

ZK 通讯协议

V1.4

| | |
|------------------------------------|----|
| 一、 ECU 接口 | 2 |
| 1. TLL、RS232 或 RS422 电气接口 | 2 |
| 二、 ECU 数据格式: | 2 |
| 1. 串口数据格式: | 2 |
| 2. 使用规则 | 2 |
| 3. 控制命令数据包格式 | 2 |
| 4. 控制命令数据含义 | 3 |
| 5. ECU 状态数据包格式 | 6 |
| 6. ECU 状态数据含义: | 6 |
| 三、 控制模式: | 9 |
| 1. 油门控制模式 - 油门和发动机状态在同一个控制命令 | 9 |
| 2. 油门控制模式 – 油门和发送机状态在不同控制命令 | 9 |
| 3. 转速控制模式 | 9 |
| 四、 CRC 校验代码: | 10 |
| 1. 非查表方式 | 10 |
| 2. 查表方式 | 10 |
| 五、 附录: | 11 |
| 1. 引擎状态代码 | 11 |
| 2. 引擎故障代码 | 12 |
| 3. 控制命令数据实例 | 12 |
| 4. ECU 状态数据实例 | 13 |

一、 ECU 接口

1. TLL、RS232 或 RS422 电气接口

二、 ECU 数据格式：

1. 串口数据格式：

UART: 2400/4800/9600/19200/38400/57600/115200 (可设置)

数据长度：8 位

奇偶校验：无

停止位：1/2 位 (可设置)

2. 使用规则

a) ECU 关闭遥控信号丢失检测，该协议会在 ECU 工作以后自动发送 ECU 状态，并在控制信号丢失后 ECU 保持原有运行状态。(仅在协议版本 5 以后支持此功能)。

3. 控制命令数据包格式

发送方向：飞控 -> 发动机

数据长度 4 字节，数据格式如下，通过 ID 区分命令类型。

CRC 校验范围：字节 1 到字节 2

| byte:0 | byte:1 | byte:2 | byte:3 |
|-------------------------------|---|-----------------|-----------------------|
| 7 6 5 4 3 2 1 0 Head (0xFF) | 7 6 5 4 3 2 1 0 Cmd ID: 0 reserve | 7 6 5 4 3 2 1 0 | 7 6 5 4 3 2 1 0 CRC |
| Head (0xFF) | Cmd ID: 1 SW Throttle | | CRC |
| Head (0xFF) | Cmd ID: 2 reserve Param | | CRC |
| Head (0xFF) | Cmd ID: 3 reserve | | CRC |
| Head (0xFF) | Cmd ID: 4 reserve Ignition Pump Voltage | | CRC |
| Head (0xFF) | Cmd ID: 5 reserve Acceleration curve | | CRC |
| Head (0xFF) | Cmd ID: 6 reserve RPM_X SW | | CRC |
| Head (0xFF) | Cmd ID: 7 set rpm | | CRC |
| Head (0xFF) | Cmd ID: 8 air pressure | | CRC |

4. 控制命令数据包含义

请注意支持的协议版本号。当前 ECU 协议版本号请查看 ECU 状态 ID6

| 命令 ID | 说明 | 支持的协议版本 |
|-----------|--|-----------------------|
| Cmd ID: 0 | 空循环 主机不控制 ECU，但是 ECU 会返回发动机状态，用于保持连接 | 1 |
| Cmd ID: 1 | 控制引擎状态(SW): 0 串口不控制引擎 (PWM 输入控制模式) 1 控制引擎进入停止状态 (超温不冷却) 2 控制引擎进入待机状态 (超温自动冷却) 3 控制引擎进入运行状态 注意：如果开关非零，则舵机控制信号无效。 控制引擎油门(Throttle): 范围 0~1000 (代表 0%~100%油门) | 1 1 1 1 1 |

