



SUSE Linux Enterprise Server 15 SP2

储存库镜像工具指南

储存库镜像工具指南

SUSE Linux Enterprise Server 15 SP2

出版日期：2024 年 12 月 12 日

<https://documentation.suse.com> 

版权所有 © 2006– 2024 SUSE LLC 和贡献者。保留所有权利。

根据 GNU 自由文档许可证 (GNU Free Documentation License) 版本 1.2 或（根据您的选择）版本 1.3 中的条款，在此授予您复制、分发和/或修改本文档的许可权限；本版权声明和许可证附带不可变部分。许可证版本 1.2 的副本包含在题为“GNU 自由文档许可证”的部分。

有关 SUSE 商标，请参见 <https://www.suse.com/company/legal/> 。所有其他第三方商标是其各自所有者的财产。商标符号（®、™ 等）代表 SUSE 及其关联公司的商标。星号 (*) 代表第三方商标。

本指南力求涵盖所有细节，但这不能确保本指南准确无误。SUSE LLC 及其关联公司、作者和译者对于可能出现的错误或由此造成的后果皆不承担责任。

目录

关于本指南 vii

- 1 概述 vii
- 2 其他文档和资源 viii
- 3 提供反馈 viii
- 4 文档约定 ix

1 RMT 安装和配置 1

- 1.1 储存要求 1
- 1.2 在系统安装期间安装 1
- 1.3 在现有系统上安装 2
- 1.4 使用 YaST 配置 RMT 2
- 1.5 启用 SLP 声明 4

2 从 SMT 迁移到 RMT 5

- 2.1 重要注意事项 5
- 2.2 导出 SMT 数据 7
- 2.3 将 SMT 数据导入到 RMT 7

3 在 RMT 服务器上镜像储存库 10

- 3.1 镜像身份凭证 10
- 3.2 同步储存库元数据 11
- 3.3 镜像软件包 11

3.4 启用和禁用储存库镜像 12
使用产品 12 • 使用储存库 13

3.5 删除镜像数据 14

3.6 添加自定义储存库 14

3.7 导出和导入储存库 15

4 将客户端配置为使用 RMT 17

4.1 使用引导参数配置客户端 17

4.2 使用 AutoYaST 配置文件配置客户端 18

4.3 使用 **rmt-client-setup** 配置客户端 19

4.4 使用 YaST 配置客户端 19

4.5 将客户端配置为使用自定义的独立储存库 20

4.6 列出可访问的储存库 20

4.7 联机迁移 USE Linux Enterprise 客户端 20

5 RMT 工具和配置文件 21

5.1 RMT 命令行界面 21

rmt-cli 概

述 21 • **sync** 22 • **products** 22 • **repos** 22 • **repos**
custom 23 • **mirror** 24 • **import** 24 • **export** 24 • **version** 24

5.2 RMT systemd 命令 25

5.3 RMT 配置文件 25

/etc/rmt.conf 25 • SSL 证书和 HTTPS 27

6 备份 RMT 服务器 28

6.1 创建备份 28

6.2 恢复备份 28

7 管理 SSL/TLS 证书 30

7.1 重新生成 HTTPS 证书 30

7.2 重新生成 CA 证书和 HTTPS 证书 30

A GNU 许可证 32

关于本指南

1 概述

借助适用于 SUSE Linux Enterprise 15 SP2 的 Repository Mirroring Tool (RMT)，企业客户可以优化 SUSE Linux Enterprise 软件更新和订阅权利的管理。该工具为 SUSE® Customer Center 建立了一个包含储存库和注册目标的代理系统。这有助于您按系统在防火墙内集中管理软件更新，同时维护您的公司安全策略和监管合规性。

RMT 可让您为运行基于 SUSE Linux Enterprise 的产品的所有设备提供更新。通过只下载一次这些更新并将其分发到整个企业，您可以设置更严格的防火墙策略。这样还能减少带宽的使用，因为无需为每台设备下载相同的更新。RMT 受到完全支持，可供具有 SUSE Linux Enterprise 产品有效订阅的客户下载。

Repository Mirroring Tool 提供在许多情况下都十分有用的功能，这些情况包括：

- 需要更新 SUSE Linux Enterprise 服务器时。
- 出于带宽或安全原因，您环境中的部分计算机无法连接到 SUSE Customer Center 来注册和检索更新时。
- 有些 SUSE Linux Enterprise 主机受到限制，若无自定义更新管理解决方案便难以更新时。
- 需要集成额外的外部或内部储存库时。

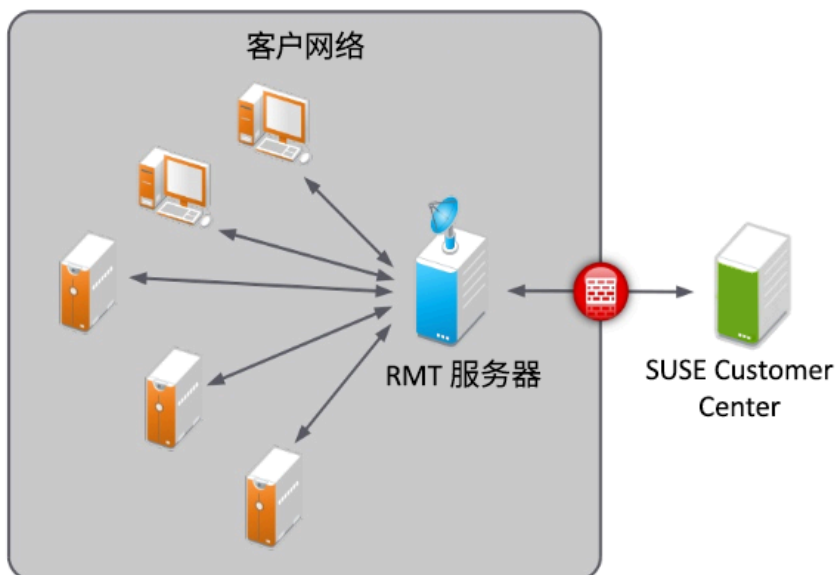


图 1：RMT

RMT 取代了过去用于 SLE 11 和 SLE 12 的 SMT (Subscription Management Tool)。有关 RMT 与 SMT 之间的功能对比，请参见表 2.1 “功能对比”。

2 其他文档和资源

本手册中的章节中提供了一些链接，您可以通过这些链接访问系统或互联网上的其他文档资源。

有关该产品可用文档的概述和最新文档更新，请参见 <https://documentation.suse.com/>

3 提供反馈

欢迎您提供针对本文档的反馈及改进建议！我们提供了多种反馈渠道：

服务请求和支持

有关产品可用的服务和支持选项，请参见 <https://www.suse.com/support/> .

