

# 均值 - 极差控制图在天线罩生产中的应用

沙晓涵, 李晶, 武元娥, 李松\*, 高龙飞

北京玻璃钢复合材料有限公司, 北京

收稿日期: 2022年8月18日; 录用日期: 2022年9月9日; 发布日期: 2022年9月19日

---

## 摘要

控制图作为统计过程控制(statistical process control, spc)的重要组成部分广泛应用于制造业生产过程中, 可以更客观准确地分析生产过程出现的问题, 以便及时调整异常波动。本文通过对某一批次的天线罩重量进行汇总, 利用Excel软件绘制均值 - 极差控制图进行分析, 阐述了控制图在生产过程中对产品质量稳定性控制的意义。

## 关键词

均值 - 极差控制图, 天线罩, 应用

---

# Application of Mean Range Control Chart in Radome Production

Xiaohan Sha, Jing Li, Yuan'e Wu, Song Li\*, Longfei Gao

Beijing FRP Composite Material Co., Ltd., Beijing

Received: Aug. 18<sup>th</sup>, 2022; accepted: Sep. 9<sup>th</sup>, 2022; published: Sep. 19<sup>th</sup>, 2022

---

## Abstract

As an important part of statistical process control, the control chart is widely used in the manufacturing production process. It can analyze problems in production process more objectively and accurately, so as to adjust abnormal fluctuations in time. This paper summarizes the weight of a certain batch of radomes and draws the mean range control chart with Excel software for analysis,

\*通讯作者。

and expounds the significance of the control chart to the product quality stability control in the production process.

## Keywords

Mean Range Control Chart, Radome, Application

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在产品实际生产过程中,由于环境温湿度变化或人为等因素的影响,产品质量会出现一定程度的波动。有些是偶然因素造成,属于不可消除因素,会对结果产生轻微影响;有些是系统性因素造成,属于异常因素,如果没有及时发现,就会对产品造成很大影响,还会造成巨大经济损失。所以需采用均值-极差控制图来监控生产过程中的异常波动情况,判断产品是否处于统计控制状态[1] [2] [3]。均值控制图用来监控组间差距,控制平均值的变化;极差控制图用来监控组内差距,两者均起到警示作用,以此来提高产品质量,降低不合格品率。

## 2. 控制图

均值控制图用于分析集中程度的变化,极差控制图用于分析波动程度的变化,均值和极差控制图联合使用可以用更加科学直观的方法反应出质量水平的波动情况,以便及时发现产品生产过程中出现的系统性因素,使得生产过程处于可控状态[1] [2] [3]。利用均值-极差控制图对天线罩的生产进行过程质量控制具有以下优势:1) 直观高效,可以从整个过程用科学的方法来解决质量问题,达到过程质量控制的目的;2) 可以把产品成型过程控制在偶然因素中,对于连续生产的批产产品来说是一种很好的检测产品质量异常波动的方式;3) 通过控制图对产品重量进行波动分析与监控,既可以维持产品质量稳定性又可以提高交付产品的质量,对于提高批产产品的质量稳定性有很大意义;4) 以控制图的方法来监控生产过程对于批产产品会节省很多时间,同时减少后期加工和处理成本,起到了降本增效和稳定质量的双重作用。

## 3. 实例分析

天线罩生产涉及到的步骤有:预浸布制备、预混料制备、预浸布裁剪、装模、模压、脱模、加工、后处理、防潮喷漆等工序,模压结束后脱模即得毛坯件。分析了天线罩的生产制备过程,主要发现以下几个不确定因素:一是装模受人为因素影响,可能会出现装多或少的情况影响产品质量;二是模压过程中不同的热压机压制的产品会有差异,受压机参数或者加压时机,升温时间的不同而影响产品最终的性能。现以2021年10月份至12月份生产的2101批前100件产品(编号:001#~100#)坯料重量为样本数据进行分析,以此来观测生产过程中质量波动情况。