| Cmd ID: 2 | <p>控制命令, 参数(Param)如下:</p> <p>1 排油 (启动油泵) 2 测试热火头 3 测试主油路电磁阀 4 测试点火油路电磁阀 5 测试油泵 6 测试启动电机 7 设置状态更新速率 20HZ 8 设置状态更新速率 50HZ 9 设置状态更新速率 100HZ 10 复位燃油消耗统计 11 校准推力传感器为 0 12 长时间开启油泵 13 关闭油泵</p> | 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 5 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|---|-----------|---|----|---|-----------|---|-----------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|
| Cmd ID: 3 | <p>设置参数解锁 解锁以后 Cmd ID 4/5 才有效, 否则 ECU 不响应 Cmd ID 4/5</p> | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cmd ID: 4 | <p>设置点火油泵电压(Ignition Pump Voltage) 数值单位 0.02V, 点火电压 = 参数 * 0.02V 电压范围: 0.0 ~ 5.1V</p> | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cmd ID: 5 | <p>设置发动机运行加速曲线(Acceleration curve) 范围: 10~70 数值越大 发动机加速越快, 能不能使用更高的加速, 需要确认发动机本体是否支持, 如果超出发动机极限, 会引起富油熄火。</p> | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cmd ID: 6 | <p>控制引擎状态(SW):</p> <p>0 无效 1 控制引擎进入停止状态 (超温不冷却) 2 控制引擎进入待机状态 (超温自动冷却) 3 控制引擎进入运行状态</p> <p>注意: 如果 ID6 的 SW 非零 (1~3), 则 ID1 中的 SW 无效, 使用本 SW 状态控制发动机状态。</p> <p>转速倍率(RPM_X)</p> <p>数值范围: 0~6</p> | 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1" data-bbox="366 1522 1129 1859"> <thead> <tr> <th>RPM_X</th> <th>发动机控制转速范围</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>无效</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0 到 40950</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0 到 81900</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0 到 122850</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0 到 163800</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0 到 204750</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0 到 245700</td> </tr> </tbody> </table> <p>注意: 如果 RPM_X 是非零值, ID1 命令无效, 使用 ID6 的 SW 控制发动机状态, 使用 ID7 的 RPM 控制发动机转速。RPM_X 数值含义参考 ID7 的 RPM 解释。</p> | RPM_X | 发动机控制转速范围 | 0 | 无效 | 1 | 0 到 40950 | 2 | 0 到 81900 | 3 | 0 到 122850 | 4 | 0 到 163800 | 5 | 0 到 204750 | 6 | 0 到 245700 |
| RPM_X | 发动机控制转速范围 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 无效 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 到 40950 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0 到 81900 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0 到 122850 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 0 到 163800 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0 到 204750 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 0 到 245700 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|-----------|--|---|
| Cmd ID: 7 | 控制引擎转速 (RPM) 数值范围: 0~4095 $\text{引擎转速} = \text{RPM} * 10 * \text{RPM_X}$ 注意: 根据引擎最大转速选择合适的 RPM_X。当 RPM_X 为 0 时, ID7 的 RPM 无效。 | 4 |
| Cmd ID: 8 | 设置环境大气静压力 (air pressure) 数值范围: 0~1024 气压单位: hPa | |

