

ICS 25.040  
N 10



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 27960—2011

---

## 以太网 POWERLINK 通信行规规范

Ethernet POWLINK communication profile specification

2011-12-30 发布

2012-07-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	XI
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和缩略语 .....	1
3.1 术语和定义 .....	1
3.2 缩略语 .....	5
4 概述 .....	7
4.1 时隙通信网络管理 .....	7
4.2 POWERLINK 主要特性 .....	8
4.3 集成 .....	8
4.4 模块化机器 .....	9
5 模型 .....	10
5.1 参考模型 .....	10
5.2 设备模型 .....	11
5.3 通信模型 .....	13
6 物理层 .....	15
6.1 拓扑结构 .....	15
6.2 网络指南 .....	16
6.3 端口和连接器 .....	16
6.4 线缆(推荐) .....	19
7 数据链路层 .....	19
7.1 工作模式 .....	19
7.2 POWERLINK 模式 .....	20
7.3 基本以太网模式 .....	51
7.4 MAC 寻址 .....	52
7.5 POWERLINK 的寻址 .....	52
7.6 帧结构 .....	53
7.7 数据链路层(DLL)错误处理 .....	61
8 网络/传输层 .....	96
8.1 IP 协议 .....	96
8.2 POWERLINK 兼容 UDP/IP 格式 .....	102
8.3 POWERLINK 顺序层 .....	103
9 应用层 .....	103
9.1 数据类型和编码规则 .....	103
9.2 对象字典 .....	111

- 9.3 服务数据对象(SDO) ..... 116
- 9.4 过程数据对象(PDO) ..... 154
- 9.5 错误信号通知(Error Signaling) ..... 165
- 9.6 程序下载 ..... 176
- 9.7 配置管理 ..... 180
- 9.8 从可编程设备输入 ..... 191
- 10 网络管理(NMT) ..... 194
  - 10.1 NMT 状态机 ..... 194
  - 10.2 NMT 对象字典条目 ..... 208
  - 10.3 网络管理服务 ..... 248
  - 10.4 启动管理节点 ..... 269
- 11 诊断 ..... 297
  - 11.1 诊断对象字典条目 ..... 297
- 12 路由 ..... 301
  - 12.1 路由类型 1 ..... 301
  - 12.2 路由类型 2 ..... 325
- 13 指示器 ..... 325
  - 13.1 指示器状态和闪烁率 ..... 326
  - 13.2 指示器信号 ..... 326
  - 13.3 推荐标记 ..... 327
- 附录 A (规范性附录) 对象库一览表 ..... 328
  - A.1 对象字典条目,按索引排序 ..... 328
  - A.2 对象字典条目,按名称排序 ..... 333
- 附录 B (规范性附录) 设备描述条目 ..... 338
- 附录 C (规范性附录) 常量值分配 ..... 343
  - C.1 POWERLINK 报文类型 ID ..... 343
  - C.2 AsyncSend 请求优先级 ..... 343
  - C.3 ASnd 服务 ID ..... 343
  - C.4 SoA RequestedServiceID ..... 344
  - C.5 对象字典对象类型 ..... 344
  - C.6 NMT 状态 ..... 344
  - C.7 NMT 命令 ..... 345
  - C.8 通用目的常量 ..... 346
  - C.9 错误代码常量 ..... 348
  - C.10 SDO 中止代码 ..... 349
- 附录 D (规范性附录) 数据手册要求 ..... 351
- 参考文献 ..... 352
  
