

# 流细胞测量的数据文件标准

## Version FCS 3.1 规范性引用

## 文件状态

1984 年，第一个数据文件的流细胞学标准格式被采用为 FCS 1.0。该标准在 1990 年作为 FCS 2.0 进行了修改，1997 年再次修改为 FCS 3.0。本文件是 FCS 3.1 FCS 3.1 的规范规范，经过广泛的修订过程，包括几个月的 ISAC 广泛成员评论期和 ISAC 数据标准工作队的最终批准。此时，ISAC 确信 FCS 3.1 规范很好地满足了所有相关方的业务需求，并且作为 ISAC 建议发布。

## 专利免责声明

需要注意，实施本标准可能需要使用专利权所涵盖的标的物。通过公布本标准，对于任何专利权的存在或有效性，不采取任何立场。ISAC 不负责识别可能需要许可证才能实施 ISAC 标准或对其提请其注意的专利的法律有效性或范围进行调查的专利或专利申请。

## 致谢

这项工作得到了迈克尔·史密斯健康研究基金会的支持，以及 NIH 从国家生物医学成像和生物工程研究所向 RRB 提供的 1R01EB005034 资助。内容完全由作者负责，不一定代表国家生物医学成像和生物工程研究所或国家卫生研究院的官方观点。

版权所有 (c) 2008-2009 ISAC 作品可根据知识共享归因-共享 3.0 未移植许可的条款使用。

您可以自由共享（复制、分发和传输），并在

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode> 指定的条件下调整工作。

# 目录

流细胞测量的数据文件标准.....	1
专利免责声明.....	1
致谢.....	1
1 总则.....	3
范围.....	3
一致性.....	3
2 术语和一般要求.....	4
2.1 约定.....	4
2.1.1.....	4
2.1.2.....	4
2.2 定义.....	4
2.2.1.....	4
2.2.3.....	5
2.2.4.....	5
2.2.5.....	5
2.2.6.....	5
2.2.9.....	5
2.2.11.....	6
2.2.12.....	6
2.2.15.....	6
2.3 一般概念.....	6
3 文件段.....	7
3.1 HEADER 段.....	7
3.1.1.....	7
3.2 TEXT 段.....	9
3.2.1.....	9
3.2.2.....	9
3.2.3.....	9
3.2.4.....	9
3.2.5.....	9
3.2.7.....	10
3.2.8.....	10
3.2.10.....	10

3.2.14 .....	11
3.2.15 .....	11
3.2.16 .....	11
3.2.17 .....	11
3.2.18 .....	11
3.2.19 .....	12
3.2.20 按字母顺序排列列表和关键字详细说明.....	13
3.3 DATA 段.....	29
3.4 ANALYSIS 段.....	29
3.4.1 可选 FCS 分析段关键字列表 .....	30
3.4.2 可选的 FCS 分析段关键字.....	31
3.5 CRC Value.....	31
4 参考.....	32
附录 A: 校准、补偿和相关计算 .....	32
附录 B: FCS 3.0 和 FCS 3.1 之间的主要区别。 .....	33

# 1 总则

## 范围

这是流式谱数据文件标准（FCS 3.1）的版本 3.1。此规范的早期版本可在参考文献（1）、（2）和（3）中找到。其目的是为获取细胞仪上的数据并将数据写入文件而生成的数据集结构提供详细的规范。

## 一致性

要符合 FCS 3.1，数据文件必须符合本文档中所述的文件结构，并且必须包含文件主 TEXT 段中的所有必需关键字值对。符合性文件不得包含数据集 HEADER 段中未描述的其他段。要符合 FCS 3.1，分析程序必须能够正确读取和解释任何最小 FCS 3.1 符合文件中包含的所有数据（最小 FCS 3.1 符合文件是该文件的 TEXT 段中仅具有所需关键字值对且分析段中没有信息的文件）。

## 2 术语和一般要求

### 2.1 约定

#### 2.1.1

ASCII 字符代码用于整个 FCS 3.1 文件中的所有关键字。只有将高地位设置为 0（无奇偶校验位）的 32-126（20-7E 十六进制）中的可打印字符才能成为关键字的一部分。

#### 2.1.2

UTF-8（4）字符代码用于整个 FCS 3.1 文件的所有关键字值。UTF-8 保留在 ISO 106461:2000 中定义的 UTF-8 编码中 ISO 10646 中定义的通用字符集（UCS）中定义的通用字符集（UCS）。

#### 2.1.3 除非另有指定，否则数值为基

10。

### 2.2 定义

#### 2.2.1

FCS 3.1 数据文件由一个或多个数据集组成。但是，除非多个数据集从另一个数据集派生，否则单个数据文件中的多个数据集的使用将被弃用。

#### 2.2.2

数据集定义为收集细胞仪在对某些粒子进行测量时产生的信息。

### 2.2.3

数据集中的信息集合至少分为四个段，包括 HEADER 段、主 TEXT 段、DATA 段和 ANALYSIS 段。ANALYSIS(分析)段可能为空，任意数量的实现器定义段可能遵循前四个段。

### 2.2.4

HEADER 段将数据集标识为 FCS 3.1，并包含从数据集开始到每个其他段的开始和结束的 ASCII 字节偏移量。段的第一个字节被理解为段的开头。段的最后一个字节被理解为段的末尾。

### 2.2.5

关键字是数据字段的标签。关键字值对是数据字段及其关联值的标签。关键字在数据集中是唯一的，即数据集中没有同一关键字的多个实例。

### 2.2.6

TEXT 段包含一系列 ASCII 关键字值对，用于描述 DATA 段的格式和大多数实验操作条件。主 TEXT 段包含所有必需的关键字值对。补充 TEXT 段可能仅包含可选的关键字值对。

### 2.2.7

DATA 段包含事件列表或数据直方图。请注意，直方图在 FCS 3.1 中被弃用。

### 2.2.8

事件是一个粒子的细胞测量的有序列表。事件的长度是测量中涉及的参数数。

### 2.2.9

参数是细胞仪探测器之一产生的信号（通常是数字）特征或与事件相关的其他特征。正向散射信号（FSC-H）的高度通常是测量参数之一。参数还可以包括时间和/或计算参数（例如

FL2-A/FL2-H 比率、事件分类等）。参数值是参数的数字表示形式。

## 2.2.10

数据文件中的每个数据集都包含读取和解释数据集所需的所有信息。

## 2.2.11

文件中未包含的所有空间：1) HEADER, 2) 在 HEADER 中指定的段, 或者, 3) CRC 中指定的段, 必须填充空格字符 (ASCII 32)。这包括 HEADER 和第一段之间的未使用空间、一个段的末尾和下一段的开头以及 CRC 的结束 (最后一个段之后) 和文件末尾 (如果有)。

## 2.2.12

列表模式数据存储意味着事件一个接一个存储在列表中。列表模式数据集可被视为矢量的线性数组、对应于事件的每个矢量和对应于测量类型的矢量分量, 如正向散射、侧散射等。

## 2.2.13

所有字节偏移量都引用到数据集的开头。文件中的第一个数据集从文件的字节零开始。

## 2.2.14

实现者是创建用于读取和写入 FCS 符合性数据文件的实体。

## 2.2.15

分隔符是主要 TEXT 段的第一个字符, 随后放置在主 TEXT、补充 TEXT 和分析段中, 以将关键字与关键字值分开。分隔符可以是范围 1-126 (01-7E 十六进制) 中的任何 ASCII 字符, 编码为单个字节, 高位设置为 0 (无奇偶校验位)。在本文档中, 我们使用"/" (ASCII 47) 作为提供的示例中的分隔符字符。

## 2.3 一般概念

FCS 3.1 文件由一个或多个数据集组成, 每个数据集至少包含 HEADER、TEXT 和 DATA 段。标题、文本和分析段包含由文本编辑器可读的 ASCII 编码文本 (关键字值可能包含 UTF8 编码字符)。DATA 段包含以列表模式 (首选) 或直方图 (弃用) 存储的流细胞测量数据。

请注意，除非多个数据集从另一个数据集派生，否则单个数据文件中的多个数据集的使用将被弃用。从技术上讲，仍然可以将多个数据集存储在 FCS 文件中，但除非从数据文件中的另一个数据集派生出一个数据集，否则不鼓励实现者这样做。

## 3 文件段

### 3.1 HEADER 段

#### 3.1.1

HEADER 段的主要目的是描述数据集中其他段的位置。HEADER 段从数据集的开头的字节偏移零开始。HEADER 段的前六个字节包括版本标识符（FCS3.1）。请注意，标识符中的 FCS 和 3.1 之间没有空格字符。接下来的 4 个字节（6 - 9）由空格字符（ASCII 32）占用。标识符之后，至少有三对 ASCII 编码的整数，分别指示主 TEXT 段、DATA 段和分析段的开始和结束（=最后字节）的字节偏移量。字节偏移量被引用到数据集的开头。在 FCS 3.1 下，这些偏移量仍限制为 8 字节。每个 ASCII 编码的整数偏移在其 8 字节空间中是正确的。第一个字节偏移量（字节 10 - 17）是主 TEXT 段的开始。下一个字节偏移量（字节 18 - 25）是主 TEXT 段的最后一个字节。下一个偏移量（字节 26 - 33）是 DATA 段的开头。DATA 段最后一个字节的字节偏移占用字节 34 - 41。分析段的开始占用字节 42 - 49。分析段最后一个字节的字节偏移以字节 50 - 57 为单位。如果没有分析段，则最后两个字节偏移量可以设置为零（右对齐）或留空（填充空格字符）。与用户定义的数据集的其他段的开始和结束（最后字节）的偏移量遵循分析段偏移。除非数据集发起人传递适当的信息，否则其他人无法解释用户定义的段。

FCS 3.1 维护 FCS 3.0 中针对大于 99, 999, 999 字节的数据集引入的支持。当段的任何部分超出 99, 999, 999 字节限制时，在 HEADER 中替换"0"，以替换该段的开始和结束字节偏移。然后，开始数据、结束数据、开始分析、结束分析（如果适用，开始和结束补充 TEXT）的字节偏移量将仅作为关键字值对在主 TEXT 段中找到。请注意，当段完全包含在数据集的前 99, 999, 999 字节中时，该段的字节偏移量将在 TEXT 段中作为关键字值复制。另请注意，如果"分析"偏移量为零，则必须检查\$BEGINANALYSIS 和\$ENDANALYSIS 关键字以确定是否存在分析段。

表 1 = 标题字段的内容和每个字段的开始和结束的字节偏移量。每个偏移在其字段中都是正确的。

目录	起始字节位置	结束字节位置
----	--------	--------

FCS3.1	00	05
ASCII (32) -空格字符	06	09
ASCII 编码的偏移量到 TEXT 段的第一个字节	10	17
ASCII 编码的偏移量到 TEXT 段的最后一个字节	18	25
ASCII 编码的偏移量到数据段的第一个字节	26	33
ASCII 编码的偏移量到数据段的最后一个字节	34	41
ASCII 编码的偏移量到分析段的第一个字节	42	49
ASCII 编码的偏移量到分析段的最后一个字节	50	57
ASCII 编码的偏移量到用户定义的其他段	58	下一段的开始

