



天津中德应用技术大学
Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

本科生毕业论文

A 公司 LED 日光灯生产过程的质量控制与改进研究

**Research on Quality control and Improvement of the production process of
LED fluorescent lamps of Company A**

姓 名： 石雨桐

学 院： 经贸管理学院

专 业： 质量管理工程

指导老师： 徐静

职 称： 讲师

完成时间： 2023 年 5 月 19 日

天津中德应用技术大学
本科生毕业设计(论文)的声明

本人郑重声明:所提交的毕业设计(论文),是本人在指导教师指导下,进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外,本毕业设计(论文)的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或没有公开发表的作品内容。对本设计(论文)所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体,均已在文中以明确方式标明。本毕业设计(论文)原创性声明的法律责任由本人承担。

毕业设计(论文)作者签名:石雨桐

2023年5月19日

本人声明:该毕业设计(论文)是本人指导学生完成的研究成果,已经审阅过设计(论文)的全部内容,并能够保证题目、关键词、摘要部分中英文内容的一致性和准确性。

毕业设计(论文)指导教师签名:徐静

2023年5月19日

摘 要

随着温室效应的出现和部分环境的恶化,我们需要改变能源生产方式去改善能源使用状况。在全球用电模式中,照明约占总耗电量的 19%,在中国,照明约占总耗电量的 12%,中国照明用电的年增长率约为 5%。不同类型的照明能耗已经成为各国能源消费的重要组成部分,照明的能源管理已经成为政府和专业人士需要解决的敏感问题。新型高效光源,特别是 LED 日光灯,它的诸多优点能满足照明灯对节能、环保与多功能等多方面的要求,所以广受专业人士的青睐。我国是巨大的照明灯具潜在市场,LED 日光灯的需求将会越来越多。本文以 A 公司 LED 日光灯为研究对象,旨在为 A 公司生产过程的质量问题提供相应的改进措施,以达到降低不合格率,改善产品质量。

本文将介绍在生产过程中对 LED 日光灯的质量控制与不合格之处的改进措施。首先,基于统计质量控制的方法对 LED 日光灯三个不同方面的性能进行数据分析,找到不合格之处。其次,针对不合格之处使用“5M1E”分析法分析出生产过程中可能存在的问题,并提出相应的改进措施。最后,通过数据分析检验改进措施的有效性。整个统计质量控制系统的实现过程如下:首先,搭建好硬件测量平台,设置硬件的初始状态,然后选择适当的控制图实现实时控制的目的,并建立好现场数据收集表(\bar{X} -R 图表)。其次利用 MiniTab 数据分析软件分析测量数据,借助数据分析软件动态显示测量数据的 CPK 值,找出不合格数据。最后,将经过采取改进措施后的数据再利用 MiniTab 数据分析测量,借助分析软件动态显示测量数据的 CPK 值,对比改进之前的 CPK 值,判断改进措施是否有效。

关键词: LED 日光灯; 生产过程; 质量控制; 改进措施

ABSTRACT

With environmental protection and energy saving as the background of global development, more and more energy-saving lamps are introduced, and A company also holds the principle of environmental protection and energy saving to produce LED fluorescent lamps. LED fluorescent lamps have superior reality compared with traditional light sources, so LED fluorescent lamps gradually replace incandescent lamps has become the international trend in the field of lighting. Due to the many advantages of LED can meet the lighting lamp on energy saving, safety and environmental protection and multi-functional requirements, the LED lamps and lanterns have become the international development direction and mainstream. The future demand for LED fluorescent lamps will be more and more, the development and improvement of both to meet the market demand for mass production, but also to meet the technical requirements of high-quality production, has become an urgent task.

This article will introduce measures to improve the quality control and non-conformities of LED fluorescent lamps in the production process. Firstly, based on the method of statistical process control, the performance of LED fluorescent lamps in three different aspects is analyzed to find the unqualified. Secondly, corresponding improvement measures are proposed for non-conformities. Finally, the effectiveness of the improvement measures is tested through data analysis. The reason for using this method is that the experimental data can calculate the actual process production capacity after processing and analysis by computer software, which has direct guiding significance for field engineers. The realization process of the whole statistical quality control system is as follows: first, build a hardware measurement platform, set the initial state of the hardware, and then select the appropriate control chart to achieve the purpose of real-time control, and establish a field data collection table (Xbar-R chart). Secondly, the MiniTab data analysis software is used to analyze the measurement data, and the CPK value of the measurement data is dynamically displayed with the help of the data analysis software to find out the unqualified data. Finally, the data after taking improvement measures is then analyzed and measured by MiniTab, and the CPK value of the measured data is dynamically displayed with the help of the analysis software, and the CPK value before the improvement is compared to determine whether the improvement measures are effective.

Keywords: LED fluorescent lamp; Production process; Quality control; Improvement measures.

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 国内外研究现状	1
1.3 研究方法	2
1.4 研究内容	3
第二章 理论综述	4
2.1 统计质量控制技术	4
2.2 “5M1E”分析法	7
第三章 A 公司生产现状及质量控制研究	8
3.1A 公司基本情况	8
3.2LED 日光灯简介	8
3.3LED 日光灯的生产过程	8
3.4LED 日光灯的光学性能	10
3.5LED 日光灯生产过程中的质量控制	11
第四章 LED 日光灯存在的问题及改进措施	16
4.1 基于 5M1E 分析 LED 日光灯存在的问题	16
4.2 基于 5M1E 提出改进措施	19
4.3LED 日光灯改进措施的实施效果	22
第五章 总结与展望	27
5.1 总结	27
5.2 展望	27
参考文献	28
致谢	29

第一章 绪论

1.1 研究背景与意义

LED 日光灯是一种半导体发光器件，具有低能耗、长寿命、抗震动、抗高温、易于控制等优点，近年来在照明领域得到广泛应用。其历史发展可以概括为以下几个阶段：20 世纪 60 年代至 70 年代初期，LED 的发光效率很低，只适合用作显示器件，如计算机屏幕和数字表盘等；20 世纪 80 年代初期，研究人员通过改变半导体材料和结构，提高了 LED 的发光效率和亮度，开始可以用于照明；20 世纪 90 年代，LED 日光灯逐渐普及，主要应用于室内照明的辅助光源，如节能灯、指示灯等；21 世纪初，随着高亮度白光 LED 的研究成功，LED 日光灯逐渐从辅助光源转变为主要照明光源，应用范围不断扩大；目前，LED 日光灯的发展进入了大规模应用和全球化竞争的阶段，各国企业竞相开发新产品、提高全球市场占有率。以期不断推动 LED 日光灯的技术革新随着科学技术的发展。

作为一种全新的照明技术，LED 日光灯是利用半导体芯片作为发光材料、直接将电能转换为光能的发光器件。这其中不仅发光原理发生改变，而且照明光源更加趋于节能、环保、绿色^[1]。尽管随着 LED 封装技术提高、芯片成本降低、规模化生产等，LED 照明质量、性价比不断提升，但目前 LED 照明广泛应用还受到散热设计、电器配件等技术问题阻碍。

有大多数 LED 日光灯生产企业在质量控制方面缺乏严格的制度，对产品质量的过程控制没有形成一套规范的决策系统，质量控制除了缺乏实践性和连续性外，还缺少探索本企业质量控制的新思路和新方法的热情，产品的检测方法和质量控制技术也比较单一，对质量进行控制，都只是泛泛而谈，不能切中要害，于是本文的研究是有一定意义的。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

90 年代，国外的许多国家就已经纷纷推行绿色，节能环保已经成为人们的共识，因此 LED 日光灯的研究一直在不断升温中。国外对 LED 日光灯的研究起步较早，发展至今，技术和市场已经较为成熟，研究居于领先地位的公司主要集中在日本、美国、欧洲，他们有着大多数的自主专利。到目前为止，对 LED 技术开发主要以实现普通照明为终目标，LED 成为新一代普通照明已成定势。随着世界各国对节能减排的日益重视，LED 照明技术的提高和价格的降低，以及相继出台禁止生产和销售白炽灯且推广 LED 照明产品的优惠政策，LED 照明产品的渗透率不断提高。数据显示，统计到 2022 年，全球 LED 照明的覆盖率已经达到 75.7%。未来，随着节能照明技术的不断发展，传统白炽灯市场向 LED 转型^[2]，以及物联网、下一代互联网和云服务下一代信息技术的广泛使用，智慧城市将成为必然趋势。国外学者对 LED 日光灯也有一定的研究。

Luo Xiang 对于 LED 日光灯开关电源的电磁干扰(EMI)问题进行优化设计。利用资源分析、成分分析、功能分析、因果分析等工具分析 LED 灯具设计中遇到的 EMI 过大问题,利用技术矛盾等工具改善降低 EMI 的问题。通过改变输入电压的功率电感设计方法和增加电容构成 Π 型滤波电路,得到了两种改善高 EMI 问题的解决方案^[3]。