- 图 1 时隙通信网络管理(SCNM) ..... 7
- 图 2 基于 POWERLINK 的机器集成到终端用户的 IT 网络基础设施 ..... 9

图 3	典型的集中式与分散式控制器结构 .....	9
图 4	参考模型 .....	10
图 5	服务类型 .....	11
图 6	设备模型 .....	12
图 7	非证实的主从通信 .....	14
图 8	证实的主从通信 .....	14
图 9	客户机/服务器通信 .....	14
图 10	“推”模型 .....	15
图 11	“拉”模型 .....	15
图 12	星型拓扑结构和总线型拓扑结构 .....	16
图 13	RJ45 引脚分配(左:连接器;右:端口) .....	17
图 14	IP67 端口引脚分配 .....	17
图 15	推荐的 RJ45 到 RJ45 连接的引脚分配 .....	18
图 16	不推荐的 RJ45 到 RJ45 连接的引脚分配 .....	18
图 17	M12 到 M12 连接的引脚分配 .....	19
图 18	M12 到 RJ45 连接的引脚分配 .....	19
图 19	POWERLINK 周期 .....	21
图 20	POWERLINK 等时同步过程 .....	22
图 21	复用类 POWERLINK 周期 .....	23
图 22	异步调度 .....	24
图 23	异步传输优先级处理(优先级 PR:7=PRIO_NMT_REQUEST,3=PRIO_GENERIC_REQUEST) .....	26
图 24	POWERLINK 短周期 .....	27
图 25	POWERLINK 周期定时,起始阶段和等时同步阶段 .....	28
图 26	POWERLINK 周期定时,异步阶段和 CN 的 AsyncSend 传输 .....	29
图 27	POWERLINK 周期定时,异步阶段和 MN 的 AsyncSend 传输 .....	30
图 28	复用类时隙分配 .....	40
图 29	CN 周期状态机,以及状态 NMT_GS_INITIALISATION、NMT_CS_NOT_ACTIVE、NMT_CS_BASIC_ETHERNET 和 NMT_CS_PRE_OPERATIONAL_1 .....	42
图 30	CN 周期状态机(DLL_CS),对 NMT_CS 的状态 NMT_CS_PRE_OPERATIONAL_2、NMT_CS_READY_TO_OPERATE 以及 NMT_CS_OPERATIONAL 有效 .....	43
图 31	MN 周期状态机,NMT_MS_PRE_OPERATIONAL_1 状态 .....	47
图 32	MN 周期状态机,以及 NMT_MS_OPERATIONAL、NMT_MS_READY_TO_OPERATE 和 NMT_MS_PRE_OPERATIONAL_2 状态 .....	49
图 33	错误登记 .....	65
图 34	阈值计数器 .....	66
图 35	超时 .....	69
图 36	定时违规 .....	70
图 37	超出周期时间 .....	72
图 38	IPv4 地址的结构 .....	98
图 39	POWERLINK 帧结构 .....	103
图 40	POWERLINK 兼容的 UDP/IP 帧结构 .....	103
图 41	传统以太网帧结构 .....	103

图 42	SDO 层模型 .....	117
图 43	嵌入 UDP/IP 帧的 POWERLINK SDO .....	118
图 44	UDP 套接字 .....	119
图 45	异步连接的初始化 .....	121
图 46	异步连接的关闭 .....	122
图 47	正常的异步通信 .....	122
图 48	延迟的异步通信 .....	123
图 49	发送者历史缓存满时的异步通信 .....	124
图 50	异步帧丢失错误 .....	124
图 51	异步确认帧丢失错误 .....	125
图 52	异步帧重复错误 .....	125
图 53	异步通信断开错误 .....	126
图 54	异步命令溢出错误 .....	126
图 55	POWERLINK 命令层信息结构 .....	127
图 56	分段大小定义 .....	129
图 57	POWERLINK 命令层:典型的下载传输 .....	129
图 58	POWERLINK 命令层:典型的上传传输 .....	130
图 59	中止传输 .....	131
图 60	嵌入连接的初始化 .....	146
图 61	关闭连接 .....	146
图 62	正常嵌入的通信 .....	147
图 63	嵌入的请求丢失错误 .....	148
图 64	嵌入的响应丢失错误 .....	149
图 65	嵌入的分段下载 .....	149
图 66	嵌入的分段上传 .....	150
图 67	“错误信号通知”参考模型 .....	165
图 68	“错误信号通知”总览 .....	166
图 69	“错误信号通知”的初始化 .....	169
图 70	通过 PReq 帧和 PRes 帧的错误信号通知 .....	170
图 71	仅异步 CN 和处于 NMT_CS_PRE_OPERATIONAL_1 状态的 CN 的错误信号通知 .....	171
图 72	通用初始化 NMT 状态机 .....	195
图 73	MN 的 NMT 状态图 .....	198
图 74	CN 状态图 .....	202
图 75	NMT_RestoreDefParam_REC 恢复步骤 .....	217
图 76	POWERLINK 通信时隙 .....	241
图 77	隐式 NMT 状态命令服务协议 .....	249
图 78	显式 NMT 状态命令服务协议 .....	250
图 79	NMT 管理命令服务协议 .....	255
图 80	NMT 状态响应服务协议(等时同步 CN) .....	257
图 81	NMT 状态响应服务协议(仅异步 CN) .....	257
图 82	IdentResponse 服务协议 .....	258
图 83	StatusResponse 服务协议 .....	261
图 84	NMT 信息服务协议 .....	263

