

文章编号: 2096-1618(2016)05-0469-04

# EL15-2C 型风向传感器现场故障分析方法研究

杨 涛<sup>1,2</sup>, 陈 涛<sup>1,2</sup>, 郑 亮<sup>1,2</sup>

(1. 四川省气象探测数据中心, 四川 成都 610072; 2. 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室, 四川 成都 610072)

**摘要:**随着中国新型自动气象站的安装,使用 EL15-2C 型风向传感器的站点越来越多。EL15-2C 型风向传感器是测量风的水平风向的专业气象仪器,采用格雷码作为风向输出,但相对传统的模拟量输出来故障判断也较复杂。为了能够在现场快速找到故障原因,提出了一种码位电平的判断方法,使用普通的测试仪器,通过高低电平的判断,可以较快地找到错误码位,及时恢复故障。这种方法也可应用到类似采用格雷码输出的传感器的故障判断上。

**关键词:**气象;新型自动气象站;风向传感器;格雷码

**中图分类号:**TP212

**文献标志码:**A

## 0 引言

随着四川省新型自动站<sup>[1-3]</sup>安装建设完成,所有气象台站都采用 EL15-2C 型风向传感器测量风向要素,相对于老一代自动站采用的 EL15-2D 风向传感器,EL15-2C 风向传感器采用格雷码输出,在故障分析判断上较复杂。通过对比可以看出,EL15-2D 输出模拟量信号,在信号故障判断上只需对一路信号的输出范围进行判断,EL15-2C 风向传感器采用七位格雷码输出,在信号故障判断上需对七路信号进行分析,难度较大,故障恢复时间较长。目前较常见的维修方法有通过发光二极管判断法、反查格雷码法、基于分布律规则的风向传感器故障检测算法等,这些方法有的借助专业工具仪器,有的对维修人员水平要求较高,有的则花费较长时间。

为了满足现场台站人员快速简便的完成故障处置,从实际工作经验出发,根据格雷码的特性,总结了一种通过记录码位变化分析错误码位的方法,可以有效地降低故障恢复时间,提高维修人员的工作效率。

## 1 EL15-2C 型风向传感器概况

### 1.1 原理

EL15-2C 型风向传感器是格雷码盘式风向传感器<sup>[4-5]</sup>,它由低惯性的风向标部件、内装风向码信号发生器的壳体和信号输出插座等组成。风向标转轴连接

一个格雷码盘,与红外发光二极管、光敏管组成风向信号发生器。一组红外发光二极管和光敏管对正一个格雷码盘的码道,此时就产生代表风向的格雷码,然后通过数据采集器将格雷码解算出对应不同的风向角度。当风标转动时,带动同轴的格雷码盘,分辨率为 $2.8125^{\circ}$ 。按照码盘刻槽的设计,码盘每转动 $2.8125^{\circ}$ ,光电耦合器组就会产生新的 7 位并行格雷码输出,7 位并行格雷码通过采集器转化为相应的角度值。

### 1.2 风向计算

格雷码<sup>[6-7]</sup>是一种无权码,采用绝对编码方式,属于可靠性编码,是一种错误最小化的编码。格雷码的编码方式有多种,但各种格雷码共同特点是:任意两个相邻码之间只有一位不同,因此格雷码的循环、单步特性消除了随机取数时出现重大误差的可能,因此采用格雷码编码的风向码盘能够可靠地进行风向的角度变换<sup>[8-10]</sup>。

按照新型自动气象站对 EL15-2C 型风向传感器输出的定义,信号输出插座第 4 针对应格雷码的 D0,第 5 针对应格雷码的 D1,第 6 针对应格雷码的 D2,第 7 针对应格雷码的 D3,第 8 针对应格雷码的 D4,第 9 针对应格雷码的 D5,第 10 针对应格雷码的 D6,使用万用表测量风向传感器第 4 到第 10 针的输出电压值,可以得到当前风向传感器第 4 到第 10 针的输出电压为 $0.02\text{ V}$ 或 $4.6\text{ V}$ 左右,按照低电平代表格雷码 0,高电平代表格雷码 1 的原则,进而可以确定 D0 到 D6 位的当前格雷码值。为方便起见,可以将得到的格雷码先转化为二进制码。定义二进制码的第 0 到 6 位为 B0、B1、B2、B3、B4、B5、B6,首先 B6 等于 D6。接下来 B6 与 D5 比较,如果

