

ES500 SATA SSD

# 技术白皮书

文档版本

01

发布日期

2022-04-01



**版权所有 © 超聚变数字技术有限公司 2022。 保留一切权利。**

未经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

## **商标声明**

**XFUSION** 和其他超聚变商标均为超聚变数字技术有限公司的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

## **注意**

您购买的产品、服务或特性等应受超聚变数字技术有限公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，超聚变数字技术有限公司对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

# **超聚变数字技术有限公司**

地址： 河南省郑州市郑东新区龙子湖智慧岛正商博雅广场 1 号楼 9 层      邮编： 450046

网址： <https://www.xfusion.com>

# 目 录

前言.....	iv
<b>1 产品简介.....</b>	<b>6</b>
1.1 概述.....	6
1.2 系统设计.....	7
<b>2 产品特点.....</b>	<b>9</b>
2.1 性能特点.....	9
2.2 可靠性特点.....	9
2.3 可维护性特点.....	9
<b>3 外观结构.....</b>	<b>11</b>
3.1 外观.....	11
3.2 结构.....	12
<b>4 产品规格.....</b>	<b>13</b>
4.1 基本规格.....	13
4.2 容量.....	15
4.3 IOPS 一致性.....	15
4.4 热插拔.....	16
4.5 SATA 特性.....	16
4.6 环境规格.....	16
4.7 温监及过温保护.....	17
<b>5 信号管脚.....</b>	<b>19</b>
5.1 2.5 寸盘信号管脚定义.....	19
<b>6 管理.....</b>	<b>22</b>
<b>7 安全.....</b>	<b>23</b>
7.1 安全架构.....	23
7.2 安全攻击及威胁.....	23
7.3 安全策略及措施.....	25
<b>8 认证.....</b>	<b>26</b>

# 前言

## 概述

本文档详细介绍超聚变新一代 SATA 固态硬盘 ES500 的系统设计、产品特点和产品规格等，让用户对 ES500 SATA SSD 有一个深入细致的了解。

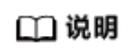
## 读者对象

本文档（本指南）主要适用于以下工程师：

- 技术支持工程师
- 维护工程师
- 用户

## 符号约定

在本文中可能出现下列标志，它们所代表的含义如下。

符号	说明
	表示如不避免则将会导致死亡或严重伤害的具有高等级风险的危害。
	表示如不避免则可能导致死亡或严重伤害的具有中等级风险的危害。
	表示如不避免则可能导致轻微或中度伤害的具有低等级风险的危害。
	用于传递设备或环境安全警示信息。如不避免则可能会导致设备损坏、数据丢失、设备性能降低或其它不可预知的结果。 “须知”不涉及人身伤害。
	对正文中重点信息的补充说明。 “说明”不是安全警示信息，不涉及人身、设备及环境伤害信息。

## 修改记录

文档版本	发布日期	修改说明
01	2022-04-01	第一次正式发布。

# 1 产品简介

## 1.1 概述

### 1.2 系统设计

## 1.1 概述

超聚变 ES500 SATA SSD 是企业级高性能的存储及加速部件，具有性能高、响应快、可靠性高等特点，极大的提升存储 IO 性能。兼容业界主流操作系统和虚拟化系统，可以提升数据库、VDI（Virtual Desktop Infrastructure）、HPC（High-Performance Computing）等多种应用的业务性能，帮助客户降低系统 TCO（Total Cost of Ownership）。

ES500 SSD 的接口是 SATA 3.1，标准的 2.5 寸盘，遵循 SFF-8201 标准，适合于读密集型的业务场景。采用先进的 SSD 控制器，能充分发挥 NAND FLASH 的性能潜力。满足操作系统免驱，可做 OS 盘，满足用户易维护的需求。