图 85	NMT_MS_NOT_ACTIVE 状态	269
图 86	NMT_MS_PRE_OPERATIONAL_1 详细状态	271
图 87	NMT_MS_PRE_OPERATIONAL_2 详细状态	272
图 88	NMT_MS_READY_TO_OPERATE 详细状态	273
图 89	NMT_MS_OPERATIONAL 详细状态	275
图 90	在 NMT 超状态 NMT_MS 下的启动过程	276
图 91	可选 CN 和必备 CN 的网络启动过程与 NMT_MS 的相关性	277
图 92	BOOT_STEP1 子状态	278
图 93	CHECK_IDENTIFICATION[NodeID]子状态	279
图 94	CHECK_SOFTWARE[NodeID]子状态	280
图 95	CHECK_CONFIGURATION[NodeID]子状态	282
图 96	GET_IDENT[NodeID]子状态	283
图 97	BOOT_STEP2[NodeID]子状态	284
图 98	CHECK_COMMUNICATION[NodeID]子状态	285
图 99	START_CN[NodeID]子状态	286
图 100	START_ALL 子状态	287
图 101	CHECK_STATE 子状态	288
图 102	CHANGE_NMT_STATE 子状态	289
图 103	ERROR_TREATMENT 子状态	290
图 104	最小 NMT 启动过程	295
图 105	单个 CN 启动程序示例	296
图 106	POWERLINK 路由器,黑箱模型	302
图 107	通过 POWERLINK 路由器的可能的通信关系	303
图 108	POWERLINK 路由器参考模型	303
图 109	对称 $n$ 对 $n$ NAT	306
图 110	NAT 结构	306
图 111	POWERLINK 路由器中 NAT 的集成	307
图 112	数据包过滤器的过滤器表	309
图 113	POWERLINK 路由器类型 2	325
图 114	ERROR LED 状态机	326
表 1	对象字典结构	12
表 2	RJ45 端口引脚分配	17
表 3	IP67 端口引脚分配	18
表 4	POWERLINK 周期定时参数	31
表 5	POWERLINK 周期定时验证:错误代码及处理	38
表 6	CN 周期状态机转换,以及状态 NMT_GS_INITIALISATION、NMT_CS_NOT_ACTIVE、NMT_CS_PRE_OPERATIONAL_1 和 NMT_CS_BASIC_ETHERNET	42
表 7	CN 周期状态机转换,以及 NMT_CS_OPERATIONAL、NMT_CS_PRE_OPERATIONAL_2 和 NMT_CS_READY_TO_OPERATE 状态	44
表 8	MN 周期状态机转换,以及 NMT_MS_PRE_OPERATIONAL_1 状态	47
表 9	MN 周期状态机转换,以及 NMT_MS_OPERATIONAL、NMT_MS_READY_TO_OPERATE 和 NMT_MS_PRE_OPERATIONAL_2 状态	49