Sikora Roman 提出使用一种方法来识别 LED 灯具的短期光通量折旧。然后利用该模型对限制短期光通量衰减现象的控制算法的运行进行了仿真^[4]。

1.2.2 国内研究现状

随着我国工业化和城镇化的不断加快,照明的能耗逐渐增加,造成巨大的能源消耗和环境污染,寻找新的节能照明方法取代传统照明已成为需要解决的重要问题。因此,国家和地方政府继续实施支持 LED 照明产业的政策。中国的 LED 照明产业始于上世纪 80 年代。在政策不断变好的情况下,中国 LED 照明行业在 2018 年增长放缓和 2019 年缓慢复苏后,恢复了快速增长。基于 LED 照明的政治支持和日益增长的节能需求,对传统灯具光源的 LED 替代效应将不断释放,LED 的渗透率将不断提高,预计 2023 年渗透率将达到 70%。在 LED 照明产品高速发展的今天,国内有不少学者对于 LED 照明产品展开了一系列分析。

刘彬彬对于 LED 日光灯散热问题深入研究,研究高温对 LED 日光灯性能的影响,并在此基础上分析了 LED 日光灯存在的散热问题以及 LED 日光灯散热性能的影响因素,最后提出了可以提升散热能力的办法^[5]。

邱晓盛对于 LED 日光灯封装工艺与性能开展优化研究,开展了相关的实验探究。首先制备不同色温点的 LED 日光灯,全面研究其参数变化特性。其次采用控制变量法改变封装工艺参数或结构,制备不同的 LED 日光灯样品,研究了影响 LED 日光灯光学性能的封装因素。最后通过 LED 日光灯的老化试验发现处于高温环境中,荧光胶体由于受到光热辐射,结构和化学成分发生降解^[6]。

1.3 研究方法

本课题研究的重点是对 A 公司 LED 日光灯生产过程进行分析,寻找该企业在 LED 日光灯生产过程中存在的问题,确定所需要的方法和质量工具。再针对这些问题进行分析,明确产生问题的原因,并根据企业实际寻找解决问题的方法,对生产过程进行改善。以下是本文会用到的一些理论方法:

(1) 文献研究法:通过收集和分析相关文献对课题进行研究,对所研究的问题进行明确的定义和限定,明确研究的目的和要达到的结果。使用该方法可以更加全面地了解当前研究领域的情况和最新进展,为后续的研究提供参考和支持。

(2) 实际调查法:参与 A 公司 LED 日光灯的生产过程,去收集观察、记录、发现和分析问题的数据。为后续对产品的质量研究夯实基础,更加具有说服力。

(3) 数据分析法:基于数学和统计学的方法,对数据进行分类、分组、分析和模型

建立等操作，从而得出有效结论和解决问题的方法。使用该方法可以精准的分析问题，为后续的改进研究提供参考。

1.4 研究内容

本文主要研究 A 公司 LED 日光灯生产过程质量控制的现状，发现其中存在的问题，并提出改进方案。本文主要研究内容如下：

第一章：绪论。介绍与本课题相关的研究背景及意义、研究内容和研究方法。体现了 A 公司 LED 日光灯生产过程质量控制改进的必要性和重要性。

第二章：理论概述。阐述研究本文所需要的方法，介绍了统计质量控制、过程能力分析、5M1E 分析法等。通过相关理论的介绍，为后续章节提供理论基础。

第三章：A 公司生产现状与质量控制研究。首先简单介绍 A 公司、产品、生产工艺流程，其次根据现场对关键工序的采取数据利用 \bar{X} -R 控制图和 Minitab 软件检测关键工序是否处于受控状态，最后找出不合格品。

第四章：LED 日光灯存在的问题及改进措施。根据质量控制研究出的不合格数据，分析生产过程中存在的问题并提出相应的改进措施，在改进措施实施之后检验改进效果。

第五章：总结与展望。总结论文整体的研究工作，并对研究的不足之处进行展望，方便后续完善^[7]。

第二章 理论综述

2.1 统计质量控制技术

统计质量控制技术最早形成于 20 世纪 20 年代,从休哈顿博士将统计控制图引入生产过程的监控开始,已经有 100 多年的发展历史。统计质量控制技术是一组基于概率论和数理统计的工具和技术,用于监测、评估和改进产品或服务的质量。它的目标是通过收集、分析和解释数据来识别和控制与质量相关的变异,并以此为基础进行决策和改进。它是根据产品的抽样数据和统计分析结果对其质量进行推论,随机抽样是从产品中随机抽出样件,对每一样件进行规定质量特征项目的技术指标的检验。在加工过程的抽样中,质量特征的指标是在制造过程中或制造过程刚完成后进行检测或检验。

换一个角度来看,统计质量控制是为了贯彻预防原则,应用统计技术对过程中的各个阶段进行评估和监督,从而保证产品与服务满足要求的均匀性。贯彻预防原则是现代质量管理的核心和精髓,为了保证预防原则的顺利实现,必须要在生产过程中引入统计过程控制,统计质量控制有下列特点:统计质量控制的核心是建立标准,通过制定标准,规范整个生产过程,保证产品质量的稳定性;通过对生产现场的实时检测和数据收集,在生产过程中及时发现问题并及时处理。

2.1.1 过程能力

1、过程能力指数

是衡量过程能力的一种指标,用于评估生产过程的稳定性和制造的产品是否符合设计要求。过程能力指数越高,生产可能出现的不良率就越低。

2、Cp、Cpk、Pp、Ppk

Cp 与 Cpk 反映的是短期内过程输出满足产品质量要求的程度,Pp 与 Ppk 则是反映过程长期的总波动满足质量要求的程度。Cp 与 Cpk 都可以用来衡量过程能力,但是 Cp 由于不考虑中值偏倚,所以在 Cp 很好的情况下依然会出现大量不良^[8]。Cpk 比 Cp 更有意义,因为 Cpk 的计算考虑了中值偏倚的问题,所以都用 Cpk 来评价产线的过程能力指数。

表 2-1 过程能力等级

级别	过程能力的指数	过程能力判断
特级	$CPK > 1.67$	过程能力过于充足
一级	$1.67 \geq CPK > 1.33$	过程能力充足
二级	$1.33 \geq CPK > 1$	过程能力尚可
三级	$1 \geq CPK > 0.67$	过程能力不足
四级	$CPK \leq 0.67$	过程能力严重不足

3、Cp、Cpk 与 Pp、Ppk 的计算^[9]

当产生计量数据的过程稳定且输出服从正态分布时，如果总体标准差 σ 已知，可按下列公式对过程能力指数 Cp 与 Cpk 以及过程绩效指数 Pp 与 Ppk 进行计算和分析。

计算公式如下：

$$Cp/Pp=(USL-LSL)\div 6\sigma$$

$$Cpk/Ppk=\text{Min}[(USL-\mu)\div 3\sigma, (\mu-LSL)\div 3\sigma]$$

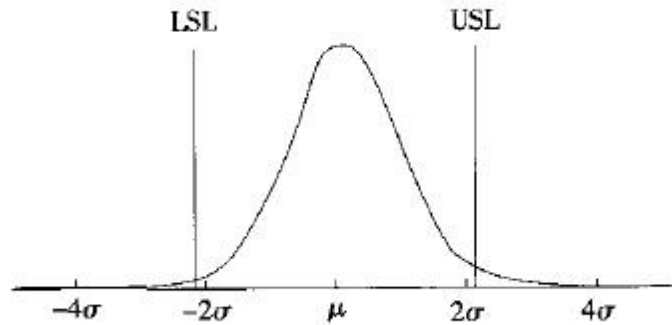


图 2-1 正态分布图

可以从 Cp/Pp 及 Cpk/Ppk 这一对数值状况，看出过程发生的状况及过程应该改进的方向：

(1) 当 Cpk/Ppk 与 Cp 与 Pp 的数值很接近但偏小时，说明过程实际中心离公差中心不远，问题出在过程波动太大，关键是降低标准差。

(2) 当 Cpk/Ppk 与 Cp 与 Pp 的数值相差很大，但是 Cp 与 Pp 数值偏向正常时，说明生产过程波动尚可，问题出在生产过程实际中心与公差中心相距较远，过程改进方向为须将生产过程实际中心调整至公差中心处。

2.1.2 控制图

控制图是一种用来监测和控制过程稳定性的工具，能够显示一个或者多个特定参数或变量随时间的变化情况。控制图通常应用于制造业，以检测制造过程中的偏差和异常情况，并通过对这些异常情况的及时响应来提高产品质量和生产效率。控制图的使用涉及到统计学和质量管理理论，可以帮助企业提高产品质量和生产效率。

控制图通过中心线 CL、上控制界限 UCL、下控制界限 LCL 三条控制线来区分过程的正常波动与异常波动；如果控制图中的数值点超出 UCL 或 LCL，则表明过程中出现了异常。质量波动的原因分为两个大类：随机性原因和非随机性原因。