提供丰富的单品容量（240GB、480GB、960GB、1920GB），满足不同应用场景需求。

ES500 使用企业级 SSD 控制器芯片，该控制器是基于 Enterprise SSD FTL 算法、LDPC 纠错算法而设计。

主要技术优势：

- 超聚变 ES500 可充分优化 SATA 接口的启动盘和数据盘，为云存储和数据中心的在线事物处理提供强大的性能支撑。顺序读/写速度可达 540MB/s、520MB/s。
- 高达 2 百万小时的平均无故障时间和超低的不可修复的错误比特率 $<10^{-17}$ ，为企业级服务器和数据中心数据提供高可靠性。
- 高达 9 颗大容量电解电容可提供出色的断电保护，产品可以更轻松的应对突然断电，不会引起数据丢失，有效地确保数据安全。
- 全天候运营，可以确保 5 年以上的稳定使用和 1DWPD 每天的数据写入等级，可解除用户对数据安全的后顾之忧。
- 超低的访问延时，可以给用户提供更好的使用体验，随机读/写的延时低至 130us、30us。

ES500 外观如图 1-1 所示。

图1-1 ES500 外观



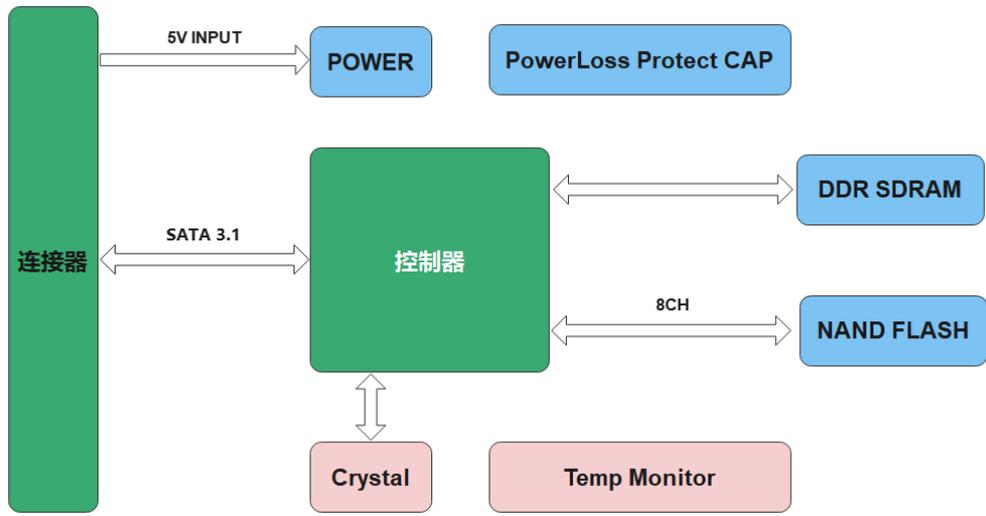
## 1.2 系统设计

ES500 的系统设计特点如下:

- 采用先进企业级的 SSD 控制器, 能充分发挥 NAND FLASH 的性能潜力。
- 标准的带内管理接口, 可以满足操作系统免驱, 可做 OS 盘, 满足用户简单维护的需求。

ES500 的系统架构如图 1-2 所示。

图1-2 ES500 系统架构



# 2 产品特点

- 2.1 性能特点
- 2.2 可靠性特点
- 2.3 可维护性特点

## 2.1 性能特点

支持 SATA 3.1 标准。

## 2.2 可靠性特点

- 增强的 LDPC 3.0 纠错算法：提供比 NAND 颗粒要求更好的纠错能力，为数据的可靠性带来有力的保证。
- 内置 RAID 算法：基于 Die 进行纠错，在单 Die 发生错误后，可以恢复数据。
- 磨损平衡技术：智能均衡 Flash 颗粒磨损压力，内部静态及动态磨损平衡算法有效延长设备的使用寿命。
- 高级 NAND 访问技术：组合应用 NAND 颗粒的读重试和自适应电压调节 read 技术，有效保证数据的可靠性。
- 数据巡检技术：周期性的巡检数据，提前预防错误的发生。
- 支持掉电保护：当主机设备异常掉电时，确保 SSD 盘内的数据不丢失。
- 全路径数据保护：数据在盘片内部各路径间传输时均有校验保护。
- 支持安全启动。
- 寿命达 5 年以上，具有掉电保护功能。

## 2.3 可维护性特点

- 支持带内固件在线升级，方便进行日常维护。
- 简便的失效分析工具。

- 设备信息中包含型号、容量、固件版本、磨损度和健康状况等相关信息。
- 支持日志查询，用户可以通过日志监控产品的健康状况。
- 提供生产日期、序列号等信息查询功能，方便管理。

