

可视化科学计算系统部署工具

hpc4you toolkit v3

HPC via Web for Cluster/集群版

用户手册

零基础、零配置构建具有Web可视化操作界面的并行计算集群

ask@hpc4you.top

2025年08月19日

目录

| | | |
|-------|-------------|----|
| 1 | 格式约定 | 5 |
| 2 | 可视化界面示例 | 6 |
| 3 | 基于本地镜像的部署方案 | 6 |
| 4 | 支持的集群架构 | 7 |
| 4.1 | 硬件与网络拓扑 | 7 |
| 4.2 | 用户数据与应用程序 | 9 |
| 5 | 安装Linux系统 | 10 |
| 5.1 | 网络规划 | 10 |
| 5.1.1 | 自动配置方案 | 10 |
| 5.1.2 | 手动配置方案 | 10 |
| 5.2 | 下载镜像 | 10 |
| 5.3 | 系统安装指南 | 11 |
| 5.3.1 | 镜像选择要求 | 11 |
| 5.3.2 | 注意事项 | 11 |
| 5.3.3 | 密码验证与IP地址获取 | 11 |
| 5.3.4 | 视频教程 | 12 |
| 5.3.5 | 寻求帮助 | 12 |
| 5.4 | 上传镜像 | 12 |
| 6 | 集群部署 | 12 |
| 6.1 | 准备工作 | 13 |
| 6.1.1 | 在微软上操作(非必需) | 13 |

| | | |
|--------|----------------------|----|
| 6.1.2 | 在master操作获取授权许可 | 13 |
| 6.1.3 | 无效授权处置 | 14 |
| 6.1.4 | 上传hpc4you toolkit压缩包 | 14 |
| 6.1.5 | 继续在master机器操作 | 15 |
| 6.1.6 | 主机名与IP地址配置规范 | 16 |
| 6.2 | 安装集群系统 | 16 |
| 6.2.1 | 运行逻辑 | 16 |
| 6.2.2 | 自助模式 | 17 |
| 6.2.3 | 技术协助模式 | 17 |
| 6.3 | 集群就绪 | 17 |
| 7 | 责任与义务 | 17 |
| 8 | 集群系统套件安装演示 | 20 |
| 9 | 管理集群: 仅限管理员操作 | 20 |
| 9.1 | 修改root密码 | 21 |
| 9.2 | 变更Web地址 | 21 |
| 9.3 | 添加用户(组) | 23 |
| 9.3.1 | 技术规范 | 23 |
| 9.3.2 | 管制逻辑 | 23 |
| 9.3.3 | 添加用户/组 | 24 |
| 9.3.4 | 删除用户/组 | 24 |
| 9.3.5 | 视频教程 | 24 |
| 9.4 | 资源分配管理 | 24 |
| 9.4.1 | 技术规范 | 24 |
| 9.4.2 | 资源与记账账户管理说明 | 25 |
| 9.4.3 | 登记集群信息 | 27 |
| 9.4.4 | 赋予用户PI管理权限 | 27 |
| 9.4.5 | 视频教程 | 27 |
| 10 | 申请成为PI: 管理员与用户均可操作 | 27 |
| 10.1 | 管制逻辑 | 27 |
| 10.2 | 课题组长/PI权限 | 28 |
| 10.3 | 视频教程 | 28 |
| 11 | 登录和使用集群: 用户层面 | 28 |
| 11.1 | 登录集群 | 28 |
| 11.1.1 | 账户初始化 | 28 |
| 11.1.2 | 账户初始化视频教程 | 28 |
| 11.1.3 | 菜单功能 | 29 |

| | | | |
|----|--------|-----------------|----|
| | 11.1.4 | 提交计算 | 29 |
| | 11.1.5 | 操作演示 | 29 |
| 12 | | 性能监测 | 29 |
| | 12.1 | Ganglia负载监测 | 30 |
| | 12.2 | Netdata集群性能实时监测 | 30 |
| | 12.3 | 关于系统监控的“生存指南” | 31 |
| 13 | | 很少用的功能 | 32 |
| | 13.1 | 集群开/关机/重启 | 32 |
| | 13.2 | 添加新机器 | 32 |
| 14 | | Web界面安全设定 | 33 |
| 15 | | 故障排除 | 33 |
| | 15.1 | Web模块无法安装 | 33 |
| | 15.2 | 重启失败 | 33 |
| | 15.3 | 软件源超时 | 34 |
| | 15.4 | 主控机器无法登录节点 | 34 |
| | 15.5 | UserControl失效 | 34 |
| | 15.6 | 502 Bad Gateway | 34 |
| | 15.7 | 意外停电 | 34 |
| | 15.8 | 某段时间后,部分节点无法工作 | 34 |
| 16 | | SLURM技能自我修养 | 35 |
| | 16.1 | 选一个浏览一下 | 35 |
| | 16.2 | 快速制作slurm脚本 | 35 |
| | 16.3 | SLURM调度器内置参数 | 36 |
| | 16.4 | 更多脚本模版 | 36 |
| 17 | | 自定义 | 36 |
| | 17.1 | 声明与警告 | 38 |
| | 17.1.1 | 配置文件说明 | 38 |
| | 17.1.2 | 配置文件修改 | 38 |
| | 17.1.3 | 责任声明 | 38 |
| | 17.2 | 用户信息LDAP | 38 |
| | 17.3 | LDAP Web前端 | 39 |
| | 17.4 | Resource Portal | 39 |
| | 17.5 | HPC User Portal | 39 |
| | 17.6 | MySQL数据库 | 39 |
| | 17.7 | nginx | 40 |
| | 17.8 | 集群名称 | 40 |

17.9 NFS共享 40

18 图片目录 41

1 格式约定

为了便于查看, 主要排版约定如下:

- 文件名或路径: `/path/file`
- 变量名: `MKLROOT`
- 命令: `command parameters`
- 需按顺序逐行执行的指令:

```
export OPENMPI=/opt/openmpi/1.8.2_intel-compiler-2015.1.133
export PATH=$OPENMPI/bin:$PATH
export MANPATH=$MANPATH:$OPENMPI/share/man
```

- 命令输出或者文件内容:

| QUEUE_NAME | PRI | STATUS | MAX | JL/U | JL/P | JL/H | NJOBS | PEND | RUN | SUSP |
|------------|-----|-------------|-----|------|------|------|-------|------|-----|------|
| serial | 50 | Open:Active | - | 16 | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 |
| long | 40 | Open:Active | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 |
| normal | 30 | Open:Active | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 |

特别强调:

1. 指令, 是逐行执行. 也就是敲完一行或者复制粘贴一行内容, 就按Enter. 不是粘贴所有指令一起贴到命令行终端.
2. 指令严格区分大小写.
3. 所谓脚本文件, 就是把按顺序逐行依次执行的指令, 写在一个文档中.
4. 除非特别强调, 所有的操作, 均是采用 root 用户来完成.
5. 所有的操作指令, 字符以及标点符号, 都是关闭输入法, 在纯英文状态下输入的.
6. 一个常识, `#开头的内容`, 都是注释. 无论#出现在指令的任何地方, 包括`#在内及其右侧所有内容`, 都是注释.
7. “在master机器操作”, 必须通过网络ssh远程登录目标机器进行操作; 否则看不到提示信息.

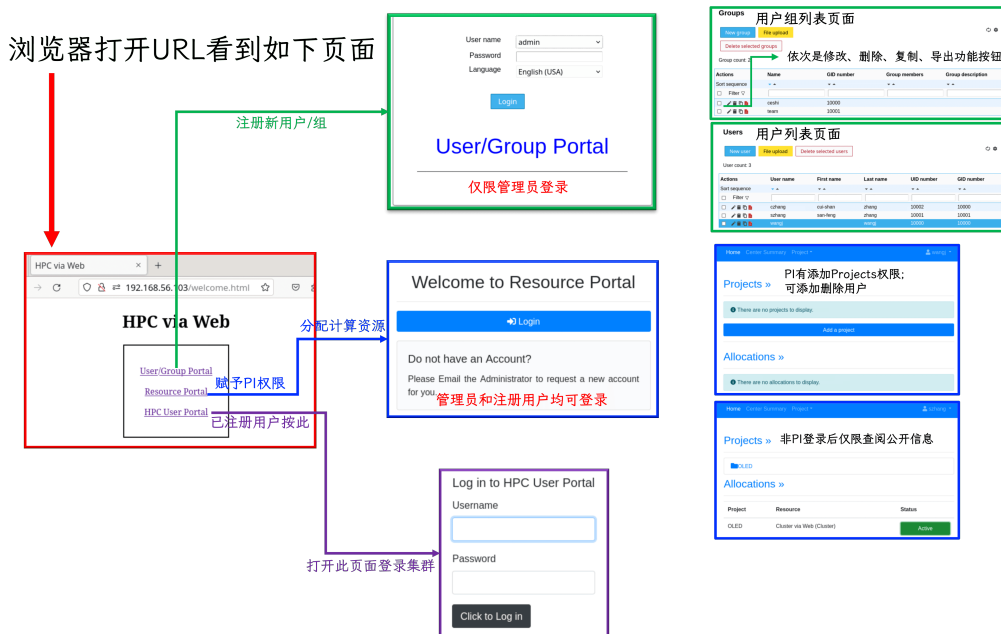


图 1: 具有Web可视化操作界面的集群系统(HPC via Web)操作界面, 示例一

2 可视化界面示例

慧计算集群工具套件(hpc4you toolkit Web v3或称HPC via Web for Cluster, 以下简称工具套件)所构建的集群系统, 其管理和用户操作均通过Web界面实现, 支持可视化鼠标点击操作. 具体操作界面示例请看图 1和图 2所示.

3 基于本地镜像的部署方案

本工具套件基于特定版本的DVD镜像构建, 所有软件包均可通过本地介质获取, **部署过程中目标服务器无需连接互联网**. 安装完成后, 集群系统可支持GPU与CPU混合调度(具体功能模块见表 1).

本离线版本, 基于可公开获取的特定版本的DVD镜像获取各软件安装包. 目标服务器无需具有互联网连接. 安装完毕后, 集群系统支持GPU与CPU混合调度.¹ 具体模块请看表 1.

本工具套件由计算化学、计算材料领域的科研工作者(非专业计算机背景)结合实际需求开发, 充分理解科学计算任务的核心诉求,

任务需求 : 明确HPC计算任务的目标

资源管理 : 合理分配计算资源

优化利用 : 最大化硬件性能

使用本工具套件, 可彻底规避科研人员在搭建高性能计算集群时常见的Linux配置难题. 操作流程极其简单:

1. 复制粘贴指令, 按Enter执行; 约7行指令.

¹根据官方手册描述, SLURM自动识别并配置GPU依赖于CUDA等驱动是否正常工作. 如果相关驱动不完备, SLURM无法自动识别GPU硬件, 则需手动调试配置. 配置完成后, 用户仅需向SLURM声明需要几个GPU, 即可自动调度GPU参与计算.