Example:

一个示例 HEADER 段如下所示:

FCS3.1\*\*\*\*\*256\*\*\*\*1545\*\*\*\*1792\*\*202455\*\*\*\*\*0\*\*\*\*\*0

"\*"字符用于表示此处的空间字符。TEXT 段从 FCS3.1 中的"F"位置以字节 256 开始,以字节偏移 1545 结束;TEXT 段的长度为 1290 字节 (即 1545 + 1 - 256)。DATA 段从字节偏移 1792 开始,结束于 202455;数据段的长度为 200664 (即, 202455 + 1 - 1792)。没有分析段,因此起始偏移量和结束偏移显示为零。它们可以留空。请注意, HEADER 段是一个连续字节流,没有返回或换行字符。标题段末端和下一段起点之间的字节必须填充空格字符。在此示例中,段的顺序为"标题"、文本、数据和分析。FCS 标准仅要求 HEADER 段位于数据集的开头,并且主 TEXT 段完全位于前 99,999,999 字节内。

Example:

A second example of a legal HEADER segment is:

FCS3.1\*\*\*\*\*256\*\*\*\*1545\*\*\*\*\*0\*\*\*\*\*0\*\*\*\*\*0\*\*\*\*\*0

开始数据位置和结束数据位置中的'0'表示 DATA 段超过 99,999,999 字节限制。因此,开始数据和结束数据的字节偏移量仅位于 TEXT 段中\$ENDDATA 关键字值\$BEGINDATA。如果存在分析段,则开始分析和结束分析字节偏移量也位于 TEXT 段中\$BEGINANALYSIS 和 \$ENDANALYSIS 关键字值中。

Example:

A third example of a legal HEADER segment is:

FCS3.1\*\*\*\*\*202451\*\*203140\*\*\*\*1792\*\*202450\*\*\*\*\*0\*\*\*\*\*0



此 HEADER 与其他示例不同，因为它描述了主 TEXT 段跟随 DATA 段的数据集。

## 3.2 TEXT 段

### 3.2.1

TEXT 段（主段和补充段）包含一系列 ASCII 编码关键字值对，用于描述数据集的各个方面。例如，\$TOT/5000/ 是关键字值对，指示文件中的事件总数为 5000。\$TOT 是关键字，5000 是值（该值可以是 UTF-8 编码）。"\$" 字符将此关键字标记为标准 FCS 关键字。

### 3.2.2

数据集必须包含一个主 TEXT 段，其中包含所有必需的关键字值对和任意数量的可选关键字-值对。主 TEXT 段必须完全包含在第一个 99, 999, 999 字节的数据集中。

### 3.2.3

数据集可能包含可选的补充 TEXT 段，该段只能包含可选的关键字值对，并且可以放置在 HEADER 段之后的数据集的任意位置。

### 3.2.4

在 \$BEGINTEXT 和 \$ENDSTEXT 关键字-值对中找到与补充 TEXT 段开头和结尾的字节偏移量，这些关键字值对必须位于主 TEXT 段中。

### 3.2.5

主 TEXT 段中的第一个字符是 ASCII 分隔符字符。此字符还必须用作分析段和补充 TEXT 段中的分隔符。

### 3.2.6

分隔符放置在关键字值的开头和结尾。

### 3.2.7

分隔符可能不是关键字或关键字值中的第一个字符。如果分隔符出现在关键字或关键字值中，则必须立即使用第二个分隔符。例如，"\$SYS/RSX-11//M/"显示了关键字\$SYS 的 RSX11/M 值。由于不允许空（零长度）关键字或关键字值，因此值和关键字之间永远不会出现两个连续分隔符。

### 3.2.8

所有关键字都用 ASCII 编码 - 32-126（20-7E 十六进制）范围内的可打印值编码为单个字节，高位设置为 0。所有关键字值都编码在 UTF-8 中。UTF-8 向后兼容 ASCII，因为所有字符 00 到 7F（十六进制）在 UTF-8 和 ASCII 中以相同的方式编码。\$UNICODE 关键字作为有效的 FCS 关键字停止。

### 3.2.9

关键字和关键字值的长度必须大于零。

### 3.2.10

关键字不区分大小写，它们可能以小写、大写或两者的混合形式写入文件中。但是，FCS 文件读取器必须忽略关键字大小写。关键字值可以是小写、大写或两者的混合物。关键字值区分大小写。

### 3.2.11

任何关键字没有默认值。

### 3.2.12

FCS 定义的关键字必须以"\$"字符开头。只有 FCS 定义的关键字可以以"\$"字符开头。

### 3.2.13

实施者可能无法重新定义 FCS 定义的关键字。

### 3.2.14

有必需和可选的 FCS 关键字值对。所需的关键字值对表示成功读取和写入 FCS 数据集所需的最小集。符合的 FCS 文件读取程序必须识别所需的 FCS 关键字。

### 3.2.15

TEXT 段不得包含返回 (ASCII 13)、换行符 (ASCII 10) 或其他不可打印字符 (ASCII 0-31 和 127)，除非它们位于关键字值内或用作分隔符。

### 3.2.16

参数描述关键字 (如 \$PnR、\$PnB 等) 按参数写入文件的顺序连续编号，以数字 1 开头。下面列出了所需的和可选的 FCS 关键字，并带有一行说明。关键字及其值在列表后按字母顺序描述。因此，将指示所需的关键字。

### 3.2.17

数值关键字的值 (例如，\$BEGINANALYSIS、\$BEGINDATA、\$BEGINTEXT、\$ENDANALYSIS、\$ENDDATA、\$ENDTEXT、\$NEXTDATA、\$PAR、\$PnB、\$PnR、\$TOT) 的值不得填充任何非数字字符 (包括空格和其他白色字符)。但是，可以使用前导零 '0' (ASCII 48)。例如，您可以使用 \$BEGINDATA/0000012345/，并且不得使用 \$BEGINDATA/12345/。

### 3.2.18

所需的 FCS 主要 TEXT 段关键字如下所示：

\$BEGINANALYSIS	字节偏移 to 分析段的开头。
\$BEGINDATA	与数据段开头的字节偏移。
\$BEGINTEXT	字节偏移 to 补充 TEXT 段的开头。
\$BYTEORD	数据采集计算机的字节顺序。
\$DATATYPE	数据段中的数据类型 (ASCII, integer, floating point).
\$ENDANALYSIS	字节偏移 to 分析段的最后一个字节。
\$ENDDATA	字节偏移 to DATA 段的最后一个字节。
\$ENDTEXT	字节偏移 to 补充 TEXT 段的最后一个字节。
\$MODE	数据模式 (list mode - 首选, histogram - 已弃用).
\$NEXTDATA	字节偏移 to 文件中的下一个数据集。

\$PAR	事件中的参数数。
\$PnB	为参数编号 n 保留的位数。
\$PnE	参数 n 的放大类型。
\$PnN	参数 n 的短名称。
\$PnR	参数编号 n 的范围。
\$TOT	数据集中的事件总数。

### 3.2.19

可选的 FCS TEXT 段关键字如下所示： \$ABRT

因数据采集而丢失的事件电子巧合。

\$BTIM 数据采集开始时的时钟时间。

\$CELLS 测量的对象的说明。

\$COM 评论。

\$CSMODE 单元格子集模式，对象可能所属的子集数。

\$CSVBITS 用于编码单元格子集标识符的位数。

\$CSVnFLAG 位设置为子集 n 的标志。

\$CYT 流量细胞计的类型。 \$CYTSN 流量细胞仪序列号。

\$DATE 数据集采集日期。

\$ETIM 数据采集结束时的时钟时间。 \$EXP 发起实验的调查员姓名。

\$FIL 包含数据集的数据文件的名称。

\$GATE 浇注参数数。

\$GATING 指定用于浇注的区域组合。

\$GnE 浇注参数编号 n（已弃用）的放大类型。

\$GnF 用于浇注参数编号 n（已弃用）的光学滤波器。

\$GnN 浇注参数编号 n 的名称（已弃用）。

\$GnP 浇注参数 n（已弃用）收集的发射光的百分比。

\$GnR 浇注参数 n 的范围（已弃用）。

\$GnS 用于浇注参数 n（已弃用）的名称。

\$GnT 用于浇注参数 n（已弃用）的探测器类型。

\$GnV 用于浇注参数 n（弃用）的检测器电压。

\$INST 获取数据的机构。

\$LAST\_MODIFIED 上次修改数据集的时间戳。

\$LAST\_MODIFIER 上次修改数据集的人员的姓名。

\$LOST 由于计算机忙而丢失的事件数。

\$OP 流细胞测量运算符的名称。

\$ORIGINALITY 信息 FCS 数据集是否已修改（其任何部分）或作为仪器获取的原始数据。

\$PKn 参数 n（已弃用）的单变量直方图的峰值通道数。

\$PKNn        在参数 n（弃用）的单变量直方图的峰值通道中计数。

\$PLATEID    板标识符。

\$PLATENAME    板名称。

\$PnCALIBRATION    将参数值转换为任何定义好的单位，例如 MESF。

\$PnD        参数 n 的建议可视化比例。

\$PnF        参数 n 的光学滤波器的名称。

\$PnG        用于获取参数 n 的放大器增益。

\$PnL        参数 n 的激发波长。

\$PnO        参数 n 的激发功率。

\$PnP        参数 n 收集的发射光的百分比。

\$PnS        用于参数 n 的名称。

\$PnT        参数 n 的探测器类型。

\$PnV        参数 n 的探测器电压。

\$PROJ        实验项目的名称。

\$RnI        参数编号 n 的浇注区域。 \$RnW  
门控区域 n 的窗口设置。

\$SMNO        试样（例如管）标签。

\$SPILLOVER    荧光溢出矩阵。

\$SRC        标本的来源（患者姓名、细胞类型） \$SYS    计  
算机的类型及其操作系统。

\$TIMESTEP    时间参数的时长刻度。

\$TR        触发参数及其阈值。

\$VOL        数据采集期间样本运行量。

\$WELLID    Well identifier.