### 3.1. 数据收集

以每天生产的四件产品重量为一组数据,连续记录25天,重量汇总如表1所示。

**Table 1.** Summary of the weight of 2101 batch radome products  
**表 1.** 2101 批天线罩产品重量汇总表

序号	观察值/g				平均值	极差	极差 上限	极差 中心 线	极差 下限	均值 上限	均值中 心限	均值 下限
	M1	M2	M3	M4								
1	227	220	225	226	224.5	7	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
2	222	223	224	224	223.25	2	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
3	226	221	227	228	225.5	7	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
4	222	224	228	228	225.5	6	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
5	224	223	223	228	224.5	5	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
6	226	225	224	225	225	2	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
7	224	226	224	227	225.25	3	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
8	226	224	226	224	225	2	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
9	223	222	223	225	223.25	3	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
10	224	221	225	223	223.25	4	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
11	225	223	225	225	224.5	2	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
12	223	223	227	223	224	4	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
13	223	223	223	225	223.5	2	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
14	225	223	224	224	224	2	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
15	225	220	227	225	224.25	7	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
16	223	223	224	225	223.75	2	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
17	224	221	223	223	222.75	3	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
18	225	223	227	227	225.5	4	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
19	221	225	228	227	225.25	7	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
20	223	227	225	226	225.25	4	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
21	227	227	226	225	226.25	2	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
22	223	225	227	227	225.5	4	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
23	220	224	226	227	224.25	7	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
24	222	227	228	227	226	6	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
25	223	225	227	228	225.75	5	9.31	4.08	0	227.59	224.62	221.65
26		总和值			5615.5	102						
27		平均值			224.62	4.08						

### 3.2. 数据整理

- 1) 平均值:  $\bar{X} = \sum X_i / S$  ;
- 2) 平均极差:  $\bar{R} = \sum R_i / S$  ;
- 3) 极差图的中心线及控制限为:

$$UCL_R = D_4 \bar{R}; \quad CL_R = \bar{R}; \quad LCL_R = D_3 \bar{R};$$

4) 均值图的中心线及控制限为:

$$UCL_X = \bar{X} + A_2\bar{R}; \quad CL_X = \bar{X}; \quad LCL_X = \bar{X} - A_2\bar{R};$$

其中  $S$  为样本组数 25,  $n$  为样本大小 4,  $X_i$  代表 25 组每一样本组数据的平均值,  $R_i$  代表 25 组每一样本组数据的极差值,  $UCL_R$  代表 25 组样本数据的极差上限值,  $CL_R$  代表 25 组样本数据的极差中心线值,  $LCL_R$  代表 25 组样本数据的极差下限值,  $UCL_X$  代表 25 组样本数据的均值上限值,  $CL_X$  代表 25 组样本数据的均值中心线值,  $LCL_X$  代表 25 组样本数据的均值下限值。查阅系数汇总表如表 2 所示, 可得  $A_2 = 0.728$ ;  $D_3 = 0$ ;  $D_4 = 2.282$ 。将系数值带入公式可计算出极差图和均值图的中心线及控制限如表 3 所示。

**Table 2.** Summary table of coefficients

**表 2.** 系数汇总表

$n$	2	3	4	5	6	7	8
$A_2$	1.880	1.023	0.728	0.577	0.483	0.419	0.373
$D_3$	0	0	0	0	0	0.076	0.136
$D_4$	3.267	2.574	2.282	2.114	2.004	1.924	1.864

**Table 3.** Range and mean control limits

**表 3.** 极差及均值控制限

序号	类别	项目	符号	计算值
1	/	总平均值	$\bar{X}$	102
2		平均极差	$\bar{R}$	4.08
3		极差上限	$D_4\bar{R}$	9.31
4		极差中心	$\bar{R}$	4.08
5		极差下限	$D_3\bar{R}$	0
6	均值图	均值上限	$\bar{X} + A_2\bar{R}$	227.59
7		均值中心	$\bar{X}$	224.62
8		均值下限	$\bar{X} - A_2\bar{R}$	221.65

### 3.3. 操作步骤

1) 在 EXCEL 中利用计算公式 AVERAGE(M1:M4) 计算每一组 4 个样本的平均值, 计算结果如表 1 第 6 列所示;