收稿日期:2016-10-11

基金项目:中国气象局气象关键技术集成与应用资助项目(CMAGJ 2015M50)

不同,则 B5 为 1,如果相等,则 B5 为 0。然后 B5 与 D4 相比,同样不同 B4 为 1,相同 B4 为 0,按照这种转换方法,依次可得到 B3、B2、B1、B0。再将得到的二进制码按照下列公式转换为十进制数 D。

$$D = B0 \times 2^0 + B1 \times 2^1 + B2 \times 2^2 + B^3 \times 2^3 + B^4 \times 2^4 + B^5 \times 2^5 + B^6 \times 2^6$$

定义风向为 W,则

$$W = D \times 2.8125$$

即可获得当前的风向。现以当前风向 93 °为例,通过测得风向传感器插座第 4 针到第 10 针的输出电压反推计算当前风向值。电压值、格雷码、二进制和十进制的一一对应关系如表 1 所示。

表 1 风向角度的计算

| 码位      | 第 6 位 | 第 5 位 | 第 4 位 | 第 3 位 | 第 2 位 | 第 1 位 | 第 0 位 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 电压值/DCV | 0.02  | 4.6   | 4.6   | 0.02  | 0.02  | 0.02  | 4.6   |
| 格雷码     | 0     | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 1     |
| 二进制     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     |
| 十进制 D   |       |       |       | 33    |       |       |       |
| 风向值 W/° |       |       |       | 93    |       |       |       |

2 EL15-2C 型风向传感器现场故障判断方法

现场由于客观条件的限制,维修人员需要一种快捷方便的方法对风向传感器故障进行判断,从而达到快速恢复故障的目的。在之前的介绍中,可以使用万用表通过测高低电平的方法,得到当前风向的七位格雷码值,进而算出当前的风向。误差小于 2.8125 °。如果计算的当前风向与实际风向不符,那么可以确定是某一位或多位格雷码出现故障。码位故障的现象有多种,如码位错接,码位输出跳变,码位输出固定不变等。第一种故障情况需通过厂家配发的接线图重新接线,第二种故障情况固定风向查看码位输出即可发现错误码位。分析方法主要针对码位输出固定不变,无论方位如何变化,故障码位输出电平始终不发生变化,即常低电平或者常高电平,下面对这种情况逐一分析 D6 到 D0 码的变化规律。

2.1 D6 码位发生故障

在设备正常工作情况下,风向传感器从 0 °~360 °缓慢转动一圈,D6 码位输出电平将变化 1 次,即从低电平变到高电平,如表 2 所示。

表 2 D6 码位变化次数统计

| 序号  | 角度/° | 格雷码     | D6 位 | D6 位码值变化次数 |
|-----|------|---------|------|------------|
| 1   | 0    | 0000000 | 0    | 1          |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 64  | 177  | 0100000 | 0    |            |
| 65  | 180  | 1100000 | 1    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 128 | 357  | 1000000 | 1    |            |

2.2 D5 码位发生故障

在设备正常工作情况下,风向传感器从 0 °~360 °缓慢转动一圈,D5 码位输出电平将变化 2 次,即从低电平变到高电平,再从高电平变到低电平,如表 3 所示。

表 3 D5 码位变化次数统计

| 序号  | 角度/° | 格雷码     | D5 位 | D5 位码值变化次数 |
|-----|------|---------|------|------------|
| 1   | 0    | 0000000 | 0    | 2          |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 32  | 87   | 0010000 | 0    |            |
| 33  | 90   | 0110000 | 1    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 96  | 267  | 1110000 | 1    |            |
| 97  | 270  | 1010000 | 0    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 128 | 357  | 1000000 | 0    |            |

2.3 D4 码位发生故障

在设备正常工作情况下,风向传感器从 0 °~360 °缓慢转动一圈,D4 码位输出电平将变化 4 次,变化次序为低高低高低,如表 4 所示。

表 4 D4 码位变化次数统计

| 序号  | 角度/° | 格雷码     | D5 位 | D5 位码值变化次数 |
|-----|------|---------|------|------------|
| 1   | 0    | 0000000 | 0    | 4          |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 16  | 42   | 0001000 | 0    |            |
| 17  | 45   | 0011000 | 1    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 48  | 132  | 0111000 | 1    |            |
| 49  | 135  | 0101000 | 0    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 80  | 222  | 1101000 | 0    |            |
| 81  | 225  | 1111000 | 1    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 112 | 312  | 1011000 | 1    |            |
| 113 | 315  | 1001000 | 0    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 128 | 357  | 1000000 | 0    |            |