### 3.2.20 按字母顺序排列列表和关键字详细说明

对于以下所有关键字"n"、"n1"、"n2"等，表示 ASCII 编码的整数值。字符"f"、f1"、f2"等表示 ASCII 编码的浮点编号。ASCII 编码的浮点数的词法表示形式由小数位数（ASCII 48-57）的有限长度序列组成，由一个点（".", ASCII 46）分隔为十进制指标"。允许可选的前导符号，即"+"（ASCII 43）或"-"（ASCII 45）。如果省略了该符号，则假定为"\*"。前导和尾随零是可选的。如果小数零度为零，则可以省略句点和后零（es）。支持标准科学记数法。这意味着所描述的数字（在本例中称为"系数"）后面可能跟在字符"E"（ASCII 69）或"e"（ASCII 101）和"指数"。"指数"是小数位数（ASCII 48-57）的有限长度序列，可以选择由符号字符（"+"（ASCII 43）或"-"（ASCII 45）引导。如果省略了该符号，则假定为"\*"。最终结果值计算为"系数"x 10^"指数"（"系数"乘以"指数"幂 10）。

单词"string"表示 UTF-8 编码的 TEXT 字符串，该字符串的长度可以大于零。

字符"c"表示单个 UTF-8 编码字符（可能由多个字节组成）。

此处使用"/" 字符（ASCII 47）作为分隔符进行说明性说明。

**\$ABRT/n/ \$ABRT/1265/**

由于数据采集电子巧合效应而损失的事件数。此处中止的事件数为 1265。

**\$BEGINANALYSIS/n/ \$BEGINANALYSIS/123456789/ [REQUIRED]**

此字段包含从数据集开头到可选分析段开头的字节偏移。如果没有分析段，则应在此关键字值中放置"0"。如果分析段完全包含在数据集的前 99, 999, 999 字节中，则此值重复 HEADER 段中包含的偏移量。如果分析段超过前一个 99, 999, 999 字节，则 HEADER 段中的偏移信息设置为 0，并且相关的偏移信息仅存储在关键字值中。在此示例中，分析段以字节 123, 456, 789 开头。

**\$BEGINDATA/n/ \$BEGINDATA/123456789/ [REQUIRED]**

此字段包含从数据集开头到 DATA 段开头的字节偏移量。如果 DATA 段完全包含在数据集的前 99, 999, 999 字节中，则此值复制 HEADER 段中包含的偏移量。如果 DATA 段超过前一个 99, 999, 999 字节，则 HEADER 段中的偏移信息设置为 0，并且相关的偏移信息仅存储在关键字值中。在此示例中，DATA 段以字节 123, 456, 789 开头

**\$BEGINTEXT/n/ \$BEGINTEXT/123456789/ [REQUIRED]**

此字段包含从数据集开头到补充 TEXT 段开头的字节偏移量。如果没有补充 TEXT 段，则该值应设置为"0"。如果补充 TEXT 段完全包含在数据集的前 99, 999, 999 字节中，则此值重复 HEADER 段中包含的偏移量。如果补充 TEXT 段超过前一个 99, 999, 999 字节，则 HEADER 段中的偏移信息设置为 0，并且相关的偏移信息仅存储在关键字值中。在此示例中，补充 TEXT 段以字节 123, 456, 789 开头。

**\$BTIM/hh:mm:ss[.cc]/ \$BTIM/14:22:10.47/**

数据采集开始时的时钟时间。该值的格式为 24 小时时钟小时：分钟：秒.以 1/100 秒为单位的分数秒数。小数秒 [.cc] 是可选的。数据采集开始于 14 小时 22 分 10 秒和 47/100 秒。

**\$BEGINTEXT/n/ \$BEGINTEXT/123456789/ [REQUIRED]**

此字段包含从数据集开头到补充 TEXT 段开头的字节偏移量。如果没有补充 TEXT 段，则该值应设置为"0"。如果补充 TEXT 段完全包含在数据集的前 99, 999, 999 字节中，则此值重复 HEADER 段中包含的偏移量。如果补充 TEXT 段超过前一个 99, 999, 999 字节，则 HEADER 段中的偏移信息设置为 0，并且相关的偏移信息仅存储在关键字值中。在此示例中，补充 TEXT 段以字节 123, 456, 789 开头。

**\$BTIM/hh:mm:ss[.cc]/ \$BTIM/14:22:10.47/**

数据采集开始时的时钟时间。该值的格式为 24 小时时钟小时：分钟：秒.以 1/100 秒为单位的分数秒数。小数秒 [.cc] 是可选的。数据采集开始于 14 小时 22 分 10 秒和 47/100 秒。

**\$BYTEORD/n1,n2,n3,n4/ \$BYTEORD/4,3,2,1/ [REQUIRED]**

此关键字指定数据的端性，即用于在数据集中二进制存储数字数据值的字节顺序。关键字的此值对应于从数值最低显著 [1] 到数值最显著 [4] 的顺序，其中写入四个二进制数据字节以在数据采集计算机中组成一个 32 位单词。数字用逗号分隔 (ASCII 44)。只允许两个不同的值：

- \$BYTEORD/1, 2, 3, 4/ (little endian, 即最没有重要的字节先写入，例如，基于 x86 的个人电脑)
  - \$BYTEORD/4, 3, 2, 1/ ((big endian, 即最后写入最不重要的字节，例如 PowerPC，包括旧款的 Apple Macintosh 计算机，在切换到基于英特尔的体系结构之前)
- 即使数据值的大小超过 32 位 (\$DATATYPE/D/)，也应使用其中一个值来指定端性

**\$CELLS/string/ \$CELLS/Normal human peripheral blood/**

测量的单元格或其他对象的类型。这个标本是正常的人类外周血。

**\$COM/string/ \$COM/Incubation time was 47 minutes./**

此关键字用于将注释附加到数据集。它不应用作其他标准关键字的替代品。此示例显示使用

\$COM 向数据集添加简要注释，否则该注释可能只出现在实验室笔记本中。

**\$CSMODE/n/ \$CSMODE/3/**

单元格子集模式，即对象可能所属的子集数“n”。最简单的情况是，单元格子集参数编码每个对象的单个值，如 n = 1 所示。如果 n 的值大于 1，则表示单元格子集参数的值可以编码 n 个子集标识符。在这些情况下，\$CSVBITS 和 \$CSVnFLAG 关键字值将指定如何编码单元格子集值。需要注意的是，无论此关键字的值如何，单元格子集值为零表示对象未由所使用的分析方案定义。此关键字用于支持临床用例，其中简单的门控/分类可重现性至关重要。

**\$CSVBITS/n/ \$CSVBITS/4/**

用于编码单元格子集值的位数。当 \$CSMODE 关键字值大于 1 时，用于编码单元格子集标识符的位数必须由 \$CSVBITS 关键字值指定。在引用的示例中，4 位（即值 0-15）用于对单元格子集标识符进行编码。请参阅第 3.4 节中对分析部分的讨论。

**\$CSVnFLAG \$CSV1FLAG/4096/**

用作“标志”的值，用于指示“n”标识符字段对值进行编码。在引用的示例中，如果位 13 设置在单元格子集参数的值（参数值和 8192 为 TRUE），则应读取第二个位字段以解码该值。不必设置“标志”，但如果希望使用零对任何字段的第一个子集进行编码，则必须设置“标志”以指示该字段中的零引用子集。请参阅第 3.4 节中对分析部分的讨论。

**\$CYT/string/ \$CYT/FACScan/**

用于数据集的流式细胞仪的名称。这里使用了 FACScan。

**\$CYTSN/string/ \$CYTSN/400E370/**

用于数据集的流式细胞仪的序列号。此处的序列号为 400E370。

**\$DATATYPE/c/ \$DATATYPE/I/ [REQUIRED]**

此关键字描述在数据集的 DATA 段中写入的数据类型。允许的四个值是"I", "F", "D"或"A"。DATA 段是一个连续的位流, 没有分隔符。"I"代表无符号二进制整数, F 代表单个精度 IEEE 浮点, "D"代表双精度 IEEE 浮点, "A"代表 ASCII。需要其他关键字\$PnB (每个参数的位) 和\$PnR (每个参数的范围) 来完整描述 DATA 段中的事件。

\$DATATYPE/I/ 表示事件编写为未签名的二进制整数。对于事件中的每个参数, 需要为存储参数而分配的最大长度 (以位表示) 和该分配中参数使用的实际整数范围。每个参数的位数由\$PnB 指定。例如, \$P1B/16/ 指定为参数 1 分配 16 位。\$P1R/1024/指定参数 1 值的范围为 0 到 1023。这允许指定数据字长度, 从而促进具有不同数据字长度的计算机之间的兼容性, 并启用数据的位压缩。

\$DATATYPE/F/ 表示数据以 IEEE 标准格式 (5) 的形式编写为单个精度浮点值。请注意, \$PnB 关键字应设置为事件中每个参数的值 32。例如, \$P1B/32/。在这种情况下, \$P1R 关键字的值表示获取数据的原始分辨率;因此, \$P1R 关键字的值表示获取数据的原始分辨率。但是, 它可能与存储数据的范围不对应。请注意, 如果使用\$DATATYPE/F/, 则应对所有参数使用\$PnE/0,0/。

\$DATATYPE/D/ 表示数据以 IEEE 标准格式 (5) 的形式写入双精度浮点值。\$PnB 关键字应设置为事件中每个参数的值 64。例如, \$P3B/64/说参数 3 分配了 64 位的存储空间。在这种情况下, \$P1R 关键字的值表示获取数据的原始分辨率;因此, \$P1R 关键字的值表示获取数据的原始分辨率。但是, 它可能与存储数据的范围不对应。请注意, 如果使用\$DATATYPE/D/,\$PnE/0,0/应用于所有参数。

\$DATATYPE/A/ 在 FCS 3.1 中弃用。虽然仍然允许, 但建议用户使用\$DATATYPE/A/, 因为 FCS 标准的未来修订可能不支持该标准。\$DATATYPE/A/ 表示数据被写入为 ASCII 编码的整数值。在这种情况下, 关键字\$PnB 指定每个值分配的字节数 (每个字符一个字节)。这表示固定格式的 ASCII 数据。\$P1B/4/表示参数 1 的最大值为 9999。数据存储在连续字节流中, 没有分隔符。如果\$PnB 关键字的值是 \* 字符, 例如, \$P1B/\*/ , 则数据是自由格式, 每个参数值的字符数可能会有所不同。在这种情况下, 所有值都由以下分隔符之一分隔: "空格"、"tab"、"逗号"、"回车"或"换行"字符。请注意, 多个连续分隔符被视为单个分隔符。由于不同编程语言对待连续分隔符的方式之间存在显著差异, 因此在使用此格式时应小心谨慎。零值必须由"0" (ASCII 48) 字符显式指定。因此, 字符串"1, 3,, 3" (注意第三个逗号和第四个逗号之间的空格) 将只指定三个值。

#### **\$DATE/dd-mmm-yyyy/ \$DATE/01-OCT-1994/**

此关键字指定创建数据集的日期。如果数据采集的开始和结束发生在不同的日期, 则\$DATE 关键字的值应对应于采集的开始。格式为日月年, 由 dd-mmm-yyyy 指定字符数。这一数据集于 1994 年 10 月 1 日创建。请注意, 应填充所有字符位置, 包括前导零。接受的月份缩写是: JAN, FEB, MAR, APR, MAY, JUN, JUL, AUG, SEP, OCT, NOV, DEC。