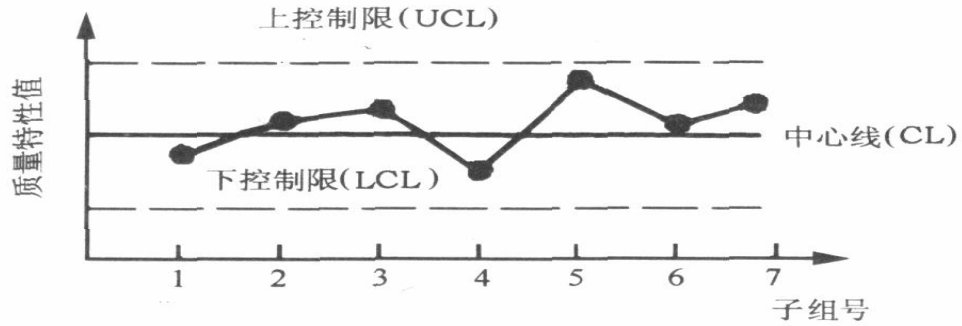


图 2-2 控制图

SPC 控制图共有 8 条判断异常原则用来判断过程是否受控。为了便于说明这 8 条原则，可以将控制图分为 6 个区。采取以下判异准则来检验异常原因：

表 2-2 判异准则^[10]

序号	判异准则
1	有一个点落在控制限之外
2	连续 9 个点在中心线的同一侧
3	连续 6 个点有上升趋势或下降趋势
4	连续 14 点中相邻点升降交错
5	连续 3 点中有 2 点落在中心线同一侧 B 区之外
6	连续 5 点中有 4 点落在中心线同一侧 C 区之外
7	连续 15 点落在 C 区之内
8	连续 8 点落在中心线两侧，但无 1 点在 C 区之内

注意：在 8 条判异准则中，前 4 项与分区无关，适用各种控制图，后 4 条只有当监控统计量严格服从正态分布时才有意义，因此后 4 条只判断法只对单值 X 及小组均值 \bar{X} 的控制图使用。

常见计量控制图 \bar{X} -R 控制图：它有两个突出特点：一是适用范围广，二是灵敏度高。 \bar{X} -R 控制图控制线计算公式如下：

表 2-3 计算公式

极差图中心线	$\bar{R} = (R_1 + R_2 + \dots + R_n)/n$
极差图控制上限	$UCL_R = \bar{R} + 3 \frac{d_3}{d_2} \bar{R} = D_4 \bar{R}$
极差图控制下限	$LCL_R = \bar{R} - 3 \frac{d_3}{d_2} \bar{R} = D_3 \bar{R}$
均值图中心线	$\bar{\bar{X}} = (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_n)/n$
均值图控制上限	$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$
均值图控制下限	$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$

2.2 “5M1E” 分析法

5M1E 指的是企业生产产品的影响质量波动的 6 个影响因素的总称，即人员 (Man)、机器 (Machine)、物料 (Material)、方法 (Method)、环境 (Environments)、测量 (Measure)，简称：人、机、料、法、环、测^[11]。

表 2-4 5M1E 分析法^[11]

因素	内容
人员	操作者对相关质量的认识、自身技术掌握的熟练程度以及身体状况等
机器	机器设备或者生产工具的准度、精度以及维护保养状况等
材料	指所需要使用的原材料、零配件和其他物品
方法	操作方法、生产方法、加工工艺的选择等
测量	测量是否标准、是否严格测量、是否正确
环境	在工作环境中的条件，具体包括温度、湿度、照明度和清洁度等

第三章 A 公司生产现状及质量控制研究

3.1A 公司基本情况

A 公司位于厦门，是全国五个半导体照明产业化基地之一。公司成立于 2003 年 2 月，始终专注于电子节能灯、LED 日光灯、智能照明灯等光电照明产品的研发、生产和销售。公司拥有厦门、漳州、四川三大产业基地，十家下属控股公司，生产面积 30 万平方米，经营员工 9000 多人。公司先后通过 ISO9001 质量管理体系和 ISO14001 环境管理体系认证，并且建立了完整的内部供应链。2013 年，该公司在中国率先开始出口 LED 产品，并被商务部认定为民营外贸企业 500 强之一，被省政府认定为省内龙头企业。它是一家大型绿色照明高新技术企业、国家节能照明高新技术产业化基地骨干企业、福建省创新型企业、闽台科技合作基地、福建省战略性新兴产业骨干企业、福建省成长型工业企业、福建省“十二五”制造业信息化科技工程（第一批）应用示范企业、福建省科技成果转化重点企业。目前企业已完成股改，已在福建省证监局完成上市辅导备案。

3.2LED 日光灯简介

LED 日光灯俗称直管灯，是传统荧光灯管的替代品。它是采用 LED 芯片作为光源的一种灯具，具有节能、环保、寿命长等特点，逐渐被人们所青睐。与传统日光灯相比，LED 日光灯不含有汞等有害物质，节能达到 50% 以上，寿命也更长，使用寿命可达到 5-10 年。此外，LED 日光灯还具有抗震性好、开关次数无限制、亮度稳定等特点。现在已经广泛应用于办公室、学校、商场、工厂、家庭等各个领域。

3.3LED 日光灯的生产过程

LED 日光灯生产过程有几个关键步骤：制造工艺、焊接工艺、封装工艺。由于 LED 日光灯制造工艺中存在芯片制造的工艺步骤，于是下文也将展示 LED 日光灯芯片的制造工艺。在焊接工艺中，PCB 板是不可或缺的材料，A 公司为了提高产品的合格率，自行生产设计 PCB 板。

LED 日光灯的制造过程如下图所示：



图 3-1 LED 日光灯制造工艺

LED 日光灯焊接过程如下：

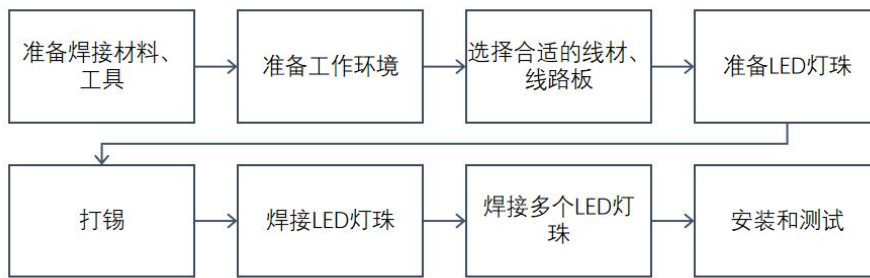


图 3-2 焊接过程图

LED 日光灯封装工艺:

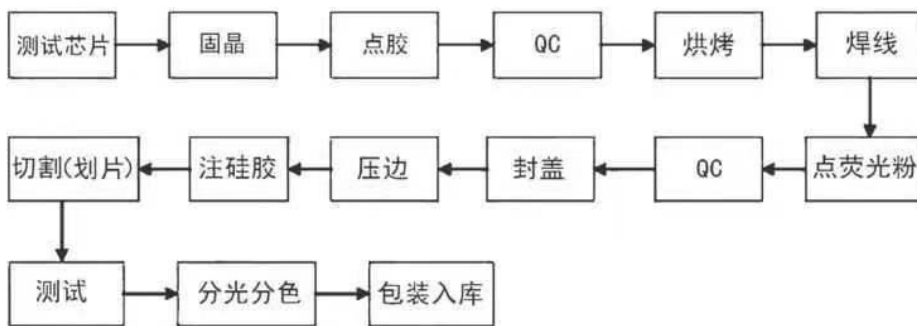


图 3-3 封装工艺图

LED 芯片生产技术如下:



图 3-4 LED 芯片生产工艺图

PCB 设计制造过程如下:

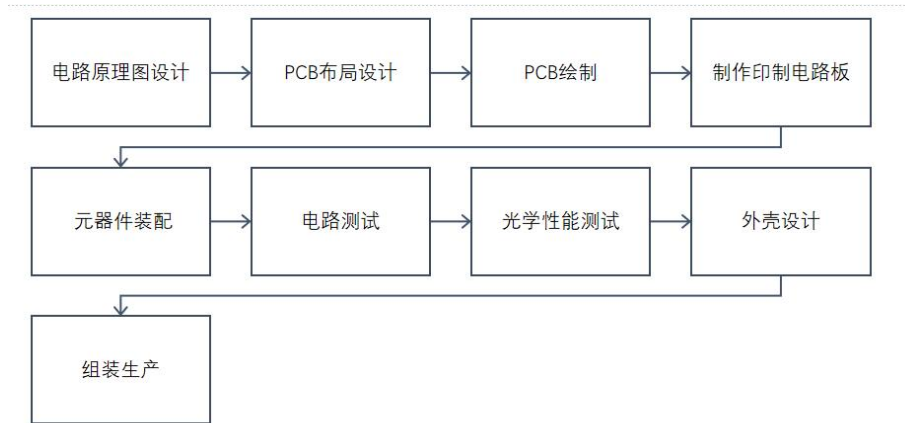


图 3-5 线路板制造流程

3.4 LED 日光灯的光学性能

由于本文研究 LED 日光灯生产过程中存在的问题，可对其进行性能测试，LED 日光灯的光学性能对于其使用效果和使用寿命都至关重要。一方面，优秀的光学性能可以确保 LED 日光灯的光照均匀、亮度高、色彩鲜艳，从而提升使用者的舒适感和视觉体验；另一方面，良好的光学性能还能减少能源的消耗和延长 LED 日光灯的寿命，因为它可以减少光能的损失和散失，提高光效率，保证灯具的稳定性和可靠性。因此，在 LED 日光灯的研究和生产过程中，要重视光学性能的提升，不断探索新的光学技术和材料，提高 LED 日光灯的整体性能。于是可从光学性能中的功率、色温、色容差三个方面质量控制。