# 3 外观结构

## 3.1 外观

## 3.2 结构

### 3.1 外观

ES500 为标准的 2.5 寸硬盘的产品，适合安装在机架服务器等通用服务器内。

图3-1 ES500 硬盘拉手条前视图



ES500 通过拉手条提供工作状态指示灯功能。图 3-1 中的绿色指示灯是工作指示灯，琥珀色/蓝色指示灯暂未定义。当盘工作在服务器中的时候，指示灯状态如表 3-1 所示。

表3-1 SSD 盘状态指示灯定义

Activity 指示灯（绿色灯）	状态
Off	SATA SSD 盘不在位或者未上电。
On	SATA SSD 盘在位且上电。
3Hz 闪烁	SATA SSD 盘正在进行读写操作。

## 3.2 结构

图3-2 ES500 结构

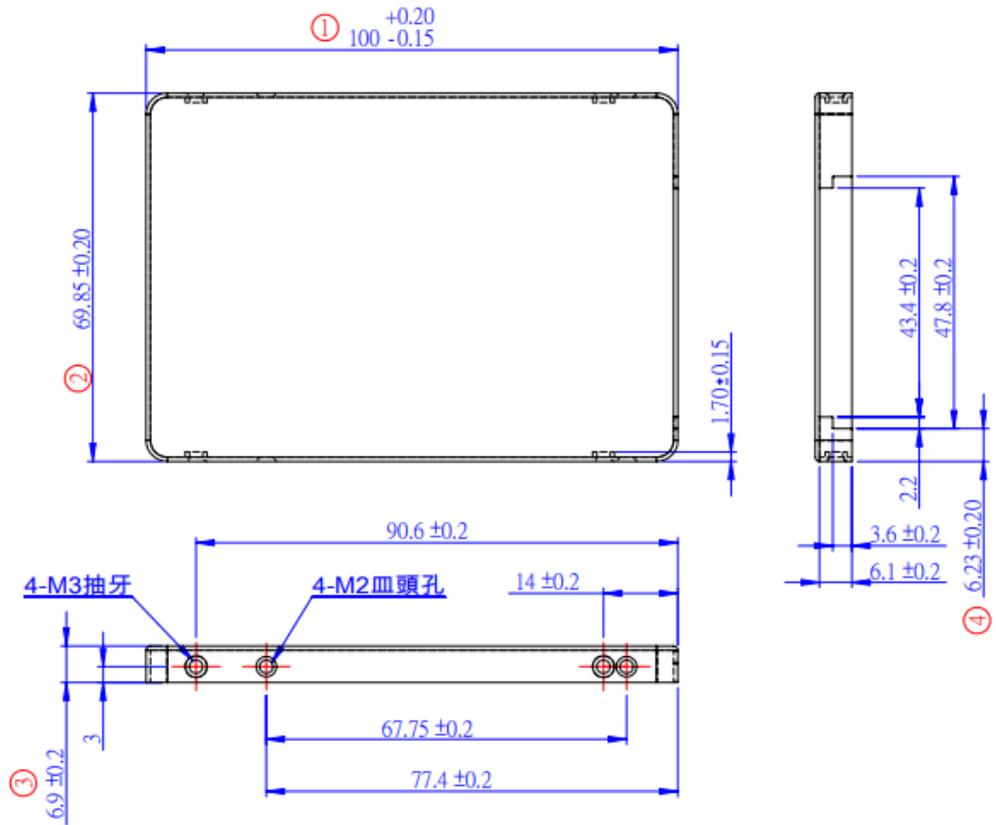


表3-2 长宽高信息

长 (mm)	宽 (mm)	高 (mm)
$100^{+0.2}$ 或者 $100^{-0.15}$	$69.85 \pm 0.2$	$6.9 \pm 0.2$

# 4 产品规格

- 4.1 基本规格
- 4.2 容量
- 4.3 IOPS 一致性
- 4.4 热插拔
- 4.5 SATA 特性
- 4.6 环境规格
- 4.7 温监及过温保护

## 4.1 基本规格

表4-1 ES500 规格<sup>a</sup> (LBA<sup>b</sup> format: 512B)