**\$ENDANALYSIS/n/ \$ENDANALYSIS/123456789/ [REQUIRED]**

此字段包含从数据集开头到分析段末尾的字节偏移。如果没有分析段，则应在此关键字值中放置"0"。如果分析段完全包含在数据集的前 99, 999, 999 字节中，则此值重复 HEADER 段中包含的偏移量。如果分析段超过前一个 99, 999, 999 字节，则 HEADER 段中的偏移信息设置为 0，并且相关的偏移信息仅存储在关键字值中。在此示例中，分析段以字节 123, 456, 789 结尾

**\$ENDDATA/n/ \$ENDDATA/123456789/ [REQUIRED]**

此字段包含从数据集开头到 DATA 段末尾的字节偏移量。如果 DATA 段完全包含在数据集的前 99, 999, 999 字节中，则此值复制 HEADER 段中包含的偏移量。如果 DATA 段超过前一个 99, 999, 999 字节，则 HEADER 段中的偏移信息设置为 0，并且相关的偏移信息仅存储在关键字值中。在此示例中，DATA 段以字节 123, 456, 789 结尾。

**\$ENDSTEXT/n/ \$ENDSTEXT/123456789/ [REQUIRED]**

此字段包含从数据集开头到补充 TEXT 段末尾的字节偏移量。如果没有补充 TEXT 段，则该值应设置为"0"。如果补充 TEXT 段完全包含在数据集的前 99, 999, 999 字节中，则此值重复 HEADER 段中包含的偏移量。如果补充 TEXT 段超过前一个 99, 999, 999 字节，则 HEADER 段中的偏移信息设置为 0，并且相关的偏移信息仅存储在关键字值中。在此示例中，补充 TEXT 段以字节 123, 456, 789 结尾。

**\$ETIM/hh:mm:ss[.cc]/ \$ETIM/14:22:10.47/**

数据采集结束时的时钟时间。该值的格式为 24 小时时钟小时：分钟：秒以 1/100 秒为单位的分数秒数。数据采集以 14 小时、22 分钟、10 秒和 47/100 秒结束。小数秒关键字值是可选的，如方括号所示。

**\$EXP/string/ \$EXP/A. Smith/**

启动实验的人员的姓名。这个实验是在史密斯的指导下。

**\$FIL/string/ \$FIL/071494.001/**

此数据集最初保存在的文件名称。名称可能包括路径，也可能不包含路径。在此示例中，数据已保存在名为 071494.001 的文件中。

**\$GATE/n/ \$GATE/2/**

此关键字指定用于浇注的参数数。它类似于 \$PAR 关键字，它指定数据集中每个事件的参数总数。在此示例中，有两个门控参数。许多流式细胞学实验室的当前实践是，门控参数是作

为数据集的一部分收集的。这一事实反映在下面所述的 \$RnI 关键字的重新定义中。

**\$GATING/string/ \$GATING/R1/ \$GATING/R1 AND (R2.OR.R3)/**

此关键字指定获取数据集中的数据的条件。条件通过以下定义的区域中的布尔操作设置，使用 \$RnI 和 \$RnW 关键字。允许的布尔运算符是 AND、OR（包括）和 NOT。操作数是区域（Rn）。运算符按空格或句点与操作数或其他运算符分隔。运算符优先级从左到右，除非

用括号覆盖。在第一个示例中，使用门控区域 R1 收集数据。参数值低于 R1 的事件从数据集中排除。在第二个示例中，仅当适当的参数值位于 R1 内部且位于 R2 或 R3 或两者范围内时，才会在数据集中包含事件。

#### **\$GnE/f1,f2/ \$G3E/4.0,0.01/ [DEPRECATED]**

此关键字指定线性放大器还是对数放大器用于浇注参数号 n。当放大是对数时，f1 值指定对数数十年数，f2 表示对于日志值为 0 的信号将获得的线性值。在上面的示例中，参数 3 的数据使用四年对数放大器收集，0 通道表示线性值 0.01。当使用线性放大或放大未定义

（如对于某些计算参数）时，f1 和 f2 设置为 0。

在 FCS 3.1 中弃用浇注参数（\$GnE、\$GnF、\$GnN、\$GnP、\$GnR、\$GnS、\$GnT 和 \$GnV 关键字）。虽然从技术上讲，这些关键字仍然允许，但禁止实施者使用这些关键字，因为下一版本的 FCS 中可能不支持这些关键字。

#### **\$GnF/string/ \$G2F/520LP/ [DEPRECATED]**

此关键字指定用于到达探测器用于浇注参数 n 的光线的光学滤光片。此示例显示用于第二个浇注参数的光学滤波器是 520 nm 长通。

在 FCS 3.1 中弃用浇注参数（\$GnE、\$GnF、\$GnN、\$GnP、\$GnR、\$GnS、\$GnT 和 \$GnV 关键字）。虽然从技术上讲，这些关键字仍然允许，但禁止实施者使用这些关键字，因为下一版本的 FCS 中可能不支持这些关键字。

#### **\$GnN/string/ \$G1N/FL2/ [DEPRECATED]**

此关键字为门控参数编号 n 指定一个短名称。此处"FL2"是浇注参数 1 的名称。

在 FCS 3.1 中弃用浇注参数（\$GnE、\$GnF、\$GnN、\$GnP、\$GnR、\$GnS、\$GnT 和 \$GnV 关键字）。虽然从技术上讲，这些关键字仍然允许，但禁止实施者使用这些关键字，因为下一版本的 FCS 中可能不支持这些关键字。

#### **\$GnP/n1/ \$G3P/27/ [DEPRECATED]**

探测器为浇注参数号 n1 收集的光量表示为荧光物体发出的光的百分比。在此示例中，27% 的发射光被探测器捕获，用于浇注参数 3。

在 FCS 3.1 中弃用浇注参数（\$GnE、\$GnF、\$GnN、\$GnP、\$GnR、\$GnS、\$GnT 和 \$GnV 关键字）。虽然从技术上讲，这些关键字仍然允许，但禁止实施者使用这些关键字，因为下一版本的 FCS 中可能不支持这些关键字。

#### **\$GnR/n1/ \$G2R/1024/ [DEPRECATED]**

此关键字指定门控参数 n 的范围 n1。在此示例中，浇注参数 2 的事件范围从 0 到 1023。

在 FCS 3.1 中弃用浇注参数（\$GnE、\$GnF、\$GnN、\$GnP、\$GnR、\$GnS、\$GnT 和 \$GnV 关键字）。虽然从技术上讲，这些关键字仍然允许，但禁止实施者使用这些关键字，因为下一版本的 FCS 中可能不支持这些关键字。

#### **\$GnS/string/ \$G1S/FITC-CD45/**

此关键字为浇注参数 n 指定比 \$GnN 允许的更长的名称。此处，FITC 标记的 CD45 是浇注参数 1 的名称。

在 FCS 3.1 中弃用浇注参数 (\$GnE、\$GnF、\$GnN、\$GnP、\$GnR、\$GnS、\$GnT 和 \$GnV 关键字)。虽然从技术上讲，这些关键字仍然允许，但禁止实施者使用这些关键字，因为下一版本的 FCS 中可能不支持这些关键字。

#### **\$GnT/string/ \$G2T/PMT9524/ [DEPRECATED]**

此关键字指定门控参数 n 的检测器类型。在这里，浇注参数 2 使用 9524 型的光倍增管 (PMT)。

在 FCS 3.1 中弃用浇注参数 (\$GnE、\$GnF、\$GnN、\$GnP、\$GnR、\$GnS、\$GnT 和 \$GnV 关键字)。虽然从技术上讲，这些关键字仍然允许，但禁止实施者使用这些关键字，因为下一版本的 FCS 中可能不支持这些关键字。

#### **\$GnV/n1/ \$G2V/645/ [DEPRECATED]**

此关键字指定用于浇注参数 n 的探测器电压 n1 (以伏特为单位)。在此示例中，浇注参数 2 的探测器设置为 645 伏特。

在 FCS 3.1 中弃用浇注参数 (\$GnE、\$GnF、\$GnN、\$GnP、\$GnR、\$GnS、\$GnT 和 \$GnV 关键字)。虽然从技术上讲，这些关键字仍然允许，但禁止实施者使用这些关键字，因为下一版本的 FCS 中可能不支持这些关键字。

#### **\$INST/string/ \$INST/Laboratory of FCM, RPCI/**

收集数据的机构或实验室。在此示例中，数据在罗斯威尔公园癌症研究所的流动细胞测定实验室中收集。

#### **\$LAST\_MODIFIED/dd-mmm-yyyy hh:mm:ss[.cc]/**

#### **\$LAST\_MODIFIED/25-SEP-2008 15:22:10.47/**

上次修改数据集的时间戳。仅当 \$ORIGINALITY 关键字的值未设置为 "Original"(原始)时，才可能存在 \$LAST\_MODIFIED 可选关键字。任何对数据文件的修改都考虑修改;另请参阅 \$ORIGINALITY 和 \$LAST\_MODIFIER 关键字。请注意，对 FCS 数据集执行任何修改通常表示错误做法，并且 \$LAST\_MODIFIER 关键字的存在并不是为了鼓励这些。应始终保留原始文件，并将任何修改保存在原始文件的副本中。时间戳的格式是按月为单位的日制，后跟一个空格，然后是 24 小时时钟小时: 分钟: 秒。以 1/100 秒为单位的小数秒数。请注意，应填充所有字符位置，包括前导零。接受的月份缩写是: JAN, FEB, MAR, APR, MAY, JUN, JUL, AUG, SEP, OCT, NOV, DEC。小数秒 [.cc] 是可选的。在此示例中，数据集上次修改于 2008 年 9 月 25 日，时间为 15 小时、22 分钟、10 秒和 47/100 秒。

#### **\$LAST\_MODIFIER/string/ \$LAST\_MODIFIER/Jack Evil/**

执行上次修改数据集的人员的姓名。仅当 \$ORIGINALITY 关键字的值未设置为 "Original"时，\$LAST\_MODIFIER 可选关键字才可能存在。任何对数据文件的修改都考虑修改;另请参阅

\$ORIGINALITY 和 \$LAST\_MODIFIER 关键字。请注意，对 FCS 数据集执行任何修改通常表示错误做法，并且 \$LAST\_MODIFIER 关键字的存在并不是为了鼓励这些修改。应始终保留原始文件，并将任何修改保存在原始文件的副本中。在此示例中，Jack Evil 是执行上次修改数据集的人员的姓名。