要创建服务请求，需在 SUSE Customer Center 中获取一个订阅。请转到 <https://scc.suse.com/support/requests> 并登录，然后单击新建。

Bug 报告

在 <https://bugzilla.suse.com/> 中报告文档问题。要简化此过程，可以使用本文档 HTML 版本中的标题旁边的报告文档 Bug 链接。这样，就会在 Bugzilla 中预先选择正确的产品和类别，并添加当前章节的链接。然后，您便可以立即开始键入 Bug 报告。需要一个 Bugzilla 帐户。

贡献

要帮助改进本文档，请使用本文档 HTML 版本中的标题旁边的编辑源代码链接。这些链接会将您转到 GitHub 上的源代码，在其中可以创建拉取请求。需要一个 GitHub 帐户。

有关本文档使用的文档环境的详细信息，请参见[储存库的 README \(https://github.com/SUSE/doc-sle/blob/master/README.adoc\)](https://github.com/SUSE/doc-sle/blob/master/README.adoc)。

邮件

另外，您也可以将有关本文档中的错误以及相关反馈发送至：doc-team@suse.com。请确保反馈中含有文档标题、产品版本和文档发布日期。请引用相关的章节号和标题（或者包含 URL），并提供问题的简要说明。

4 文档约定

本文档中使用了以下通知和排版约定：

- /etc/passwd：目录名称和文件名
- PLACEHOLDER：PLACEHOLDER 将会替换为实际的值
- PATH：环境变量 PATH
- ls、--help：命令、选项和参数
- user：用户和组
- package name：软件包名称
- **Alt**、**Alt - F1**：按键或组合键；这些键以大写形式显示，如在键盘上一样
- 文件、文件 > 另存为：菜单项，按钮
- **AMD/Intel** > 本段内容仅与 AMD64/Intel 64 体系结构相关。箭头标记文本块的开始位置和结束位置。◁

IBM Z, POWER 本段内容仅与 IBM Z 和 POWER 体系结构相关。箭头标记文本块的开始位置和结束位置。 ◀

- 跳舞的企鹅（企鹅一章，↑其他手册）：此内容参见自其他手册中的一章。
- 必须使用 root 特权运行的命令。您往往还可以在这些命令前加上 sudo 命令，以非特权用户身份来运行它们。

```
root # command
tux > sudo command
```

- 可以由非特权用户运行的命令。

```
tux > command
```

- 注意



警告：警告通知

在继续操作之前，您必须了解的不可或缺的信息。向您指出有关安全问题、潜在数据丢失、硬件损害或物理危害的警告。



重要：重要通知

在继续操作之前，您必须了解的重要信息。



注意：注意通知

额外信息，例如有关软件版本差异的信息。



提示：提示通知

有用信息，例如指导方针或实用性建议。

1 RMT 安装和配置

SUSE Linux Enterprise Server 15 及以上版本中包含 RMT。可以在安装 SUSE Linux Enterprise Server 的过程中直接安装 RMT，或在运行中系统上安装 RMT。安装好软件包后，请使用 YaST 执行初始配置。



警告：RMT 服务器将会与安装服务器发生冲突

将一台服务器配置为 RMT 服务器时，会安装并配置监听端口为 80 的 NGINX Web 服务器。

而在将一台计算机配置为安装服务器时，会自动安装 Apache Web 服务器并将其配置为监听端口 80。

请勿尝试在同一台服务器上启用这两项功能。一台服务器无法同时托管 Apache Web 服务器和 NGINX Web 服务器。

1.1 储存要求

下载的软件包储存在 `/usr/share/rmt/public/repo` 中，其为 `/var/lib/rmt/public/repo/` 的符号链接。

RMT 服务器所需的储存空间取决于以下可变因素：您镜像的储存库和体系结构的数量以及启用的产品数量。一般来说，将储存空间设为所有已启用储存库总大小的 1.5 倍应当就已足够。其中，每个 SUSE Linux Enterprise 版本（包括所有扩展）大约 200 GB。

1.2 在系统安装期间安装

要在系统安装期间安装 RMT，请选择 `rmt-server` 软件包。您可在安装期间的安装设置步骤中进行软件选择时选择该软件包。

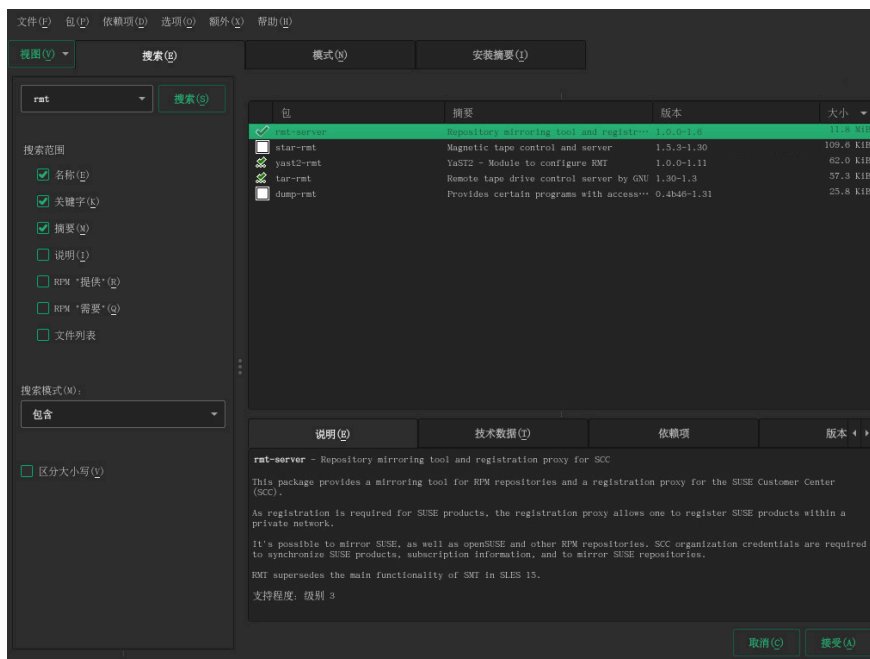


图 1.1：RMT 模式

我们建议您在安装 **zypper patch** 命令安装 SUSE Linux Enterprise Server 后，立即检查是否有可用的 RMT 更新。SUSE 会不断发布 RMT 的维护更新，因此可能会有更新的软件包。