3.4.1 功率

功率是节能灯光学性能方面的一个重要指标，指灯具消耗电能的大小，通常以瓦特为单位表示。不同型号的 LED 日光灯功率有所不同，一般情况下，功率越大，其亮度也越高。同时，LED 日光灯的功率与其发热量也有关系，功率较大的 LED 日光灯，产生的热量也会更大。发热温度的增加会导致器件性能的变化，泄漏电流的增加，以及半导体材料的缺陷，这些都会严重影响 LED 的光电参数，甚至导致 LED 日光灯的故障。因此，需要对功率大小进行控制。

3.4.2 色温

目前行业类是这样划分灯具色温：3500K 以下的叫暖白、3500-4500K 叫自然白、4500-7000K 叫正白、8000K 以上叫冷白。当然，常规的灯具不会有这么宽泛的范围，都是用比较典型的值来说明。比如 3000K（暖白）、4000K（自然白）、6000K（正白）、9000K（冷白）等等大商场大酒店的灯光色温基本是 4000K 左右的。由于 A 公司生产的为 LED 日光灯，于是设置色温标准为 4000K，且应该控制在 $4000 \pm 400K$ 之内。

3.4.3 色容差

色容差是指 LED 日光灯发出的光波长与理论值之间的差异程度。由于制造 LED 日光灯的过程中存在各种因素的影响，导致 LED 日光灯发出的光波长有一定的偏差。在生产过程中，需要对 LED 的色容差进行严格控制，以确保产品在使用时能够达到一致的光学效果。色容差单位：SDCM。国家标准对其有明确的考核要求，GBT17262-2002 性能要求标准中规定一般的节能灯要求的色容差要小于 5SDCM。GB24823-2009 性能要求标准中规定 LED 模块要求的色容差要小于 7SDCM。A 公司的 LED 日光灯色容差要求小于 6SDCM，大于 3SDCM，实行有效的控制。

3.5 LED 日光灯生产过程中的质量控制

由于测量某一批产品的数据会有偏差，于是采取抽样调查。首先对某一批产品随机抽取十五件产品，其次对同一产品进行 3-5 次的数据测量。利用 minitab 软件对数据进行分析，检测出不合格处。

3.5.1 功率

检测数据如下：

表 3-1 功率数据

型号	灯头	批次	功率 1	功率 2	功率 3
LT0518	G13	1	16.2	16.6	16.6
LT0518	G13	2	16.8	18.4	17.4
LT0518	G13	3	16.2	16.2	16.7
LT0518	G13	4	18.3	17.8	18.2
LT0518	G13	5	16.4	16.6	16.6
LT0518	G13	6	17.5	18.2	18.0
LT0518	G13	7	17.8	18.1	17.5
LT0518	G13	8	17.5	18.1	17.5
LT0518	G13	9	16.6	16.9	16.2
LT0518	G13	10	16.8	17.9	18.2
LT0518	G13	11	17	17.1	16.4
LT0518	G13	12	17.2	17.5	18.3
LT0518	G13	13	16.7	16.2	16.9
LT0518	G13	14	16.7	16.2	17.2
LT0518	G13	15	16.9	16.4	16.7

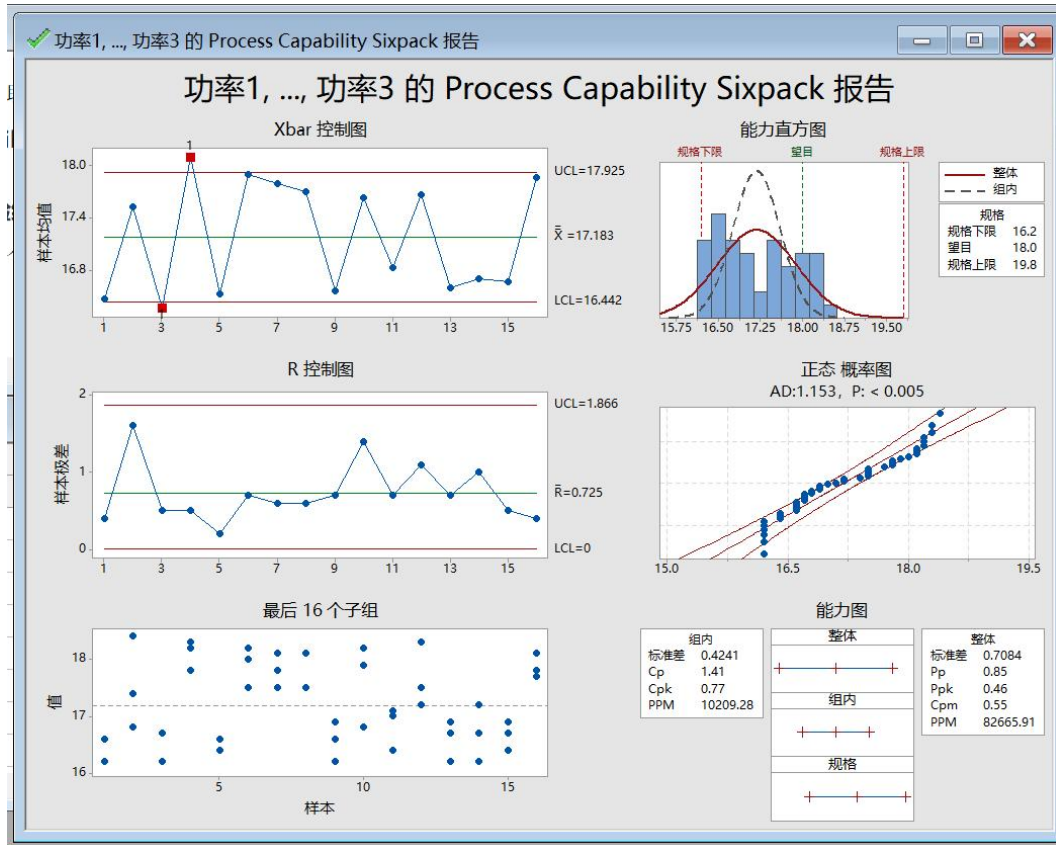


图 3-6 功率数据六合一图

A 公司 LED 日光灯色功率的标准大小为：不能超过 19.8W 且不能小于 16.2W（标准功率 18W 的正负 10%）。由过程能力图可知 CPK=0.77，CP=1.41，说明生产过程波动尚可。由 \bar{X} -R 控制图中可知 3、4 为不合格产品，功率过高。

3.5.2 色温

色温测量数据如下：

表 3-2 色温数据

型号	灯头	标准色温	编号	色温 1	色温 2	色温 3	色温 4
LT0518	G13	4000K	1	3890	4331	4230	3711
LT0518	G13	4000K	2	4213	3941	4213	4413
LT0518	G13	4000K	3	4183	3623	3654	4151
LT0518	G13	4000K	4	4310	4210	4420	4313
LT0518	G13	4000K	5	4287	4397	4497	4345
LT0518	G13	4000K	6	4161	4155	4161	4221
LT0518	G13	4000K	7	4161	4081	4181	4161
LT0518	G13	4000K	8	4149	3599	3759	3623
LT0518	G13	4000K	9	4143	4143	4143	4002
LT0518	G13	4000K	10	3659	4219	4159	4159
LT0518	G13	4000K	11	3763	4173	3678	4073
LT0518	G13	4000K	12	4321	3679	3839	4180
LT0518	G13	4000K	13	4373	4343	4273	4463
LT0518	G13	4000K	14	4473	4223	4415	4373
LT0518	G13	4000K	15	4176	4152	4266	3776