#### **\$LOST/n/ \$LOST/457/**

此关键字指定由于计算机忙于其他任务而在数据采集过程中丢失的事件数。在这里，457 个事件是如此丢失。

#### **\$MODE/c/ \$MODE/L/ [REQUIRED]**

此关键字指定获取数据的模式。字符 c 的允许值为 "L"、"C"（已弃用）或 "U"（已弃用）。这些选项描述如下：

L - 列表模式。对于每个事件，每个参数的值都按描述参数的顺序存储。使用 \$P1B 关键字描述为参数 1 保留的位数。每个数据集只能有一组列表模式数据。\$DATATYPE 关键字描述数据格式。这是存储流式细胞测量数据的最通用模式，因为模式 C 和模式 U 数据可以从模式 L 数据创建。

C（弃用） - 一个相关的多变量直方图作为多维数组存储在数据集中。每个数据集只能有一个这样的直方图。在存储多参数相关数据时，先增加第一个参数的索引，然后增加第二个参数的索引等。对于双变量数据，第一个数据值对应于参数 1 的索引 1 和参数 1 的索引 1，第二个数据值对应于参数 1 的索引 2 和参数 2 的索引 1 等。

在 FCS 3.1 中，使用相关的多变量直方图被弃用。虽然仍然允许，但鼓励实施者避免使用此选项，因为它可能在下一版本的 FCS 中终止。

U（弃用） - 不相关的单变量直方图。每个数据集可以有多个单变量直方图。参数 1 的直方图频率首先存储，后先存储参数 2 等。如果单变量直方图已门控，则必须都使用相同的门获得，以便每个直方图中的事件总数相同。

在 FCS 3.1 中，使用不相关的单变量直方图被弃用。虽然仍然允许，但鼓励实施者避免使用此选项，因为它可能在下一版本的 FCS 中终止。

#### **\$NEXTDATA/n/ \$NEXTDATA/202512/ [REQUIRED]**

FCS 3.1 数据文件由一个或多个数据集组成。当 FCS 文件中有多个数据集时，此关键字会提供从数据集开头到 FCS 文件中下一个数据集的 HEADER 中的第一个字节的字节偏移量。

如果 n 为零（0），则这是文件中的最后一个或唯一的数据集。此示例显示下一个数据集从字节 202512 开始，从当前数据集的开头开始。每个数据集都单独独立，必须包含完整的关键字。

请注意，除非多个数据集从另一个数据集派生，否则单个数据文件中的多个数据集的使用将被弃用。从技术上讲，仍然可以将多个数据集存储在 FCS 文件中，但除非从数据文件中的另一个数据集派生出一个数据集，否则不鼓励实现者这样做。

**\$OP/string/ \$OP/Dave/**

流动细胞仪的操作员的名称。在这里，戴夫是这个仪器的操作员。

**\$ORIGINALITY/string/**

**\$ORIGINALITY/Original/ \$ORIGINALITY/NonDataModified/**

**\$ORIGINALITY/Appended/ \$ORIGINALITY/DataModified/**

信息 FCS 数据集是否已修改或作为仪器获取的原始数据。如果存在此关键字，则该值应为 "Original 原始"、" NonDataModified 非数据修改"、" Appended 追加"或" DataModified 数据修改"，表示以下内容：

\$ORIGINALITY/Original/表示完整数据集是仪器或软件获取或最初创建的。未修改数据集的一部分。

\$ORIGINALITY/NonDataModified/ 指示对原始数据集（由仪器或软件最初创建）进行了更改，但这些更改未修改 DATA 段中的任何内容。例如，关键字/值对可能已在 TEXT 段中更改或添加，或者分析段可能已添加到数据集中。另请参阅\$LAST\_ MODIFIER 和\$LAST\_ MODIFIED 关键字。

\$ORIGINALITY/Appended/ 指示对原始数据集（由仪器或软件获取或最初创建）进行了更改，但这些更改将保留 DATA 段中的所有原始数据，并将新数据添加到 DATA 段。通常，这意味着添加新（例如，计算）参数（例如 FL2-A/FL2-H 比率、分类结果等）或添加新事件。在这些情况下，允许对 TEXT 段进行修改（并且由于\$PAR 等需要更新，因此必须进行修改）。

\$ORIGINALITY/DataModified/ 指示对原始数据集（由仪器或软件最初创建）进行了更改，包括对 DATA 段中原始数据进行更改。另请参阅\$LAST\_ MODIFIER 和\$LAST\_ MODIFIED 关键字。请注意，良好做法通常要求保留原始数据文件，并且应非常谨慎地对 FCS 数据集进行任何修改，以确保生成的文件被确定为派生文件。请注意，对于未来的标准规范，ISAC 正在考虑机制来验证原始数据集的完整性。

**\$PAR/n/ \$PAR/5/ [REQUIRED]**

此关键字指定存储在数据集中每个事件中的参数总数。在此示例中，为每个事件存储五个参数的数据。

**\$PKn/n1/ \$PK2/374/ [DEPRECATED]**

对于参数 n 的单变量直方图，此关键字指定包含事件最高频率的通道号 n1。在此示例中，参数 2 的单变量直方图中的峰值位于通道 374 中。\$PKNn 关键字指定该通道中的计数。

在 FCS 3.1 中，\$PKn 和\$PKNn 关键字与直方图的弃用一起被弃用。

**\$PKNn/n1/ \$PKN2/12803/ [DEPRECATED]**

对于参数 n 的单变量直方图，此关键字指定包含最大事件频率的通道编号（直方图条柱）中的事件数 n1。在此示例中，参数 2 的单变量直方图的最大事件频率为 12803。上面\$PKn 关键字指定此峰值计数发生在通道 374 处。

在 FCS 3.1 中，\$PKn 和\$PKNn 关键字与直方图的弃用一起被弃用。

**\$PLATEID/string/ \$PLATEID/27e029f-3d35-4bda-bda4-72cffeae8b2a/**

此关键字指定与孔是数据集源的板关联的唯一标识符。在此示例中， 27e029f-3d35-4bdabda4-72cffeae8b2a 是板的标识符。

**\$PLATENAME/string/ \$PLATENAME/Plate1 96 Well - U bottom/**

此关键字指定并是数据集源的板的名称。在此示例中， Plate1 96 Well - U bottom 是板的名称。

**\$PnB/n1/ \$P3B/16/ [REQUIRED]**

对于\$DATATYPE/I/（二进制整数）、\$DATATYPE/F/（浮点数）和\$DATATYPE/D/（双精度浮点数），此关键字指定为存储参数 n 分配的位数 n1。对于\$DATATYPE/A/（ASCII 编码的整数），\$PnB 指定参数 n 每个测量值的字符数（n）。

对于\$DATATYPE/F/，\$PnB 的值应始终为 32（单位/值）。

对于\$DATATYPE/D/，\$PnB 的值应始终为 64（位/值）。

对于\$DATATYPE/A/，可以指定一个整数值，或者\$P1B/\*/可用于每个值的可变字符数;有关详细信息，请参阅\$DATATYPE。

对于\$DATATYPE/I/，这些关键字支持对事件的紧密位打包。例如，数据存储可以通过 \$PnB/10/\$PnR/1024/指定为事件中的每个 n 参数。然后，在存储每个事件时浪费更少的位。但是，打包这些数据以进行存储，并在以后将其解压缩以进行分析是非常耗时的。实际上，大多数流式圆仪使用\$PnB/16/\$PnR/1024/用于 10 位数据。具有 8 位 ADC 的流式细胞计将使用\$PnB/8/\$PnR/256/ 其中 n 表示从 1 到测量的参数数的整数。

在此示例中，参数 3 的数据值将存储为两个字节（16 位）。此关键字与\$PnR 结合使用，以确定数据的实际存储方式。具有 10 位模拟到数字转换器（ADC）的流量测程仪具有\$PnR/1024/。10 位数字将存储在 \$PnB/16/ 为每个参数保留 6 个空位的 16 位空间中。实现者在读取这些列表模式参数值时应使用位掩码，以确保不会从未使用的位读取错误值。如果\$PnR 不是 2 的功率，则应使用 2 的下一个更高功率来创建位掩码，并且应忽略高于下一个更高功率 2 的位中的任何信息。

**\$PnCALIBRATION/f,string/ \$P1CALIBRATION/1.234,MESF/**

\$PnCALIBRATION 关键字用于指定任意信号单位的转换，作为参数值（未补偿或补偿）记录到某些定义良好的单位，例如，平均等效可溶性氟铬（MESF）或抗体分子。关键字值包括单个正浮点值和用逗号""（ASCII 44 或 0x2C）分隔的字符串值，具有以下语义：

- f（单个正浮点值）：表示对应于参数 n 的单位信号值的校准单位数；
- string（UTF-8 字符串）：表示与校准值对应的单位的名称。

例如，如果参数 n 上的信号具有刻度值 X，则校准的值为  $X = f$  单位。此转换应用于缩放数据值，即执行任何反日志（\$PnE）或增益（\$PnG）缩放后。在此示例中，参数 1 具有每个刻度单位 1.234 MESF。另请参阅附录 A：校准、补偿和相关计算。

**\$PnD/string,f1,f2/ \$P3D/Linear,0,1024/ \$P2D/Logarithmic,4,0.1/**

\$PnD 是一个可选关键字，它建议参数 n 的可视化比例。如果存在此关键字，则字符串部分的值应为"线性"或"对数"的值。任何软件使用建议的可视化比例（例如，最终用户仍可以选择另一个比例以可视化参数）不是强制性的。如果缺少 \$PnD，分析软件可能仍然能够根据其他提示（如 \$PnE、\$PnN、\$PnS）猜出最佳比例。

字符串值编码显示转换的类型。标准可识别两种类型的显示变换。这些是"线性"和"对数"，值应映射到在采集期间应用于数据的转换。请注意，这与 \$PnE 不同，因为某些软件将所有数据导出为线性数据，因此不使用 \$PnD 关键字就不会维护原始转换。

每个转换都有一个不同的参数列表（浮点号 f1, f2），用于指定如何构造转换。

- \$PnD/Linear,f1,f2/ \$P3D/Linear,0,1024/

数据应显示为线性比例。请注意，f1 和 f2 参数值位于"缩放"单位中，而不是"通道"单位，详情请参阅下文。

f1: 下限 - 与显示器左边缘对应的比例值

f2: 上限 - 与显示屏右边缘对应的比例值

**Example:** \$P3D/Linear,0,1024/ 指定范围从 0 到 1024（比例值）的线性显示。

**Example:** \$P5D/Linear,100,200/ 指定要显示的参数值从 100 到 200 运行。

注意：所有参数值均以"缩放"单位为单位，而不是"通道"单位。请考虑以下情况：

\$P3B/8/ \$P3R/256/ \$P3G/4/ \$P3E/0,0/ \$P3D/Linear,0,32/

这是一个线性参数，通道值为 0 到 255。考虑到增益，比例值从 0 到 64。\$P3D 指定从 0 到 32 个比例单位的线性显示，该比例仅包含收集的数据范围的下半部分。

\$P4B/16/ \$P4R/1024/ \$P4E/4,1/ \$P4D/Linear,0,1000/

显示关键字指定数据应以线性缩放形式显示，仅显示比例值的倒数 10 分之一。这将限制显示到 0 和 768（底部 30 年）之间的通道值，通道在线性显示中呈指数级分布。