特征	规格			
容量	240GB <sup>c</sup>	480GB	960GB	1920GB
形态	2.5 寸盘	2.5 寸盘	2.5 寸盘	2.5 寸盘
接口	SATA 3.1	SATA 3.1	SATA 3.1	SATA 3.1
Flash 颗粒类型	3D TLC	3D TLC	3D TLC	3D TLC
顺序读带宽 (MB/s) <sup>d</sup>	547	548	548	547
随机 4KB 读 IOPS (稳态) <sup>e</sup>	95	99	98	98
平均读延时 @1QD ( $\mu$ s) <sup>f</sup>	123	123	123	127
顺序写带宽	334	523	524	523

特征	规格			
(MB/s)				
随机 4KB 写 IOPS (稳态)	26	45	58	59
平均写延时 @1QD ( $\mu$ s)	35	27	27	27
混合(R/W=7/3) 随机 4KB IOPS (稳态) <sup>g</sup>	45	57	65	77
写操作寿命 (TBW) <sup>h</sup>	438	876	1752	3504
DWPD (JESD219) <sup>i</sup>	1	1	1	1
平均功耗 (Active, Idle) <sup>j</sup>	Active: <2.9W Idle: <0.5W	Active: <3.7W Idle: <0.5W	Active: <3.9W Idle: <0.5W	Active: <4.2W Idle: <0.5W
重量 (g)	<60			
掉电保护	支持			
颗粒失效保护	支持			
Trim	支持			
平均无故障时间 (MTBF)	200 万小时			
年失效率 (AFR)	$\leq 0.44\%$			
误码率 (UBER)	$10^{-17}$			
数据保存时间 (掉电) <sup>k</sup>	3 个月@40°C			
新盘做备件时数据保存时间 (掉电) <sup>l</sup>	5 年@40°C			
备注:	<p>a: 性能规格是在最大功耗条件下测试的值。</p> <p>b: LBA (Logical Block Addressing, 逻辑块寻址) 是描述存储设备上数据所在区块的一种通用机制, 一般用在硬盘上。LBA 是一种特殊简洁的线性寻址机制, 地址块被用一个整数来索引, 比如第一个块表示为 LBA 0, 第二个为 LBA 1, 以此类推。</p> <p>c: GB = 1,000,000,000 Bytes。</p>			

特征	规格
d:	MB/s = 1,000,000 Bytes/second。性能是使用 FIO 工具在 CentOS 7.7 系统上用 1 线程 64QD 128KB (131,072 bytes) 顺序读的结果。顺序写带宽类似。
e:	使用 FIO 工具用 1 线程 64QD 4KB 随机读在稳定态的结果。
f:	$\mu s$ = Microsecond。1 线程 1QD 随机 4KB 读的平均延迟。平均写延迟类似。
g:	使用 FIO 工具用 4 线程 32QD 4KB 随机读写在稳定态的结果。
h:	1TB = $10^{12}$ Bytes。写操作寿命是在 4KB IO size 和 4KB 对齐的测试条件下的结果。
i:	DWPD: JESD219 标准下驱动器每天全盘写入次数，当用户每天全盘写入次数不超过规格值时，可持续使用 5 年，否则将影响 SSD 使用寿命。
j:	Activity 功耗是在最大顺序写带宽测试条件下的结果。
k:	生命周期范围内，SSD 掉电后数据保存时间。
l:	前 3% 生命周期范围内，SSD 掉电后数据保存时间。

## 4.2 容量

表4-2 容量

容量	LBA 模式下用户可操作扇区
240GB	468,862,128
480GB	937,703,088
960GB	1,875,385,008
1920GB	3,750,748,848
注：1 GB=1,000,000,000 bytes，1 sector=512 bytes。	

## 4.3 IOPS 一致性

表4-3 ES500 IOPS 一致性 (LBA format: 512B)