1.3 在现有系统上安装

要在运行中的 SUSE Linux Enterprise Server 系统上安装 RMT，请使用 **zypper**：

```
tux > sudo zypper in rmt-server
```

1.4 使用 YaST 配置 RMT

按以下过程所述使用 YaST 配置 RMT。假设在新安装的系统中执行此过程。

1. 使用 **rmt** 模块启动 YaST。

```
tux > sudo yast2 rmt
```

或者，您也可以启动 YaST，然后选择网络服务 > RMT 配置。

2. 输入您的组织身份凭证。要获取您的身份凭证，请参见第 3.1 节 “镜像身份凭证”。
3. 输入新 MariaDB 用户和数据库名称的身份凭证。系统即会创建此用户。然后选择下一步。
如果已设置 MariaDB `root` 用户的口令，您需要输入该口令。如果未设置 `root` 的口令，系统会要求您输入一个新口令。
4. 输入 SSL 证书的常用名。该常用名通常应为服务器的完全限定域名 (FQDN)。输入您要用来作为其他常用名连接 RMT 服务器的所有域名和 IP 地址。
输入所有常用名后，选择下一步。

提示：RMT 的证书位置

- `/etc/rmt/ssl/rmt-ca.crt`

此为 `yast2 rmt` 用来验证 RMT 服务器证书的 CA 证书束。仅当此文件不存在时，`yast2 rmt` 才会创建该文件。

- `/etc/rmt/ssl/rmt-server.crt` 和 `/etc/rmt/ssl/rmt-server.key`

仅当服务器证书和私用密钥不存在时，`yast2 rmt` 才会生成新的服务器证书和私用密钥。要重新生成此证书，请参见第 7.1 节 “重新生成 HTTPS 证书”。

5. 如果此系统上启用了 `firewalld`，请选中相应复选框打开必需的端口。



图 1.2：在 `firewalld` 中启用端口

如果现在尚未启用 `firewalld` 而您打算稍后启用它，可始终通过运行 `yast2 rmt` 模块来打开相应端口。



提示：微调 `firewalld` 设置

单击防火墙细节，可仅打开特定网络接口的相应端口。

按下一步继续。

6. 要查看摘要，请单击下一步。单击完成关闭 YaST。YaST 即会启用并启动所有 `systemd` 服务和计时器。

1.5 启用 SLP 声明

RMT 包含 SLP 服务说明文件 `/etc/slp.reg.d/rmt-server.reg`。要启用 RMT 服务的 SLP 声明，请执行以下步骤：

1. 如果 `firewalld` 正在运行，请打开相应端口并重新装载 `firewalld` 配置：

```
tux > sudo firewall-cmd --permanent --add-port=427/tcp
success
tux > sudo firewall-cmd --permanent --add-port=427/udp
success
tux > sudo firewall-cmd --reload
```

2. 校验是否安装了 SLP 服务器，如果可能，安装该服务器：

```
tux > sudo zypper install openslp-server
```

3. 启用并启动 SLP 服务：

```
tux > sudo systemctl enable slpd.service
tux > sudo systemctl restart slpd.service
```

2 从 SMT 迁移到 RMT

本章说明如何从 SLES 11 或 12 上的 SMT 迁移到 SLES 15 上的 RMT。

2.1 重要注意事项



警告：请仔细阅读本节内容

请仔细阅读本节内容。其中包含有关迁移过程的重要信息。

使用新主机

我们建议您在新安装的 SLES 15 主机上安装 RMT。RMT 并不能完全取代 SMT。RMT 具有不同于 SMT 的工作流程，仅支持注册 SUSE Linux Enterprise Server 12 及以上版本的系统。

储存库元数据和设置

将不会导出 SMT 中的临时储存库的设置。将导出已标记为要镜像的储存库。

自定义储存库

只能导出标记为要镜像的储存库。

已失效订阅

RMT 上将不会提供组织订阅中已不再可用的产品。

客户端信息

将导出系统及其激活的产品。将导出 SMT 中的 SMT 客户端作业和补丁状态。

表 2.1：功能对比

功能	SMT	RMT
在 SLES 11 上可用	是	否
在 SLES 12 上可用	是	否
在 SLES 15 上可用	否	是

功能	SMT	RMT
将产品与 SUSE Customer Center 同步	是	是
从储存库镜像 RPM	是	是
选择性镜像（指定要镜像的产品）	是	是
通过 HTTP 提供 RPM	是	是
SLE 15 系统注册	是	是
SLE 12 系统注册	是	是
SLE 11 系统注册	是	否
从 SLE 12 迁移到 SLE 15	是	是 ₁
临时储存库	是	no
离线镜像	是	是
NTLM 代理支持	是	是
自定义储存库	是	是
YaST 安装向导	是	是
YaST 管理向导	是	否
客户端管理	是	否
RedHat 支持（扩展支持）	是	是
文件去重	是	是
将数据从 SMT 转移到 RMT	无	是

功能	SMT	RMT
将注册数据传输到 SUSE Customer Center	是	否
报告	是	否
Web 服务器的自定义 TLS 证书	是	是
Web 服务器	Apache 2	Nginx
平台	Perl	Ruby

1) SUSE Manager 提供的功能。

2.2 导出 SMT 数据

过程 2.1：导出 SMT 数据

1. 通过运行 `zypper up` 更新已安装的 SMT 服务器。
2. 如果您要导出 SSL 证书及其余数据，请运行 `smt-data-export`。请记住将证书存放在安全位置。
如果您不想从 SMT 导出 SSL 证书，请运行 `smt-data-export --no-ssl-export`。
3. 导出的配置现已保存到 `smt-export.XXXXXX.tar.gz`。将该文件复制到新 RMT 服务器可访问的位置。

2.3 将 SMT 数据导入到 RMT

1. 运行 `zypper up` 以确保所安装的 RMT 为最新版本。
2. 将导出的 `.tar.gz` 文件复制到一个空目录，将其解压缩，然后进入解压缩后的文件：

```
tux > mkdir EMPTY_DIR
```

```
tux > cd EMPTY_DIR
tux > tar xf /PATH/TO/smt-export.XXXXXX.tar.gz
tux > cd smt-export
```