表 10	分配的多播地址 .....	52
表 11	POWERLINK 的 NodeID 分配 .....	53
表 12	POWERLINK 帧结构 .....	54
表 13	POWERLINK 帧的字段 .....	54
表 14	POWERLINK 报文类型 .....	55
表 15	SoC 帧结构 .....	55
表 16	SoC 帧数据字段 .....	55
表 17	PReq 帧结构 .....	56
表 18	PReq 帧数据字段 .....	57
表 19	PRes 帧结构 .....	57
表 20	PRes 帧数据字段 .....	58
表 21	SoA 帧结构 .....	59
表 22	SoA 帧数据字段 .....	59
表 23	SoA 帧中 RequestedServiceID 的定义 .....	60
表 24	ASnd 帧结构 .....	60
表 25	ASnd 帧数据字段 .....	61
表 26	ASnd 帧中的 ServiceID 值 .....	61
表 27	CN 错误处理表 .....	62
表 28	MN 的错误处理表 .....	63
表 29	POWERLINK 节点的 IP 参数 .....	98
表 30	POWERLINK 兼容 UDP/IP 帧格式 .....	102
表 31	比特序列传输语法 .....	105
表 32	UNSIGNEDn 数据类型的传输语法 .....	107
表 33	数据类型 INTEGERn 的传输语法 .....	107
表 34	数据类型 REAL32 的传输语法 .....	108
表 35	MAC 地址编码示例 .....	109
表 36	IP 地址编码示例 .....	109
表 37	对象类型定义 .....	112
表 38	数据对象的访问属性 .....	113
表 39	数据对象的 PDO 映射属性 .....	113
表 40	静态数据对象定义示例 .....	113
表 41	复杂数据类型对象定义示例 .....	114
表 42	NumberOfEntries 子索引描述示例 .....	114
表 43	记录类型对象子索引描述示例 .....	114
表 44	数组类型对象子索引描述示例 .....	115
表 45	子索引 FF <sub>n</sub> 的结构 .....	115
表 46	复杂数据类型描述示例 .....	116
表 47	通过 UDP/IP 传输 SDO .....	118
表 48	通过 UDP/IP 传输的 SDO 的字段说明 .....	118
表 49	UDP 首部 .....	119
表 50	通过 POWERLINK ASnd 帧传输的 SDO .....	120
表 51	通过 POWERLINK ASnd 帧发送的 SDO 字段说明 .....	120
表 52	异步数据帧的 POWERLINK 顺序层 .....	120

表 53	异步数据帧中 POWERLINK 顺序层的字段说明	121
表 54	POWERLINK 命令层	127
表 55	POWERLINK 命令层字段的说明	128
表 56	中止传输帧	131
表 57	中止传输帧的字段说明	132
表 58	命令服务和命令 ID	132
表 59	命令:按索引写请求	133
表 60	按索引写请求的字段说明	134
表 61	命令:按索引读请求	134
表 62	按索引读请求的字段说明	134
表 63	命令:按索引写所有请求	134
表 64	按索引写所有请求的字段说明	135
表 65	命令:按索引读所有请求	135
表 66	按索引读所有请求的字段说明	135
表 67	命令:按名称写请求	136
表 68	按名称写请求的字段说明	136
表 69	命令:按名称读请求	137
表 70	按名称读请求的字段说明	137
表 71	命令:文件写请求	137
表 72	文件写请求的字段说明	138
表 73	命令:文件读请求	138
表 74	文件读请求的字段说明	139
表 75	命令:按索引写多个参数请求	139
表 76	按索引写多个参数请求的字段说明	140
表 77	命令:按索引写多个参数响应	140
表 78	按索引写多个参数响应的字段说明	141
表 79	命令:按索引读多个参数请求	141
表 80	按索引读多个参数请求的字段说明	142
表 81	命令:按索引读多个参数响应	142
表 82	按索引读多个参数响应的字段说明	142
表 83	命令:最大分段大小	143
表 84	最大分段大小的字段说明	143
表 85	嵌入 PDO 中的 SDO	144
表 86	嵌入 PDO 中的 SDO 的字段说明	144
表 87	嵌入循环数据中 SDO 的 POWERLINK 顺序层	145
表 88	嵌入循环数据中 SDO 的 POWERLINK 顺序层字段说明	145
表 89	命令:通过 PDO 的按索引写命令	150
表 90	命令:通过 PDO 的按索引读命令	151
表 91	PDO 映射版本结构	156
表 92	PDO 映射条目的结构	161
表 93	PDO 映射条目的内部比特映射	161
表 94	条目格式	166
表 95	条目的描述	166