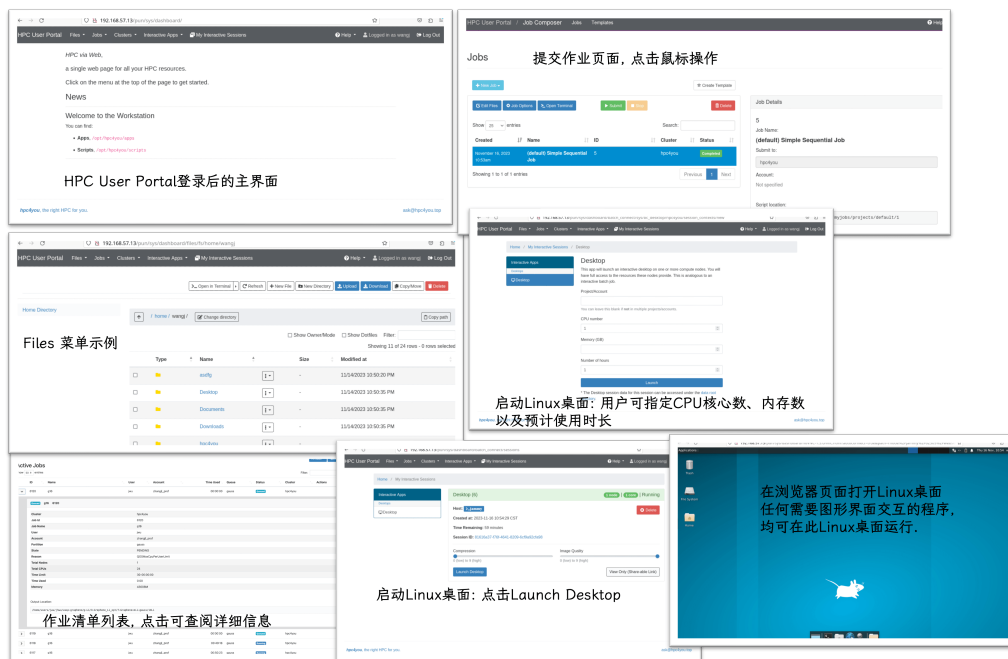


图 2: 具有Web可视化操作界面的集群系统之用户操作界面, 示例二

2. 等待系统重启, 重新登录.
3. 集群即可使用, 无需额外配置

支持的Linux发行版:

1. CentOS 7.9
2. Anolis OS 7.9
3. Anolis OS 8.8
4. RockyLinux 8.8, 8.10
5. RockyLinux 9.5
6. Debian 12.11, bookworm

4 支持的集群架构

4.1 硬件与网络拓扑

集群硬件架构方案可以查看 图 3和图 4. 各应用场景和注意事项, 请看图片上的文字, 或者查询页面<https://hpc4you.github.io/>. SLURM调度器轻松管理上万个处理器核心和各种加速卡. 实际支持的机器数量, 取决于交换机的实际容量.²

特别留意:

1. 为保证机器网络安全, 管理节点必需具备至少两个网卡, 用以隔离用户登录网络(图例中的紫色线路)和集群运算/管理网络(图例中的绿色线路).

²具有8个接口的交换机, 最多连接8台机器; 同理, 具有16个接口交换机, 最多连接16台机器, 这就是交换机容量.

表 1: hpc4you toolkit / HPC via Web for Cluster功能

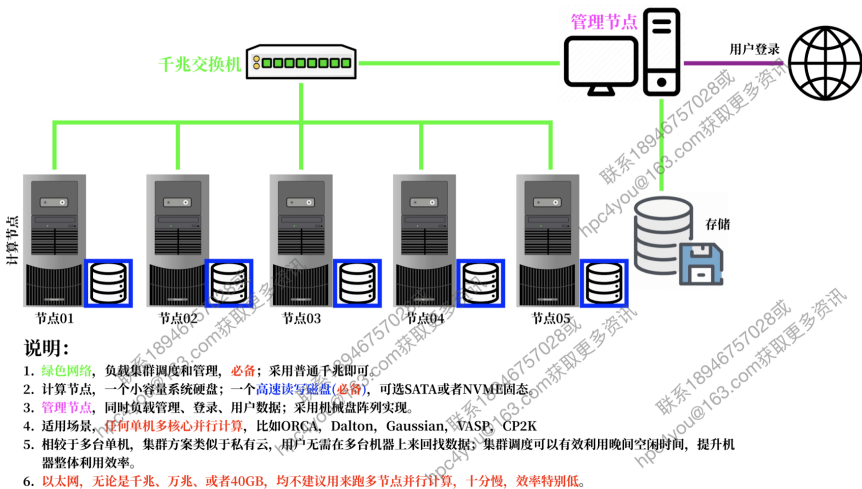
| 功能模块 | | 备注 |
|--------------------|--------|---------------------|
| CPU调度 | yes | 默认支持 |
| GPU调度 ¹ | yes | 默认支持 |
| 记账功能 | yes | 默认支持 |
| 用户管控 ² | yes | 默认支持 |
| Web界面 | yes | 默认支持 |
| 图形桌面 ³ | yes | 默认支持 |
| 性能监测 ⁴ | yes | 默认支持 |
| 添加节点 | yes | 自动, 需要新机root密码和IP地址 |
| 定价 | 7500元起 | 电邮联系ask@hpc4you.top |

¹ slurm天生支持GPU调度. 如果GPU相关驱动配置不当, slurm自动识别GPU可能无法工作, 则需手动调试.

² 用户管控, 如无计算任务, 拒绝访问任何计算节点; 限定用户仅可使用已经申请到的计算资源. 更多资讯, 请查阅https://slurm.schedmd.com/pam_slurm_adapt.html.

³ 在浏览器中使用Linux图形桌面, 可以运行任何需要交互式的图形界面程序.

⁴ 监控基于Ganglia和Netdata.



节点内并行计算集群方案

图 3: 节点内多核心并行集群. 管理节点, 连接紫色网络的IP地址, 称之为Login IP; 连接绿色网络的IP地址, 称之为master IP. 仅当紫色线路和绿色线路在同一个交换机/局域网时, Login IP 和 mater IP是同一个.

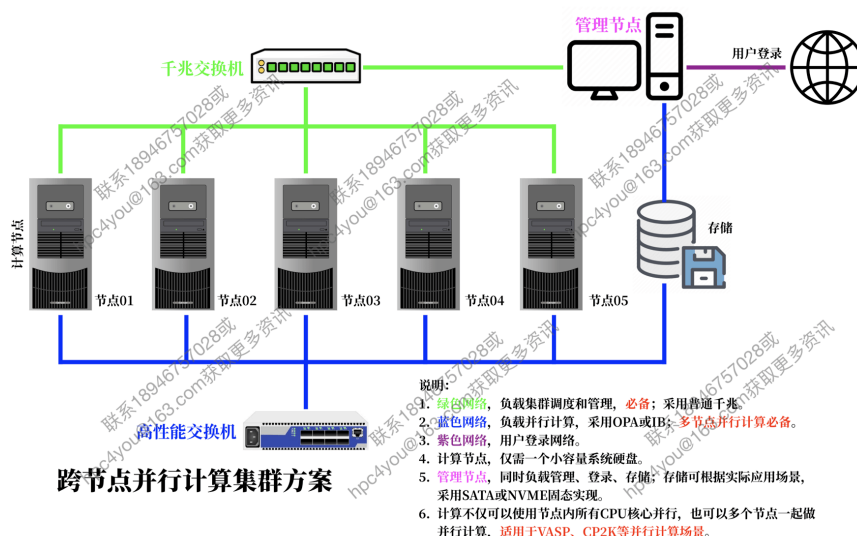


图 4: 跨节点并行集群. 管理节点, 连接紫色网络的IP地址, 称之为Login IP; 连接绿色网络的IP地址, 称之为master IP. 仅当紫色线路和绿色线路在同一个交换机/局域网时, Login IP 和 mater IP是同一个.

2. 如果管理节点仅仅负责存储空间和调度管理, 且计算节点不超过10台, 则管理节点可以使用具有两个网卡的普通PC机器或者低配置的服务器来承担. 建议CPU指令集和计算节点处理器保持一致.
3. 不必要求所有机器处理器、内存规格一样, 只要求所有机器运行相同的操作系统版本.
4. 调度器本身支持CPU、GPU以及各类加速卡的混合调用管控.

温馨提示, 合理升级网络规格, 使用单独的服务器分别承担管理、登录; 使用商用存储服务或者存储集群负责所有读写操作, 上文描述的**跨节点并行集群架构方案**, 即可适用于大规模集群. 高性能存储(或者并行文件系统)需要硬件支持, 不是耗费两三百元使用四五个硬盘就可以实现的.

4.2 用户数据与应用程序

当前集群方案, 所有机器共享/home和/opt目录. 任何后续安装的软件以及各种MPI程序, 必需安装到/opt目录, 否则无法工作.³

在实际应用中, 可以将大容量数据存储盘或者阵列挂载到/home路径; 软件安装到/opt路径即可. 如需多节点并行计算, 请升级网络和存储设备.

应用软件采用singularity/apptainer单一镜像文件(Single-Image-File, SIF)提供, 直接放在/opt, 即可通过调度器直接使用. 无需考虑任何其他MPI并行环境.

使用专业存储设备. 本集群系统当然支持专业存储设备. 请先使用本工具套件完成集群系统安装. 而后查询您的存储设备手册, 将存储空间挂到到每台机器的/home即可. 根据存储手册说明, 如有必要, 请编辑每台机器的/etc/fstab文件, 将master:/home开头的内容, 变更为#master:/home, 保存变更, 重启计算节点机器.

³如有其他路径要添加, 请在集群配置完毕后, 首先在master修改/etc/exports文件; 而后再修改所有nodeXX上的/etc/fstab文件. 也许setup_hpc --sync_do XXX能帮到您. 但是您需要具备一定的NFS以及fstab修改经验哦, 否则机器可能无法启动. 或者联系 ask@hpc4you.top 获取帮助.

5 安装Linux系统

本方案构建的并行计算集群基于Linux操作系统和SLURM调度器,采用Beowulf架构(与主流超算平台架构一致)。

5.1 网络规划

所有计算节点必须接入同一局域网。网络配置提供两种方案,用户可根据实际情况选择:

自动配置 推荐无网络基础的用户使用

手动配置 需具备网络管理能力

温馨提示: 若您熟悉DNS/DHCP服务器配置,或使用可管理交换机,可直接跳过本节内容。

5.1.1 自动配置方案

适用场景 快速部署,无需手动设置IP地址

操作步骤 第一步 准备一台普通WiFi路由器,断开其WAN口连接(确保不接入外网); 第二步 通过LAN口网线连接至交换机(参考图 3或者图 4中绿色标注的交换机接口); 第三步 系统安装时选择自动网络模式,保持网卡为启用(ON/Active)状态即可。

部署结果 所有节点通过路由器DHCP自动分配IP(可通过路由器管理页面查看);集群处于纯内网环境(无互联网接入)。

5.1.2 手动配置方案

适用场景 无路由器时的专业部署

配置方法 (任选其一): 方法1 系统安装时在NETWORK & HOST NAME界面手动配置; 方法2 安装系统后通过nmtui或ip命令配置。

关键要求 所有节点必须使用同一私有网段(如192.168.X.Y);推荐使用192.168.251.X以避免网段冲突。

可以参考如下教学视频:

- <https://www.bilibili.com/video/BV11Z4y1M7xZ>
- <https://www.bilibili.com/video/BV1Bt4y1C7CB>
- <https://www.bilibili.com/video/BV1iJ411v7FG/>

5.2 下载镜像

请根据所选的Linux发行版名称,选择对应的镜像。

CentOS 7.9 https://mirrors.nju.edu.cn/centos-vault/7.9.2009/isos/x86_64/CentOS-7-x86_64-Everything-2207-02.iso
Anolis OS 7.9 https://mirrors.nju.edu.cn/anolis/7.9/isos/GA/x86_64/AnolisOS-7.9-GA-x86_64-dvd.iso
Anolis OS 8.8 https://mirrors.nju.edu.cn/anolis/8.8/isos/GA/x86_64/AnolisOS-8.8-x86_64-dvd.iso
RockyLinux 8.8 https://mirrors.nju.edu.cn/rocky-vault/8.8/isos/x86_64/Rocky-8.8-x86_64-dvd1.iso
RockyLinux 8.10 https://mirrors.nju.edu.cn/rocky/8.10/isos/x86_64/Rocky-8.10-x86_64-dvd1.iso
RockyLinux 9.5 https://mirrors.nju.edu.cn/rocky-vault/9.5/isos/x86_64/Rocky-9.5-x86_64-dvd.iso
Debian 12.11 <https://cdimage.debian.org/debian-cd/current/amd64/jigdo-16G/>

温馨提示: Debian12.11, 基于

debian-12.11.0-amd64-STICK16GB-1.iso
sha256__5f6d628400ba27b46b9a7c67e9ec953807d2c37a4189b26b9c454416e96c24af

您可自行下载, 或联系慧计算通过EMS快递获取.