3. 如果您之前选择从 SMT 导出 SSL 证书，请将 CA 私用密钥和证书复制到 `/etc/rmt/ssl/` 中：

```
tux > sudo cp ssl/cacert.key /etc/rmt/ssl/rmt-ca.key
tux > sudo cp ssl/cacert.pem /etc/rmt/ssl/rmt-ca.crt
```

4. 按第 1.4 节 “使用 YaST 配置 RMT” 中所述运行 YaST RMT 配置模块。如果您已导入 SMT CA 证书，请将 SMT 服务器的域添加到新 SSL 证书的常用名。
5. 运行 RMT 同步功能以从 SUSE Customer Center 获取产品和储存库数据。

```
tux > sudo rmt-cli sync
```

6. 导入来自 SMT 服务器的数据。

```
tux > sudo rmt-data-import -d ./
```

7. 可选：如果 RMT 服务器的 URL 发生变化，请在 `/etc/SUSEConnect` 中更改客户端的 URL 参数，以指向新的 RMT 服务器。或者更改 DNS 记录以重新指派 RMT 服务器的主机名。
8. 可选：将 SMT 中的镜像储存库数据转移到 RMT，并调整所复制数据的所有权。

```
tux > sudo cp -r /var/www/htdocs/repo/* /usr/share/rmt/public/repo/
tux > sudo chown -R _rmt:nginx /usr/share/rmt/public/repo
```

9. 如果 SMT 服务器包含您要镜像到 RMT 服务器的自定义储存库，请在镜像前将其激活（它们默认处于禁用状态）。

- a. 通过运行以下命令检查有无自定义储存库：

```
tux > sudo rmt-cli repos custom list
```

一个列出所有自定义储存库的表格将会显示：第一列包含每个储存库的 `ID`，而 `Mirror?` 列将显示 `false`。

b. 通过运行以下命令启用您要镜像的每个自定义储存库：

```
tux > sudo rmt-cli repos custom enable ID
```

10. 通过启动镜像过程更新储存库中的软件包：

```
tux > sudo rmt-cli mirror
```

3 在 RMT 服务器上镜像储存库

您可以在 RMT 服务器上镜像安装和更新储存库。这样便无需在每台计算机上下载更新，从而节省时间和带宽。

在使用默认配置的情况下，RMT 每晚会自动镜像已启用的产品储存库一次。

镜像的储存库默认储存于 `/var/lib/rmt/public/repo` 中。



注意：更改镜像储存库的默认位置

要更改镜像储存库的默认位置，请将 `/usr/share/rmt/public/repo` 符号链接指向所需的目录。可以使用 `ln -sf /usr/share/rmt/public/repo TARGET` 命令（将 `TARGET` 替换为所需的目标）来完成此操作。请确保该目标具有 `rmt` 用户和 `nginx` 组的读写权限。如果您要将镜像储存库储存到其他目录或储存设备，

当启用的储存库完全镜像后，您可以通过在客户端计算机上运行 `SUSEConnect --url https://RMT_HOSTNAME` 来向 RMT 注册您的客户端系统。成功注册后，客户端计算机上的 Zypper 将使用来自 RMT 服务器的储存库。



重要：SUSE Linux Enterprise Server 11 客户端

RMT 不支持系统为 SUSE Linux Enterprise Server 11 及以下版本的客户端。

3.1 镜像身份凭证

在创建 SUSE Linux Enterprise 储存库的本地镜像之前，您需要具有相应的组织身份凭证。您可以从 SUSE Customer Center 获取身份凭证。

要从 SUSE Customer Center 获取身份凭证，请执行以下步骤：

1. 访问 SUSE Customer Center (<http://scc.suse.com>) 并登录。
2. 如果您是多个组织的成员，请从左侧边栏中选择要使用的组织。
3. 从顶部菜单中选择代理。

4. 右上角即会显示身份凭证。
5. 要查看口令，请选择眼睛符号。

应当使用 YaST RMT 服务器配置模块对获取的身份凭证进行设置，或将其直接添加到 `/etc/rmt.conf` 文件中。有关 `/etc/rmt.conf` 文件的详细信息，请参见第 5.3.1 节 “`/etc/rmt.conf`”。

3.2 同步储存库元数据

需要使用从 SUSE Customer Center 下载的信息定期更新本地 RMT 数据库。其中包括有关可用产品和储存库的信息。

同步通过 `systemd` 计时器 `rmt-server-sync.timer` 来完成。要查看状态（例如下次运行时间），请使用 `systemctl status`：

```
root # systemctl status rmt-server-sync.timer
● rmt-server-sync.timer - RMT Sync timer
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/rmt-server-sync.timer; enabled;
   vendor preset: disabled)
   Active: active (waiting) since Fri 2018-06-22 04:22:34 EDT; 2h 34min ago
   Trigger: Sat 2018-06-23 03:53:00 EDT; 20h left

Jun 22 04:22:34 d31 systemd[1]: Started RMT Sync timer.
```

要手动更新 RMT 数据库，请使用 `rmt-cli sync` 命令。有关详细信息，请参见第 5.1.2 节 “`sync`”。

3.3 镜像软件包

RMT 服务器上会镜像所启用的储存库的软件包。系统会每天定期下载一次软件包。不过，您也可以随时手动触发下载。

定期镜像由 `systemd` 计时器 `rmt-server-mirror.timer` 执行。要显示状态（例如下次运行时间），请使用 `systemctl status`：

```
root # systemctl status rmt-server-mirror.timer
● rmt-server-mirror.timer - RMT Mirror timer
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/rmt-server-mirror.timer; enabled;
   vendor preset: disabled)
   Active: active (waiting) since Fri 2018-06-22 04:22:34 EDT; 2h 34min ago
   Trigger: Sat 2018-06-23 02:17:57 EDT; 19h left

Jun 22 04:22:34 d31 systemd[1]: Started RMT Mirror timer.
```

要手动更新镜像的软件包，请使用 `rmt-cli mirror` 命令。有关详细信息，请参见第 5.1.6 节“`mirror`”。

3.4 启用和禁用储存库镜像

可以单独启用或禁用储存库镜像，也可以通过指定产品来启用或禁用储存库镜像。一次可以指定一个或多个储存库或产品。如果储存库处于启用状态，系统会在镜像过程中下载并更新其软件包。要启用或禁用储存库镜像，您需要提供产品字符串或 ID 或者储存库名称或 ID。一般情况下，您会想要启用或禁用产品，因为这样会自动启用或禁用与产品关联的所有储存库。