- \$PnD/Logarithmic,f1,f2/ \$P2D/Logarithmic,4,0.1/

数据应以对数缩放方式显示。请注意，f1 和 f2 参数值位于"缩放"单位中，而不是"通道"单位，详情请参阅下文。

f1: 几十年 - 要显示的几十年。

f2: 偏移 - 与显示器左边缘对应的比例值

**Example:** \$P2D/Logarithmic,4,0.1/指定介于 0.1 到 1000（比例值）的线性显示，即 40 年的显示宽度。

**Example:** \$P1D/Logarithmic,5,0.01/指定介于 0.01 到 1000（比例值）的线性显示，即 50 年的显示宽度。

注意：所有参数值均以"缩放"单位为单位，而不是"通道"单位。请考虑以下情况：

\$P4B/16/ \$P4R/1024/ \$P4E/4,1/ \$P4D/Logarithmic,3,1/

显示关键字指定数据应以对数缩放显示，只显示底部 30 年。这将限制显示到 0 和 768（1024×3/4）之间的通道值。

### **\$PnE/f1,f2/ \$P3E/4.0,0.01/ [REQUIRED]**

此关键字指定参数编号  $n$  是否存储在线性或对数比例上，并包含有关使用对数比例放大的详细信息。

使用线性比例时，应输入  $\$PnE/0,0/$ 。如果使用浮点数据类型 ( $\$DATATYPE/F/$  或  $\$DATATYPE/D/$ )，则所有参数应存储为线性参数， $\$PnE/0,0/$

使用对数比例时， $f1$  的值指定对数十年数， $f2$  表示对于日志值为 0 的信号将获得的线性值。在上面的示例中，参数 3 的数据使用 40 年对数放大器收集，0 通道表示线性值 0.01。请注意，值  $f1$  和  $f2$  应为零或正数。特别是， $\$PnE/f1, 0/$   $f1 > 0$  不是有效的条目，不应写入。如果在 FCS 文件中找到此条目，建议将其处理为  $\$PnE/f1, 1/$ 。

说明： $\$PnE/4, 0/$ 等条目从未正确过。不幸的是，缺乏明确的解释使得这些被广泛使用。对于  $\$PnE/f1, f2/$ ， $f1$  指定对数数十年数， $f2$  表示日志刻度上的最小值，由于未定义零对数，因此不能为 0。例如， $\$PnE/4, 1/$  意味着 40 年日志从 1 到 10000； $\$PnE/5, 0.01/$  意味着 50 年日志从 0.01 到 1000。

将对数比例上的通道值转换为线性比例值：

对于  $\$PnR/r/$ ， $r > 0$ ， $\$PnE/f1, f2/$ ， $f1 > 0$ ， $f2 > 0$ ： $n$  是一个对数参数，信道值为 0 到  $r-1$ ，比例值从  $f2$  到  $f2=10^{f1}$ 。通道值  $xc$  可以转换为刻度值  $xs$ ，如  $xs = 10^{(f1 = xc / (r)) * f2}$ 。

从通道转换为比例值的示例：

$\$P1R/1024/$ ， $\$P1E/4, 1/$ ：这是一个对数参数，信道值为 0 到 1023，比例值从 1 到大约 10000。

通道值  $xc$  可以转换为刻度值  $xs$ ，如  $xs = 10^{(4 * xc / 1024) * 1}$ 。

$\$P2R/256/$ ， $\$P2E/4.5, 0.1/$ ：这是一个对数参数，信道值为 0 到 255，比例值从 0.1 到大约  $10^{3.5}$  ( $\sim 3162$ )。通道值  $xc$  可以转换为刻度值  $xs$ ，如  $xs = 10^{(4.5 * xc / 256) * 0.1}$ 。

### **\$PnF/string/ \$P2F/520LP/**

此关键字指定用于到达参数  $n$  的探测器的光线的光学滤波器。此示例显示用于第二个参数的光学滤波器是 520 nm 长通。

### **\$PnG/f/ \$P2G/10.0/**

此关键字指定用于放大参数  $n$  的信号增益。此示例显示参数 2 在数字化前放大了 10.0 倍。增益不得与对数放大结合使用，即， $\$PnG/f/$ ， $f$  不等于 1，不得与  $\$PnE/0,0/$  一起使用。将线性放大的数据从通道值转换为缩放值。对于  $\$P1G/g/$ ， $g > 0$ ， $\$PnE/0, 0/$ ：通道值  $xc$  可以转换为刻度值  $xs$  作为  $xs = xc / g$ 。

从通道转换为比例值的示例：

$\$P1R/1024/$ ， $\$P1E/0, 0/$ ， $\$P1G/8/$ ：这是一个信道值为 0 到 1023 的参数，比例值从 0 到大约 128。在这种情况下，通道值  $xc$  可以转换为刻度值  $xs$  作为  $xs = xc / 8$ 。

### **\$PnL/n1[,n2,...]/ \$P1L/488/ P3L/560,625/**



此关键字指定参数 n 的激发波长（以 nm 表示）。在第一个示例中，参数号 1 的波长为 488 nm。通常，单个波长与每个参数相关；然而，一些现代仪器允许多个激光器与单个参数相关，波长不同。在第二个示例中，使用了两个不同波长（分别为 560 nm 和 625 nm）的同轴激光器，其激发活性结果通过使用与参数 3 相关的探测器检测到。

#### **\$PnN/string/ \$P3N/FL1-H/ [REQUIRED]**

此关键字用于指定参数 n 的短名称。此处参数 3 具有 FL1-H 的短名称。参数名称必须是唯一的，即数据集中每个名称（\$PnN 关键字的值）只能发生一次。字符", ""（逗号，ASCII 44）不允许成为此关键字的值的一部分（短名称中的逗号将与其他一些关键字（如 \$TR、\$SPILLOVER）发生冲突）。值"TIME"应用于指示时间测量，并带有 \$TIMESTEP 中指示的步骤。

#### **\$PnO/n1/ \$P2O/200/**

此关键字指定与参数 n 的测量关联的光源的激发功率 n1（以毫瓦为单位）。在这里，200 mW 用于产生与参数 2 相关的信号。

#### **\$PnP/n1/ \$P4P/50/**

探测器收集的参数号 n 的光量，表示为荧光物体发出的光的百分比。在此示例中，50% 的发射光被探测器捕获，参数号为 4。

#### **\$PnR/n1/ \$P2R/1024/ \$P2R/262144/ [REQUIRED]**

对于 \$DATATYPE/I/ 此关键字指定参数 n 的最大范围 n1。对于 \$MODE/L/（列表模式数据），这对应于 ADC 范围，例如 1024。在这种情况下，数据值的范围可以从 0 到 1023。对于单变量直方图数据（\$MODE/C/ 或 \$MODE/U/），n1 是参数 n 直方图中的通道数。对于 \$DATATYPE/I/，\$PnR 的值还间接指定读取值时应使用的位掩码。有关详细信息，请参阅 \$PnB 和第 3.3 节的说明。

对于 \$DATATYPE/F/ 和 \$DATATYPE/D/ 此关键字指定用于获取数据的参数 n 的最大范围 n1。\$DATATYPE/F/ 与 \$PnR/262144/ 是一些仪器常用。存储在数据集中的实际值可能超过间隔两侧的此范围。具体来说，可能有负值以及大于 n1 的值，例如，由于补偿。读取 \$DATATYPE/F/ 或 \$DATATYPE/D/ 数据时，不得应用位掩码。

#### **\$PnS/string/ \$PnS/CD45 FITC Fluorescence - Area/**

此关键字指定要在参数 n 的图中用作轴标签的长名（全名）。此处为 CD45 FITC 荧光 - 区域是标签。\$PnS 是等效于 \$PnN 的长名。与 \$PnN 不同，\$PnS 可能包括逗号，并且不需要在参数中是唯一的。

#### **\$PnT/string/ \$P2T/PMT9524/**

此关键字指定参数 n 的检测器类型。在这里，参数 2 使用 9524 型的光倍增管（PMT）。

#### **\$PnV/f1/ \$P2V/445.5/**

此关键字指定参数 n 的探测器电压 f1（伏特）。在此示例中，参数 2 的探测器设置为 445.5 伏特。

#### **\$PROJ/string/ \$PROJ/AML patient study/**

此关键字提供项目的名称。这里是一个 AML 患者研究。

**\$RnI/string1,[string2]/ \$R3I/P2,P4/ \$R2I/G3/**

此关键字将门控区域编号 n 与一个或两个参数关联，此处显示为 string1 和 string2。这两个字符串的形式为"Pn"或"Gn"。"Pn"代表收集的参数 n，而"Gn"代表浇注参数 n。在第一个示例中，浇注区域 3 与参数 2 和 4 的双变量点图或双变量直方图相关联。下面介绍的 \$RnW 关键字指定浇注区域的形状。在第二个示例中，浇注区域 2 与浇注参数 3 相关联。请参阅 \$GATE 关键字的讨论。

**\$RnW/f1,f2[,f3,f4,...]/ \$R1W/345.5,366.8/**

此关键字指定门控区域 n 的窗口设置。仅当还指定了 \$RnI 关键字时，此窗口设置才有用。如果关键字 \$RnI 只有一个值，则 f1 和 f2 在单变量直方图中指定窗口的包含下边界和上限。例如，\$R2I/3/\$R2W/345.5, 366.8/指定浇注区域 2 与浇注参数 3 相关联。封闭事件的范围必须在通道 345.5 和 366.8（包括）之间。如果 \$RnI 关键字值有两个值，则窗口存在于双变量图中，并在 \$RnW 关键字中指定为多边形。多边形中第一个点的 x 和 y 坐标是 f1, f2 的对。下一个点由";"字符从第一个点分隔开来，并表示为上面的 f3, f4。面可以包含由分号分隔的任意数量的点。第一个点和最后一个点假定为已连接。

例如，\$R1I/2, 3/\$R1W/310, 205;515, 304;480, 615;240, 514;354, 542/指定区域 1 在参数 2 和 3 中定义，区域 1 窗口是此 2 参数空间中的五面多边形。\$GATING 关键字将指定窗口的使用方式（AND、OR 等）。

**\$SMNO/string/ \$SMN0/7874A5/**

此关键字是用于识别样本（样本）的占位符。它可以包括任何供应商或用户特定的标识。通常，多百元标本可能与同一源相关（参见 \$SRC）。\$SMNO 的值也可以包括管。另请参阅 \$PLATEID、\$PLATENAME 和 \$WELLID，了解板材和井识别。在此示例中，试样标识为 7874A5。