5.3 系统安装指南

5.3.1 镜像选择要求

推荐镜像 RHEL兼容系统, 必须使用前文指定的系统镜像.

Debian用户 可以使用 [debian-12.11.0-amd64-DVD-1.iso](#) 安装

5.3.2 注意事项

1. **磁盘分区配置** 在 INSTALLATION DESTINATION 选择系统硬盘, 并指定分区方式. 如有多个硬盘, 建议选择其中一个作为系统镜像, 并采用自动分区方式. 其他硬盘不要勾选.
2. **网络配置** 进入 NETWORK & HOST NAME 界面, 选择网卡, 将右侧滑块切换至 ON 状态, 点击 Configure, 进入高级设定, 在 General 选项卡勾选 Auto Connect 选项. 默认采用 DHCP 自动获取网络, 您无需其他设定.
3. **账户设置** 必须设定 root 密码, 请勿创建任何用户. 禁止创建普通用户 (特殊情况可创建 [admin-local](#) 账户供本地维护使用).
4. **未提及的配置项一律保持系统默认.**
5. **安装模式选择** 请根据自己喜欢, 选择 最小安装 或者其他模式, 包括但不限于 Server with GUI, Workstation 等. **如果Linux经验不足, 推荐采用最小安装.**

如果您不晓得任何自动批量安装系统的技术, 请重复以上的安装过程, root 密码保持一致, hostname 设定为 nodeXXX, 比如, node1, node2, node03 之类. 有且只能有一个机器的名字是 master.

特别警告: Anolis OS 7.9, 如果采用最小安装. 必须采用此镜像 https://mirrors.nju.edu.cn/anolis/7.9/isos/GA/x86_64/AnolisOS-7.9-Minimal-x86_64-dvd.iso.

5.3.3 密码验证与IP地址获取

系统登录验证

首次登录检查 使用安装时设置的 root 密码登录系统; 验证密码有效性 (确保能正常登录); 确保 `/etc/ssh/sshd_conf` 存在 `PermitRootLogin yes` (如无, 请修改; 具体查询 AI 协助).

IP地址查询 执行指令: `hostname -I`, 输出结果即为当前节点的 IP 地址.

自动网络配置用户

查看设备列表 登录 WiFi 路由器管理界面; 在 DHCP 客户端列表中可查看, 各节点的 hostname, 对应的 IP 地址分配情况.

注意事项 若未显示设备信息, 请检查: 网络连接是否正常; 路由器 WAN 口是否已断开; 节点 hostname 是否重复.

5.3.4 视频教程

视频教程, 可以参考<https://www.bilibili.com/video/BV1nC411W7Xv> 和 <https://www.bilibili.com/video/BV1iy421875y>. 无论是CentOS7.9, Anolis OS 7.9, Anolis OS 8.8, Rocky 8.8, 还是Rocky9.5, 系统安装流程雷同. 请选择Minimal Install/最小安装, 可以缩短系统安装等待时间.

Debian安装: 请使用该镜像安装系统, <https://cdimage.debian.org/mirror/cdimage/archive/12.11.0/amd64/iso-dvd/> 镜像名称是debian-12.11.0-amd64-DVD-1.iso, 可参考视频教程; <https://www.bilibili.com/video/BV1sTh3zKEk9>.

5.3.5 寻求帮助

如果您对本节内容(系统安装与网络配置)存在疑问或操作困难, 建议寻求具备系统安装及网络配置能力的技术人员协助完成.

5.4 上传镜像

特别留意: 请在系统安装完毕后, 请将上一步下载好的指定版本镜像文件, 上传到master机器, 放在master机器的/root目录下.

请勿连接互联网, 请勿运行yum update或dnf update或apt update或apt-get update.

温馨提示,
使用CentOS 7.9安装系统, 那么需要上传的镜像文件就是CentOS-7-x86_64-Everything-2207-02.iso. 其他同理. 请根据您选择的操作系统版本, 上传对应的镜像文件即可. 下载后, 不可修改镜像文件名称.

失败警告: 不兼容任何其他版本的镜像文件.

温馨提示: 在整个安装过程中, 仅系统初始安装阶段需要您直接操作物理机器. 集群系统的后续安装与配置, 您只需通过SSH远程连接至主控节点(master)即可完成所有操作, 无需单独登录任何计算节点.

注意事项

1. 系统重启时可能需要现场确认各节点状态
2. 集群部署完成后, 所有计算节点的管理权限将统一由主控节点接管
3. 集群部署完成后, 所有机器需修改为PermitRootLogin prohibit-password
4. 日常运维操作均可通过主控节点集中管理

6 集群部署

重要注意事项:

文件操作规范 禁止在Windows系统解压hpc4you_toolkit*.zip压缩包; 所有操作必须通过SSH以root用户身份在指定的登录节点执行; 必须使用unzip ; source code方式运行工具套件.

硬件准备要求 确保所有硬件设备(包括附加存储设备)已完成物理安装; 必须完成硬件安装后再进行集群系统调试; 必须保持与制作hardwareXXX.dat文件时硬件完全一致.

表 2: 网络地址规范(推荐)

| 网络地址 | 机器名/hostname |
|-----------------|--------------|
| 192.168.251.254 | master |
| 192.168.251.1 | node1 |
| 192.168.251.2 | node2 |
| 192.168.251.3 | node3 |
| ... | ... |

XX取50仅仅是一个示例。实际中，要确保选用的IP地址和办公室/实验室现有IP地址不重复。
此文件是两列多行，请勿使用其他格式。

驱动安装警告 若使用指定镜像安装系统后出现存储设备无法识别的情况，禁止安装任何第三方驱动，待集群系统完成安装调试后，再处理驱动安装事宜。系统镜像未包含的驱动均视为第三方驱动。

6.1 准备工作

6.1.1 在微软上操作(非必需)

如果晓得在Linux中如何使用vi编辑器，可以跳过所有在微软上的操作。

在微软新建一个记事本，文件名是net-info.txt。如果是参考表 2做的网络设定，那么该文件的内容应该如下：

```
192.168.251.254 master
192.168.251.1 node01
192.168.251.2 node02
192.168.251.3 node03
192.168.251.4 node04
```

其中，数字末尾和英文之间，可以采用一个或者多个空格，或者使用一个或者多个Tab键。当前示例，采用两个Tab键。注意，每一行，都只有两列。

以下是一个错误的示例：

```
192.168.251.254 master my-login
192.168.251.1 node01 server01
192.168.251.2 node02 compute02
192.168.251.3 node03 host03
```

或者，打开微软电子表格(Excel)，录入IP地址和机器名信息，样式参考图 5，而后复制电子表格中的内容，粘贴到记事本，并保存为文件名net-info.txt。

6.1.2 在master操作获取授权许可

请在您的可以上网的微软/苹果/Linux机器上，访问地址

- <http://tophpc.top:1080/getInfo.sh>，或者
- <https://doc.labitc.top/getInfo.sh>

| | A | B |
|---|-----------------|--------|
| 1 | 192.168.251.254 | master |
| 2 | 192.168.251.1 | node01 |
| 3 | 192.168.251.2 | node02 |
| 4 | 192.168.251.3 | node03 |
| 5 | 192.168.251.4 | node04 |
| 6 | | |

图 5: 电子表格内容示例

下载并保存文件`getInfo.sh`.

远程登录master机器, 上传之前下载并保存的文件`getInfo.sh`到`/root`目录. 在终端中, 执行指令,⁴

```
cd /root
bash getInfo.sh
```

你会看到类似图 6 的输出信息. **注意:** 运行上述指令时, 必须移除master机器上所有的移动硬盘、U盘等所有外置硬盘.

请将`/root`目录生成的`hardwareXXXX.dat`文件, 下载到本地, 发送给慧计算. 电邮`ask@hpc4you.top`, 微信`hpc4you`均可.

慧计算基于您提供的`hardwareXXXX.dat`文件来制作安装包. 授权许可基于上述指令抓取的硬件信息生成.⁵

安装包将通过百度网盘或者特快专递方式提供.

6.1.3 无效授权处置

如果没有授权许可, 运行任何模块, 都会看到警告信息, 详细查阅图 7.

授权失效将会诱发如下事项:

1. 您无法使用本工具套件部署集群;
2. 如果集群已经安装完成, 变更硬件会导致授权失效, 您将无法使用任何`_hpc`结尾的指令, 无法重启/关闭集群(除非手动), 在Resource Portal中的任何修改无法生效(意味着任何新添加的用户, 均无法使用集群), 也无法再次使用本工具套件的任何模块;
3. 已经添加的用户仍可继续使用集群, 集群系统会继续正常运行.

重装系统会导致现有许可失效. 请自行重置`machineID`条目即可恢复许可. 或者同时提供新旧`dat`文件, 电邮联系重新获取工具. 更多信息, 请查阅<https://gitee.com/hpc4you/hpc/blob/master/FAQ.md>以及 <https://gitee.com/hpc4you/hpc/blob/master/TOS.md>.

6.1.4 上传hpc4you toolkit压缩包

为避免不必要的麻烦, 请使用root账户操作文件上传.

上传压缩包`hpc4you_toolkit-*.zip`到master机器`/root`目录.

⁴如果质疑脚本的安全性, 请点击末尾的彩色文字, 即可在浏览器打开脚本内容. <http://tophpc.top:1080/getInfo.sh>

⁵具体细节, 可以查阅`getInfo.sh`脚本.


```
To protect your rights and ensure your eligibility for the paid hpc4you toolkit,
please send the following blue text via WeChat/WeiXin or email.
版权软件付费提供。
为验证您的付费资格并保护您的权益,请通过微信或者电邮发送以下两行蓝色内容。
Please be sure to provide the file: hardware2937.dat
that was just created in the /root directory.
请务必提供/root目录下的文件: hardware2937.dat.

94ae643487ecaa745d92ffd9a2de9d2e hardware2937.dat
SN: offline

- WeChat/Weixin/微信请联系: hpc4you
- Email/电邮,请发送至: ask@hpc4you.top

Good Luck.
```

图 6: 运行**bash getInfo.sh**指令后, 屏幕输出内容示例(背景颜色可能不同). 离线版本, 请务必下载**hardwareXXX.dat**文件, 发送给慧计算.

```
Sorry.
You are NOT licensed to run this app.
Please contact ask@hpc4you.top via email to request a valid license file.
License files are only available upon payment.
Contact ask@hpc4you.top for details.
Bye.
```

图 7: 无效授权许可会看到的提示信息(背景颜色可能不同).

上传**net-info.txt**文件到master机器/**root**目录(如直接在Linux中使用vi编辑器, 可以忽略**net-info.txt**文件相关操作).