表 96	条目类型字段的格式 .....	167
表 97	错误信号通知的比特定义 .....	168
表 98	静态错误比特字段 .....	171
表 99	示例中使用的缩写 .....	172
表 100	PDL_ProgCtrl_AU8 子索引取值说明 .....	177
表 101	设备描述文件和设备配置存储格式 .....	184
表 102	简易 DCF 数据流格式 .....	187
表 103	CNConfigurationRequest 写访问标记 .....	189
表 104	SelectedRange_U32 的结构 .....	193
表 105	通用初始化 NMT 状态转换 .....	196
表 106	MN 特定状态转换 .....	201
表 107	CN 特定的状态转换 .....	205
表 108	状态和通信对象 .....	206
表 109	NMT_DeviceType_U32 值的含义 .....	208
表 110	版本号的结构 .....	210
表 111	NMT_FeatureFlags_U32 值的含义 .....	211
表 112	NMT_EPLVersion_U8 编码 .....	212
表 113	NMT_StoreParam_REC 存储写访问标记 .....	214
表 114	NMT_StoreParam_REC 存储读访问结构 .....	214
表 115	NMT_StoreParam_REC 读访问结构 .....	214
表 116	NMT_RestoreDefParam_REC 恢复写访问标记 .....	216
表 117	NMT_RestoreDefParam_REC 恢复缺省值读访问结构 .....	216
表 118	NMT_RestoreDefParam_REC 恢复读访问结构 .....	216
表 119	NodeAssignment_AU32 值的含义 .....	222
表 120	HeartbeatDescription 值的说明 .....	228
表 121	NMT_StartUp_U32 值的含义 .....	230
表 122	隐式 NMT 状态命令 .....	249
表 123	NMT 服务槽字段的 NMT 状态命令服务、NMT 管理命令服务和 NMT 信息服务的结构 .....	250
表 124	显式 NMT 状态命令服务的 NMT 服务槽字段 .....	250
表 125	普通 NMT 状态命令 .....	251
表 126	扩展 NMT 状态命令 .....	253
表 127	POWERLINK 节点列表;NodeID 的比特分配 .....	253
表 128	NMT 管理命令服务的 NMT 服务槽字段 .....	255
表 129	NMT 管理命令服务 .....	255
表 130	NMTNetHostNameSet 的 NMTCommandData 结构 .....	255
表 131	NMTNetHostNameSet 的 NMTCommandData 数据字段 .....	256
表 132	NMTFlushArpEntry ASnd 服务槽结构 .....	256
表 133	NMTFlushArpEntry 的 NMTCommandData 数据字段 .....	256
表 134	IdentResponse 的 NMT 服务槽结构 .....	258
表 135	IdentResponse 的 NMT 服务槽数据字段 .....	259
表 136	StatusResponse 的 NMT 服务槽结构 .....	262
表 137	StatusResponse 的 NMT 服务槽数据字段 .....	262
表 138	NMT 管理信息服务的 NMT 服务槽数据字段 .....	263