2.4 D3 码位发生故障

在设备正常工作情况下,风向传感器从0 °~360 °缓慢转动一圈,D3 码位输出电平将变化 8 次,变化次序为低高低高低高低高低。如表 5 所示。

表 5 D3 码位变化次数统计

| 序号  | 角度/° | 格雷码     | D5 位 | D5 位码值变化次数 |
|-----|------|---------|------|------------|
| 1   | 0    | 0000000 | 0    | 8          |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 8   | 20   | 0000100 | 0    |            |
| 9   | 22   | 0001100 | 1    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 24  | 65   | 0011100 | 1    |            |
| 25  | 68   | 0010100 | 0    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 40  | 110  | 0110100 | 0    | 8          |
| 41  | 112  | 0111100 | 1    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 56  | 155  | 0101100 | 1    |            |
| 57  | 158  | 0100100 | 0    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 72  | 200  | 1100100 | 0    |            |
| 73  | 202  | 1101100 | 1    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  | 8          |
| 88  | 245  | 1111100 | 1    |            |
| 89  | 248  | 1110100 | 0    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 104 | 290  | 1010100 | 0    |            |
| 105 | 292  | 1011100 | 1    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  |            |
| 120 | 335  | 1001100 | 1    |            |
| 121 | 338  | 1000100 | 0    |            |
| ... | ...  | ...     | ...  | 8          |
| 128 | 357  | 1000000 | 0    |            |