根据教程B站视频号**BV1GY411w7ZV**操作, 文件会自动出现在master机器/**root**目录.

6.1.5 继续在master机器操作

请采用root用户通过ssh登录到master机器, 继续操作.

修改网络信息, 请依次执行指令(仅适用于在微软系统上创建了**net-info.txt**文件的情形):

```
cp /etc/hosts /etc/hosts.original
```

```
dos2unix /root/net-info.txt
```

```
cat /root/net-info.txt >> /etc/hosts
```

录入网络信息操作完毕. 请根据实际情况, 替换**net-info.txt**为实际的文件名.

如果你晓得使用vi, 请直接修改master机器上的**/etc/hosts**文件, 额外添加如下的内容并保存:

```
192.168.251.254 master
192.168.251.1 node01
192.168.251.2 node02
192.168.251.3 node03
```

6.1.6 主机名与IP地址配置规范

命名规则

禁止使用的名称 不得使用localhost或null作为主机名。

标准命名格式 必须采用node+数字的命名方式(如node123); 非标准命名将导致部分集群功能不可用。

地址映射规则

别名配置 允许单个IP地址对应多个主机名(私有别名); 私有别名可与hostname命令返回值不同; 所有别名必须指向同一物理节点

配置文件管理 新增记录将追加至/etc/hosts文件末尾; 无需修改现有文件内容; 必须确保所有主机名唯一不重复

严格限制

禁止单个主机名/别名对应多个物理节点。

6.2 安装集群系统

必须采用root用户直接远程登录主控机器完成以下各操作, sudo操作肯定失败。

请勿在您自己的电脑上解压hpc4you_toolkit*.zip压缩包。

6.2.1 运行逻辑

无论您自己使用微软、苹果或者Linux系统笔记本或者台式机, 都要求您通过任何一个SSH客户端, 远程登录到目标服务器上进行操作。直接链接键盘鼠标显示器, 在服务器上操作, 将无法看不到终端的提示信息, 进而无法复制粘贴。

Step0 上传必要的rpm/deb安装包到master机器/root路径。此类文件, 由慧计算提供, 您也可以去rpm站点下载。仅有采用最小安装模式, 才需要此rpm文件。请访问百度共享获取: 链接: <https://pan.baidu.com/s/10XS1rZhFgZHmKCUTeZJpUg?pwd=h43a> 提取码: h43a。或者查询快递U盘获取。

Step1 上传镜像文件到master机器/root路径。必须使用上文指定的特定DVD镜像, 并且不可修改镜像文件名称。

Step2 上传软件包hpc4you_toolkit*.zip到master机器上, 放在/root路径。不可修改压缩包名称。

Step3 SSH远程登录master机器, 输入指令(红色内容全是指令, 最小安装缺少unzip, tar等指令, 故此安装之; 只有最小安装模式, 需要执行此步)rpm -i *rpm 或 dpkg -i *deb

Step4 登录master机器, 输入指令(红色内容全是指令)unzip -qo hpc4you*.zip ; source code, 程序启动, 耐心等待, 按照屏幕提示操作。操作选项要么是: 请复制屏幕提示的绿色文字, 而后再次登录, 粘贴复制的绿色文字, 按回车键; 或者是, 请复制屏幕提示的绿色文字, 请确认所有机器重启完毕后, 再次登录, 粘贴复制的绿色文字, 按回车键。

其中类似Step4的操作, 需要重复几次。

6.2.2 自助模式

第一步 确认已经完成[小节 6.1](#)描述的准备工作。

第二步 确认所有机器均已开启root登录, 并且密码相同。

第三步 解压, 请输入指令(全英文输入, 中间那个是键盘上的分号):

```
unzip hpc4you*.zip ; source code
```

后续所有的操作指令, 都会自动在屏幕上以绿色显示, 直接复制粘贴按回车键即可完成集群组建。

温馨提示:

自助服务模式

技术支持政策, 选用自助模式时, 所有安装过程及使用问题, 技术支持回复仅限: “请查阅手册并参考视频教程”。学习资源, 必须仔细阅读本操作手册; 需观看B站官方视频教程; 严格按手册步骤操作可确保安装成功。

付费服务选项 增值服务 如不愿查阅手册和视频; 可选择付费技术服务; 专业集群运维托管服务

重要说明: 历史数据表明, 所有需要技术支持的情况, 均源于未认真阅读文档和观看教程, 并秉持“我以为...”的自以为是。

6.2.3 技术协助模式

第一步 确认已经完成[小节 6.1](#)描述的准备工作。提供有偿技术协助。

第二步 确认所有机器均已开启root登录, 并且密码相同。

第三步 联系慧计算, 可以根据实际需要, 采用在线视频、文字、电话技术支持。

6.3 集群就绪

按照屏幕提示, 运行完毕最后一个模块后, 会在屏幕看到提示信息, 请参考[图 8](#)。

密码信息, 管理员知晓即可, 无需分享给用户。同时密码信息也会以文本形式, 存放在登录节点, 文件名称是/root/.hpc4you/login_credentials.txt, 只有root账户可以查看。示例样式请参考[图 9](#)。

至此, 集群系统组建完毕。

特别重要: 集群系统配置完毕后, 用户不可变更或者修改或者移动master机器/root目录下的hpc4you_toolkit-web-offline*文件夹, 否则部分功能/模块无法工作。

7 责任与义务

系统配置说明

1. 本集群系统所有配置文件均以明文形式存放于默认位置
2. 除以下特殊二进制文件外, 系统仍属自由软件范畴:

· /usr/sbin/reboot_hpc

```
The cluster system installation is now complete.

The whole cluster is going to reboot in 15 seconds.
Please log in as root again after the restart
to view the administrator password and access links.

Attention Administrators/Managers,
    Please find the administrator password and links to each portal
    by running the following cmd on the master node(root only):
        cat /root/.hpc4you/login_credentials.txt

!!! Alert !!!
The client/user cannot log in the HPC User Portal
unless the Administrators/Managers,
    - first, create users via User/Group Portal
    - second, allocate resources via Resource Portal.

    For detailed instructions, please consult the manual.

Countdown to reboot: 3 ...
```

图 8: 安装完毕, 屏幕输出内容示例(背景颜色可能不同).

```
# BOF

The Linux root user is not allowed to login any Web Interface.

User/Group Portal:
    The login name is:      admin
    The password is:       liQWWvbpBqJc

Resource Portal:
    The login name is:      admin-FJGX
    The password is:       aUSaFConNvYJ

Choose a browser (Firefox, Edge, or Safari) to open the following URL
to access the HPC via Web.

    URL:      https://192.168.56.156:8404

Performance Monitoring: Real-Time Dynamics
    URL      http://192.168.56.156:19999/v2

Performance Monitoring: Historical
    URL      http://192.168.56.156:7080/hpc4you
# EOF
```

图 9: 文件login_credentials.txt内容示例(背景颜色以及链接地址可能不同).

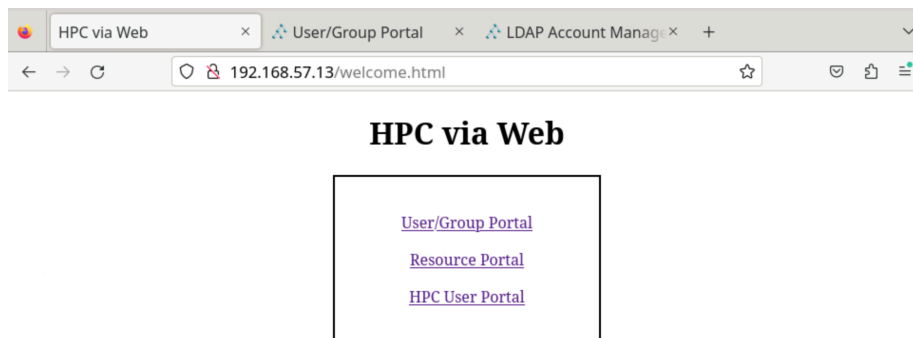


图 10: Firefox浏览器页面示例(文字样式可能不同).

- [/usr/sbin/poweroff_hpc](#)
- [/usr/sbin/loveYou_hpc](#)
- [/usr/sbin/setup_hpc](#)

用户修改权限

1. 用户有权修改系统配置文件, 但需注意:
 - 所有配置修改行为及后果由用户自行承担
 - 修改需确保参数符合实际情况并遵循配置文件格式规范
 - 合理修改(如调整slurm.conf、设定分区/队列、增删节点等)不会影响系统正常运行

技术支持范围

1. 慧计算提供的技术支持服务包括:
 - 告知各Web Portal配置文件所在目录
 - 提供相关参考手册信息
2. 慧计算不提供的服务包括
 - 配置文件编辑指导
 - 配置文件内容解读
 - 参考手册内容解读
 - 判定/回复配置文件是否合理

免责声明

1. 以下情况慧计算不承担责任
 - 因用户修改配置文件导致的系统异常

- 硬件故障(包括但不限于机器不稳定、散热异常、交换机故障等)导致的系统问题
2. 若系统部署完成后未做任何修改即出现以下异常, 慧计算将提供技术支持:
- Web Portal无法正常工作(部分特殊硬件会遭遇此情况)
 - 调度器异常
 - 队列异常

8 集群系统套件安装演示

以上文字版描述, 也可以查阅如下原始操作录屏, 无旁白.

操作录屏 <https://www.bilibili.com/video/BV1We41117Ph>, 约25分钟.

录屏剪辑版 <https://www.bilibili.com/video/BV1ca4y1y7Jj> 2分20秒, 有文字注释.

9 管理集群: 仅限管理员操作

系统管理特性

1. 本集群系统采用免维护设计, 日常工作仅限于:
- 用户账户的添加/删除
 - 通过可视化界面分配队列资源
 - 所有操作均可通过浏览器完成, 无需root权限登录

基础管理模式

1. 单一课题组使用建议:
- 为所有成员创建用户账户
 - 统一指定相同的记账账户
 - 系统将自动保持用户优先级一致

高级配置说明

1. 如需实现以下功能: 配置多队列系统; 设置差异化用户优先级. 则需要:
- 参考SLURM官方文档进行参数配置, 包括但不限于QoS
 - 或购买专业技术支持服务

重要注意事项

1. 硬件维护责任:
- 硬件故障不属于系统运维范畴
 - 出现硬件问题请直接联系设备供应商走售后流程
2. 管理权限说明:

- root账户无法通过Web界面登录
- 所有管理操作均需通过专用管理界面完成
- root账户仅用户底层Linux系统维护以及应用软件安装配置

温馨提示: 本系统设计初衷是降低使用门槛, 如管理员需要对既有设定作出变更或者调整, 建议管理员掌握基本的Linux系统管理以及Slurm管理知识, 以便更好地理解系统运行机制。对于计算用户而言, 使用体验和现有任何超算保持一致, 无任何学习成本。

9.1 修改root密码

集群组建完毕后, 可以直接在master机器, 修改root密码, 直接输入:

```
passwd  
setup_hpc --sync_user
```

按照屏幕提示操作输入新密码即可。

所有Web端的操作, 均和系统root用户无关。

最简单的安全设定是, 集群配置完毕后, 仅仅允许特定地址登录root用户。其他高级的安全设定, 请查阅Linux SSH安全设定。

首次点击[User/Group Portal](#)或者[Resource Portal](#)会看到证书警告页面, 参见图 11处理。

9.2 变更Web地址

需要root在master操作。请关闭中文输入法。

第一步

比如实际场景, master节点对外IP地址是192.168.14.254, 称之为loginIP。

修改文件[/usr/share/nginx/html/index.html](#), 替换原IP地址为新的loginIP。

示例, 如果原loginIP是100.70.0.7, 您应该会看到:

```
<p><a href="https://100.70.0.7:8406/users"> 注册用户(User/Group Portal)</a></p>  
<p><a href="https://100.70.0.7:8405"> 分配资源(Resource Portal)</a></p>  
<p><a href="https://100.70.0.7.254"> 登录集群(HPC User Portal)</a></p>
```