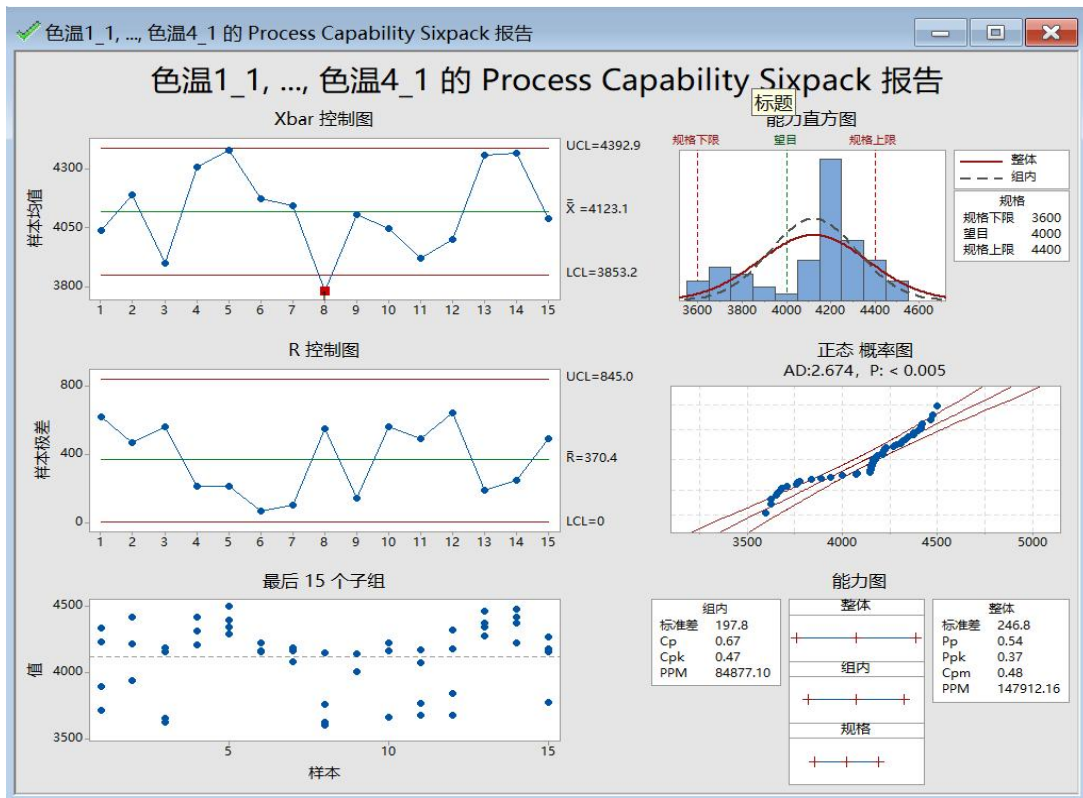


图 3-7 色温数据的六合一图

由于 A 公司 LED 日光灯色标准色温为 4000K 且色温合格范围为 $4000 \pm 400K$ (上下

限为标准色温 \pm 标准色温的 10%)。由过程能力图可知， $CP=0.67$ ， $CPK=0.47$ ，说明过程能力严重不足。由 \bar{X} -R 控制图可知，8 为不合格产品，色温超出标准色温。

3.5.3 色容差

色容差数据如下：

表 3-3 色容差数据

型号	灯头	编号	色容差 1	色容差 2	色容差 3	色容差 4
LT0518	G13	1	3.9	4.5	4.2	4.8
LT0518	G13	2	5	5.6	5.3	5.2
LT0518	G13	3	4.5	4.4	4.2	5.2
LT0518	G13	4	6	6.6	5.6	6.1
LT0518	G13	5	4.3	5.3	3.9	4.3
LT0518	G13	6	3.5	4.5	4.7	3.5
LT0518	G13	7	4.6	4.6	3.6	3.8
LT0518	G13	8	5.7	5.4	5.1	4.5
LT0518	G13	9	4.6	4.3	5.1	4.8
LT0518	G13	10	5.8	5.2	5.9	6.2
LT0518	G13	11	4.2	3.8	4.8	4.3
LT0518	G13	12	4.2	4.8	5.2	4.9
LT0518	G13	13	3.3	3.4	4.4	3.4
LT0518	G13	14	3.8	3.9	3.9	4.1
LT0518	G13	15	3.8	3.9	3.9	4.5

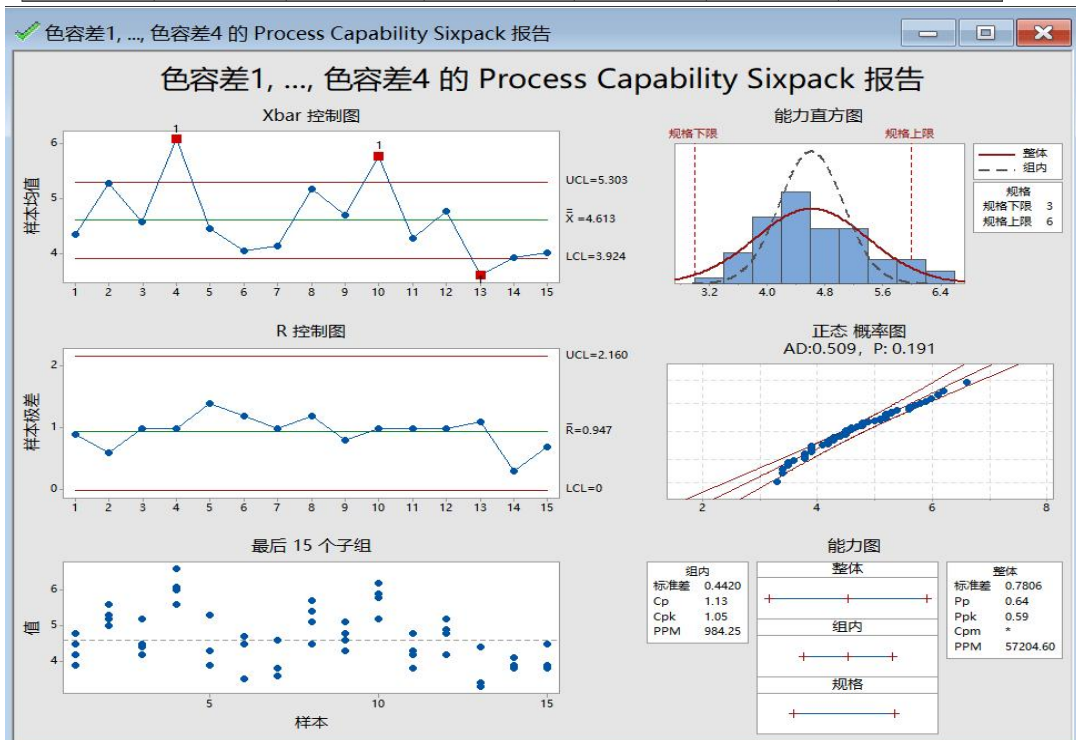


图 3-8 色容差数据六合一图

由于 A 公司 LED 日光灯色容差的标准范围为：大于 3SDCM 且小于 6SDCM。由过程能力图可得 $CPK=1.05$ ，过程能力尚可。由 $\bar{X}-R$ 控制图可得，有三个不合格品，色容差超出标准值。

第四章 LED 日光灯存在的问题及改进措施

4.1 基于 5M1E 分析 LED 日光灯存在的问题

通过第四章的数据分析可知光学性能不达标，即生产过程中存在问题，在质量管理学中认为 5M1E 分析法能够较为全面的分析到影响生产过程的所有因素。可用质量工具鱼骨图总结概况：