3.4.1 使用产品

要启用或禁用产品的所有储存库，请使用 `rmt-cli products enable ID` 和 `rmt-cli product disable ID` 命令。要检索已禁用但可用的产品的 ID，请使用 `rmt-cli products list --all` 命令。要检索已启用的产品的 ID，请使用 `rmt-cli product list` 命令。

示例：

```
tux > sudo rmt-cli products list --all
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| ID    | Product                | Version | Arch   | Mirror?    | Last mirrored |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
[...]
```

1743	SUSE Package Hub	15	x86_64	Don't Mirror	
	PackageHub/15/x86_64				

```
[...]
```

```
tux > sudo rmt-cli products enable 1743
```

```
2 repo(s) successfully enabled.
```

```
tux > sudo rmt-cli products disable 1743
```

```
2 repo(s) successfully disabled.
```



提示：一次启用和禁用多个产品

要一次启用或禁用多个产品，请指定产品 ID 或字符串的空格分隔列表。例如：

```
tux > sudo rmt-cli products enable 1743 SLES/15/x86_64 SLES/12
```

3.4.2 使用储存库

要启用或禁用特定储存库的镜像，请使用 `rmt-cli repos enable ID` 和 `rmt-cli repos disable ID` 命令。要检索已禁用但可用的储存库的 ID，请使用 `rmt-cli repos list --all` 命令。要检索已启用的储存库的 ID，请使用 `rmt-cli repos list` 命令。

示例：

```
tux > sudo rmt-cli repos list --all
```

```
+-----+-----+-----+-----+
| SCC ID | Name                               | Description                               |
+-----+-----+-----+-----+
[...]
```

3061	SUSE-PackageHub-15-Pool	SUSE-PackageHub-15-Pool for sle-15-x86_64
------	-------------------------	---

```
[...]
```

```
tux > sudo rmt-cli repos enable 3061
```

```
Repository successfully enabled.
```

```
tux > sudo rmt-cli repos disable 3061
```

```
Repository successfully disabled.
```



提示：一次启用和禁用多个储存库

要一次启用或禁用多个储存库，请指定储存库 ID 的空格分隔列表。例如：

```
tux > sudo rmt-cli repos disable 2526 3263
```

3.5 删除镜像数据

按第 3.4 节“启用和禁用储存库镜像”中所述禁用储存库或产品镜像后，已镜像的数据仍保留在本地硬盘上。其中包括镜像的 RPM 软件包。要去除这些数据，请手动去除对应的目录：

```
tux > sudo rm -r /usr/share/rmt/public/repo/SUSE/  
Products/PRODUCT/VERSION/ARCHITECTURE/
```

3.6 添加自定义储存库

您可以使用 RMT 服务器镜像自定义储存库。这些储存库不是 SUSE Customer Center 提供的。它们可能是第三方供应商（例如 Open Build Service）提供的，也可能是使用 **createrepo** 创建的。

自定义储存库可以作为独立储存库使用，也可以关联到产品。这样，您便可以在已注册到 RMT 服务器的客户端上使用一个命令连接多个储存库。

下面的示例过程演示了镜像第三方储存库的过程。

1. 将远程储存库添加到 RMT 服务器。将 URL 替换为储存库的 URL。将 NAME 替换为您为储存库所选择的名称。

```
root # rmt-cli repos custom add URL NAME
```

2. 列出所有自定义储存库以获取新储存库的 ID。

```
root # rmt-cli repos custom list
```


3. （可选）将新的自定义储存库关联到某个产品。例如，如果所有桌面客户端都需要这个新的自定义储存库，则可将其关联到 SUSE Linux Enterprise Desktop 产品。

```
root # rmt-cli repos custom attach REPOSITORY_ID PRODUCT_ID
```

将 REPOSITORY_ID 替换为新自定义储存库的 ID。将 PRODUCT_ID 替换为要将储存库关联到的产品的 ID。如果您需要检索 PRODUCT_ID，请使用命令 **rmt-cli products list --all**。

4. 启用新自定义储存库的镜像。

```
root # rmt-cli repos custom enable REPOSITORY_ID
```

要获取所有可用自定义储存库命令的列表，请参见第 5.1.4 节 “**repos**”。

3.7 导出和导入储存库

RMT 具有可导入和导出有关可用储存库和镜像软件包的数据的内置函数。例如，可以通过在本地复制已镜像的 RPM 软件包来加快新 RMT 服务器的设置。

另一个用例是脱机模式。通过脱机模式，可以将数据传输到断开连接的 RMT 服务器，从而实现为气隙网络中的计算机提供更新等目的。

下面的过程说明了如何使用 USB 驱动器在两台 RMT 服务器之间传输数据及镜像的 RPM。服务器 sun 与 SUSE Customer Center 相连，而服务器 sirius 则位于气隙网络中。

1. 登录服务器 sun。

```
root@sun # rmt-cli sync
root@sun # rmt-cli mirror
```

2. 连接一个 USB 驱动器（假设为 /dev/sdb），并将其装入到所需位置（例如 /mnt/external）。

```
root@sun # mount /dev/sdb1 /mnt/external
```

3. a. 导出有关可用储存库和产品的数据。

```
root@sun # rmt-cli export data /mnt/external/
```

- b. 导出已启用储存库的列表。在下一步导出储存库时需要使用该导出文件。

```
root@sun # rmt-cli export settings /mnt/external/
```

- c. 导出镜像的 RPM 软件包。此过程可能需要较长时间，具体视镜像储存库的大小而定。

```
root@sun # rmt-cli export repos /mnt/external/
```

4. 从 sun 卸载并拔出磁盘，然后转到 sirius。

```
root@sun # umount /mnt/external
```

5. 将 USB 驱动器连接到 sirius，并将其装入到 /mnt/external 中。

```
root@sirius # mount /dev/sdb1 /mnt/external
```

6. a. 导入有关可用储存库和产品的元数据。

```
root@sirius # rmt-cli import data /mnt/external/
```

- b. 导入镜像的 RPM 软件包。此过程可能需要较长时间，具体视镜像储存库的大小而定。

```
root@sirius # rmt-cli import repos /mnt/external/
```

