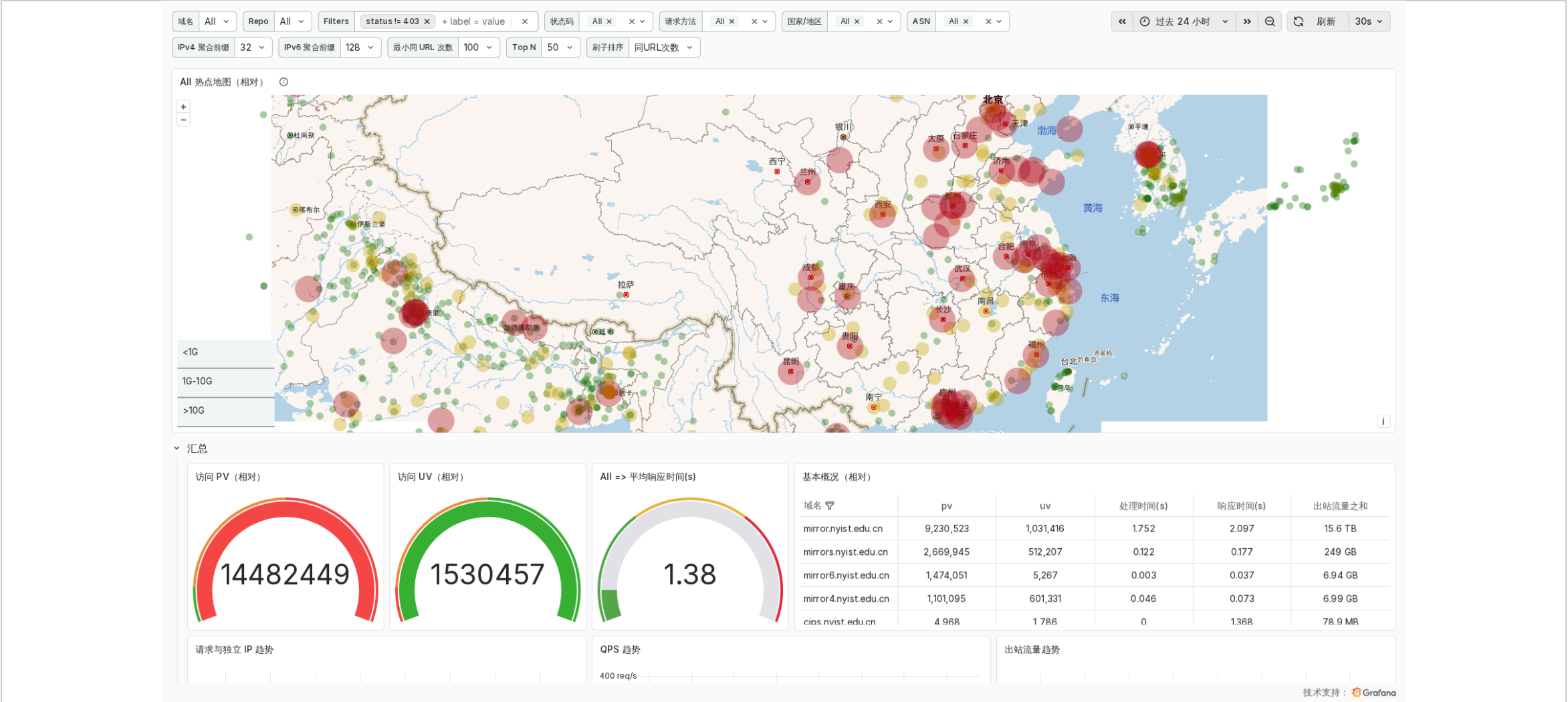


图 4 · CK Nginx Logs / Geo

地图、PV、UV、响应时间与域名汇总



QPS 与状态码趋势：同一时间轴观察负载和结果

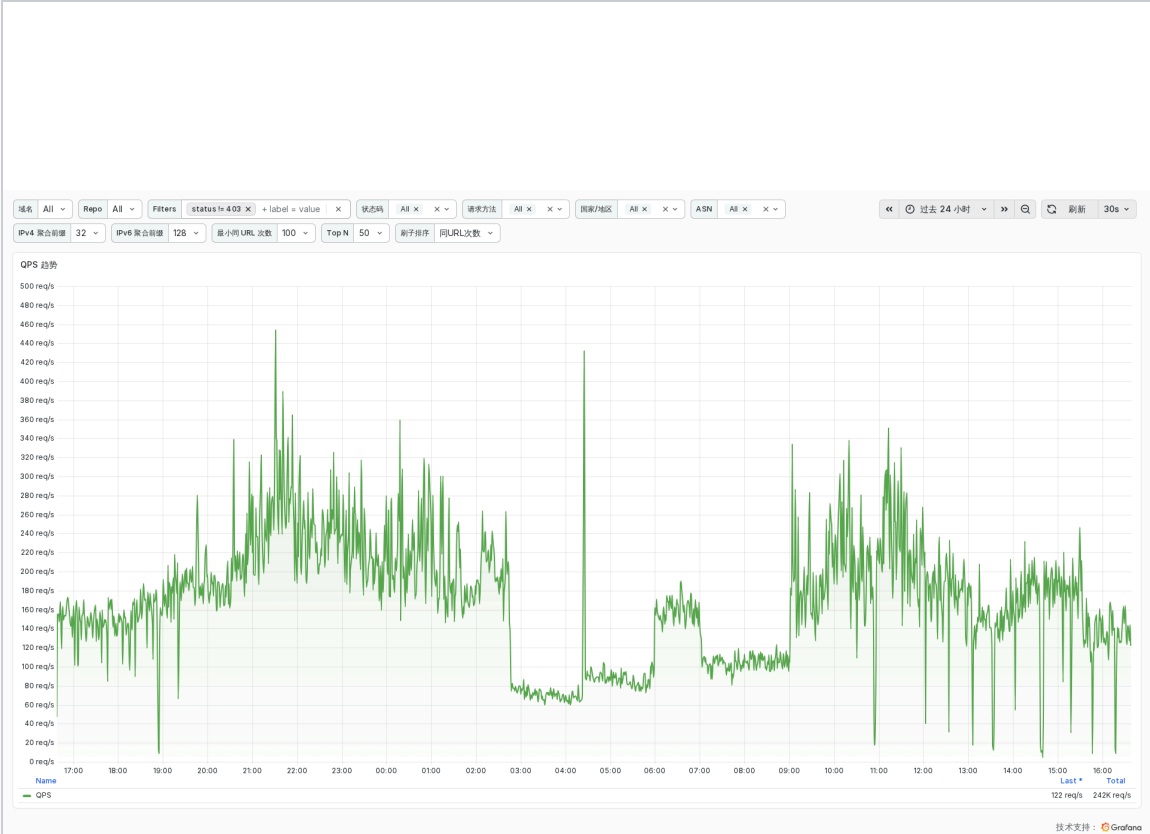


图 6(a) · QPS：观察请求速率的阶跃、峰值与空洞

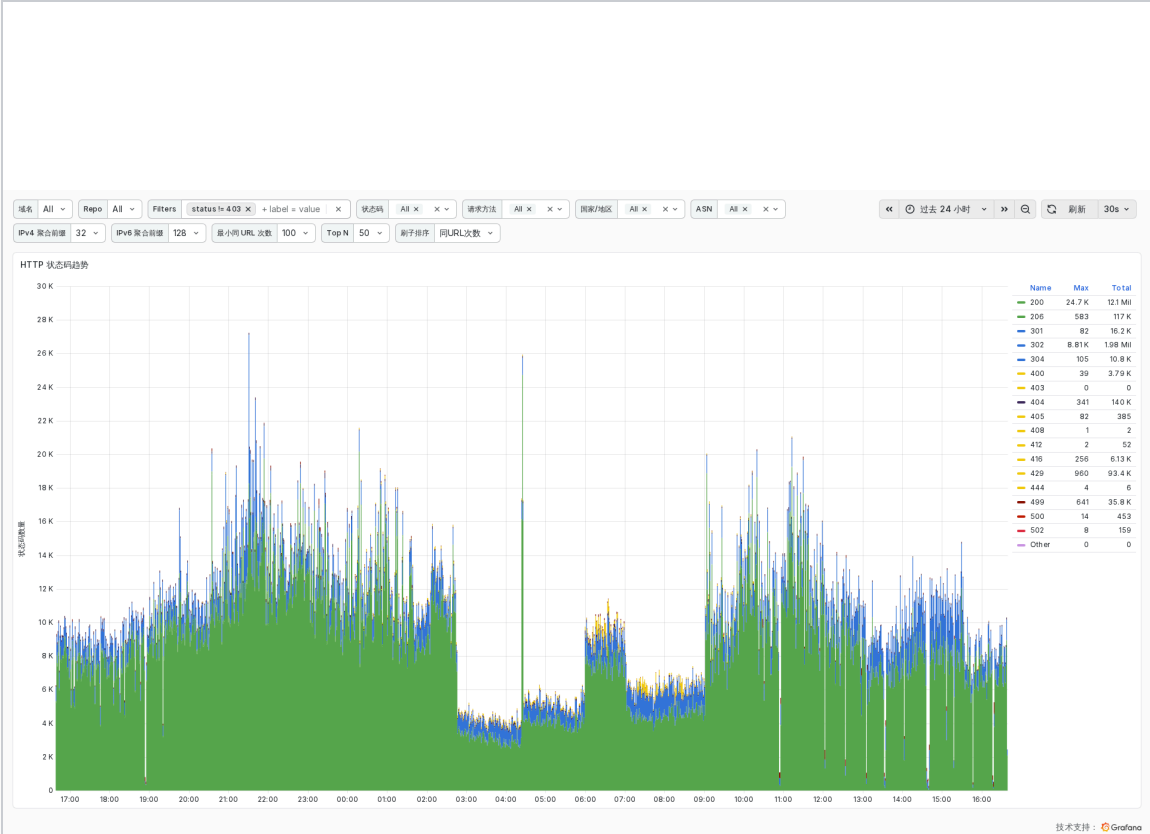


图 6(b) · HTTP 状态码：区分正常流量、跳转与异常响应

扫描器：高 URL 离散度

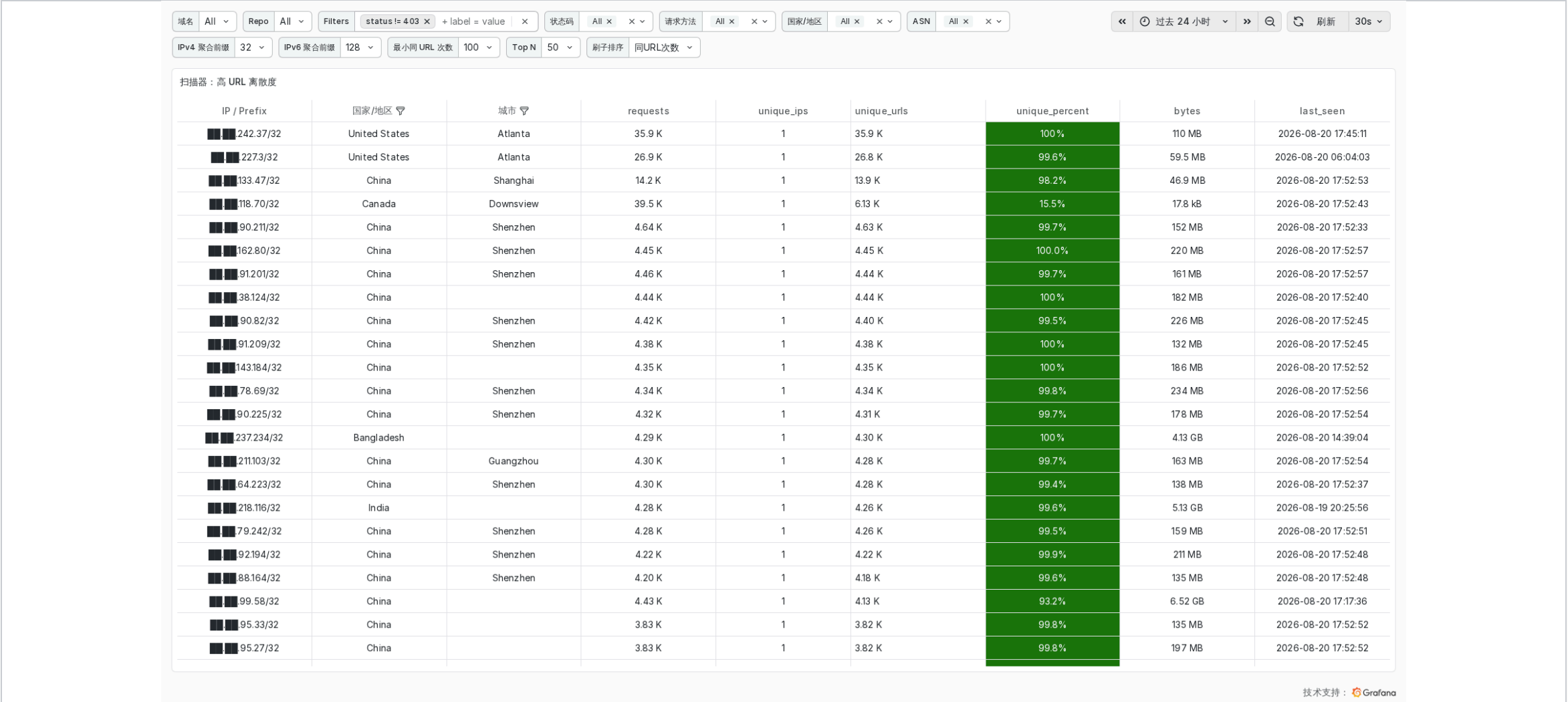


图 7 · unique_urls / requests · 客户端地址前 16 bit 已遮挡

流量异常 IP：大流量与最近请求

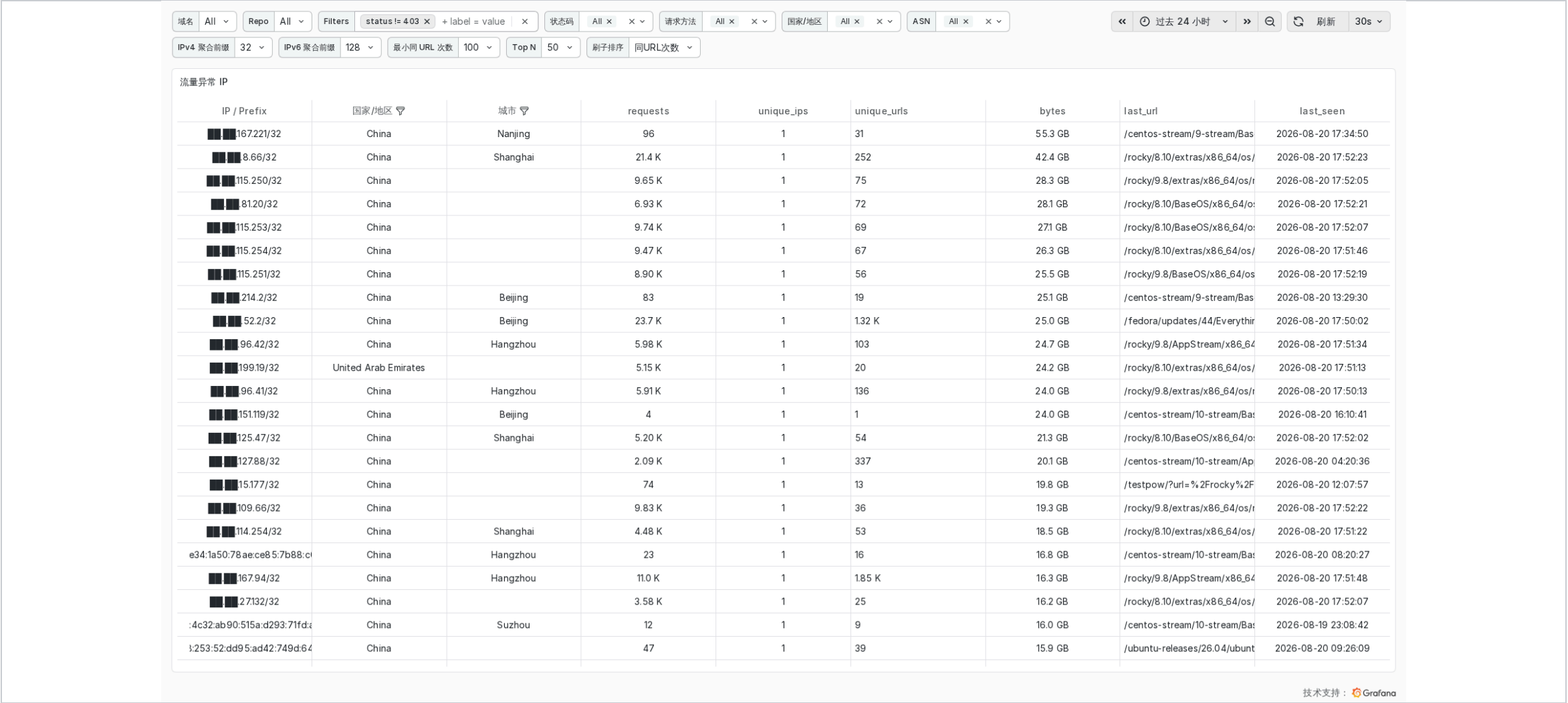


图 8 · bytes / requests / last_url · 客户端地址前 16 bit 已遮挡

仓库分享率：出站流量与仓库存量的比值

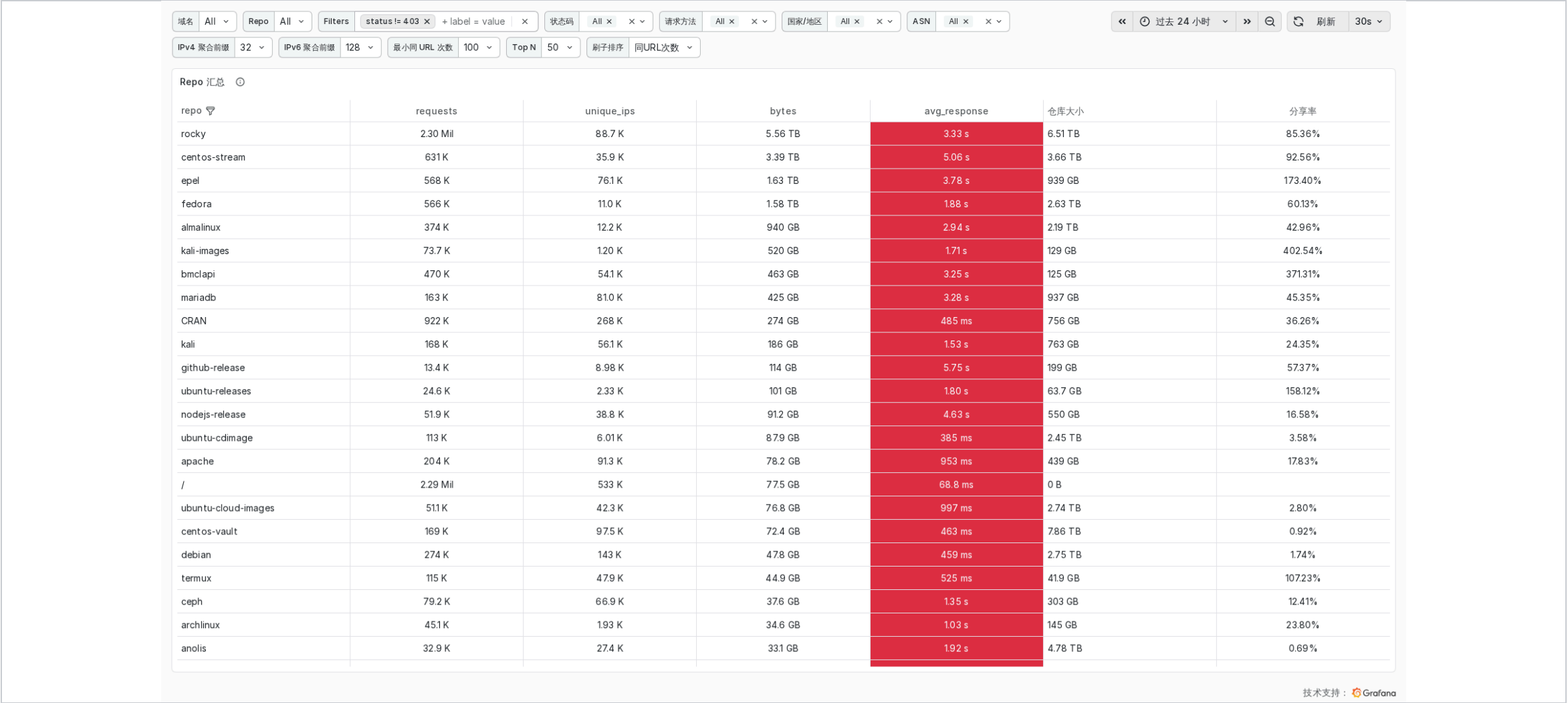