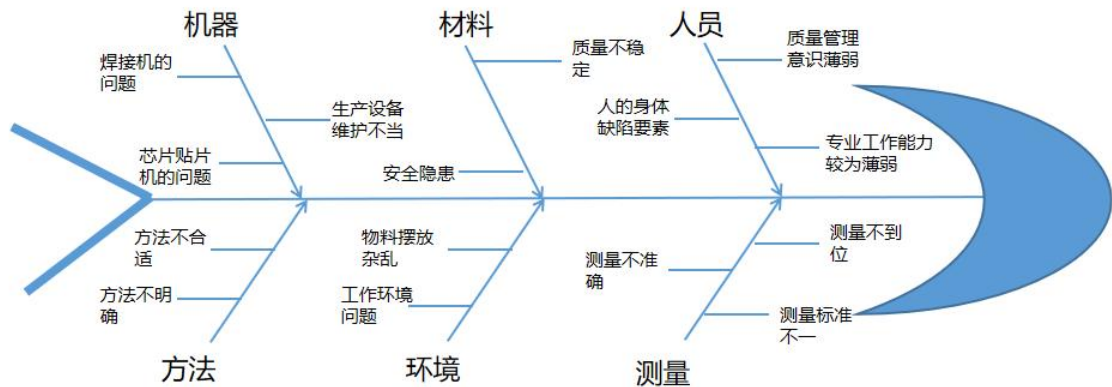


图 4-1 鱼骨图

4.1.1 人员层面——缺乏相应的职业素养

人是直接参与生产过程的操作者，是影响质量的最关键要素。结合日常生产工作和常见的情况，人员要素对质量的影响主要有：

(1) 质量管理意识薄弱：

- ①若缺乏意识质量的重要性，员工可能会忽视工作中的细节，导致错误率增加。
- ②若缺乏清晰的质量目标，员工不知道如何做出高质量的产品，导致产品合格率低。

(2) 专业工作能力较为薄弱：工作能力包括管理能力和操作能力。

①管理能力引发质量问题的原因有：管理人员工作安排不恰当、安排一组人员长时间加班、对关键生产工序安排技能级别较低的员工操作等。

②操作能力引发质量问题的原因有：人员培训不到位、技能水平低、技术不熟练。

(3) 人的身体缺陷要素：

①疾病：如员工在生病或者精神状态不好的时候还在进行体力要求较高的作业，导致完成度不高。

②疲劳：长时间进行高强度的作业容易引发人的疲劳，在疲劳状态下工作的人，无法完成高质量作业。

③状态：如节假日前后是质量问题高发期，因为人的情绪不稳，工作中存在人在现场而心不在焉的情况。

4.1.2 材料层面——质量问题缺乏保障

材料指生产所用的电子元器件、原料、润滑油、导线、接头等。材料要素引发质量事件的常见原因有：

(1) 质量不稳定：由于 LED 灯原料中的材料质量不稳定，可能会导致照明效果不稳定，甚至会缩短 LED 灯的使用寿命。如：

①焊接材料：LED 日光灯中的焊接材料可以帮助将芯片和散热器焊接在一起，如果焊接材料质量较差，可能会导致焊接不良，从而影响 LED 灯的性能。

②塑料外壳：LED 日光灯的塑料外壳可以帮助保护 LED 芯片和导电材料，但如果外壳质量较差，可能会导致 LED 日光灯遭受其他损坏。

③导电材料：LED 日光灯中的导电材料可以帮助将电流传递到芯片上，如果导电材料质量较差，可能会导致 LED 日光灯出现短路等问题。

(2) 安全隐患：LED 日光灯原料中的一些材料可能具有一定的毒性，如果处理不当，可能会对人类健康和环境造成安全隐患。

4.1.3 机器层面——生产设施不完善

机器要素是指生产过程中所使用的设备、工具等辅助生产用具。生产中，设备是否正常运转，工具的好坏都是影响生产进度的关键要素。机器要素引发质量事件的常见原因有：

(1) 生产设备维护不当：

①没有定期保养：如果不定期清洁、润滑和检查，会影响生产机器的正常运转。

②没有及时维修：在生产机器出现问题时，没有重视该问题或者没有及时上报问题，都可能导致进一步损坏机器，并且影响产品质量。

③非标准的校准方法：LED 日光灯测量仪器需要经过校准后才能使用，如果使用非标准的校准方法，或者忽略校准，就会导致测量结果不准确。

(2) 芯片贴片机的的问题：

①芯片掉落问题：可能是机器安装不规范或者机器振动等问题导致。

②芯片位置偏移问题：可能是夹具损坏、机器调节不当等问题导致。

(3) 焊接机的问题：

①焊接机组件不良：生产过程中可能会出现组件不良，例如变压器内部绕组出现短路或开路。

②焊接机精度不够：生产过程中工人可能会因为自身的失误再加上焊接机精度不够，导致焊接机稳定性差。

③品质不稳定：如果焊接机的生产过程中没有严格的质量控制体系和检测机制，会导致不同批次的产品在性能、质量等方面存在差异。

4.1.4 方法层面——操作方法不匹配

LED 日光灯生产过程的方法要素指生产工艺、封装工艺、作业方案等。方法要素引发质量事件的常见原因有：

(1) 方法不合适：例如规定的封装工艺与实际情况不太符合，导致封装后的 LED 日光灯电性能测试不合格，严重的还会导致散热量过大辐射到周围环境。其他方法同理，如果使用的方法不合适，会影响最终生产结果。

(2) 方法不明确：规章内容写的不够清晰，要求不够清楚，导致工作人员不知道该怎么操作。例如记录表编制不规范，对于测量值处没有明确如何填写空格内容，有些作业人员可能会在空格里填写实测值，有些人员只在空格里填写了正常两个字，导致后期无法追溯当时的实测值。

4.1.5 环境方面——工作环境体系不健全

环境要素指生产过程环境，包括生产、物品存放、测试等环境条件。环境要素引发质量事件的常见原因有：

(1) 物料摆放杂乱：比如没有按照 5S（整理、整顿、清扫、清洁、素质）规定摆放工具、元器件、螺栓等，导致 LED 芯片、PCB 板等制造时缺失或使用型号错误。

(2) 温度过高：若工作温度高于 LED 日光灯所能承受的最高温度，会使 LED 日光灯的光学效能迅速降低、会引起 LED 器件参数发生改变、会影响 LED 日光灯的光输出等，最终会导致产品的损坏。

(3) 湿度过高：高湿度环境会导致 LED 日光灯内部的金属部件腐蚀，并可能导致电路受损。此外，高湿度也会使 LED 日光灯的外部环境（如灯罩）出现氧化和变色现象，影响其光学性能。

(4) 光照时间过长：LED 日光灯在长时间的光照下，可能会出现光衰减的问题，导致亮度下降、色温改变等问题。

4.1.6 测量方面——测量制度未能建立

在 LED 日光灯某一生产环节结束后，往往会经过测量这个环节生产出的产品是否合格，测量要素引发质量事件的常见原因有：

(1) 测量不准确：LED 日光灯的亮度和颜色温度是通过光度学参数来表征的，如果测量不准确，就会导致 LED 日光灯实际表现与标称值不符，例如亮度过低，颜色温度过高等。

(2) 测量不到位：LED 日光灯生产过程中需要对 LED 芯片、封装、光学元件、组装过程、成品等测试，如果这些需要测试的方面测量不到位，会导致误差过大，影响最终产品的合格率。

(3) 测量标准不一：不同国家和地区的 LED 日光灯光度学参数测量标准存在差异，

若不按照当地的标准和法规进行测量，会导致质量问题。

4.2 基于 5M1E 提出改进措施

4.2.1 加强对生产人员的培养

针对人员方面所存在的问题，提出以下的改进措施：

(1) 提高质量意识：对于加强生产过程控制至关重要，主要指质管部门所有人员，包括生产人员、检验人员和管理人员。产品质管部门检验人员的整体工作素质和相关质量控制技术，是保证 LED 日光灯质量的重要途径，也是最大限度保证质量的第一要素。公司应该明确质量标准 and 目标，并向员工进行培训，确保每个人都清楚自己的角色和责任。

(2) 培训技术人员：对测量技术人员进行专业培训和提高，提高其对测量设备、测量方法的操作技能和理解能力，确保测量的准确性和稳定性。

(3) 坚持以人为本：

①建立一个以团队合作为核心的企业文化，让员工感受到身处于一个团结、合作的团队中，互相支持和帮助。

②给员工提供适宜的工作环境，让员工在舒适、安全的环境中工作，稳定员工情绪，从而提高工作效率和积极性。

③合理安排作业，及时换岗，确保员工的身体健康。

4.2.2 严格把控材料质量

针对材料方面存在的问题，提出以下改进措施：

(1) 选择优质的原材料：选择高质量的原材料，如优质的导电材料、塑料外壳和焊接材料等，以确保 LED 灯的性能和可靠性。

(2) 加强原材料质量控制：在 LED 灯的生产过程中，需要对每个原材料进行严格的质量控制和检验，确保每个原材料的质量都符合要求与安全性。

4.2.3 开展生产设施创新

针对机器方面存在的问题，提出以下改进措施：

(1) 生产设备维护：

①定期清洁：例如焊接机要进行彻底的清洁，极大地减少机器故障的发生，也有利于使用寿命的延长。

②加强维护保养：加强设备的定期检修和维护保养，及时发现问题并进行维修，避免故障的积累和严重损坏。

③仪器校准：在使用任何测量仪器前，都需要使用标准的校准方法校准。

(2) 优化芯片贴片机：

①提高 LED 芯片的定位精度：通过升级定位系统的硬件设备和软件算法，使贴片机

的定位精度更高，减少 LED 芯片贴片时的移位和偏差。

②优化贴片头设计和材料选择：改进贴片头设计，加强对芯片的吸附能力，并使用更高质量的材料来制造贴片头，减少在贴片过程中的松动和抛失问题。

③优化喷粘剂的配方和供给系统：调整 LED 芯片贴片时所需的喷粘剂的配方，选用更适合 LED 芯片的胶水，并优化供给系统，使喷粘剂可以均匀地涂抹在 PCB 板上。