7. 在 sirius 上根据需要启用储存库。有关详细信息，请参见第 3.4 节“启用和禁用储存库镜像”。



注意：从气隙服务器导出启用的设置

如果您的气隙服务器 (sirius) 具有许多启用的储存库，或者启用的储存库经常更改，我们建议从此服务器中导出储存库设置。

然后可将导出的设置导入到与 SUSE Customer Center 相连的服务器 (sun) 中。这样便能确保 sun 下载了 sirius 所需的所有数据。

4 将客户端配置为使用 RMT

您可以将运行 SUSE Linux Enterprise 12 或以上版本的所有计算机都配置为注册到 RMT 并从中下载软件更新，而不是直接与 SUSE Customer Center 通讯。



提示：通过 HTTP 向 RMT 服务器注册

我们建议您通过安全的 HTTPS 协议向 RMT 服务器注册（本文档中的所有示例均使用该协议）。不过，您也可以通过不安全的 HTTP 协议向 RMT 服务器注册。请仅在使用该协议对您的设置有益并且您处于安全性不是很重要的可信环境中时，才使用此方法。

要将客户端配置为使用 RMT 服务器，请使用以下其中一种方法：

- 提供包含引导参数的所需信息。请参见第 4.1 节 “使用引导参数配置客户端”。
- 使用 AutoYaST 配置文件配置客户端。请参见第 4.2 节 “使用 AutoYaST 配置文件配置客户端”。
- 使用 `rmt-client-setup` 命令。请参见第 4.3 节 “使用 `rmt-client-setup` 配置客户端”。
- 在安装期间或之后使用 YaST 注册模块。请参见第 4.4 节 “使用 YaST 配置客户端”。



提示：CA 证书

如果您需要 RMT 服务器的 CA 证书，可在 `/etc/rmt/ssl/rmt-ca.crt` 和 `https://RMT_SERVER/rmt.crt` 中查找。

4.1 使用引导参数配置客户端

通过在计算机引导期间提供 `regurl` 参数，可将任何客户端配置为使用 RMT。

需要以 `regurl=RMT_SERVER_URL` 的形式输入该参数。URL 需要采用 `https://FQDN` 格式，其中 `FQDN` 为 RMT 服务器的完全限定主机名，必须与 RMT 服务器上使用的服务器证书的 FQDN 相同。示例：

```
regurl=https://rmt.example.com
```



警告：当心键入错误

确保您输入的值是正确的。如果尚未正确指定 `regurl`，更新源的注册将失败。



注意：更改 RMT 服务器证书

如果 RMT 服务器从不可信 CA 获取新证书，客户端需要检索新 CA 证书文件。YaST 会显示用于导入新证书的对话框。如果您确认导入新证书，旧证书会替换为新证书。

4.2 使用 AutoYaST 配置文件配置客户端

您可以通过 AutoYaST 配置文件将客户端配置为注册到 RMT 服务器。有关创建 AutoYaST 配置文件和准备自动安装的常规信息，请参见《AutoYaST 指南》。本节仅介绍针对 RMT 的配置。

要使用 AutoYaST 配置特定于 RMT 的数据，请执行适用于相关 RMT 客户端版本的步骤。

1. 以 `root` 身份启动 YaST，然后选择 杂项 > 自动安装 启动图形 AutoYaST 前端。
如果要从命令行启动图形 AutoYaST 前端，可以使用 `yast2 autoyast` 命令来完成。
2. 使用 文件 > 打开 打开现有的配置文件，或通过 工具 > 创建参考配置文件 基于当前系统配置创建一个配置文件，或者使用空的配置文件。
3. 选择 软件 > 产品注册。将显示当前配置的概述。
4. 单击编辑。
5. 选中注册产品，在使用特定的服务器 URL 而不是默认值中设置 RMT 服务器的 URL，您还可以设置可选 SSL 服务器证书 URL。服务器 URL 的可能的值与内核参数 `regurl` 的可能的值相同。对于 SSL 证书位置，您可以使用采用 HTTP 或 HTTPS 的 URL。
6. 针对要部署的系统执行所有其他所需配置，然后单击完成返回主屏幕。
7. 选择 文件 > 另存为，然后输入配置文件的名称，如 `autoinst.xml`。

4.3 使用 `rmt-client-setup` 配置客户端

`/usr/share/rmt/public/tools/rmt-client-setup` 脚本在软件包 `rmt-server` 中提供。此脚本可用于将客户端计算机配置为使用 RMT 服务器，还可用于将现有客户端重新配置为使用其他 RMT 服务器。

要通过 `rmt-client-setup` 将客户端计算机配置为使用 RMT，请执行以下步骤：

1. 从 RMT 服务器下载 `rmt-client-setup`：

```
root # curl http://RMT_SERVER/tools/rmt-client-setup --output rmt-client-setup
```

2. 使用 RMT 服务器的 URL 作为参数运行脚本。

```
root # sh rmt-client-setup https://RMT_SERVER/
```

执行此脚本会将 RMT CA 的证书导入到可信证书存储区中。

或者，您也可以指定服务器证书的正确指纹或路径。有关细节，请参见 `sh rmt-client-setup --help`。

3. 该脚本下载服务器的 CA 证书。按 **Y** 接受该证书。现在，该工具即会在客户端上执行所有必要的修改。
4. 使用 `SUSEConnect` 添加更多产品。有关细节，请运行 `SUSEConnect --help`。

4.4 使用 YaST 配置客户端

要将客户端配置为注册到 RMT 服务器，请使用 YaST 产品注册模块 `yast2 registration`。

在客户端上无需提供身份凭证，您可以将相关字段留空。单击本地注册服务器并输入其 URL。然后单击下一步，直到退出模块。

4.5 将客户端配置为使用自定义的独立储存库

如果您在 RMT 服务器上创建了自定义的独立储存库，使用 **SUSEConnect** 将不会在客户端计算机上注册该储存库，因为它没有父产品。

要手动添加该储存库，请执行以下步骤：

1. 将您的网页浏览器指向以下 RMT 服务器 URL：

```
https://RMT_SERVER_HOSTNAME/repo/
```

2. 通过目录结构将浏览器导航到您的自定义储存库的 `repodata/` 子目录。
3. 在客户端计算机上添加发现的储存库 URL：

```
tux > sudo zypper ar CUSTOM_REPO_URL CUSTOM_REPO_NAME
```

4.6 列出可访问的储存库

要列出可用的模块和储存库，请使用 **SUSEConnect --list-extensions**。或者，您也可以访问 `https://RMT_SERVER/repo/` 及其子目录来浏览 RMT 服务器的目录列表。