变更网络环境后, loginIP变更为, 192.168.14.254, 那么修改完毕[/usr/share/nginx/html/index.html](#), 相应的内容应该变更为:

```
<p><a href="https://192.168.14.254:8406/users"> 注册用户(User/Group Portal)</a></p>  
<p><a href="https://192.168.14.254:8405"> 分配资源(Resource Portal)</a></p>  
<p><a href="https://192.168.14.254"> 登录集群(HPC User Portal)</a></p>
```

其他内容无需修改。

第二步

修改[/etc/ood/config/ood_portal.yml](#), 变更第6行IP地址为新的loginIP。

第三步

执行如下指令:

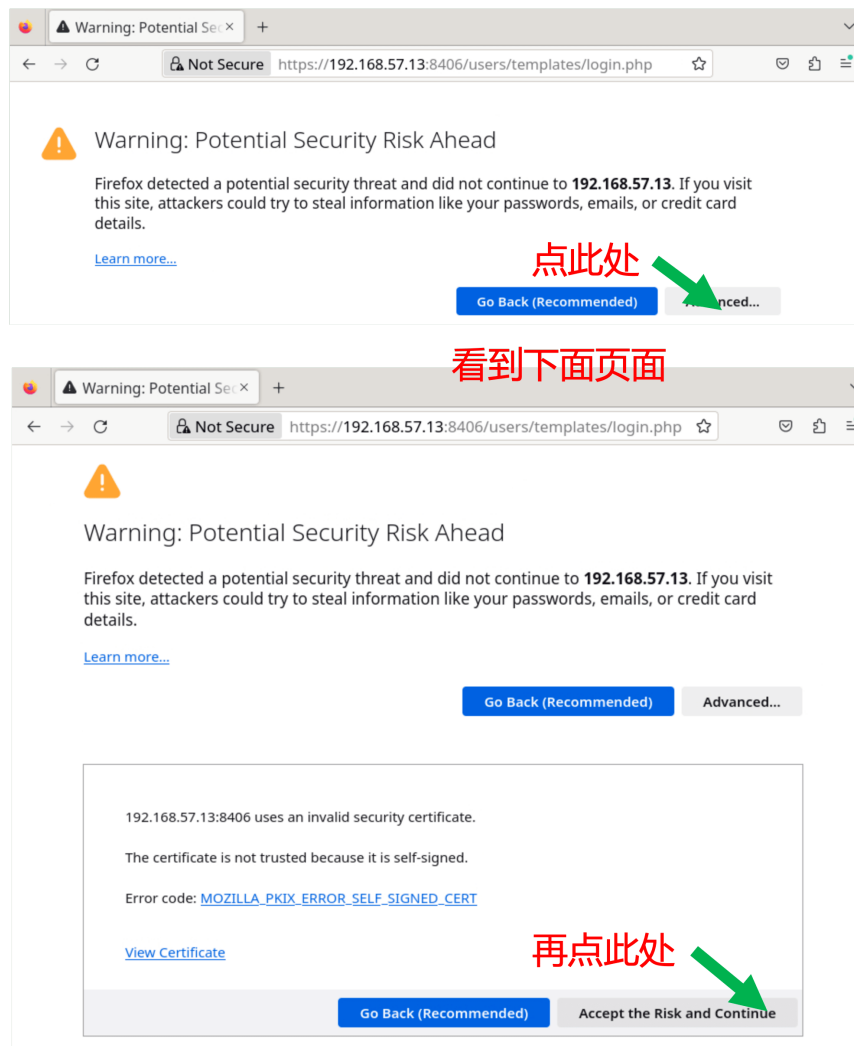


图 11: 浏览器安全证书警告, 请点击鼠标, 添加例外.

```
chattr -i /etc/ood/dex/config.yaml
chattr -i /etc/ood/config/nginx_stage.yml
chattr -i /etc/ood/config/ood_portal.yml
chattr -i /etc/nginx/nginx.conf
/opt/ood/ood-portal-generator/sbin/update_ood_portal
systemctl restart ondemand-dex
systemctl restart httpd # RHEL用户
systemctl restart apache2 # Debian/Ubuntu用户
```

第四步

用户清理浏览器缓存, 访问新地址<https://loginIP:8404>.

温馨提示: 管理员可以通过手动输入 <https://loginIP:8406/users> 以及 <https://loginIP:8405> 来访问管理端。但是, 如果未实施如上四步操作, 任何人均无法使用浏览器访问<https://loginIP>。请把loginIP变更为实际的IP地址, 例如 192.168.14.254。

访问前, 请先确认网络是否畅通。示例指令如下:

```
ping loginIP
telnet loginIP 8405
telnet loginIP 8406
telnet loginIP 80
telnet loginIP 443
```

其中,

- 8405畅通, 可以使用<https://loginIP:8405>;
- 8406畅通, 可以使用<https://loginIP:8406/users>;
- 80和443畅通, 可以使用<https://loginIP>; 也就是HPC User Portal

telnet输出结果, 请自行结合各种AI辅助工具解读。

温馨提示: Debian系统额外使用8021端口, 运行http, 提供本地镜像。

9.3 添加用户(组)

9.3.1 技术规范

注册用户(User/Group Portal)

请点击图 10 示例页面对应文字。将会看到图 12 示例页面。

特别重要: 所有输入框, 仅限英文或者拼音。详细要求, 请鼠标点击输入框后面的问号查阅。

9.3.2 管制逻辑

基于Linux系统用户组/用户模式进行权限管理。

必须先有一个用户组/Group, 再把用户归属到用户组/Group。

一个用户, 可以隶属于一个或者多个用户组。添加用户过程中, 浏览器页面会提示用户选择所属用户组。

任何使用集群系统的用户, 均需在此页面进行注册登记。

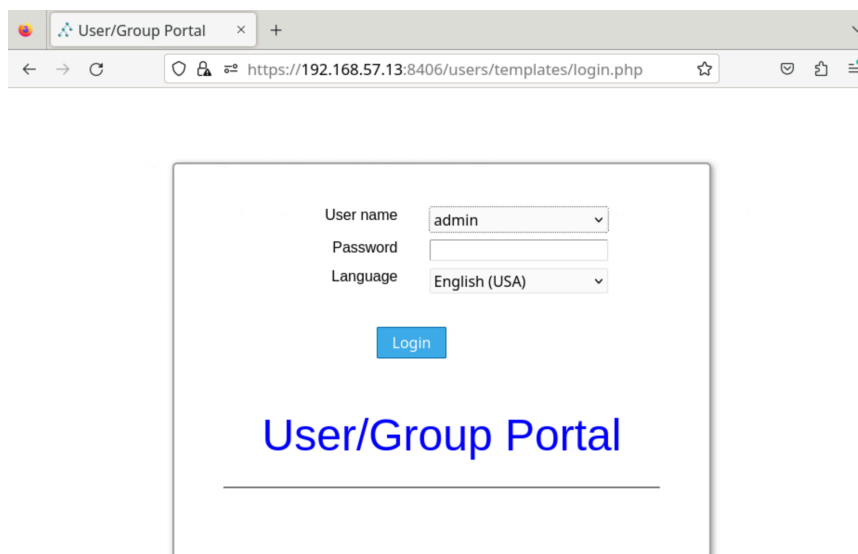


图 12: 注册用户(User/Group Portal)登录界面示例。

9.3.3 添加用户/组

添加用户组/Add Group 请点击 [Accounts](#) -> [Groups](#) -> [New Group](#)

添加新用户/Add User 请点击 [Accounts](#) -> [Users](#) -> [New user](#)

特别注意: [Email address](#)和[Gecos](#)条目必须填写。

默认的用户模板条目很多, 您可以自定义用户信息模版, 操作流程请参考图 13。

特别重要:所有的集群用户/组, 必须通过此[User/Group Portal](#)来创建。使用Linux系统指令[useradd](#)添加的用户, 无法使用集群系统。

9.3.4 删除用户/组

请打开浏览器, 访问[User/Group Portal](#), 点击打开Users列表页面, 点击删除按钮即可。

如果某用户组包含有用户, 则应该先删除所有该用户组里面的用户, 再删除此用户组。

9.3.5 视频教程

文字说明配合如下视频教程, 可能帮您迅速掌握操作流程。

- 注册用户 <https://www.bilibili.com/video/BV1eN411T7jJ>
- 简化信息模版 <https://www.bilibili.com/video/BV1uC4y1P7YA/>

9.4 资源分配管理

9.4.1 技术规范

[Resource Portal](#)

点击图 10页面中对应的文字, 即可访问。



图 13: 自定义用户信息模版操作示例(IP地址可能不同).

Resources Portal基于ColdFront. 感谢ColdFront团队的贡献. 如有闲工夫, 可以查阅ColdFront站点, <https://coldfront.readthedocs.io/en/latest/>, 获取更多原汁原味操作说明.

温馨提示: 以上Resources Portal Web端的操作, 后台会自动调用**sacctmgr**指令进行操作. 默认在master机器的计划任务中每隔三分钟执行一次. 在master机器输入**crontab -l**会看到:

```
*/3 * * * * /sbin/loveYou_hpc 2>/dev/null
```

请勿删除此计划任务. 故此, 任何在Resources Portal的操作, 5分钟内必生效.

依旧支持完整的**sacctmgr**指令模式. 您依旧可以使用**sacctmgr**指令, 进行**slurm accounting**, **QoS**等方面的操作. 请无视或者忽略Resources Portal即可. 指令模式的**sacctmgr**如何使用, 不在本手册讨论范围内.

特别重要: 所有输入框, 仅限英文或者拼音.

9.4.2 资源与记账账户管理说明

本文所述记账账户特指Slurm调度系统原生支持的资源计量功能(Native Accounting), 其核心特征包括: 精确到用户/项目的资源消耗统计; 包含CPU时、GPU时、内存占用等核心指标; 支持walltime/实际使用时间比对. 所有第三方计费系统均依赖Slurm生成的原始使用记录进行二次加工. 虽然记账账户本身不直接处理金融结算, 但为计费系统提供: 不可篡改的资源使用证据链; 可追溯的历史记录(保留周期可配置); 多维度统计报表生成基础. Slurm调度器中, 任何涉及优先级限定、资源限定(作业数目等)都依赖于Slurm数据库来实施. 详情, 参考 <https://slurm.schedmd.com/accounting.html>.

用户权限与访问控制:

1. 资源门户(Resource Portal)访问权限:

- 所有集群用户均可登录访问
- 未登录用户仅可查看资源分配信息(只读权限)

2. 管理员专属权限



图 14: 计算中心—PI—项目管理模式

- 资源申请的审批操作(批准/拒绝)
- 记账账户的分配与管理
- 赋予用户PI权限

项目管理机制:

1. 项目创建权限: 仅限课题负责人(PI)
2. 成员管理
 - PI可添加/移除项目成员
 - PI可指定项目管理员(Manager)
 - 项目管理员拥有成员管理权限(添加/删除用户)

特别注意: 所有用户必须已在User/Group Portal完成注册.

一个简单可行的项目管理可参考图 14.