容量	4K 随机读(最高可达)	4K 随机写(最高可达)
240GB	100%	90%
480GB	100%	90%
960GB	100%	90%

容量	4K 随机读(最高可达)	4K 随机写(最高可达)
1920GB	100%	90%

#### 说明

- 性能测试过程中每秒采样一次 IOPS，将采样数据从大到小依次排序，取前 99.9% 数据中的最小 IOPS 与整个测试过程中的平均 IOPS 进行比较。性能数据是在整盘 LBA 范围内进行测试，待 IO 到达稳定态后统计的。
- IOPS 一致性是使用 FIO 工具在 32QD 下测试 4KB 随机 IO 的结果。
- $IOPS\ Consistency\ (\%) = (99.9\%\ IOPS) / (Average\ IOPS) \times 100$
- 4KB=4,096 bytes

## 4.4 热插拔

ES500 是 2.5 寸标盘形态的 SSD，可以支持暴力热插拔。

## 4.5 SATA 特性

ES500 SSD 支持：SATA 3.1，单端口，端口速率 6G/s，同时支持向下兼容 3G/s 和 1.5G/s。

## 4.6 环境规格

表4-4 2.5 寸盘应用环境条件

环境指标项	说明
产品	ES500
工作温度（Case Temperature）	<ul style="list-style-type: none"> <li>存储温度：-40° C~+85° C（-40°F~+185°F）</li> <li>工作温度：0° C~70° C（32°F~+158°F）</li> </ul>
海拔高度	<ul style="list-style-type: none"> <li>工作状态：-304.8m~+3048m</li> </ul> <p>说明 支持 3048m~4572m，超过 3048m 工作会影响可靠性。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>非工作状态：-304.8m~+1,2192m</li> </ul> <p>说明 海拔从 1800m 起每升高 220m，工作温度降低 1°C。</p>
相对湿度（RH，无冷凝）	<ul style="list-style-type: none"> <li>工作状态：5%~95%</li> </ul>

环境指标项	说明
	<ul style="list-style-type: none"><li>非工作状态：5%~95%</li></ul>
冲击	<ul style="list-style-type: none"><li>工作状态：1500G@0.5ms</li><li>非工作状态：1500G@0.5ms</li></ul>
振动	<ul style="list-style-type: none"><li>工作状态：3.13Grms@5~800Hz</li><li>非工作状态：3.13Grms@5~800Hz</li></ul>
工作电压	5V±10%

## 4.7 温监及过温保护

ES500 检测 SSD 控制器的结点温度和 flash 颗粒的环境温度。SMART 信息中会记录最高温度和过温的次数及总时间。

NAND flash 可支持的最高结温是 85°C。根据测试：

- NAND flash 温度在 85°C 以下，SSD 产品能在整个生命周期内可靠工作。
- NAND flash 温度超过 85°C 后，NAND flash 还能正确存取数据，但长时间运行在该温度下会影响 SSD 产品的生命周期。高于 85°C，则对数据的正常存取有影响。

因此，ES500 设计了带内温控策略，固件通过检测盘内温度来做预警（68°C）和限速。在带内，ES500 的固件使用了 4 级预警机制：

- 第一级告警阈值是 68°C。当温度达到该值，设备就发告警信息来提醒用户设备过热。会降低 10% 性能。
- 第二级告警阈值是 70°C。当温度达到该值，固件就会限制设备的性能。会降低 20% 性能。
- 第三级告警阈值是 76°C（或控制器结温达到 115°C）。当温度达到该值，固件就会限制性能。
- 第四级告警阈值是 120°C。当控制器温度达到该值，固件就会关闭 PMIC，SSD 会断电。

当温度达到第三级阈值且温度继续升高，ES500 就会进一步限制设备的读写性能，降低功耗，避免温度超过设计规格。当温度降低到安全的温度回升水线后，ES500 会取消性能限制设置。

当温度达到第二级阈值且过温时间超过 6 分钟，ES500 就会进一步限制设备的读写性能，降低功耗，避免温度超过设计规格。当温度降低到安全的温度回升水线后，ES500 会取消性能限制设置。

表4-5 过温保护方案

Grade 告警等级	Threshold 阈值	Action 措施
------------	--------------	-----------

Grade 告警等级	Threshold 阈值	Action 措施
OT Level 1 <sup>a</sup>	68°C	告警并限制性能，降低 10%性能。
RT Level 2 <sup>b</sup>	70°C	告警并限制性能，降低 20%性能。
OT Level 3	76°C	告警并限制性能，强制 1CE/clock mode5。
RT Level 4	120°C（控制器）	告警并限制性能，会关闭 PMIC，SSD 会断电。
RT Level 2	64°C	解除性能限制，并逐步恢复性能。
备注： a: OT : 过温 b: RT : 回温		