4.7 联机迁移 USE Linux Enterprise 客户端

您可以将注册到 RMT 中的 SUSE Linux Enterprise 客户端联机迁移到同一主要版本的最新服务包，迁移方法与迁移注册到 SUSE Customer Center 的客户端相同。开始迁移之前，请确保 RMT 中具有并已镜像所需产品。

有关联机迁移的详细信息，请参见《升级指南》，第 1 章“升级路径和方法”。

5 RMT 工具和配置文件

本章介绍 RMT 附带的最重要的脚本、配置文件和证书。

rmt-cli 命令及其子命令用于管理储存库镜像、客户端注册和报告。**systemd** 用于启动、停止、重新启动 RMT 服务和检查其状态。

RMT 的基本配置储存于 `/etc/rmt.conf` 中。

5.1 RMT 命令行界面

5.1.1 rmt-cli 概述

管理 RMT 的主要命令为 **rmt-cli** (`/usr/bin/rmt-cli`)。 **rmt-cli** 命令应与本节中所述的子命令一起使用。如果单独使用 **rmt-cli** 命令，它会打印所有可用子命令的列表。要获取单个子命令的帮助，请使用 **man rmt-cli** 或 **rmt-cli help [subcommand]**。

可用子命令如下：

rmt-cli sync

将数据库与 SUSE Customer Center 同步。

rmt-cli products

列出和修改产品。

rmt-cli repos

列出和修改储存库。

rmt-cli mirror

镜像储存库。

rmt-cli import

用于离线模式的导入命令。

rmt-cli export

用于离线模式的导出命令。

rmt-cli version

显示 RMT 版本。

以下各节对每个子命令进行了详细说明。

5.1.2 sync

此命令可立即触发与 SUSE Customer Center 的同步。该命令没有其他选项。`systemd` 计时器 `rmt-server-sync.timer` 每晚也会触发同步。

同步期间不会将数据上载到 SUSE Customer Center。例如，此命令可更新本地产品定义和储存库数据。

5.1.3 products

列出和修改产品。

rmt-cli products list [--all] [--csv]

列出已启用以便镜像的产品。使用 `--all` 标志可列出所有可用产品。使用 `--csv` 标志可以 CSV 格式输出列表。`ls` 可用作 `list` 的快捷方式。

rmt-cli products enable [id | string] [--all-modules]

按产品 ID 或字符串启用产品的强制储存库。`--all-modules` 标志可启用某个产品的所有模块，而不仅仅是建议的模块。

rmt-cli products disable [id | string]

按产品 ID 或字符串禁用产品的所有储存库。

5.1.4 repos

rmt-cli repos list [--all] [--csv]

列出已启用以便镜像的储存库。使用 `--all` 标志可列出所有可用储存库。使用 `--csv` 标志可以 CSV 格式输出列表。`ls` 可用作 `list` 的快捷方式。

rmt-cli repos enable [id]

按储存库 ID 启用单个储存库的镜像。

rmt-cli repos disable [id]

按储存库 ID 禁用单个储存库的镜像。

5.1.5 repos custom

rmt-cli repos custom list [--csv]

列出所有自定义储存库。使用 `--csv` 标志可以 CSV 格式输出列表。`ls` 可用作 `list` 的快捷方式。

rmt-cli repos custom add [url] [name]

添加新的自定义储存库，例如：`rmt-cli repos custom add https://download.opensuse.org/repositories/Virtualization:/containers/SLE_12_SP3/ Virtualization:Containers`

rmt-cli repos custom enable [id]

启用某个自定义储存库的镜像。

rmt-cli repos custom disable [id]

禁用某个自定义储存库的镜像

rmt-cli repos custom remove [id]

去除某个自定义储存库。

rmt-cli repos custom products [id]

列出关联到给定 ID 的自定义储存库的产品。

rmt-cli repos custom attach [id] [product id]

将某个现有自定义储存库关联到某个产品。

rmt-cli repos custom detach [id] [product id]

将某个现有自定义储存库与某个产品解除关联。

5.1.6 mirror

rmt-cli mirror

此命令可手动启用镜像过程。

5.1.7 import

在离线模式下需要使用此命令。有关详细信息，请参见第 3.7 节 “导出和导入储存库”。

rmt-cli import data [path]

在离线 RMT 上运行此命令可从给定路径读取 JSON 文件，并在本地数据库中填充数据。

rmt-cli import repos [path]

在离线 RMT 上运行此命令可导入 RPM 软件包。

5.1.8 export

在离线模式下需要使用此命令。有关详细信息，请参见第 3.7 节 “导出和导入储存库”。

rmt-cli export data [path]

在联机 RMT 上运行此命令可从 SUSE Customer Center 获取最新数据，并在指定路径将其另存为 JSON 文件。

rmt-cli export settings [path]

在离线 RMT 上运行此命令可在给定路径将已启用储存库的设置另存为 repos.json。

rmt-cli export repos [path]

在联机 RMT 上定期运行此命令可在给定路径镜像 repos.json 中指定的一组储存库。镜像的储存库文件将储存在同一路径的子目录中。

5.1.9 version

显示 rmt-cli 的版本。

5.2 RMT systemd 命令

您可以使用标准 `systemd` 命令管理 RMT 相关服务。RMT 服务器包括以下服务和计时器：

`rmt-server.target`

启动所有必需的 RMT 组件的 `systemd` 目标。

`rmt-server.service`

RMT 服务器。

`rmt-server-migration.service`

此服务可将数据库迁移到最新架构（如果需要）。无需手动与此服务交互。

`rmt-server-sync.timer`

此计时器负责定期同步来自 SUSE Customer Center 的所有储存库产品数据。

`rmt-server-mirror.timer`

此计时器负责定期同步来自 SUSE Customer Center 的所有 RPM。

使用 `systemctl` 可控制 RMT 服务和计时器。

5.3 RMT 配置文件

RMT 主配置文件为 `/etc/rmt.conf`。您可以使用 YaST RMT 服务器模块设置大部分选项。

5.3.1 `/etc/rmt.conf`

系统仅支持使用 `yast2 rmt` 执行初始配置（如第 1.4 节“使用 YaST 配置 RMT”中所述）。

只有代理配置需要手动输入。此处介绍了其他配置参数供您参考。

您可在 `/etc/rmt.conf` 文件中找到所有可用的配置选项。

5.3.1.1 镜像设置

`mirroring` 部分可让您调整镜像行为。

mirror_src

决定是否镜像源 RPM 软件包（体系结构为 src）。

dedup_method

如果设为 hardlink，将在镜像期间创建硬链接。如果文件系统不支持硬链接，则可将其设为 copy。可能的值为：hardlink、copy。

5.3.1.2 HTTP 客户端设置

http_client 部分定义 RMT 的全局 HTTP 连接设置。

verbose

可让更多调试输出记录到 systemd 日志。

proxy

代理服务器 URL。

noproxy

不应经由代理连接的域列表（以逗号分隔）。示例：“localhost,.mylocaldomain”