记账账户管理规范:

1. 账户分配原则
 - 资源申请时由管理员为PI分配Slurm记账账户(**slurm_account_name**)
 - 支持灵活配置
 - 多项目共用同一账户
 - 各项目独立账户
 - 各用户独立账户
 - **推荐, 一个项目一个账户**
2. 用户多账户说明
 - 单个用户可参与多个项目

- 默认使用主账户
- 可指定使用其他项目账户

更多技术讨论, 请参阅Slurm官方, <https://slurm.schedmd.com/accounting.html>.

9.4.3 登记集群信息

本离线版本, 会自动录入slurm数据库信息, 无需手动登记.

9.4.4 赋予用户PI管理权限

任何PI/课题组长可以在此系统登记Project信息, 并添加用户到自己的Project以及户头/记账账户(slurm account).

注意, PI/课题组长具有部分用户管理权限, 所以添加PI到系统, 需管理员单独确认.

以用户tom为例, 演示如何将其提升为课题负责人(PI).

第一步 使用tom登录分配资源(Resource Portal), 成功登录后, 然后点击右上角Logout.

第二步 使用管理员登录分配资源(Resource Portal), 依次点击Admin -> ColdFront Administration -> (左侧最下方) User profiles -> 点击tom -> 勾选 Is PI -> SAVE; 至此, 已经向Resources Portal系统声明, tom用户是PI/课题组长.

tom可以再次登录分配资源(Resource Portal), 创建项目, 添加用户, 申请资源; 或者将用户从某Project中移除(比如学生毕业了). 当然, PI只能添加已经被管理员添加到User/Group Portal系统的集群用户.

演示视频: [BV1PM411C7Cs](https://www.bilibili.com/video/BV1PM411C7Cs) (请点击彩色文字或者复制彩色文字去B站搜索).

可以看出, Resources Portal的核心逻辑就是, 和PI直接打交道. 至于添加哪些用户到哪些项目, 是PI自己根据实际需求来操作的. 管理员, 只需审核一下(看一下记账账户是否正确), 然后点击鼠标通过即可(Approve).

9.4.5 视频教程

赋予PI权限 <https://www.bilibili.com/video/BV1xN411T7XN>

审核资源申请 <https://www.bilibili.com/video/BV1ka4y1U7eX>

10 申请成为PI: 管理员与用户均可操作

10.1 管制逻辑

任何一位已经在User/Group Portal登记注册的用户, 都可以向管理员申请, 成为课题组长/PI.

或者管理员, 根据实际工作经验, 结合如下两种模式, 可以自行确认哪位用户ID具有PI权限.

模式1 集群仅有你们一个课题组使用, 建议管理员自己作为PI, 创建一个项目, 把所有用户添加到项目即可. 无需记录slurm_account_name信息.

模式2 有多位老师使用集群。一般而言, 每个老师下面可能会有多位学生。此种情形, 建议给每一位老师创建一个PI权限的账户。虽然, 这些PI权限的账户未必会直接登录做计算, 但是管理起来很方便。管理员仅需以PI的账户登录Resource Portal, 添加对应的学生到项目即可。管理起来十分清晰明了。否则, 您可能需要查阅slurm手册, 十分精通slurm account数据库相关的操作。

10.2 课题组长/PI权限

在HPC使用层面, 课题组长/PI和普通用户没有差异。

仅仅在Resource Portal系统中, 课题组长/PI具有如下权限:

- 创建或者移除项目/Project
- 申请计算资源
- 添加用户到自己的项目/Project, 或者从自己的项目/Project移除用户。
- 指定某一位用户为Manager(项目管理员), 该管理员可以从Project添加用户、删除用户。

10.3 视频教程

仅有课题组长/PI可以创建项目和申请资源, 视频教程在此 <https://www.bilibili.com/video/BV15C4y177Q9>。

显然, 课题组长/PI在Resource Portal所有操作, 管理员都可以代劳。

11 登录和使用集群: 用户层面

11.1 登录集群

传统SSH指令模式和Web界面并存。

SSH访问模式, 不再赘述。

温馨提示: 用户信息已经交由User/Group Portal管控, Linux系统自身的useradd, groupadd, userdel, passwd等添加的用户和用户组, 无法使用Web界面。

[HPC User Portal](#)

点击图 10页面中对应的文字, 即可访问。

11.1.1 账户初始化

用户首次登录[HPC User Portal](#), 需要完成账户初始化操作。

请根据页面文字指引, 点击鼠标, 并输入yes, 然后按Enter键, 而后输入密码(输入密码过程中屏幕不做任何反应), 再次按要求点击鼠标。

操作过程中, 请关闭中文输入法。

11.1.2 账户初始化视频教程

请查阅链接 <https://www.bilibili.com/video/BV1sW4y1p7Eh>。

11.1.3 菜单功能

登录[HPC User Portal](#)之后, 你可以:

- 点击[Files](#)菜单, 进行文件相关的操作, 包括但不限于查看、编辑、上传、下载文件.
- 点击[Jobs](#)菜单, 查看或者提交新计算
- 点击[Clusters](#)菜单, 通过浏览器进入Shell指令模式
- 点击[Interactive App -> Desktop](#), 开启Linux桌面(仅专业版本提供).

可开启Linux桌面, 意味着, 可以使用任何需要在图形界面下才可以使用的专业软件.

11.1.4 提交计算

其中Job composer, 用来新建计算任务, 点击鼠标通过调度器自动运行. 其业务逻辑/work flow是,

1. 选择从之前的作业创建新任务. 那么会自动拷贝既有作业目录下的所有东西, 到一个新目录, 并提示用户修改输入文件等等, 然后点击[Submit](#)提交任务. 这里涉及的目录创建、跳转是自动的, 无需用户关心. 该业务逻辑/业务流程适用于, 已经完成了部分计算, 然后在输出结果基础之上, 稍作修改, 做新的计算.
2. 或者提示用户输入脚本路径, 会自动拷贝该路径下的脚本到一个新目录, 提示用户点击鼠标上传输入文件到此目录; 如有必要, 点击鼠标修改模版脚本, 然后点击提交. 这里涉及的目录创建、跳转是自动的, 无需用户关心. **如果无需修改CPU和内存数目, 直接提交即可.**

11.1.5 操作演示

演示视频: [BV1PM411C7Cs](#) 1:02开始 (请点击彩色文字或者复制彩色文字去B站搜索).

Job composer演示部分, 涉及两种类型的计算软件:

1. VASP类, 无需指定输入文件名称, 仅需修改脚本指定核心和内存;
2. Gaussian/ORCA类, 需要修改脚本指定输入文件名; 同时在脚本和输入文件设定核心和内存, 并且确保输入文件和脚本申请的资源一致.

显然, 软件和脚本需要做针对性调试.

HPC User Portal基于Ohio State Univ的开源项目Open OnDemand实现, 有改动, 并非100%自主知识产权产品.

12 性能监测

历史监控 <http://A.B.C.D:7080/hpc4you>, powered by Ganglia.

实时监控 <http://A.B.C.D:19999>或<http://A.B.C.D:19999/v2>, powered by Netdata.

实际访问链接, 请查阅master机器上文档: /root/hpc4you/login_credentials.txt.

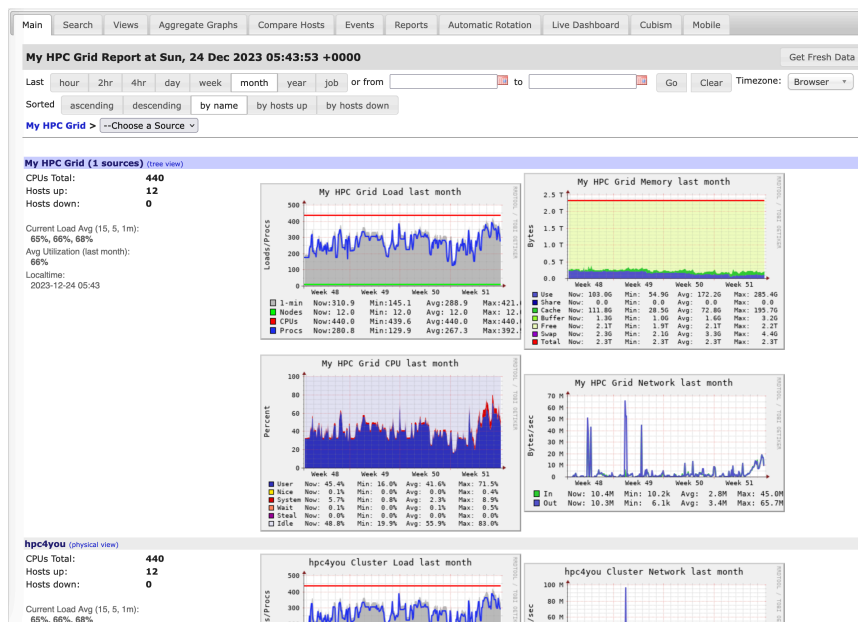


图 15: Ganglia集群性能监测示例。

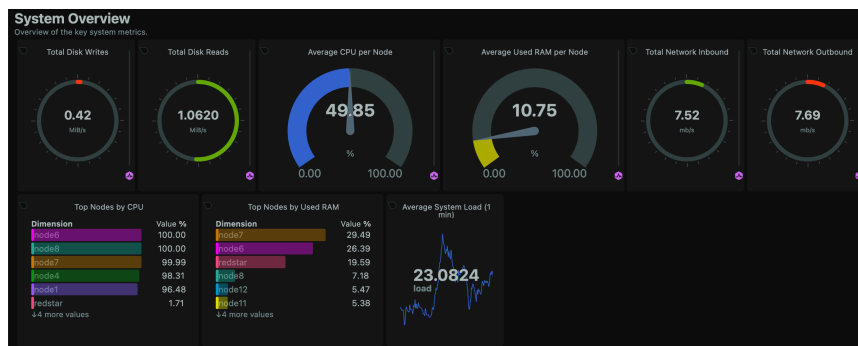


图 16: Netdata实时性能监测信息之系统综合负载动态图(默认每秒刷新, 实际上是动图)。

12.1 Ganglia负载监测

如果计算节点不在同一个局域网, 可能导致ganglia运行失败。

This section describes installing and testing Ganglia, a system for monitoring and capturing metrics from services and components of the cluster.

所用使用的监控组件/安装包, 均来自对应Linux发行版官方软件源。

12.2 Netdata集群性能实时监测

该模块是专业版本附赠模块, 不保证可用性。

采用Netdata采集实时监控数据, 默认仅仅存储1小时历史数据。自动汇集所有计算节点监控数据到登录节点或者管理节点, 实时显示。

使用示例, 请看图 16和图 17。



图 17: Netdata展示的各节点监控信息示例。

12.3 关于系统监控的“生存指南”

观众类型学分析

- 技术大佬型
 - 典型问题: “网络架构是IB还是以太网? 存储用Lustre还是GPFS?”
 - 关注指标: 网络带宽峰值、I/O吞吐量、延迟分布
- 实用主义型
 - 灵魂拷问: “内核版本? 最大内存支持? 调度器配置?”
 - 必问项目: 文件系统选型、作业排队算法、故障转移方案
- 观光打卡型 (俗称“小菜”)
 - 经典三连: “机箱灯光好酷! 页面主题哪下载的? 好落后还用黑老粗的铜缆, 光纤不香吗?”
 - 迷惑行为: 试图触摸服务器散热孔判断温度

监控数据的正确打开方式

当用户遇到“我的作业跑得比蜗牛还慢”时, 可以可视化溯源, 如图 18.