(3) 优化焊接机：

①采用更好的工艺技术和材料，降低生产过程中的组件不良问题。

②优化焊接机的设计结构，提高焊接机的稳定性和精度，降低焊接机故障率。

③强化生产质量管理，建立完善的质量体系和检测机制，确保焊接机产品的质量和可靠性。

4.2.4 优化方法与工艺

针对方法层面的问题，提出以下改进措施：

(1) 方法改进：

①制造方法：采用更加先进的生产工艺，例如微纳米加工技术，可以制造更小的芯片和更高密度的 LED 日光灯。

②封装方法：选择合适的方法，例如 SMD 封装的 LED 日光灯具有更好的颜色还原性能，COB 封装的 LED 日光灯具有更好的发光效率。

(2) 优化工艺流程：

①对生产流程进行优化，减少不必要的中间环节，缩短生产周期。例如，减少元器件的检测和调试环节，简化焊接流程等。

②制定严格的质量控制标准和监测控制流程，同时确保工作人员能看得懂且能做到准确，保证测量的准确性和可靠性。

4.2.5 完善工作环境

针对环境方面的问题，提出以下改进措施：

(1) 按照 5s 管理：

①整理：清理工作台，只留下必须的物品，移除不需要的杂物。

②整顿：摆放生产过程所需要的工具、原料和半成品，使其符合工作流程。

③清洁：保持生产车间的空气干净、无尘、无异味、无菌。因此需在生产车间中安装洁净室或净化设备，对空气进行净化处理，确保产品品质。

④清理：检查不良品、故障设备，及时清理。

⑤素养：对员工进行有效培训和教育，提升其技能和素质。

(2) 工作环境控制：

①温度控制：需要控制在 20°C~25°C，过高或过低的温度都会对产品质量产生负面影响，因此需要在生产车间中需要安装空调或通风设备，确保温度的恒定和稳定。

②湿度控制：需要控制在 30%~60%，过高或过低的湿度会对产品的绝缘和半导体元件的性能产生影响，因此需要在生产车间中使用加湿或除湿设备，保持湿度的稳定和恒定。

③光照控制：为确保产品光学性能稳定和均匀，需要在生产车间中安装遮光窗帘或隔断，以控制光线的强度和角度。

4.2.6 强化测量完成度

针对测量层面的问题，应当提出以下改进措施：

(1) LED 芯片的测试：

①测量 LED 芯片的电压特性，使用数字万用表或信号发生器来测量 LED 芯片的电压特性，将电压逐步增加，记录 LED 芯片相应的电压测量数据。

②测量 LED 芯片的亮度特性，使用光度计或显微镜来测量 LED 芯片的亮度特性，将 LED 芯片投射在屏幕上，测量亮度数据。

③测试 LED 芯片的色度特性，使用色度计或光谱仪来测量 LED 芯片的色度特性，测量 LED 芯片发出的光的颜色、亮度和饱和度等信息。

④测试 LED 芯片的寿命特性，使用高温、高湿度等环境条件来检测 LED 芯片的寿命特性，通过长时间的测试来模拟 LED 芯片在实际使用中的机理。

(2) LED 封装的测试：

①光通量测试，测试 LED 日光灯在标准工作条件下发光的亮度和光通量是否符合规定要求。

②色温和色坐标测试，测试 LED 日光灯具发出的光的色温和色坐标是否符合规定要求。

③功率测试，测试 LED 日光灯的耗电量和输出功率是否符合规定要求。

④发光效率测试，测试 LED 日光灯的发光效率是否符合规定要求。

⑤可靠性测试，测试 LED 日光灯的寿命、耐热性和抗外界干扰能力等性能是否符合规定要求。

(3) 光学元件的测试：

①反射率/透射率测试：使用反射率/透射率测试仪器，检测元件对光波的反射率和透射率等参数。

②光学吸收测试：使用激光等光源，检测元件对光的吸收率。

③色差测试：使用色差仪，检测元件的色差值，是否符合要求。

④热稳定性测试：检测元件在高温条件下的稳定性。

⑤抗辐射测试：检测元件在放射性环境中的稳定性。

(4) 组装过程的测试：

①元器件合格性测试：在开始组装前，需要对所有的元器件进行测试，以确定其是否合格。这些测试可能包括电阻、电容、晶体管等等的测试。

②电路连通性测试：在将所有元器件组装到电路板上之后，需要对电路板进行连通性测试，确保所有电路连接正常，且没有短路或开路现象。

③电流测试：在接通电路之前，需要进行电流测试，确保电路的电流符合所设计的标准，以避免元器件损坏或其他不良后果。

④亮度测试：在电流测试正常后，需要进行亮度测试，确保 LED 日光灯的亮度符合预期，且没有发生不均匀亮度或其他光学问题。

⑤抗干扰测试：在确定电路正常工作后，需要对电路进行抗干扰测试，确保电路在各种干扰的情况下也能正常工作。

(5) 成品的测试：

①外观检查：检查 LED 日光灯的外观是否符合设计要求，包括尺寸、颜色、表面处理等。

②光学性能测试：测试 LED 日光灯的光学性能，包括色温、颜色温度、色容差等指标。

③电气性能测试：测试 LED 日光灯的电气性能，包括电压、电流、电阻等指标。

④稳定性测试：测试 LED 日光灯在不同环境下的稳定性和可靠性，包括高温、低温、湿度、电磁干扰等环境下的表现。

⑤寿命测试：测试 LED 日光灯的寿命和寿命损失率，从而确保 LED 日光灯的长期使用稳定性和可靠性。

4.3 LED 日光灯改进措施的实施效果

通过对 LED 日光灯所采取的过程控制方法，在很大程度上提高了 LED 日光灯的质量，避免了很多过程中所要碰到的不必要麻烦，也解决了产品在生产过程中的质量问题。以下是采取改进措施后的数据分析：

4.3.1 功率

表 4-1 功率改进后数据

型号	灯头	批次	功率 1	功率 2	功率 3	平均数
LT0518	G13	1	18	18.4	18.3	18.23
LT0518	G13	2	17.6	18	17.4	17.67
LT0518	G13	3	17.9	18.7	18.7	18.43
LT0518	G13	4	17.8	17.66	18	17.82
LT0518	G13	5	17.5	18.5	19.1	18.37
LT0518	G13	6	17.5	17.45	16.98	17.31
LT0518	G13	7	17.3	18.1	17.5	17.63
LT0518	G13	8	17.9	18.1	17.5	17.83
LT0518	G13	9	17.6	17.9	18.43	17.98
LT0518	G13	10	18.8	17.9	18.2	18.3
LT0518	G13	11	17.5	17.53	16.93	17.32
LT0518	G13	12	17.52	17.77	18.1	17.8
LT0518	G13	13	18	18.2	16.9	17.7
LT0518	G13	14	18.02	17.68	17.61	17.77
LT0518	G13	15	18.4	18.1	18	18.17

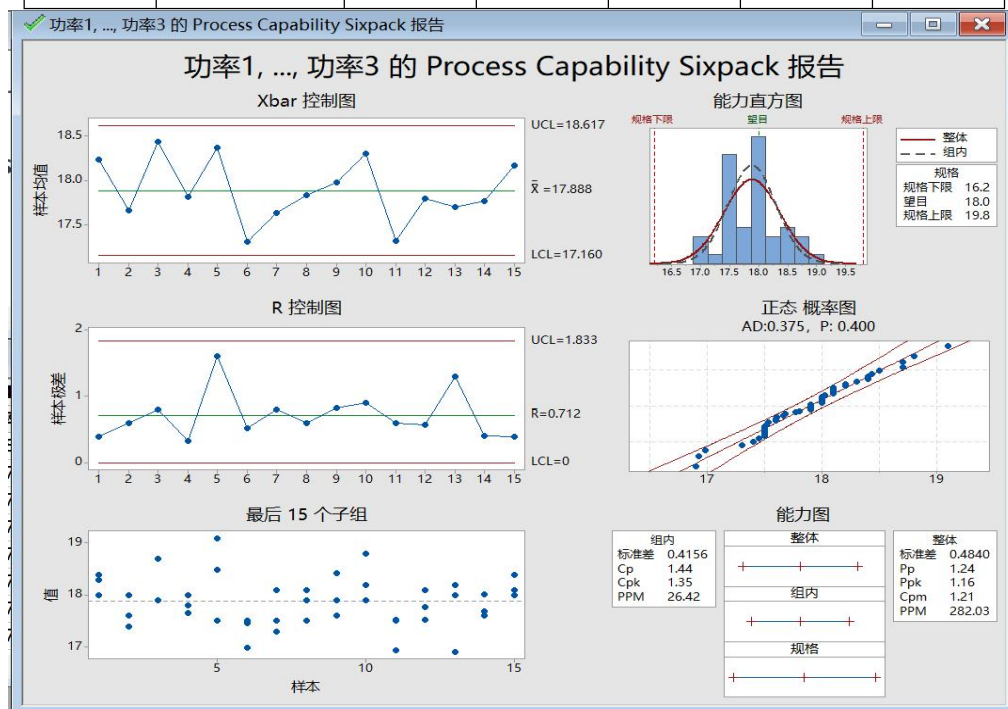


图 4-1 功率六合一图

根据上述改进之后的功率数据制作六合一图，由 Xbar-R 控制图可得，全部数据均在可控范围内。由过程能力直方图可知，数据符合正态分布。由能力图可知，CPK=1.35，过程能力充足。

4.3.2 色温

表 4-2 改进后色温数据

型号	灯头	编号	色温 1	色温 2	色温 3	色温 4
LT0518	G13	1	3890	4131	4130	4000
LT0518	G13	2	4100	3941	4033	4007
LT0518	G13	3	4183	3976	4121	4000
LT0518	G13	4	3910	4110	4120	4013
LT0518	G13	5	4087	4097	4107	3891
LT0518	G13	6	4161	4155	4061	4021
LT0518	G13	7	4161	4081	4181	4161
LT0518	G13	8	4149	4000	3959	4022
LT0518	G13	9	3943	4043	3988	4002
LT0518	G13	10	4009	3982	4000	4159
LT0518	G13	11	3963	4073	3987	4073
LT0518	G13	12	4021	3999	4039	4180
LT0518	G13	13	4073	4043	3973	4063
LT0518	G13	14	4173	4023	4015	3922
LT0518	G13	15	4108	4152	4122	4076