proxy_auth

此设置决定了代理身份验证机制。可能的值

为：none、basic、digest、gssnegotiate、ntlm、digest_ie、ntlm_wb。

proxy_user

代理服务器用户名。

proxy_password

代理服务器口令。

low_speed_limit

达到该速度下限时，下载便应中止（以字节/秒为单位）。

low_speed_time

当下载速度低于 low_speed_limit 时，持续该时间后中止下载。

5.3.1.3 用于访问 SUSE 储存库的设置

`scc` 部分包含您用于连接 SUSE Customer Center 的镜像身份凭证。要获得您的镜像身份凭证，请参见第 3.1 节“镜像身份凭证”。

该部分的有效配置键包括：

`username`

镜像身份凭证的用户名。

`password`

镜像身份凭证的口令。

5.3.2 SSL 证书和 HTTPS

默认情况下，仅允许通过 HTTPS 访问 **SUSEConnect** 所使用的 API 端点。nginx 配置为使用来自以下位置的 SSL 证书和私用密钥：

- 证书： `/etc/rmt/ssl/rmt-server.crt`
- 私用密钥： `/etc/rmt/ssl/rmt-server.key`

YaST RMT 模块会生成一个自定义证书颁发机构，用于签署 HTTPS 证书。这意味着如果要注册，此证书颁发机构必须受到客户端计算机的信任：

- 从媒体安装期间注册或使用 YaST 注册模块进行注册时，系统会显示一条消息，提示您信任服务器证书。
- 通过命令行注册客户端系统时，请使用 `rmt-client-setup` 脚本。有关详细信息，请参见第 4.3 节“使用 `rmt-client-setup` 配置客户端”。

6 备份 RMT 服务器

本章说明如何创建 RMT 服务器的备份以及如何恢复该服务器。

6.1 创建备份

此过程详细说明如何创建 RMT 服务器的完整备份。假设您有一个装入到 `/mnt/backup` 中用作备份目标的外部磁盘或网络共享。

1. 切换到备份目录。

```
root # cd /mnt/backup
```

2. 创建包含 SQL 数据库转储的文件。您需要提供安装期间为 `rmt` 数据库用户设置的口令。

```
root # mysqldump -u rmt -p rmt > rmt_backup.sql
```

3. (可选) 创建镜像数据的副本。

```
root # mkdir repos
root # rmt-cli export repos ./repos/
```

6.2 恢复备份

此过程详细说明如何通过第 6.1 节“创建备份”中创建的备份恢复 RMT 服务器。假设备份装入到 `/mnt/backup` 中，并且您要在新安装的 SLES 上恢复服务器。

1. 按第 1 章“RMT 安装和配置”中所述安装并配置 RMT 服务器。
2. 转到备份目录。

```
root # cd /mnt/backup/
```

3. 使用 `mysql` 去除新创建的数据库并导入数据。

```
root # mysql -u rmt -p
```

```
Enter password:
Welcome to the MariaDB monitor.  Commands end with ; or \g.
[...]

MariaDB [(none)]> DROP DATABASE rmt;
Query OK, 14 rows affected (0.84 sec)

MariaDB [(none)]> CREATE DATABASE rmt;
Query OK, 1 row affected (0.00 sec)

MariaDB [(none)]> use rmt;
Database changed

MariaDB [rmt]> source rmt_backup.sql;
[...]

MariaDB [rmt]> quit
```

4. (可选) 导入导出的储存库。

```
root # rmt-cli import repos ./repos/
```

5. 同步您的数据并更新储存库。

```
root # rmt-cli sync
root # rmt-cli mirror
```

7 管理 SSL/TLS 证书

7.1 重新生成 HTTPS 证书

在 HTTPS 证书失效之前，或者若要包含其他通用备用名称，应重新生成该证书。如果只是重新生成 HTTPS 证书，则无需在已注册到 RMT 服务器的客户端计算机上执行其他操作。

1. 停止 nginx 和 rmt-server 服务：

```
root # systemctl stop nginx
root # systemctl stop rmt-server
```

2. 去除之前生成的证书。

```
root # rm /etc/rmt/ssl/rmt-server.*
```

3. 按第 1.4 节 “使用 YaST 配置 RMT” 中所述运行 **yast rmt** 模块。

7.2 重新生成 CA 证书和 HTTPS 证书

CA 证书失效后或者发生安全问题时，可以重新生成该证书。



警告：在所有客户端上导入 CA 证书

必须在已注册到 RMT 服务器的所有客户端上导入新生成的 CA 证书。可以按第 4.3 节 “使用 **rmt-client-setup** 配置客户端” 中所述在客户端计算机上运行 **rmt-client-setup** 脚本来完成此操作。

1. 停止 nginx 和 rmt-server 服务。

```
root # systemctl stop nginx
root # systemctl stop rmt-server
```

2. 去除之前生成的 CA 和 HTTPS 证书。


```
root # rm /etc/rmt/ssl/rmt-ca.*  
root # rm /etc/rmt/ssl/rmt-server.*
```

3. 按第 1.4 节 “使用 YaST 配置 RMT” 中所述运行 yast rmt 模块。

A GNU 许可证

本附录包含 GNU 自由文档许可证版本 1.2。

GNU Free Documentation License

Copyright (C) 2000, 2001, 2002 Free Software Foundation, Inc. 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA. Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or non-commercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or non-commercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D. Preserve all the copyright notices of the Document.
- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.

H. Include an unaltered copy of this License.

- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- O. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties--for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/7>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

```
Copyright (c) YEAR YOUR NAME.
Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document
under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2
or any later version published by the Free Software Foundation;
with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.
A copy of the license is included in the section entitled "GNU
Free Documentation License".
```

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

```
with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the
Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.
```

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.