2) 在 EXCEL 中利用计算公式 MAX(M1:M4)-MIN(M1:M4) 计算每一组 4 个样本的极差值, 计算结果如表 1 第 7 列所示;

3) 在 EXCEL 中利用计算公式 SUM(X1:X25) 计算 25 组样本平均值总和, 计算结果为 5615.5, 如表 1 第 6 列序号 26 所示;

4) 在 EXCEL 中利用计算公式 SUM(R1:R25) 计算 25 组样本极差值总和, 计算结果为 102, 如表 1 第 7 列序号 26 所示;

- 5) 在 EXCEL 中利用计算公式  $SUM(X1:X25)/25$  计算 25 组样本总平均值, 计算结果为 224.62, 如表 1 第 6 列序号 27 所示;
- 6) 在 EXCEL 中利用计算公式  $SUM(R1:R25)/25$  计算 25 组样本极差平均值, 计算结果为 4.08 如表 1 第 7 列序号 27 所示;
- 7) 在 EXCEL 中利用计算公式  $D_4\bar{R}$  计算 25 组样本极差上限( $UCL_R$ )值, 计算结果为 9.31 并填入第 8 列对应序号中;
- 8) 在 EXCEL 中利用计算公式  $\bar{R}$  计算 25 组样本极差中心线( $CL_R$ )值, 计算结果为 4.08 并填入第 9 列对应序号中;
- 9) 在 EXCEL 中利用计算公式  $D_3\bar{R}$  计算 25 组样本极差下限( $LCL_R$ )值, 计算结果为 0 并填入第 10 列对应序号中;
- 10) 在 EXCEL 中利用计算公式  $\bar{X} + A_2\bar{R}$  计算 25 组样本均值上限( $UCL_x$ )值, 计算结果为 227.59 并填入第 11 列对应序号中;
- 11) 在 EXCEL 中用计算公式  $\bar{X}$  计算 25 组样本均值中心线( $CL_x$ )值, 计算结果为 224.62 并填入第 12 列对应序号中;
- 12) 在 EXCEL 中用计算公式  $\bar{X} - A_2\bar{R}$  计算 25 组样本均值下限( $LCL_x$ )值, 计算结果为 221.65 并填入第 13 列对应序号中;
- 13) 选择 EXCEL 表中第 8 列第 9 列第 10 列做折线图即生成极差控制图如图 1 所示;
- 14) 选择 EXCEL 表中第 11 列第 12 列第 13 列做折线图即生成均值控制图如图 2 所示;