2.5 D2 码位发生故障

在设备正常工作情况下,风向传感器从0 °~360 °缓慢转动一圈,D2 码位输出电平将变化 16 次。根据风向格雷码表如图 1 所示。

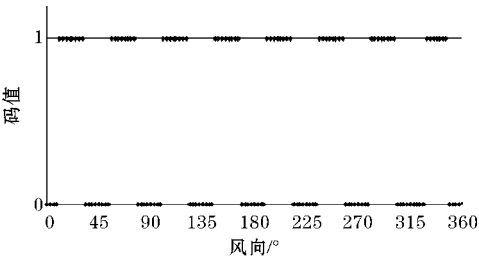


图 1 D2 码位变化次数统计

2.6 D1 码位发生故障

在设备正常工作情况下,风向传感器从0 °~360 °缓慢转动一圈,D1 码位输出电平将变化 32 次。根据风向格雷码表如图 2 所示。

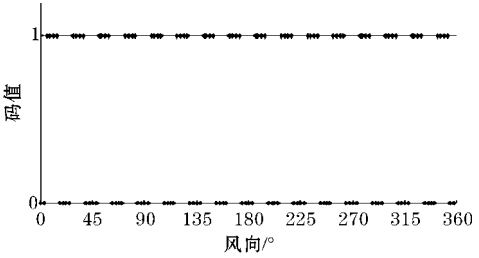


图 2 D1 码位变化次数统计

2.7 D0 码位发生故障

在设备正常工作情况下,风向传感器从0 °~360 °缓慢转动一圈,D0 码位输出电平将变化 64 次。根据风向格雷码表如图 3 所示。

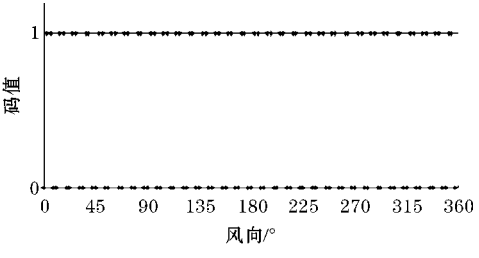


图 3 D0 码位变化次数统计

表 6 D2、D1、D0 码位在 45 °区间变化次数统计

| 序号 | 角度/° | 格雷码     | D2 位 | D1 位 | D0 位 |
|----|------|---------|------|------|------|
| 1  | 0    | 0000000 | 0    | 0    | 0    |
| 2  | 3    | 0000001 | 0    | 0    | 1    |
| 3  | 6    | 0000011 | 0    | 1    | 1    |
| 4  | 8    | 0000010 | 0    | 1    | 0    |
| 5  | 11   | 0000110 | 1    | 1    | 0    |
| 6  | 14   | 0000111 | 1    | 1    | 1    |
| 7  | 17   | 0000101 | 1    | 0    | 1    |
| 8  | 20   | 0000100 | 1    | 0    | 0    |
| 9  | 22   | 0001100 | 1    | 0    | 0    |
| 10 | 25   | 0001101 | 1    | 0    | 1    |
| 11 | 28   | 0001111 | 1    | 1    | 1    |
| 12 | 31   | 0001110 | 1    | 1    | 0    |
| 13 | 34   | 0001010 | 0    | 1    | 0    |
| 14 | 37   | 0001011 | 0    | 1    | 1    |
| 15 | 39   | 0001001 | 0    | 0    | 1    |
| 16 | 42   | 0001000 | 0    | 0    | 0    |
| 17 | 45   | 0011000 | 0    | 0    | 0    |

## 2.8 D2、D1 与 D0 码位的实际操作

实际操作中,由于在 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 的角度范围内,D2、D1 与 D0 码位变化次数较大,可将风向变化度数范围调整为 $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。从表6可以看出,在 $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ,D2 码位输出电平变化了2次,D1 码位输出电平变化了4次,D0 码位输出电平变化了8次。

## 3 结束语

通过分析风向传感器工作期间各个码位电平的变化情况,总结出码位电平的变化规律,从而提出了判断风向传感器故障的方法,能够帮助现场维修的工作人员快速解决问题,具有一定参考价值。从中国来看,大部分省份新型自动站采用的风向传感器型号除了EL15-2C 还有 ZQZ-TF,ZQZ-TF 也是格雷码信号输出,文中分析方法亦可借鉴。当然,格雷码分析方法需要逐位分析判断故障码位,工作量还没有达到最简,下一步的研究工作可以分析格雷码的特性,通过组合的方法来判断,进一步缩短工作时间。

## 参考文献:

[1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003.

- [2] 林晔. 大气探测教程[M]. 北京:气象出版社,1993.
- [3] 自动气象站技术与应用[M]. 北京:中国质检出版社,2013.
- [4] 梁兴文,黎练垣. 自动气象站风向风速传感器故障的排查[J]. 广东气象,2008,30(5):31-32.
- [5] 郑亮,张天华,张虎,等. 自动气象站风向测量系统现场校准方法改进的探讨[J]. 气象科技,2014,42(4):593-596.
- [6] 张永军,邹超,杨恒祥,等. 基于分布律规则的风向传感器故障检测算法[J]. 气象科技,2013,41(5):837-542.
- [7] 杨丽中,李崇志,于清平,等. 风向数据在判断传感器故障方面的分析释用[J]. 气象水文海洋仪器,2010,27(2):86-89.
- [8] 陈峰云. 反查格雷码检测 EC9-1 型风向传感器故障[J]. 气象水文海洋仪器,2010,27(1):89-92.
- [9] 李秀英,刘文忠,苟伟唯,等. 自动气象站风向传感器维护检测方法探讨[J]. 气象科技,2016,44(2):211-216.
- [10] 何利德,沈雪峰,吴书成. 利用集合理论定位判定风向传感器故障口[J]. 气象水文海洋仪器,2009,26(1):69-71.

## A Research for Field Failure Analysis Method of EL15-2C Wind Direction Sensor

YANG Tao<sup>1,2</sup>, CHEN Tao<sup>1,2</sup>, ZHENG Liang<sup>1,2</sup>

(1. Sichuan Meteorological Observation Data Centre, Chengdu 610072, China; 2. Heavy Rain and Drought-Flood Disaster in Plateau and Basin Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610072, China)

**Abstract:** Currently more and more new automatic weather station been installed, meanwhile there have more and more station start using EL15-2C wind direction sensor. EL15-2C wind direction sensor is one of specialized meteorological instrumentation for horizontal wind direction sensor. EL15-2C wind direction sensor using gray code as wind direction output compare with traditional analog quantify output it is more complex. To help weather engineer quickly figure out the root cause and fix issue, this article provided a code electrical level analysis method, using this method the weather engineer can use command test instrument and through high or low electrical level analysis to quickly find out the issue code and then fix issue. This method also can be applied to the issue analysis for others sensor instruments which using gray code as output.

**Key words:** meteorology; new automatic weather station; wind direction sensor; gray code