权限哲学

- 命令行派: 需要root权限的**perf btop**才是真爱
- 图形界面派: Web端聚合数据更香(零权限要求)
- 真相: 两者结合使用效果最佳

领导视察时建议全屏展示温度云图, 视觉效果最佳(手动狗头).

如果您对于本节描述的各项内容, 没有任何兴趣或者也不晓得在讲什么事情, 那么您用不到性能监测模块.

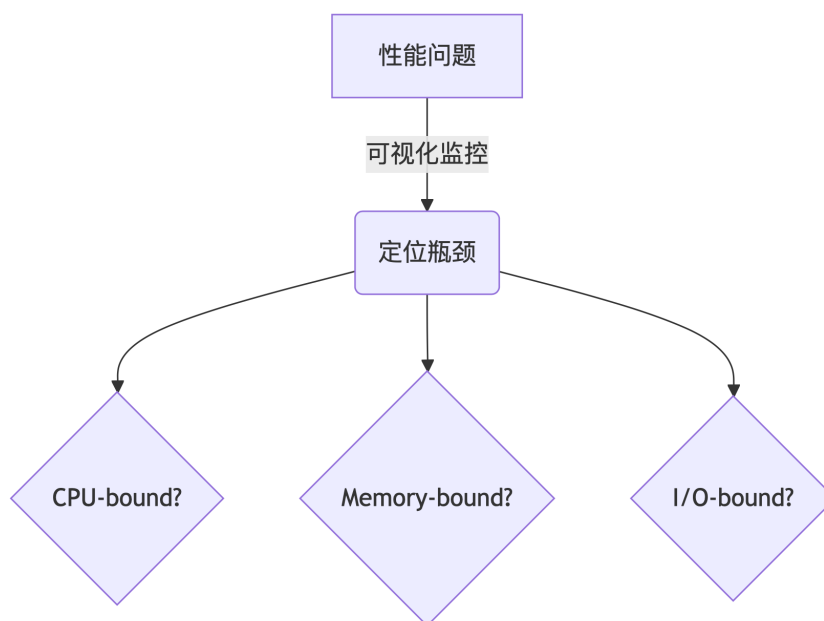


图 18: 性能瓶颈可视化分析.

13 很少用的功能

13.1 集群开/关机/重启

无论何种情形, **开机**, 是先开启交换机电源, 开存储设备电源(如有), 再开启主控/管理节点. 待管理节点启动完毕后, 再开启其他计算节点.

关机, 通过IPMI方式, 或者在master机器终端执行:

```
poweroff_hpc
```

重启, 通过IPMI方式, 或者在master机器终端执行:

```
reboot_hpc
```

如果机器具有IPMI功能, 请联系硬件供货商, 配置IPMI, 并查询手册, 学习如何使用IPMI. 如果不想使用指令, 那么去现场按电源吧.

13.2 添加新机器

执行**addNewComputeNode.sh**, 自动配置, 无需拆卸硬盘. 不影响既有集群和正在运行、排队任务.

在master机器执行**./addNewComputeNode.sh**, 按照屏幕提示, 输入:

1. 新机器的IP地址, 按回车键
2. 输入新节点的名字, default node name, 比如是node8, 按回车键. 显然不能和已有机器同名. 必须是nodeXX
3. 自定义节点名称, charming node name of the new node, 比如是amd01, 按回车键. 显然不能和已有机器同名.


```
THIS MAY TAKE A WHILE, PLEASE BE PATIENT!!!  
[███] OK!  
!!! Error !!!  
  
!!! Single SSH Session Only !!!  
Make sure your SSH client is connected to the target server with only one window open.  
Bye.
```

图 19: Web模块安装失败, Single SSH session warning.

然后等待. 等待时间与网络带宽、硬盘读写快慢有关, 大约30分钟起步.

只要新机器的IP地址和root密码. 新机器原来叫什么名字, 没有任何关系

需要事先给新机器安装好Linux系统, 并配置完毕集群私有网络, 无需互联网.

14 Web界面安全设定

由于HPC User Portal未采用SSL加密, 可能泄漏用户密码. 建议在用户和登录服务器之间, 采用虚拟专用网络来提升安全性. 或者购买合法域名、申请互联网IP、域名备案、购买合法TLS/SSL证书, 开启SSL加密提升安全性. 相比较而言, 采用虚拟专用网络是最为便捷的方案. 数据不跨境, 合法合规使用. 以上仅仅是可行方案, 并不代表是最佳解决方案.

不过实际场景, 很多课题组, 都是在物理隔离的安全内网, 使用计算集群. 登录节点, 也就是HPC User Portal所在的服务器, 是处于安全的网络环境下, 各位同学之间, 也不会无聊到通过网络技术嗅探他人密码. 可能存在个别同学在内网练习网络技术, 那就家法吧.

15 故障排除

以下可能存在的故障, 很少发生.

15.1 Web模块无法安装

如果在安装过程中, 看到图 19警告信息, 请勿惊慌. 请按照提示, 退出所有的SSH登录, 保证仅有一个窗口以root身份等到服务器即可.

如果您还是不明白如何操作, 请告诉所有用户, 请勿登录, 然后重启机器, 并以root用户登录, 继续操作运行`./enable_Web-Interface.sh`即可. 显然如果您找不到路径的话, 最好复制屏幕之前提示的路径信息.

15.2 重启失败

本集群系统, 在安装过程中, 需要通过重启操作, 来确认某些特定组件模块, 在机器重启之后能正常工作. 如果机器重启失败, 或者在3分钟内未完成重启, 安装进程会标注为某某机器安装失败, 导致对应节点不能顺利添加到集群系统中.

一般来说, 对于真实的服务器, 几乎不会出现重启失败的问题. 如果机器重启耗时超过三分钟, 请登录主控节点, 编辑文件`/root/.hpc4you/status`, 将里面的数字“3”修改为“5”, 即代表, 重启等候时间是5分钟.

如果在执行某模块的时候, 出现机器重启失败, 请手动重启机器, 并尝试多次重启该机器, 确认机器可以顺利重启完成. 然后, 重新运行对应模块即可. 注意, 带有数字尾标的模块, 如需重新运行, 需要从尾号为1的子模块开始运行. 比如运行`./step3.sh`的时候, 机器重启失败, 那么确认机器重启正常后, 需要从`./step1.sh`重新开始操作.

15.3 软件源超时

离线模式, 不需要互联网, 无此问题.

15.4 主控机器无法登录节点

发生频率, 罕见. 但是也有发生过, 在Rocky9系统的机器上遇到过. 故障发生在运行`./step1.sh`之后. 如有发生, 请手动重启计算节点, 即可恢复正常.

注意, 这个如有发生, 是发生在集群系统安装过程中.

如果集群调试完毕, 运行了一段时间再出现这个问题, 那么建议排查安全风险: 比如你的root密码是否有泄漏, 计算节点的root权限是否被他人修改等等.

15.5 UserControl失效

如果多次运行`./enable_Web-Interface.sh`, 可能导致之前设定的用户行为管理失效. 请再次运行`./enable_UserControl.sh`即可.

在运行`./addNewComputeNode.sh`之后, 也请再次运行`./enable_UserControl.sh`模块.

15.6 502 Bad Gateway

访问[Resource Portal](#), 看到如下提示信息:

```
502 Bad Gateway
nginx/1.20.1
```

请确保在运行`./enable_Web-Interface.sh`按照屏幕提示重启master节点.

不当终止用户进程(比如使用`pkill -9 -u userName`), 在添加新节点后, 用户登录[HPC User Portal](#), 也会遭遇类似问题. 如有发生, 请重启master节点或者整个集群.

15.7 意外停电

如果没有UPS/EPS等设备, 突发停电之后, 集群可能无法工作. 请按照如下顺序操作:

1. 按照手册要求, 对整个集群, 先关机, 而后开机.
2. 执行 `setup_hpc --sync_hosts`
3. 执行 `setup_hpc --sync_time`
4. 执行 `reboot_hpc`

如果以上四个步骤操作完毕后, 还未修复, 请电邮联系 ask@hpc4you.top 获得技术支持.

15.8 某段时间后,部分节点无法工作

集群运行正常, 过了一段时间后, 某个节点或者部分节点无法加载计算任务, 重启节点也无效. 这种故障很罕见, 多数发生在老旧机器上.

原因是, 老旧机器BIOS电池故障/缺陷, 导致机器硬件时间和主控节点偏差太大, 集群鉴权无法工作.

先同步时间`setup_hpc --sync_time`, 而后重启故障节点即可恢复正常工作状态.

某些新机器, 由于主板缺陷, 也会发生系统时间故障, 处理方法同上.

16 SLURM技能自我修养

集群构建方案由hpc4you开发. 使用的调度器slurm为标准开源版本. 在使用层面, 和官方描述的使用策略无任何差别.

16.1 选一个浏览一下

1. <https://slurm.schedmd.com/>
原版英文手册最佳
2. <https://docs.slurm.cn/users/>
中文资料
3. <http://hml.i.ustc.edu.cn/doc/userguide/slurm-userguide.pdf>
中国科大超级计算中心出品
4. <https://bicmr.pku.edu.cn/~wenzw/pages/slurm.html>
北京大学某研究组出品
5. <https://www.cloudam.cn/help/docs/cloudE10>
查看slurm作业管理系统部分北鲲云编写
6. <https://leo.leung.xyz/wiki/Slurm>
centOS8 PAM Slurm Adopt Module | Very nice wiki.

16.2 快速制作slurm脚本

参考这个站点

<https://www.hpc.iastate.edu/guides/classroom-hpc-cluster/slurm-job-script-generator>.
一个简单的slurm脚本设定, 只需在这个页面上填写:

Number of compute nodes 1 数字1代表使用一个节点.

Number of processor cores per node 16 数字16表示一个节点上使用16个CPU核心.

Walltime 18 数字18代表18个小时. 如果计算没有在18小时内完成, 会被调度器杀掉.

Max memory per compute node 12 数字12表示, 需要这个节点给12GB内存.

其他项目可以不填写. 会得到一个类似的内容:

```
#!/bin/bash

# Copy/paste this job script into a text file and submit with the command:
# sbatch thefilename

#SBATCH --time=18:00:00 # walltime limit (HH:MM:SS)
#SBATCH --nodes=1 # number of nodes
#SBATCH --ntasks-per-node=16 # 16 processor core(s) per node
#SBATCH --mem=12G # maximum memory per node
#SBATCH --job-name="test"

# LOAD MODULES, INSERT CODE, AND RUN YOUR PROGRAMS HERE
```

如果, 没有调度器的时候, 作业运行指令是:

```
module load vasp_mpi
mpirun -np 16 vasp_std
```

那么, 创建一个文件, 比如`job01.pbs`, 内容如下:

```
#!/bin/bash

# Copy/paste this job script into a text file and submit with the command:
# sbatch thefilename

#SBATCH --time=18:00:00 # walltime limit (HH:MM:SS)
#SBATCH --nodes=1 # number of nodes
#SBATCH --ntasks-per-node=16 # 16 processor core(s) per node
#SBATCH --mem=12G # maximum memory per node
#SBATCH --job-name="test"

# LOAD MODULES, INSERT CODE, AND RUN YOUR PROGRAMS HERE

module load vasp_mpi
mpirun -np $SLURM_NTASKS vasp_std
```

一句话, 就是把之前的运行指令, 附在脚本的最后面; 把原来的`-np XX`中的XX修改为`$SLURM_NTASKS`, 仅此而已.