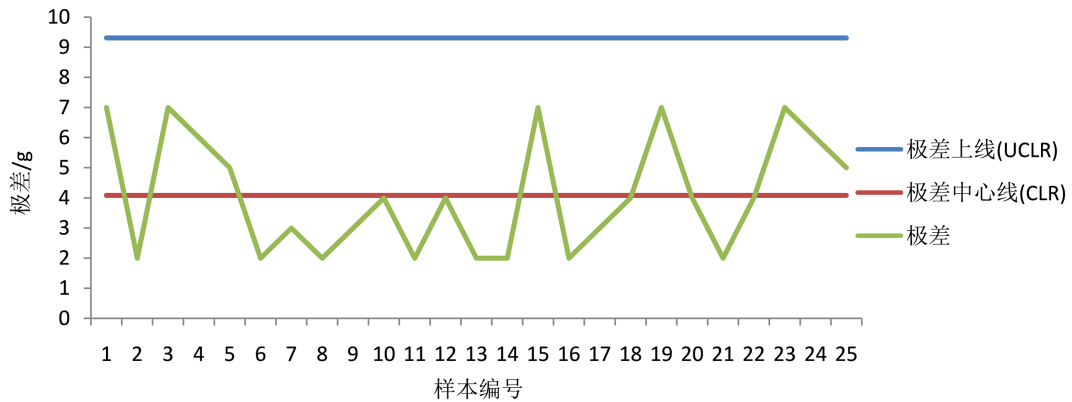


Figure 1. Range control chart of the radome weight  
图 1. 天线罩重量的极差控制图

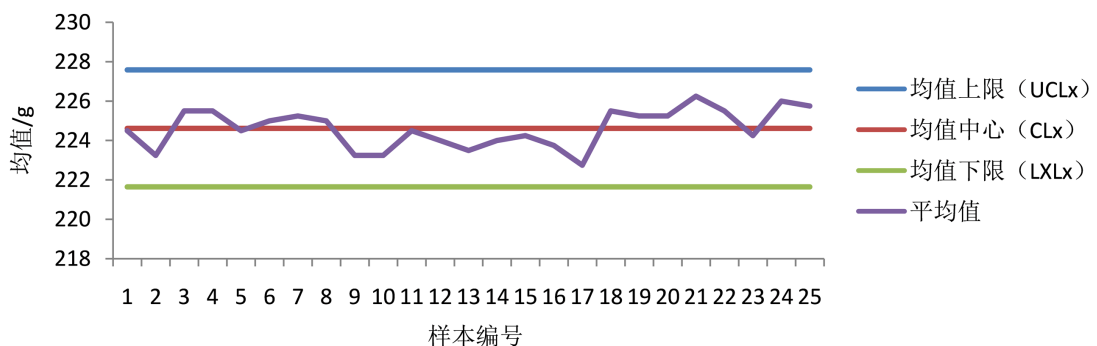


Figure 2. Mean control chart of radome weight  
图 2. 天线罩重量的均值控制图

### 3.4. 数据分析

依据表 1 重量汇总表和表 3 均值 - 极差控制限的计算值, 利用 EXCEL 软件进行数据分析, 可做极差控制图如图 1 所示, 均值控制图如图 2 所示。从极差图中可以看出, 控制上限为 9.31, 控制下限为 0, 极差中心为 4.08, 产品重量极差最小值为 2, 最大值是 7, 所以极差在 2~7 之间波动, 没有超出界限, 所有点均在范围内, 属于可控状态。从均值图中可以看出, 控制上限为 227.59, 控制下限为 221.65, 均值中心为 224.62, 产品重量最小值为 220 g, 最大值为 228 g, 说明产品重量在 220~228 g 之间波动, 连续的 25 个点均在控制上下界限内, 没有超出范围, 产品重量处于可控状态, 质量稳定。

### 4. 结论

该天线罩产品尺寸测量数据较多, 如果把每一件都进行尺寸检测会浪费很多时间, 对于坯料是否压到位或者装料过程是否出现人为装料多或少的情况, 使用称重的方式来监测产品状况更加简便易行。如果重量超出 10 g 或更多, 说明产品在生产过程中存在异常波动, 正常情况下毛坯重量在 5~7 g 波动都是正常的, 如果超出的话需要另行检测产品尺寸或查看生产过程来检验产品状况。

极差的存在反映了不同班组之间的差异, 从人机料法环测等基本因素进行分析, 产生的原因主要有以下几点: 一是不同模具之间存在一定的差距; 二是不同人员的操作水平有差异; 三是产品受温湿度影响有一定的差异; 四是压机的性能参数不完全一致使得产品质量有一定差异。虽然存在波动, 但仍在可控范围内, 日后生产时应该从以上四个方面进行改进和提高。

### 5. 结束语

在正常的生产过程中, 产品质量受不确定因素的影响都会造成波动。对于批产产品来说, 利用控制图既可以诊断质量, 又可以直观地反映质量控制的波动情况, 还有助于改进提高产品质量的稳定性, 及时发现生产过程中的工艺失误或失调, 减少不合格品率和废品率, 减少后期的加工成本和返工返修率, 从而起到提高生产效率, 降低生产成本的目的。对批产产品的质量稳定性的控制和提高有着重要意义。

### 参考文献

- [1] 郑明君, 张跃刚. 均值 - 极差控制图在阀门质量控制中的应用[J]. 价值工程, 2011, 30(31): 26-27.
- [2] 肖颖喆, 王凌志. 统计过程控制在包装印刷质量管理中的应用研究[J]. 包装工程, 2010, 31(11): 110-113.
- [3] 刘玲. 利用 EXCEL 软件绘制均值 - 极差控制图[J]. 纺织器材, 2010, 37(2): 61-63.