5. ECU 状态数据包格式

发送方向：发动机 -> 飞控

数据长度 7 字节， 数据格式如下

CRC 校验范围：字节 0 到字节 5

```
//|-----  
//|      byte:0      |    byte:1   |    byte:2   |          byte:3      |      byte:4      |      byte:5      |      byte:6      |  
//|-----  
//| 7 6 5 4 3 2 1 0| 7 -- 0 | 7 - 0 | 7 6 5 4 3 2 1 0| 7 6 5 4 3 2 1 0| 7 6 5 4 3 2 1 0| 7 6 5 4 3 2 1 0| 7 6 5 4 3 2 1 0|  
//|-----  
//|Head (0xF0) | ID: 1 | RPM(LSB) | RPM(MSB) | ECode | Engine State | SwSt | Temp | ECode | Temp | | CRC |  
//|-----  
//|Head (0xF0) | ID: 2 | RPM(LSB) | RPM(MSB) | Radio Voltage | Power Voltage | Pump Voltage 0~25V | | CRC |  
//|-----  
//|Head (0xF0) | ID: 3 | RPM(LSB) | RPM(MSB) | Throttle | Pressure (LSB) | Pressure (MSB) | | CRC |  
//|-----  
//|Head (0xF0) | ID: 4 | RPM(LSB) | RPM(MSB) | Current | Thrust (MSB) | C | Thrust (LSB) | | CRC |  
//|-----  
//|Head (0xF0) | ID: 5 | RPM(LSB) | RPM(MSB) | Ign Pump Voltage | Curve INC | Curve DEC | | CRC |  
//|-----  
//|Head (0xF0) | ID: 6 | RPM(LSB) | RPM(MSB) | Max Rpm | Max Pump Voltage | Protocol Version | SRate | CRC |  
//|-----  
//|Head (0xF0) | ID: 7 | RPM(LSB) | RPM(MSB) | Flow Rate | FlowTotal | FlowRate | Flow Total | | CRC |  
//|-----  
//|Head (0xF0) | ID: 8 | RPM(LSB) | RPM(MSB) | Idle Rpm | | ESR|SCL | Startup Time (0.1s) | | CRC |  
//|-----  
//|Head (0xF0) | ID: 9 | RPM(LSB) | RPM(MSB) | ECU Temperature | Propeller rpm | | CRC |  
//|-----  
//|Head (0xF0) | ID: 10 | RPM(LSB) | RPM(MSB) | Undefine | Pump RPM | | CRC |  
//|-----
```

6. ECU 状态数据包含义:

请注意支持的协议版本号。当前 ECU 协议版本号请查看 ECU 状态 ID6

| 命令 ID | 说明 | 支持的协议版本 |
|-----------|--|---|
| Cmd ID: 1 | RPM: 引擎转速 VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10 Engine State: 引擎状态 VAL = {BYTE3[4:0]} ECode: 错误代码 VAL = {BYTE4[1:0], BYTE3[7:5]} Temp: 引擎排气温度 (摄氏度) VAL = {BYTE4[4:2], BYTE5[7:0]} - 50 SwSt: 主机(计算机、飞控)给 ECU 的控制状态 VAL = {BYTE4[6:5]} 0: 引擎停机 1: 引擎待机 2: 启动/运行 | 1 |
| Cmd ID: 2 | RPM: 引擎转速 VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10 Radio Voltage: 接收机电压 VAL = {BYTE3[7:0]} Unit:0.1V VAL = {BYTE3[7:0]} Unit:0.2V Power Voltage: 动力电电压 VAL = {BYTE4[7:0]} Unit:0.1V VAL = {BYTE4[7:0]} Unit:0.2V Pump voltage: 油泵当前电压 VAL = {BYTE5[7:0]} Unit:0.1V VAL = {BYTE5[7:0]} Unit:0.2V | 1 <=3 >=4 <=3 >=4 <=3 >=4 |
| Cmd ID: 3 | RPM: 引擎转速 VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10 Throttle: 油门 VAL = {BYTE3[7:0]} Unit:% Pressure: 大气压力 VAL = {BYTE5[7:0], BYTE4[7:0]} * 2 Unit:Pa | 1 1 1 |
| Cmd ID: 4 | RPM: 引擎转速 VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10 Current: ECU 当前电流 VAL = {BYTE4[0], BYTE3[7:0]} Unit:0.1A Thrust: 引擎推力, 无测量模块, 输出为 0 VAL = {BYTE4[7:1], BYTE5[7:0]} Unit:0.1Kg | 1 1 2 |
| Cmd ID: 5 | RPM: 引擎转速 VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10 Ignition Pump Voltage: 点火油泵电压 VAL = {BYTE3[7:0]} * 2 Unit:0.01v Curve Increase: 引擎加速曲线参数 VAL = {BYTE4[7:0]} Curve Decrease: 引擎减速曲线参数 VAL = {BYTE5[7:0]} | 1 1 1 1 |
| Cmd ID: 6 | RPM: 引擎转速 VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10 Max RPM: 引擎最大转速 | 1 |