**\$SPILLOVER/n,string1,string2,...,f1,f2,f3,f4,.../**

\$SPILLOVER 关键字用于指定以溢出矩阵的形式进行荧光补偿所需的信息（见下文）。该矩阵提供建议用于计算从文件中存储的未补偿数据的获取后分析的荧光补偿数据的溢出。溢出矩阵引用存储在数据集中未补偿的参数（存储的数据始终在 FCS 3.1 中未补偿）。数据集只能提供一个溢出矩阵。请注意，也可以使用门控-ML 标准（6）单独提供补偿。

关键字值包括 1 个正整数值、两个或多个字符串值和 4 个或更多具有以下语义的浮点值：

**\$SPILLOVER/n,Str1,Str2,...,Strn,S11,S12,...,S1n,S21,S22,...,Snn/:**

n（单个正整数值）：n 表示矩阵中的参数数。

Stri（n 个字符串）：Stri 表示与溢出矩阵中的"i"-th 参数对应的参数名称。参数名称被理解为其 \$PnN 关键字的确切值（包括足够类型，如"-A", "-H", "-W"）。

Sij - (n\*n 浮点值)：Sij 表示从参数"i"到参数"j"的溢出系数。从参数"i"到参数"j"的溢出系数是"j"通道中信号量与仅携带"i"参数染料的粒子在"i"通道中的信号量的比率。

**Explanation:**

此公式允许将收集的参数的子集包含在矩阵中（矩阵中的参数数由第一个元素指定）。矩阵的大小将为  $n \times n$ 。关键字值中的元素总数必须为 "1+n+n x n"; 第一个值是正整数值，下一个  $n$  值是字符串，引用补偿参数 \$PnN 名称，其余  $n \times n$  浮点值表示其溢出矩阵。所有值都是逗号分隔的。

值中的第一个元素是参数数。此元素的值必须大于 1，小于或等于文件中的参数数

(\$PAR)。接下来的  $n$  个元素标识矩阵中包含的参数。参数可以按任意顺序存在。溢出矩阵的每一行对应于与所有参数对应参数关联的溢出效应。

下一个 " $n \times n$ " 元素指定溢出系数值。这些值被指定为浮点（使用可选的科学记数法）。例如："3.6e-2"; "0.04"; "0.56" 等。

**Example:**

\$P3N/FL1-A/ \$P3S/FITC/

\$P4N/FL2-A/ \$P4S/PE/

\$P5N/FL3-A/ \$P5S/Cy5PE/

\$SPILLOVER/2,FL1-A,FL2-A,1.0,0.1,0.03,1.0/

此关键字指定参数 FL1-A ("FITC") 和 FL2-A ("PE") 之间的双向补偿，从 FITC 到 PE 的溢出率为 10%，PE 到 FITC 的溢出率为 3%。

溢出矩阵 1 - 示例溢出矩阵，指定参数 FL1-A ("FITC") 和 FL2-A ("PE") 之间的双向补偿，从 FITC 到 PE 的溢出率为 10%，PE 到 FITC 的溢出率为 3%。

	Detector	
	FITC	PE
Fluorochrome		
FITC	1.0	0.1
PE	0.03	1.0

**Example:**

\$P3N/FL1-A/ \$P3S/FITC/

\$P4N/FL2-A/ \$P4S/PE/

\$P5N/FL3-A/ \$P5S/Cy5PE/

\$SPILLOVER/3,FL2-A,FL1-A,FL3-A,1.0,0.03,0.2,0.1,1.0,0.0,0.05,0,1.0/

此关键字指定一个三向补偿，包括参数 FL1-A ("FITC")、FL2-A ("PE") 和 FL3-A ("Cy5PE")。

溢出矩阵的构造应如下所示：

**溢出矩阵 2 - 指定 3 向补偿的示例溢出矩阵，包括参数 FL1-A ("FITC"、"FL2-A") 和 FL3A ("Cy5PE")。**

	Detector		
	PE	FITC	Cy5PE
Fluorochrome			

PE	1.0	0.03	0.2 FITC
	0.1	1.0	0.0 Cy5PE
0.0	0.05	1.0	补偿值的计算通过以下

方式完成：

- (1) 构造 PE、FITC 和 Cy5PE 值的列矢量  $e$ （来自文件的事件，缩放值）；
- (2) 反转溢出矩阵  $S$  - 创建矩阵  $S^{-1}$
- (3) 转换矩阵  $S^{-1}$  - 创建矩阵  $T$  ( $S^{-1}$ )
- (4) 通过  $T(S^{-1}) \times e$  的矩阵乘法，可以获得具有补偿 PE、FITC 和 Cy5PE 值的结果列矢量。

使用行矢量可以实现相同的补偿，如下所示：

- (1) 构造 PE、FITC 和 Cy5PE 值的行矢量  $e$ （来自文件的事件，缩放值）；
- (2) 反转溢出矩阵  $S$  - 创建矩阵  $S^{-1}$
- (3) 通过  $e \times S^{-1}$  的矩阵乘法，可以获得具有补偿 PE、FITC 和 Cy5PE 值的结果行矢量。

**\$SRC/string/ \$SRC/J. Doe, HIV positive patient/**

此关键字指定样本的来源。请注意，此关键字值可能包含患者信息，这些信息可能受区域特定法律和准则的保护。获取实验室可以选择使用此关键字值使用编码信息。

**\$SYS/string/ \$SYS/Mac OS X v10.5/**

此关键字指定收集数据集的计算机类型和操作系统。此处，数据集是在 Mac OS X v10.5 上收集的。

**\$TIMESTEP/f/ \$TIMESTEP/0.01/**

此关键字的存在表示时间已作为数据集中的参数之一收集。将  $P_n$  的值与字符串"TIME"允许标识，哪个参数表示时间。 $\$TIMESTEP$  指定时间步长（以秒为单位）。

在此示例中，时间步长为 1/100 秒。在此示例中，实施器指定

$\$DATATYPE/I/\$P6N/TIME/\$P6B/16/\$P6R/65536/\$TIMESTEP/0.01/$ 。当计算机捕获数据集中的第一个事件时，在第一个事件中将输入参数 6 中的零值。当事件  $e$  在第一个事件之后数秒捕获时，值  $s_{100}$  将输入到事件  $e$  中的参数 6 中。在此示例中，最大时间范围为 65536/100 秒（10 分钟和 55.35 秒）。

**\$TOT/n/ \$TOT/25000/ [REQUIRED]**

此关键字指定数据集中的事件总数。此数据集包含 25000 个事件。

**\$TR/string,n/ \$TR/FSC-H,54/**

此关键字指定参数名称（ $P_n$  关键字的值），该参数名称用作事件的触发信号。数字  $n$  是表示事件的阈值的通道编号。超过阈值时，将声明事件。此处正向散射（FSC-H）是触发信号，事件阈值位于通道 54。

**\$VOL/f/ \$VOL/50500/**

此关键字指定数据采集期间消耗的示例量。体积以纳米升为单位表示为浮点数。在此示例中，该数据集以 50500 纳米升的样本量获得。这等于 50.5  $\mu\text{L}$ （微升）。

#### **\$WELLID/string/ \$WELLID/A07/**

此关键字指定作为数据集源的井板上的位置。井 ID 的数字部分具有前导零，因此对于给定板类型的所有孔使用相同数量的字符来表示位置（例如，96 孔板有 8 行标记为 A - H，12 列标记为 01-12;384 孔板有 16 行标记为 A-P，24 列编号为 01 - 24 等）。在此示例中，A07 是井标识符。

## 3.3 DATA 段

DATA 段包含由 \$MODE 关键字值在主要 TEXT 段中描述的三种模式之一的原始数据（列表、相关或不相关）。数据以 \$DATATYPE 关键字值描述的四种允许格式（二进制、浮点、双精度浮点或 ASCII）之一写入数据段（另请参阅 \$DATATYPE 关键字的说明）。

对于具有二进制整数数据类型（\$MODE/L/\$DATATYPE/I/）的列表模式存储，\$PnB 关键字集指定每个参数存储的位宽度。\$PnR 关键字集指定每个参数的通道编号范围。例如，\$P1B/16/ \$P1R/1024/ 为参数 1 指定一个 16 位字段，为参数 1 的值指定一个范围，该值从 0 到 1023 对应于 10 位。实现者在读取这些列表模式参数值时应使用位掩码，以确保不从 6 个未使用的位读取错误值。如果 \$PnR 不是 2 的功率，则应使用 2 的下一个更高功率来创建位掩码，并且应忽略高于下一个更高功率 2 的位中的任何信息。

对于具有浮点数据类型（\$MODE/L/\$DATATYPE/F/ 或 \$MODE/L/\$DATATYPE/D/）的列表模式存储，\$PnB 关键字集还指定每个参数的存储位宽度;但是，此宽度需要分别对应于 32 位和 64 位。读取这些列表模式参数值时，不应应用位掩码。负值以及超出 \$PnR 关键字值的值是合法的。

对于将数据存储为 ASCII 编码整数（(\$MODE/L/\$DATATYPE/A/）的列表模式存储，\$PnB 关键字集指定每个值分配的字节数（每个字符一个字节），除非使用 \$PnB/\*/ 请注意，\$DATATYPE/A/ 已弃用，详情请参阅 \$DATATYPE 的说明。

## 3.4 ANALYSIS 段

分析是一个可选的段，如果存在，则包含数据处理的结果。通常，在数据收集并存储在数据集中后，进行在线分析。因此，分析段通常包含添加到原始文件副本的信息。例如，细胞周期分析或免疫现象类型测定的结果通常涉及比在收集和存储数据时“实时”执行更复杂的分析。分析段的结构与 TEXT 段相同;即，它由一系列关键字-值对组成。分析段没有必需的关键词。可选的 FCS 关键字在 3.4.1 中列出，包含一行说明，3.4.2 中列出完整的说明和示例。

实施者可以添加自己的关键字。

分析段可用于识别单元格子集，由区域绘制或某些分区方法（如聚类分析（7）确定。这可能特别适用于免疫吸皮数据。此标准支持三种识别单元子集的方法，如下所述。前两个在数据集中使用的空间最少，但要求单元格子集不相交。第三种方法为每个事件添加一个参数，并支持重叠的单元格子集分配。

- 在方法 1 中，实现者使用 TEXT 段关键字-值对\$CSMODE/1/ 和\$CSTOT/n/ 指定存在一组包含单元格不相交子集的单元格子集。TEXT 段关键字值对\$CSVBITS/8/用于指示每个事件的单元格子集分配存储在未签名字符（每个 8 位）的二进制矢量中，其长度是数据集中的事件数。此矢量存储在分析段之后的另一个句段中。DATA 段包含原始数据的副本，其事件按与原始数据集中相同的顺序写入。在分析段中，\$CSnNUM 用于计算每个 n 个子集中的单元格数。

- 在方法 2 中，实现器使用上述\$CSMODE/1/ 和\$CSTOT/n/ 的 TEXT 段关键字-值对，但不使用\$CSVBITS 关键字。在 DATA 段中，事件会同时写入一个单元格子集，而不是按原始事件顺序写入。在分析段中，\$CSnNUM 用于计算每个 n 个子集中的单元格数。不需要其他段。

- 方法 3 为数据集中的每个事件创建一个额外的单元子集（CS）参数。单元格子集可以通过方法定义，例如，聚类分析、神经网络、参数组合上的布尔门、n 维空间中的超平面等。参数的值可以为每个事件（\$CSMODE/1/）或每个事件对多个标识符编号（值大于 1 \$CSMODE 的值）编码单个子集标识符编号。标识符编号的含义由 TEXT 和分析段中 \$CSnNAME 关键字的值指定。如果 CS 参数的值为 0（零），则该事件将非用于分配单元格子集的定义分类。如果分类方案创建独特的非重叠组，例如 CD4 T 细胞、CD8 T 细胞、B 细胞、单核细胞/巨噬细胞、嗜中性粒细胞等，则最简单的方法是将\$CSMODE 的值设置为 "1"，并使用 1 = CD4 T 细胞、2 = CD8 T 细胞等。在某些情况下，它可能是有用的...