# 5 信号管脚

## 5.1 2.5 寸盘信号管脚定义

### 5.1 2.5 寸盘信号管脚定义

SATA/SAS 连接器包括数据接口（S1~S7）部分和电源接口（P1~P15）部分。

图5-1 SATA 连接器外观

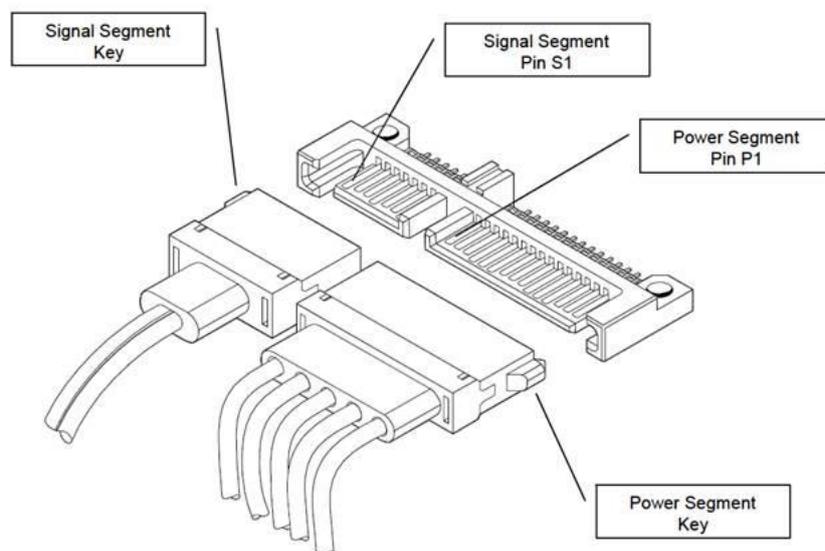


表5-1 SATA 信号引脚定义

引脚	信号	定义
S1	Ground	接地，与第 1 路配对。
S2	A+	SSD 数据接收正极信号接口。

引脚	信号	定义
S3	A-	SSD 数据接收负极信号接口。
S4	Ground	接地，与第 1 路配对。
S5	B-	SSD 数据发送负极信号接口。
S6	B+	SSD 数据发送正极信号接口。
S7	Ground	接地，与第 1 路配对。

表5-2 SATA 电源引脚定义

引脚	信号	定义
P1	V33	3.3V 电源轨，未连接。
P2	V33	3.3V 电源轨，未连接。
P3	DEVSLP	设备睡眠状态，SSD 输入，正常低能耗状态，主机驱动高速状态，SATA 接口关闭。
P4	Ground	接地，与第 1 路配对。
P5	Ground	接地，与第 2 路配对。
P6	Ground	接地，与第 2 路配对。
P7	V5	5V 电源输入，预充电，与第 2 路配对。与 SSD 相连。
P8	V5	5V 电源轨，连接 SSD。
P9	V5	5V 电源轨，连接 SSD。
P10	Ground	接地，与第 2 路配对。
P11	DAS	设备活动信号，连接 SSD GPIO。
P12	Ground	接地，与第 1 路配对。
P13	V12	12V 电源轨，未连接。
P14	V12	12V 电源轨，未连接。
P15	V12	12V 电源轨，未连接。

#### 📖 说明

- 引脚为单排布局，各引脚间距为 1.27mm。
- 仅支持使用 5V 电源。请勿使用 3.3V 和 12V 电源。

- P1, P2 及 P3 引脚未与设备内连, 引脚之间交叉连接。此类引脚可支持使用 3.3V 主机电源。
- 配对顺序为:
- 接地引脚 P4~P6, P10, P12 和 5V 电源引脚 P7
- 信号引脚与 5V 电源引脚 P8-P9
- 在电源与信号连接器的其他引脚进行第 1 路配对前, 可支持配对接地引脚 P4 与 P12, 以便在配置好的背板连接器中释放 ESD。
- 电源引脚 P7,P8 及 P9 在设备内部互连。
- 如果引脚 P11 不用于设备活动信号, 可将其作为接地引脚。
- 引脚 P13, P14 和 P15 在设备内部互连。此类引脚可支持使用 12V 主机电源。