图 9 · Repo 汇总 / 分享率 · 过去 24 小时

ClickHouse 与 Vector: 容量、CPU、内存



图 10 · CK 与 Vector 资源监控 / 24h; CPU、内存来自 InfluxDB Docker 指标

同步任务、吞吐、失败与 Worker

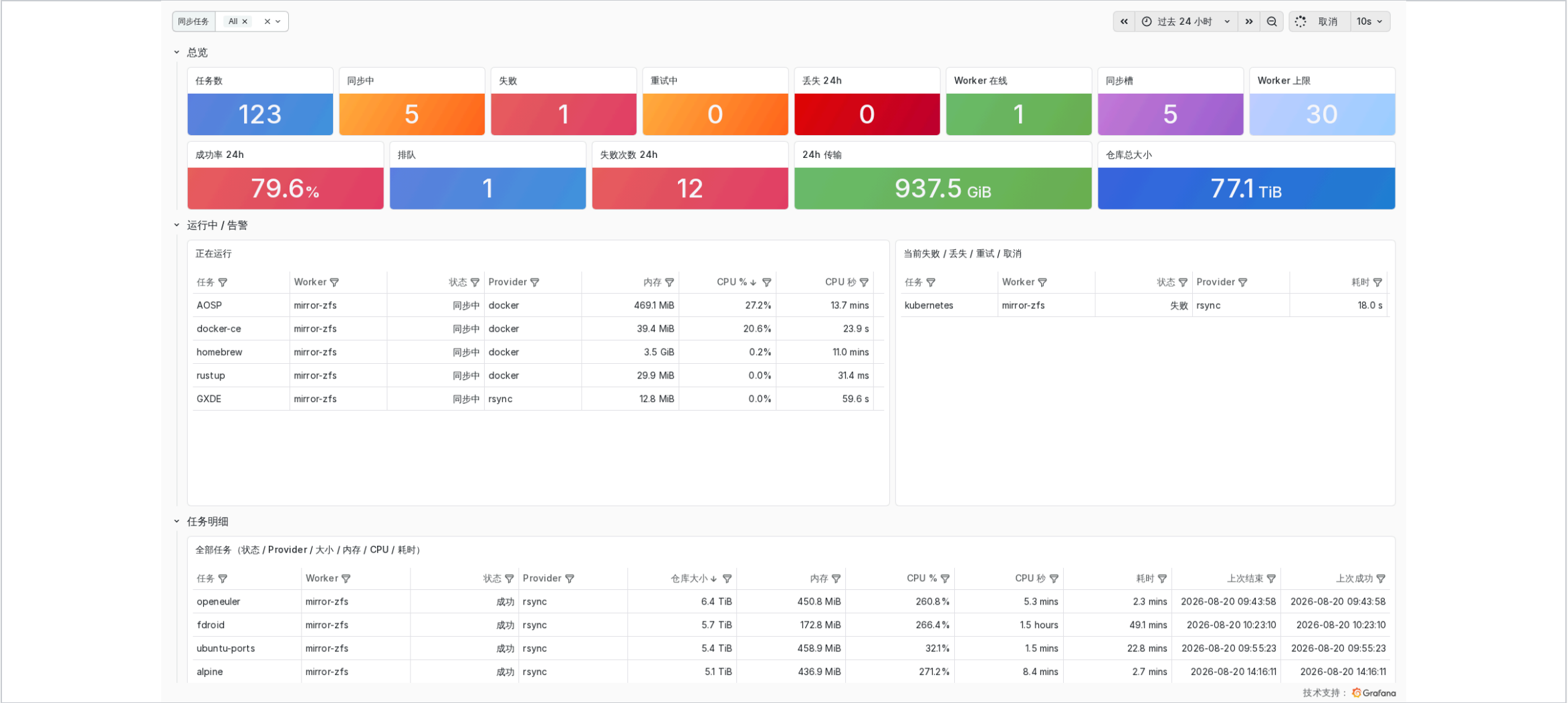


图 11 · Synora 生产总览 · github.com/Palvef/synora

终端控制台：任务状态、容量、计划时间与 Worker

● ● ●
synora-tui · production jobs · data loaded

Jobs (F1)				
JOB	STATUS	SIZE	NEXT RUN	WORKER
AOSP	cancelled	1.80 TiB	2026-08-20T18:13:24Z	mirror-zfs
Adoptium	success	262.97 GiB	2026-08-20T18:13:24Z	mirror-zfs
CPAN	success	38.58 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