### 3.4.1 可选 FCS 分析段关键字列表

可选的 FCS 分析段关键字如下所示：

\$CSDATE	单元格子集分析日期。
\$CSDEFFILE	单元格子集定义文件名。
\$CSEXP	执行单元格子集分析的人员的姓名。
\$CSnName	单元格子集编号 n 的名称。
\$CSnNUM	单元格子集数 n 中的单元格数。

### 3.4.2 可选的 FCS 分析段关键字

对于以下所有关键字"n"、"n1"、"n2"等。表示 ASCII 编码的整数值，字符"f"，"f1"，"f2"等表示 ASCII 编码的浮点数（如 3.2.20 中所述的词法表示），单词"字符串"表示一个 UTF-8 编码的 TEXT 字符串，其长度可以大于零，并且字符"c"表示单个 UTF8 编码字符（可能由多个字符组成）。此处使用"/" 字符（ASCII 47）作为分隔符进行说明性说明。

**\$CSDATE/dd-mmm-yyyy/ \$CSDATE/26-OCT-94/**

单元格子集日期。此关键字指定创建包含单元格子集分析的数据集的日期。日期的格式与 \$DATE 的格式相同。这一数据集于 1994 年 10 月 26 日创建。

**\$CSDEFFILE/string/ \$CSDEFFILE/c:\filename.dat/**

单元格子集定义文件。字符串是包含定义每个单元格子集所需的信息的文件的名称。在此示例中，单元格子集定义文件名为 filename.dat，位于驱动器 c 上。

**\$CSEXP/string/ \$CSEXP/A. Smith/**

单元格子集实验者。执行单元格子集分析的人员的姓名。在这里，A. Smith 执行了单元格子集分析。

**\$CSnName/string/ \$CS2N/lymphocytes/**

单元格子集名称。这是一个字符串命名单元格子集编号 n。在此示例中，单元格子集 2 被命名为"淋巴细胞"。

**\$CSnNUM/n1/ \$CS2NUM/3456/**

此关键字指定单元格子数 n1（单元格子集数 n）中的单元格数。在此示例中，单元格子集 2 包含 3456 个单元格。

## 3.5 CRC Value

CRC 单词为每个数据集的一部分计算，从 HEADER 段的第一个字节开始，以数据集最后一个段的最后一个字节结束（可以是 TEXT、DATA、分析或其他段）。CRC 单词是一个 16 位循环冗余检查值（8）。这个 16 位 CRC 字符合 CCITT 标准（国际电信和电信委员会;1993 年更名为国际电联 T：国际电信联盟-电信标准化部门）。此 CRC 使用 CCITT 多项式  $X^{16} + X^{12} + X^5$ ，并要求将每个输入字符解释为其位反转图像。如果最后两个函数参数分别为 0 和 -1，则 icrc 函数（8）满足这些要求。CRC 值将在数据集的最后一段之后立即以 ASCII 形式放置在 8 个字节中。如果实现者选择不计算和存储 CRC 单词，则数据集最后一段之后的 8 个字节应用 ASCII '0' 字符填充。

## 3.6 其它段

实施者可以根据需要创建任意数量的其他段。

## 4 参考

1. 墨菲 RF, Chused TM: 流式细胞测量数据文件标准的建议。细胞学 5: 553-555, 1984.
2. 迪恩 PN, 巴格威尔 CB, 林德莫 T, 墨菲 RF 和萨尔兹曼 GC: 数据文件标准流细胞学。细胞学 11: 323-332, 1990.
3. 西默 LC, 巴格威尔 CB, 巴登 L, 雷德尔曼 D, 萨尔兹曼 GC, 伍德 JC, 墨菲 RF. 提出了新的数据文件标准流细胞学, 版本 FCS3.0。细胞测量。1:28:11822, 1997.
4. Unicode 联盟: UNICODE 标准, 版本 1.0, 第 1 卷。艾迪森-韦斯利出版公司, 阅读, MA, 1991 年。
5. 电气和电子工程师协会: IEEE 754 - 浮点算术的 IEEE 标准。  
[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=4610935](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4610935)
6. 斯皮德伦 J, 莱夫 RC, 摩尔 W, 罗德勒 M, 布林克曼 RR。门控-ML: 流式测中基于 XML 的门控描述。细胞学 A 2008;73(12): 1151-1157.
7. Redelman D, 编码器 DM: 细胞子集 (CS) 参数, 用于记录流式细胞测量数据中单个细胞的标识。细胞学 18: 95-102, 1994.
8. 新闻 WH, Teukolsky SA, 维特林林 WT, 弗兰纳里 BP: 数字食谱在 C.2ed. 剑桥大学出版社, 剑桥, 英国, 1992.

## 附录 A: 校准、补偿和相关计算

\$PnCALIBRATION 关键字允许将收集的参数的子集校准到某些定义良好的单位, 例如, 平均等效可溶性氟铬 (MESF) 或抗体分子。如果溢出矩阵 (由 \$SPILLOVER 关键字定义) 被规范化 (即  $C_{ii} = 1$ ), 则可以将校准应用于未补偿数据或补偿数据。根据不同程序的需求, 可以以许多等数方式处理此信息, 实际上可以完全忽略这些信息, 这将导致行为与当前常见做法相同 (ca 2009)。

第一种方法是按当前操作执行补偿计算, 然后使用校准数据仅调整图形上显示的比例值和比例不变的描述性统计信息。例如, 比例最小值和最大值、平均值、中位数和标准差乘以适当的转换系数; C.V 和 R.C.V 保持不变; 方差需要乘以折算系数平方。此方法的优点是数据保持在标准范围内, 这简化了计算显示坐标, 但用户看到校准的单位。

第二种方法是形成一个对角矩阵 D, 其中行和列定义为溢出矩阵, 对角线位置 ( $D_{ii}$ ) 中的相应转换因子和任何其他对角元素和 0 的 1。如果溢出矩阵 S 的逆与对角矩阵 D (即  $C =$



$\text{Inv}(S) = D$  成正比，则普通补偿计算也将将数据重新缩放为校准单位。这对应于列匹配参数  $n$  上的  $S$  矩阵的列乘法。当然，还有其他几种代数等效公式存在，例如，当使用列向量而不是行向量或适当的行乘法时，左乘溢出矩阵的反向。这种方法具有计算效率，当数据传递到某些常规统计发现软件（例如 R、SAS 或 Mathematica）时，这种方法可能很有用。

## 附录 B：FCS 3.0 和 FCS 3.1 之间的主要区别。

在实现 FCS 文件读取器时，需要考虑以两颗星（★★）标记的更改。在实现 FCS 编写器时，需要考虑以一个或两颗星（★或★★）标记的更改。

- ★★ FCS 版本标识符（数据集偏移量 00-05）从"FCS3.0"更改为"FCS3.1"。
- ★★ \$UNICODE 关键字已停止，所有关键字值都编码在 UTF-8 中。
- ★★ \$BTIM 和\$ETIM 关键字使用第二个单位的 1/100，而不是第二个单位的 1/60，用于关键字值中的可选小数秒数。因此，\$BTIM 和\$ETIM 关键字值的格式从 hh: mm: ss: tt] 更改为 hh: mm: ss.cc]。
- ★★ \$PnL 关键字的格式从\$PnL/n1/更改为\$PnL/n1[, n2,...]/ 允许多个不同波长的同轴激光器与单个参数相关联。
- ★ 可选\$SPILLOVER 关键字用于指定补偿而不是\$COMP 关键字。请注意，在 FCS 3.1 中，\$SPILLOVER 关键字是指定薪酬的唯一标准化方法。
- ★ \$PnN 关键字的必需值已被删除，但与"\$TIMESTEP"关键字的值相关的时间参数所需的值"TIME"除外（\$PnN 仍然是必需关键字）。逗号不允许作为\$PnN 名称的一部分。
- ★ \$BYTEORD 关键字的值限制为\$BYTEORD/1, 2, 3, 4/（小末人）或\$BYTEORD/4, 3, 2, 1/（大末人）。不再支持混合字节订单。
- ★ 分隔符字符已限制为 1-126（01-7E 十六进制）范围内的任何单字节 ASCII 字符。
- ★ 如果使用浮点数据类型（\$DATATYPE/F/ 或\$DATATYPE/D/），则所有参数应存储为线性参数，\$PnE/0, 0//
- 引入了可选\$PnD 关键字，以指定参数的首选显示。
- 添加了可选\$PnCALIBRATION 关键字，以指定任意信号单元的转换，这些单元作为参数值（未补偿或补偿）记录到某些定义良好的单位，例如，均等可溶性氟铬（MESF）或抗体分子。
- 引入了可选\$VOL 关键字来指定示例卷。
- 引入了\$ORIGINALITY、\$LAST\_修改器和\$LAST\_修改可选关键字，以区分原始数据集和更改后的数据集。

- \$PLATEID、\$PLATENAME 和 \$WELLID 可选关键字已引入板和井识别。
- ASCII 数据类型 (\$DATATYPE/A/) 功能已被弃用（即，由于下一版本的 FCS 中可能停产，仍允许但未建议）。
- 在单个数据文件中使用多个数据集已被弃用，除非它们是相互派生的。
- 在 FCS 3.1 中弃用浇注参数 (\$GnE、\$GnF、\$GnN、\$GnP、\$GnR、\$GnS、\$GnT 和 \$GnV 关键字)。虽然从技术上讲，这些关键字仍然允许，但禁止实施者使用这些关键字，因为它们可能会在下一版本的 FCS 中停止使用。
- 在 FCS 3.1 中弃用直方图 (\$MODE I 以外的 \$MODE) 和 \$PKn，\$PKNn 关键字被弃用。建议实施者避免直方图，因为它们可能在下一版本的 FCS 中停产。
- 文档已在多个位置得到改进，例如 \$PnE 关键字的说明。