| | | |
|------------|---|--|
| | <p>VAL = {BYTE3[7:0]} * 1000 Unit:RPM</p> <p>Max Pump Voltage: 已经学习的油泵最高电压</p> <p>VAL = {BYTE4[7:0]} Unit:0.1V</p> <p>VAL = {BYTE4[7:0]} Unit:0.2V</p> <p>Protocol Version: 协议版本</p> <p>VAL = {BYTE5[7:2]}</p> <p>SRate: 当前数据更新速率</p> <p>VAL = {BYTE5[1:0]}</p> <p>0: 20Hz 1: 50Hz 2:100Hz</p> | <p>1</p> <p><=3</p> <p>>=4</p> <p>1</p> <p>1</p> |
| Cmd ID: 7 | <p>RPM:引擎转速</p> <p>VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10</p> <p>Flow Rate: 燃油流速</p> <p>VAL = {BYTE4[1:0], BYTE3[7:0]}</p> <p>Unit:0.01L/min</p> <p>Flow Total: 燃油消耗累积量</p> <p>VAL = {BYTE5[7:0], BYTE4[7:2]} Unit:0.1L</p> | <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> |
| Cmd ID: 8 | <p>RPM:引擎转速</p> <p>VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10</p> <p>Max RPM: 引擎待机转速</p> <p>VAL = {BYTE3[7:0]} * 1000 Unit:RPM</p> <p>ESR: 请求飞控发送大气静压力</p> <p>VAL = {BYTE4[5]}</p> <p>0: 不需要飞控发送大气压力 1: 需要飞控发送大气压力</p> <p>SCL: 转速闭环状态</p> <p>VAL = {BYTE4[4]}</p> <p>0: 转速开环状态 1: 转速闭环状态</p> <p>Startup Time: 引擎启动时间</p> <p>VAL = {BYTE4[3:0], BYTE5[7:0]} Unit:0.1s</p> | <p>3</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>4</p> |
| Cmd ID: 9 | <p>RPM:引擎转速</p> <p>VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10</p> <p>ECU Temperature: ECU 温度 (摄氏度)</p> <p>VAL = {BYTE3[7:0]} - 50</p> <p>Propeller RPM: 涡轴或螺旋桨转速</p> <p>VAL = {BYTE5[7:0], BYTE4[7:0]}</p> | <p>5</p> <p>5</p> <p>6</p> |
| Cmd ID: 10 | <p>RPM:引擎转速</p> <p>VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10</p> <p>未定义:</p> <p>VAL = {BYTE3[7:0]}</p> <p>Pump RPM: 油泵转速</p> <p>VAL = {BYTE5[7:0], BYTE4[7:0]}</p> | |

三、 控制模式:

1. 油门控制模式 - 油门和发动机状态在同一个控制命令

引擎状态: ID1 - SW

引擎油门: ID1 – Throttle

2. 油门控制模式 – 油门和发送机状态在不同控制命令

引擎状态: ID6 - SW

引擎油门: ID1 – Throttle

3. 转速控制模式

引擎状态: ID6 - SW

引擎转速: ID7 – RPM

转速倍率: ID6 – RPM_X (RPM_X 非零, 进入转速控制模式)