CRAN	cancelled	655.93 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
CTAN	success	61.91 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
CocoaPods	syncing	5.02 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
GXDE	cancelled	148.49 GiB	2026-08-20T10:13:24Z	mirror-zfs
KaOS	success	22.31 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
OpenMediaVault	success	282.87 MiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
adobe-fonts	success	80.87 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
almalinux	success	1.37 TiB	2026-08-20T10:13:24Z	mirror-zfs
alpine	success	5.12 TiB	2026-08-20T10:13:24Z	mirror-zfs
anolis	success	3.88 TiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
anthon	success	793.69 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
aosp-monthly	success	402.53 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
apache	success	340.80 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
aports	cancelled	1.37 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
arch4edu	success	37.34 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
archlinuxarm	success	120.32 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
archriscv	success	76.46 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
armbian	cancelled	78.89 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
bazel-apt	success	8.74 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
bjlx	success	4.70 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
blackarch	success	93.46 GiB	2026-08-20T10:13:24Z	mirror-zfs
bmclapi	success	104.88 GiB	2026-08-20T10:13:24Z	mirror-zfs
centos-altarch	success	281.19 KiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
centos-stream	success	2.73 TiB	2026-08-20T12:13:24Z	mirror-zfs
centos-vault	success	3.92 TiB	2026-08-20T18:13:24Z	mirror-zfs
ceph	success	284.93 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
crates.io-index	success	21.74 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
crates.io-index.git	success	3.16 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
ctex	success	15.39 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
cygwin	cancelled	121.66 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
debian-cd	success	234.74 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
debian-multimedia	success	18.31 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs
debian-nonfree	success	71.08 GiB	2026-08-20T17:32:31Z	mirror-zfs

图 12 · Synora TUI Jobs 视图 · 数据截面 2026-08-21

优雅地 “点击房子”

这不仅是更换日志数据库，更是把网络、存储、安全、访问和同步转化为可核验的运行记录与处置依据。

基础能力	20 Gbps 双栈与全闪 ZFS
资源转折	ES 停止后 used memory 下降约 80–90 GiB
分析结果	日志链路相关表综合压缩率 14.82%，约 6.75×
运行闭环	Grafana 与 Synora 将访问、资源和同步放在同一视野