如何提交:

```
qsub job01.pbs
或者
sbatch job01.pbs
```

16.3 SLURM调度器内置参数

slurm调度器中更多控制参数, 请看图 20.

16.4 更多脚本模版

慧计算提供的slurm脚本模版在此, 可参考.

https://gitee.com/hpc4you/hpc/tree/master/slurm_scripts

17 自定义

本工具套件在安装过程中, 必须严格按照此手册描述之流程操作, 不可变更.

安装完毕后, 默认创建一个队列, `workq`, 所有的节点都在该队列, 如果用户不通过脚本主动申明, 那么默认一个`cpu_core`搭配512MB或者1024MB内存.

安装完毕后, 各Web端, 默认占用: 80, 5666, 8404, 8405, 8406, 19999端口.

集群系统部署完毕后, 整个Linux系统依旧属于自由软件范畴, 如果您拥有root权限, 您可以自由变更任何配置文件, 但需承担所有责任.

重要提示

文件权限说明

1. 系统关键配置文件已通过`chattr`命令设置为只读属性
2. 如需修改, 请先使用相应命令解除只读限制

技术支持政策

1. 用户自行修改配置文件后

| SLURM Variables | Torque/MOAB | Description |
|--------------------------------------|---------------|---|
| SLURM_ARRAY_TASK_COUNT | | Total number of tasks in a job array |
| SLURM_ARRAY_TASK_ID | PBS_ARRAYID | Job array ID (index) number |
| SLURM_ARRAY_TASK_MAX | | Job array's maximum ID (index) number |
| SLURM_ARRAY_TASK_MIN | | Job array's minimum ID (index) number |
| SLURM_ARRAY_TASK_STEP | | Job array's index step size |
| SLURM_ARRAY_JOB_ID | PBS_JOBID | Job array's master job ID number |
| SLURM_CLUSTER_NAME | | Name of the cluster on which the job is executing |
| SLURM_CPUS_ON_NODE | | Number of CPUs on the allocated node |
| SLURM_CPUS_PER_TASK | PBS_VNODENUM | Number of cpus requested per task. Only set if the --cpus-per-task option is specified. |
| SLURM_JOB_ACCOUNT | | Account name associated of the job allocation |
| SLURM_JOBID SLURM_JOB_ID | PBS_JOBID | The ID of the job allocation |
| SLURM_JOB_CPUS_PER_NODE | PBS_NUM_PPN | Count of processors available to the job on this node. |
| SLURM_JOB_DEPENDENCY | | Set to value of the --dependency option |
| SLURM_JOB_NAME | PBS_JOBNAME | Name of the job |
| SLURM_NODELIST SLURM_JOB_NODELIST | PBS_NODEFILE | List of nodes allocated to the job |
| SLURM_NNODES SLURM_JOB_NUM_NODES | | Total number of different nodes in the job's resource allocation |
| SLURM_MEM_PER_NODE | | Same as --mem |
| SLURM_MEM_PER_CPU | | Same as --mem-per-cpu |
| SLURM_NTASKS SLURM_NPROCS | PBS_NUM_NODES | Same as -n , --ntasks |
| SLURM_NTASKS_PER_NODE | | Number of tasks requested per node. Only set if the --ntasks-per-node option is specified. |
| SLURM_NTASKS_PER_SOCKET | | Number of tasks requested per socket. Only set if the --ntasks-per-socket option is specified. |
| SLURM_SUBMIT_DIR | PBS_O_WORKDIR | The directory from which sbatch was invoked |
| SLURM_SUBMIT_HOST | PBS_O_HOST | The hostname of the computer from which sbatch was invoked |
| SLURM_TASK_PID | | The process ID of the task being started |
| SLURMD_NODENAME | | Name of the node running the job script |
| SLURM_JOB_GPUS | | GPU IDs allocated to the job (if any). |

图 20: slurm内置变量.

2. 慧计算将不再提供免费技术支持服务
3. 如需专业支持, 可选择付费技术服务

17.1 声明与警告

请仔细阅读以下内容, 并在进行任何操作之前充分理解.

17.1.1 配置文件说明

1. 本集群系统的所有相关组件均依照各Linux发行版要求进行配置.
2. 相关配置文件均位于默认路径; 源码编译组件(如有)在/opt/hpc4you路径下.
3. 所有配置文件均采用明文存放.

17.1.2 配置文件修改

1. Linux系统是开源自由的, 您可以根据自己的喜好修改任何现有配置.
2. 必要的配置文件已采用 chattr 设置了只读权限, 请自行解锁.

17.1.3 责任声明

1. 不正确修改配置文件可能导致集群工作异常或无法工作.
2. 对于因修改配置文件而导致的任何问题, 用户需自行承担全部责任.
3. 变更/修改配置文件后, 慧计算不再提供质保和免费技术支持.

再次提醒: 请仔细阅读以上内容, 并在进行任何操作之前充分理解.

17.2 用户信息LDAP

用户信息采用OpenLDAP控制.

在master机器运行LDAP服务端; 在master机器和所有计算节点运行LDAP客户端.

LDAP服务端采用apt/yum/dnf安装Linux发行版提供的默认版本, 配置文件均在默认路径. 各Linux发行版配置文件路径有差异, 具体请查阅各系统管理员手册.

必要信息如下:

```
host: hpc4you.login
bindDN: cn=admin,dc=hpc4you,dc=login
```

其中hpc4you.login通过/etc/hosts指向master IP.

集群部署后, 自动配置的LDAP密码信息, 可以查阅

- /etc/ood/config/ood_portal.yml
- /etc/coldfront/coldfront.env
- /root/.hpc4you/login_credentials.txt

LDAP用户信息鉴权, 均依照各Linux发行版系统管理员手册要求配置. 如需更改/变更, 请参考相应的手册.

如需变更替换为自己的LDAP服务器, 请务必满足Open OnDemand、ColdFront对于LDAP服务器的要求.

17.3 LDAP Web前端

User/Group Portal, 采用LAM/Docker提供. 来自LAM项目的官方Docker镜像. 通过docker/podman来运行.

LAM页面可以自定义, 默认登录管理密码是lam. 如需修改服务端的配置, 需要先执行 `chmod go+rw /opt/lam-config/ -R`. 修改完毕后, 记得更新执行 `chmod go+rw /opt/lam-config/ -R`.

更多关于LAM的设定, 请查阅LAM官方, <https://github.com/LDAPAccountManager>.

您完全可以根据自己的喜欢, 将LAM更换为任何你喜欢的OpenLDAP Server的Web前端, 具体如何操作, 取决于您自己.

17.4 Resource Portal

前文已经讨论, 该Web前端来自于ColdFront项目, <https://coldfront.readthedocs.io/en/latest/>. 严格依照官方说明安装部署, 相关信息如下:

- [/etc/coldfront/](#)
- [/srv/coldfront](#)
- 创建用户coldfront
- master机器上root用户的计划任务 `*/*/*/* /usr/sbin/loveYou_hpc 2>/dev/null`.

该Portal的主要作用是, 通过点击鼠标实现sacctmgr管理slurm accounting, slurm QoS等工作.

关于ColdFront Web界面的更多用法, 请查阅 <https://coldfront.readthedocs.io/en/latest/>.

所有配置都明文存放, 你可以根据实际需要, 变更/修改.

当然, 您仍旧可以手动操作sacctmgr管理slurm accounting, slurm QoS等等, 忽略Resource Portal即可.

17.5 HPC User Portal

使用Open OnDemand实现, 官方<https://openondemand.org/>. 主要涉及如下目录:

- [/etc/ood](#)
- [/opt/ood](#)

任何修改变更, 请查阅<https://osc.github.io/ood-documentation>.

当前的集群系统中, LDAP服务端向HPC User Portal提供用户登录鉴权.

17.6 MySQL数据库

安装版本, 均来自apt/yum/dnf推荐版本. 默认root密码是hpc4you.

ColdFront/Resource Portal, 使用的数据库名称是coldfront_db, 其他密码信息等, 查阅[/etc/coldfront/coldfront.env](#).

Slurm调度器, 以用户slurm访问数据库slurm_acct_db, 其他信息, 查阅[/etc/slurm/slurmdbd.conf](#).

17.7 nginx

ColdFront/Resource Portal,Open OnDemand/HPC User Portal, 均有使用到nginx代理. 具体查阅:

- [/etc/nginx/conf.d/coldfront.conf](#)
- [/etc/ood/config/nginx_stage.yml](#)

17.8 集群名称

默认集群名称是hpc4you, 写在文件[/etc/slurm/slurm.conf](#). 如需修改, 请修改如下必要配置:

- [/etc/slurm/slurm.conf](#)
- 执行指令sacctmgr修改集群名称, 具体查阅slurm手册.
- 修改Resource Portal, 登记录入集群名称, 具体查阅ColdFront手册.
- 修改Open OnDemand相关配置, 涉及多个配置文件, 具体查阅Open OnDemand手册.

17.9 NFS共享

默认, 本集群方案, 通过NFS共享[/home](#)和[/opt](#). 采用各Linux发行版中提供的NFS进行配置.

您可以新增挂载点, 但是不可以移除[/opt](#)目录的NFS共享.

所有计算节点, NFS挂载通过[/etc/fstab](#)控制.

集群部署完毕后, 你可以增加专业存储, 请确保将您的专业存储挂载给所有的机器. 请查阅你的存储手册, 进行操作.

18 图片目录

List of Figures

| | | |
|----|--|----|
| 1 | 具有Web可视化操作界面的集群系统(HPC via Web)操作界面, 示例一 | 6 |
| 2 | 具有Web可视化操作界面的集群系统之用户操作界面, 示例二 | 7 |
| 3 | 节点内多核心并行集群. 管理节点, 连接紫色网络的IP地址, 称之为Login IP; 连接绿色网络的IP地址, 称之为master IP. 仅当紫色线路和绿色线路在同一个交换机/局域网时, Login IP 和 mater IP是同一个. | 8 |
| 4 | 跨节点并行集群. 管理节点, 连接紫色网络的IP地址, 称之为Login IP; 连接绿色网络的IP地址, 称之为master IP. 仅当紫色线路和绿色线路在同一个交换机/局域网时, Login IP 和 mater IP是同一个. | 9 |
| 5 | 电子表格内容示例 | 14 |
| 6 | 运行 bash getInfo.sh 指令后, 屏幕输出内容示例(背景颜色可能不同). 离线版本, 请务必下载hardwareXXX.dat文件, 发送给慧计算. | 15 |
| 7 | 无效授权许可会看到的提示信息(背景颜色可能不同). | 15 |
| 8 | 安装完毕, 屏幕输出内容示例(背景颜色可能不同). | 18 |
| 9 | 文件login_credentials.txt内容示例(背景颜色以及链接地址可能不同). | 18 |
| 10 | Firefox浏览器页面示例(文字样式可能不同). | 19 |
| 11 | 浏览器安全证书警告, 请点击鼠标, 添加例外. | 22 |
| 12 | 注册用户(User/Group Portal)登录界面示例. | 24 |
| 13 | 自定义用户信息模版操作示例(IP地址可能不同). | 25 |
| 14 | 计算中心—PI—项目管理模式 | 26 |
| 15 | Ganglia集群性能监测示例. | 30 |
| 16 | Netdata实时性能监测信息之系统综合负载动态图(默认每秒刷新, 实际上是动图). | 30 |
| 17 | Netdata展示的各节点监控信息示例. | 31 |
| 18 | 性能瓶颈可视化分析. | 32 |
| 19 | Web模块安装失败, Single SSH session warning. | 33 |
| 20 | slurm内置变量. | 37 |