目标转速 = [ID7:RPM] * [ID6:RPM_X] * 10

四、 CRC 校验代码：

1. 非查表方式

```
t_u8 crc8(t_u8 *puchMsg, t_u8 crc_len, t_u8 seed)
{
    t_u8 i, k, crc8 = seed;
    for(i = 0; i < crc_len; i++)
    {
        k = puchMsg[i] ^ crc8;
        crc8 = 0;
        if (k & 0x01) crc8 ^= 0x5e;
        if (k & 0x02) crc8 ^= 0xbc;
        if (k & 0x04) crc8 ^= 0x61;
        if (k & 0x08) crc8 ^= 0xc2;
        if (k & 0x10) crc8 ^= 0x9d;
        if (k & 0x20) crc8 ^= 0x23;
        if (k & 0x40) crc8 ^= 0x46;
        if (k & 0x80) crc8 ^= 0x8c;
    }
    return crc8;
}
```

2. 查表方式

```
const t_u8 crc_array[] = {
    0x00, 0x5e, 0xbc, 0xe2, 0x61, 0x3f, 0xdd, 0x83,
    0xc2, 0x9c, 0x7e, 0x20, 0xa3, 0xfd, 0x1f, 0x41,
    0x9d, 0xc3, 0x21, 0x7f, 0xfc, 0xa2, 0x40, 0x1e,
    0x5f, 0x01, 0xe3, 0xbd, 0x3e, 0x60, 0x82, 0xdc,
    0x23, 0x7d, 0x9f, 0xc1, 0x42, 0x1c, 0xfe, 0xa0,
    0xe1, 0xbff, 0x5d, 0x03, 0x80, 0xde, 0x3c, 0x62,
    0xbe, 0xe0, 0x02, 0x5c, 0xdf, 0x81, 0x63, 0x3d,
    0x7c, 0x22, 0xc0, 0x9e, 0x1d, 0x43, 0xa1, 0xff,
    0x46, 0x18, 0xfa, 0xa4, 0x27, 0x79, 0x9b, 0xc5,
    0x84, 0xda, 0x38, 0x66, 0xe5, 0xbb, 0x59, 0x07,
    0xdb, 0x85, 0x67, 0x39, 0xba, 0xe4, 0x06, 0x58,
    0x19, 0x47, 0xa5, 0xfb, 0x78, 0x26, 0xc4, 0x9a,
    0x65, 0x3b, 0xd9, 0x87, 0x04, 0x5a, 0xb8, 0xe6,
    0xa7, 0xf9, 0x1b, 0x45, 0xc6, 0x98, 0x7a, 0x24,
    0xf8, 0xa6, 0x44, 0x1a, 0x99, 0xc7, 0x25, 0x7b,
    0x3a, 0x64, 0x86, 0xd8, 0x5b, 0x05, 0xe7, 0xb9,
    0x8c, 0xd2, 0x30, 0x6e, 0xed, 0xb3, 0x51, 0x0f,
    0x4e, 0x10, 0xf2, 0xac, 0x2f, 0x71, 0x93, 0xcd,
    0x11, 0x4f, 0xad, 0xf3, 0x70, 0x2e, 0xcc, 0x92,
    0xd3, 0x8d, 0x6f, 0x31, 0xb2, 0xec, 0x0e, 0x50,
    0xaf, 0xf1, 0x13, 0x4d, 0xce, 0x90, 0x72, 0x2c,
    0x6d, 0x33, 0xd1, 0x8f, 0x0c, 0x52, 0xb0, 0xee,
```

```

0x32, 0x6c, 0x8e, 0xd0, 0x53, 0x0d, 0xef, 0xb1,
0xf0, 0xae, 0x4c, 0x12, 0x91, 0xcf, 0x2d, 0x73,
0xca, 0x94, 0x76, 0x28, 0xab, 0xf5, 0x17, 0x49,
0x08, 0x56, 0xb4, 0xea, 0x69, 0x37, 0xd5, 0x8b,
0x57, 0x09, 0xeb, 0xb5, 0x36, 0x68, 0x8a, 0xd4,
0x95, 0xcb, 0x29, 0x77, 0xf4, 0xaa, 0x48, 0x16,
0xe9, 0xb7, 0x55, 0x0b, 0x88, 0xd6, 0x34, 0x6a,
0x2b, 0x75, 0x97, 0xc9, 0x4a, 0x14, 0xf6, 0xa8,
0x74, 0x2a, 0xc8, 0x96, 0x15, 0x4b, 0xa9, 0xf7,
0xb6, 0xe8, 0xa, 0x54, 0xd7, 0x89, 0x6b, 0x35,
} ;