# 6 管理

ES500 提供了功能丰富的维护管理功能，包括运行在 OS 中的管理命令集。

带内管理的功能有：

- 全盘数据清除功能，方便用户报修设备时保障数据的保密性。
- 在线升级功能，方便用户的设备维护。
- 资产管理功能，提供生产日期、序列号等信息，方便用户进行资产管理。
- 标准 SMART 统计功能，用户可以查询设备的健康状态、寿命、读写数据量等。
- 日志查询功能，运维人员用来进行问题分析。

# 7 安全

- 7.1 安全架构
- 7.2 安全攻击及威胁
- 7.3 安全策略及措施

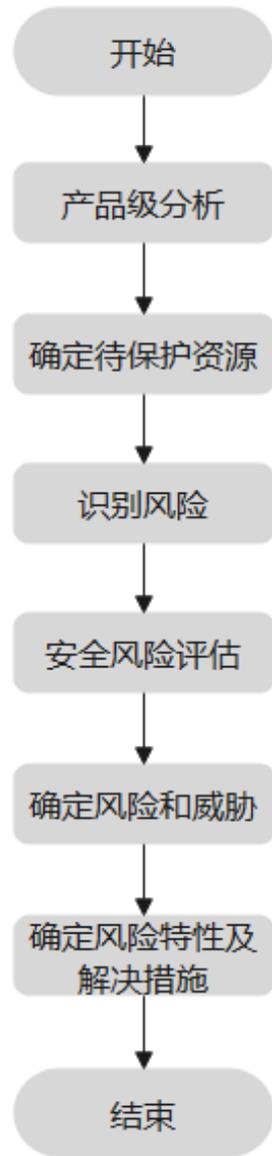
## 7.1 安全架构

根据 ES500 在系统中的逻辑位置可以看出，ES500 SATA 接口符合 SATA 3.1 协议规范要求，各个操作系统平台通过标准磁盘 IO 接口进行数据读写，标准磁盘 IO 接口依托于操作系统平台自身的安全管理机制，因此产品本身涉及的安全风险相对很低。

## 7.2 安全攻击及威胁

通过风险评估流程识别 ES500 产品的安全威胁，如图 7-1 所示。

图7-1 风险评估流程



确定了涉及安全风险的产品元素及各自的风险评估，如表 7-1 所示。

表7-1 元素及风险评估

主要元素	作用	有无风险
SATA Driver	SSD 的内核驱动，负责和块文件系统的交互和用户态的通信。	无
CLI	用户态命令行接口，用以用户执行命令	无

主要元素	作用	有无风险
	获取 SSD 的健康状态、温度等信息。	
Firmware	SATA 设备的前端协议处理模块，通过处理设备与主机之间的 I/O，实现对数据的传递和解析。	无

## 7.3 安全策略及措施

我们理解，保障客户网络和业务的稳定安全运营是我们的首要责任。

作为服务器、存储等主机内部的一个存储设备，ES500 按着最小权限的安全准则做了安全增强措施，主要提供了如下功能：

- 权限控制：ES500 所有的设备维护管理工具，都是要求系统管理员权限才可运行。
- 操作日志：所有对 ES500 设备进行设置操作的工具都会保存操作记录。
- 安全维护：ES500 提供数据彻底清除工具，在 NAND FLASH 物理颗粒级别进行数据销毁，避免客户数据泄密。
- 固件升级：支持通过带内管理通道进行 ES500 的固件升级，保证升级的可靠性并满足网络安全要求。升级工具会对 ES500 的固件文件进行完整性校验，确保升级文件的合法性后才进行升级。控制器会对固件进行签名认证，认证通过方能进行固件加载，确保固件合法和数据安全性。
- 设备管理：ES500 的带内管理功能，只提供查询功能，避免恶意非法写入风险。

# 8 认证

---

ES500 通过的各种准入认证和符合的标准 TBD。