表 139	NMT 信息服务 .....	263
表 140	NMTPublishNodeStates 的 NMTCommandData 结构 .....	265
表 141	NMTPublishNodeStates 的 NMTCommandData 数据字段 .....	265
表 142	NMTPublishTime 的 NMTCommandData 结构 .....	266
表 143	NMTPublishTime 的 NMTCommandData 数据字段 .....	266
表 144	NMTRequest 的 NMT 服务槽结构 .....	267
表 145	NMTRequest 帧的 NMT 服务槽数据字段 .....	268
表 146	LED 指示器状态 .....	326
表 147	STATUS LED 状态 .....	326

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用重新起草法修改采用 POWERLINK 国际标准化组织 (IEC) 的技术规范 IEC 61158-2《以太网 POWERLINK 通信行规规范》(V1.1.0)。

本标准与 IEC 61158-2《以太网 POWERLINK 通信行规规范》(V1.1.0) 相比在结构上做了以下调整：

- 编写本标准的前言；
- 根据 IEC 61158-2 (V1.1.0) Pre. 8 定义和缩略语，编写本标准的第 3 章术语、定义和缩略语；
- 根据标准正文对其他标准的引用情况及 IEC 61158-2 (V1.1.0) Pre. 9，编写本标准的规范性引用文件和参考文献；
- 将 IEC 61158-2 (V1.1.0) 的第 1 章作为本标准的第 4 章，并相应编排后续文本条款号。

本标准还做了下列编辑性修改：

- 删除了 IEC 61158-2 (V1.1.0) 前言 (Pre. 1~Pre. 9)。

本标准由机械工业联合会提出。

本标准由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会 (SAC/TC 124) 归口。

本标准起草单位：机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、上海自动化仪表股份有限公司、深圳步进科技有限公司、西南大学、清华大学、中国科学院沈阳自动化研究所、山东大学、北京交通大学、上海工业自动化仪表研究所、贝加莱工业自动化(上海)有限公司。

本标准主要起草人：刘丹、谢素芬、潘长清、丁露、包伟华、池家武、刘枫、王雪、杨志家、张承瑞、孙昕、彭瑜、张继培、宋华振、上官小晶、周靖、张桂玲。

# 以太网 POWERLINK 通信行规规范

## 1 范围

POWERLINK 是实时以太网(RTE)的一个通信行规。它对基于 GB/T 15629.3 标准的以太网进行扩展,使其传输数据具有可预测的定时和精确同步的机制。

POWERLINK 通信行规适用于高性能自动化与运动应用,可满足这些应用的苛刻实时要求。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 15629.3—1995 信息处理系统 局域网 第3部分:带碰撞检测的载波侦听多址访问(CS-MA/CD)的访问方法和物理层规范(idt ISO/IEC 8802-3:1990)

GB/T 15969.3—2005 可编程序控制器 第3部分:编程语言(IEC 61131-3:2002, IDT)

EPSC DS 302-A 以太网 POWERLINK 第A部分:高可用性(V 1.0.0)[Ethernet POWERLINK, Part A: High Availability (Version 1.0.0)]

EPSC DS 302-B 以太网 POWERLINK 第B部分:多异步发送(V 1.0.0)[Ethernet POWERLINK, Part B: Multiple-ASnd (Version 1.0.0)]

## 3 术语、定义和缩略语

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

##### 时效 Ageing

时效是维护(高速缓存)表的一种公共机制。不使用的或未刷新的条目在规定时间后将被移除。

#### 3.1.2

##### 应用进程 Application Process

应用进程是应用层上的任务。

#### 3.1.3

##### 仅异步 CN Async-only CN

工作方式为:在等时同步时隙内,它不被 MN 周期性访问;在异步阶段,通过 StatusRequest 报文轮询该 CN。

#### 3.1.4

##### 异步数据 Asynchronous Data

在 POWERLINK 网络中对时间无严格要求的数据。在 POWERLINK 周期中保留一个特定阶段用于异步数据,该阶段由所有节点共用。连接到网络的每个节点都能通过向管理节点的请求来发送异步数据。管理节点保存一个所有异步数据请求的列表,随后逐个向各节点授予网络访问的权限。