```

```

t_u8 crc8(t_u8 *puchMsg, t_u8 crc_len, t_u8 seed)
{
    t_u8 i, crc8 = seed;
    for(i = 0 ; i < crc_len; i++)
    {
        crc8 = crc_array[crc8 ^ puchMsg[i]];
    }
    return crc8;
}

```

五、附录：

1. 引擎状态代码

| ID | 状态 |
|----|-------------------|
| 0 | 停机/禁止自动散热 |
| 1 | 停机/自动散热 |
| 2 | 点火 (需要油门最小) |
| 3 | 点火 |
| 4 | 预热 |
| 5 | 加速 |
| 6 | 运行 (学习模式, 需要油门最大) |
| 7 | 运行 (学习模式, 需要油门最小) |
| 8 | 运行 (学习怠速) |
| 9 | 运行 (油门最小) |
| 10 | 运行 (警告, 油泵达到极限) |
| 11 | 运行 |
| 12 | 冷却 |
| 13 | 重启 |
| 14 | 测试热火头 |
| 15 | 测试主油路电磁阀 |
| 16 | 测试点火油路电磁阀 |

| | |
|----|--------|
| 17 | 测试油泵 |
| 18 | 测试启动电机 |
| 19 | 油路排空气 |

2. 引擎故障代码

| ID | 故障 |
|----|-------------|
| 0 | 无错误 |
| 1 | 超时 |
| 2 | 电压低 |
| 3 | 火头故障 |
| 4 | 油泵故障 |
| 5 | 启动电机故障 |
| 6 | 转速低 |
| 7 | 转速不稳定 |
| 8 | 排气温度高 |
| 9 | 排气温度低 |
| 10 | 排气温度传感器故障 |
| 11 | 点火电磁阀故障 |
| 12 | 主油路电磁阀故障 |
| 13 | 控制信号丢失 |
| 14 | 启动电机控制器温度过高 |
| 15 | 油泵温度控制器温度过高 |
| 16 | 离合器故障 |
| 17 | 电流过载 |
| 18 | 引擎离线 |

3. 控制命令数据实例

实例 1: 0xFF 0x00 0x00 0x00

Cmd ID: 0

实例 2: 0xFF 0x14 0x64 0xD3

Cmd ID: 1

SW: 1

Throttle: 100

实例 3: 0xFF 0x1D 0xF4 0x70

Cmd ID: 1

SW: 3

Throttle: 500

4. ECU 状态数据实例

实例 1: 0xF1 0x00 0x00 0x00 0x00 0x4C 0xA0

| | | |
|---------------|------|-----------------------------|
| ID: | 1 | |
| RPM: | 0 | 引擎转速 |
| Engine State: | 0 | 引擎状态 (停机) |
| ECode: | 0 | 错误代码 |
| Temp: | 26°C | 引擎排气温度 (摄氏度) |
| SwSt: | 0 | 主机(计算机、飞控)给 ECU 的控制状态(引擎停机) |

实例 2: 0xF6 0x00 0x00 0xA0 0x00 0x10 0xAB

| | | |
|-------------------|--------|-------------|
| ID: | 6 | |
| RPM: | 0 | 引擎转速 |
| Max RPM: | 160000 | 引擎最大转速 |
| Max Pump Voltage: | 0.0V | 已经学习的油泵最高电压 |
| Protocol Version: | 4 | 协议版本 |
| SRate: | 20Hz | 当前数据更新速率 |