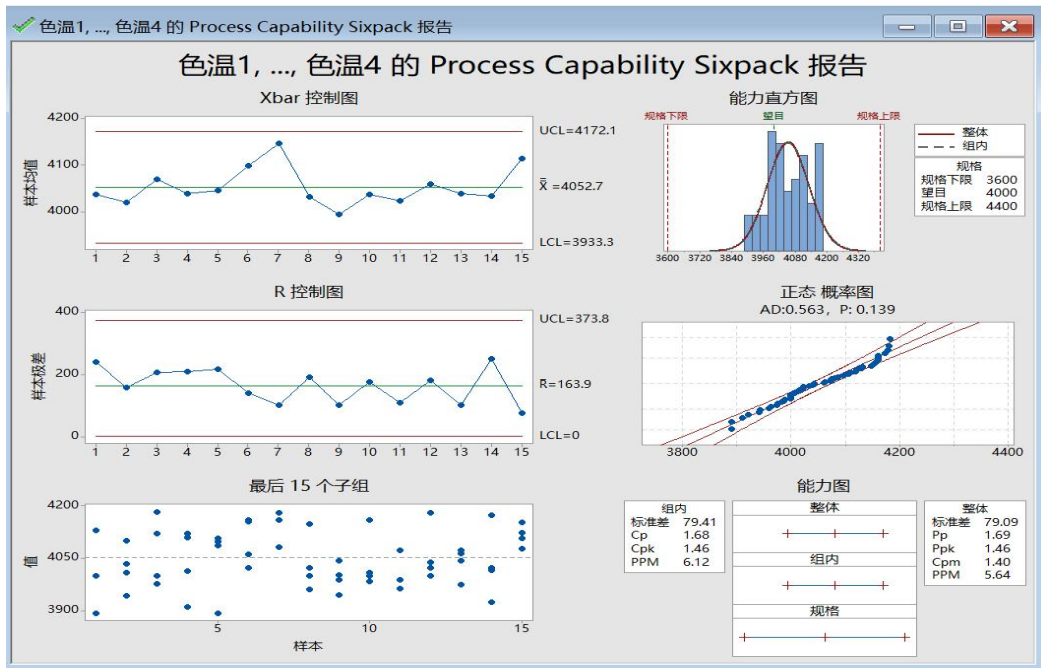


图 4-2 改进后色温数据六合一图

根据上述改进之后的色温数据制作六合一图由 Xbar-R 控制图可得，全部数据均在可控范围内。由过程能力直方图可知，数据符合正态分布。由能力图可知，CPK=1.46，过程能力充足。

4.3.3 色容差

表 4-3 改进后色容差数据

型号	灯头	编号	色容差 1	色容差 2	色容差 3	色容差 4
LT0518	G13	1	3.9	4.5	4.2	4.8
LT0518	G13	2	5	5.1	5	5.2
LT0518	G13	3	4.5	4.4	4.2	5.2
LT0518	G13	4	5.2	4	4.8	5.5
LT0518	G13	5	4.3	5.3	3.9	4.3
LT0518	G13	6	3.5	4.5	4.7	3.5
LT0518	G13	7	4.6	4.6	3.6	3.8
LT0518	G13	8	5.2	5.4	5.1	4.5
LT0518	G13	9	4.6	4.3	5.1	4.8
LT0518	G13	10	4.5	4.6	5.1	5
LT0518	G13	11	4.2	3.8	4.8	4.3
LT0518	G13	12	4.2	4.8	5.2	4.9
LT0518	G13	13	3.8	4	4.4	3.4
LT0518	G13	14	3.8	3.9	3.9	4.1
LT0518	G13	15	3.8	3.9	3.9	4.5

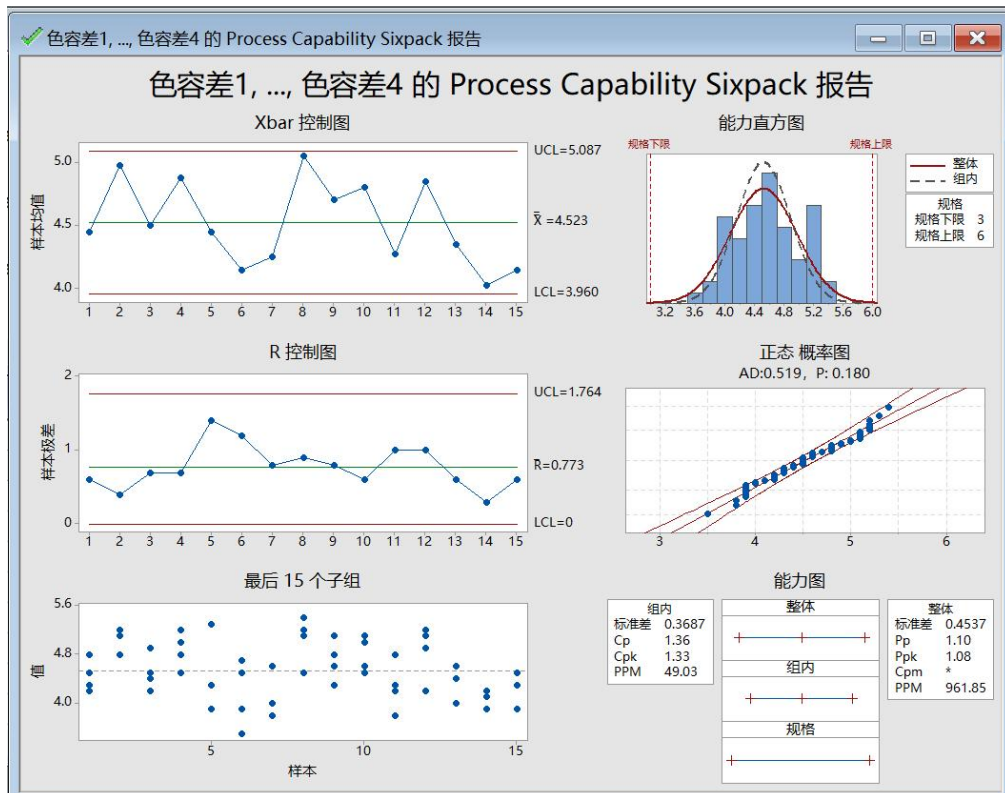


图 4-3 改进后色容差数据六合一图

根据上述改进之后的色容差数据制作六合一图，由 Xbar-R 控制图可得，全部数据均在可控范围内。由过程能力直方图可知，数据符合正态分布。由能力图可知，CPK=1.33，

过程能力充足。

通过对生产过程的改进，产品的三个性能的变化明显。

从 Xbar-R 控制图来看：功率性能从有两个不合格品变为全部合格，色温性能从有一个不合格品变为全部合格，色容差性能从有三个不合格品变为全部合格。

从过程能力报告来看：功率性能的 CPK 值从 0.77 变为 1.35，过程能力由不足变为充足；色温性能的 CPK 值由 0.47 变为 1.47，过程能力由不足变为充足；色容差性能的 CPK 值由 1.05 变为 1.33，过程能力由尚可变为充足。综上所述，改进效果明显，改进措施有效。

第五章 总结与展望

5.1 总结

本文围绕着“LED 日光灯的生产过程质量控制及改进措施的研究”展开了一系列的研究工作。主要工作总结如下：首先，较为详细地介绍了 LED 日光灯在生产过程中必须要考虑解决的几个主要问题点，其中包括 LED 日光灯的制造工艺与对 LED 日光灯性能的检验。其次，将统计质量控制方法，主要是控制图 \bar{X} -R 方法和过程能力分析运用到 LED 日光灯生产过程质量控制上，针对本公司生产最终时期提出了以每 15 件产品为一子组进行统计控制。将应用极为广泛的统计软件 Minitab 应用到 LED 日光灯生产的质量控制上，根据预先设定的具体参数，由 Minitab 软件建立起 \bar{X} -R 图控制和过程能力实现了在线分析、实时控制。最终，基于 5M1E 分析法对生产过程中存在的问题进行分析，同时提出相应的改进措施。

本文通过以上步骤，对改进后的数据再次使用 minitab 软件分析，改进效果显著，改善了 A 公司 LED 日光灯生产过程中的一些质量问题。

5.2 展望

对照明而言，LED 日光灯拥有很多不可比拟的优势，其应用前景非常广阔。本文只是对这门广阔应用技术的其中一方面作了初步的探讨，还有很多完善的工作需要做，控制方式方法还需要优化。希望本文的尝试及研究能对 LED 日光灯的制造控制起到抛砖引玉的作用，相信不久的将来，LED 能以其自身优势和稳定的加工质量应用到每一个角落。

参考文献

- [1] 吕志松. LED 灯具的应用与发展[J]. 光源与照明, 2022(06):41-43.
- [2] 陈婷. 我国 LED 产业专利池构建影响因素研究及对策分析[D]. 重庆理工大学, 2020.
- [3] Luo Xiang, Ma Lin, Chen Shijie, Lin Xiao, Liang Zhanpeng. Optimal design of electromagnetic interference of LED lamp switching power supply based on TRIZ theory[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2023, (1)
- [4] Sikora Roman, Markiewicz Przemysław, Korzeniewska Ewa. Using identification method to modelling short term luminous flux depreciation of LED luminaire to reducing electricity consumption.[J]. Scientific reports, 2023, (1)
- [5] 刘彬彬. LED 照明产品的散热问题及改善策略研究[J]. 光源与照明, 2022, (01):140-142.
- [6] 邱晓盛. 白光 LED 光源封装工艺改进与性能优化研究[C]. 深圳大学, 2020.
- [7] 李学建. 基于 ARM 的 Linux 嵌入式视觉系统研究[D]. 西安电子科技大学, 2021.
- [8] 黄祖广, 关鹏婷, 薛瑞娟, 王金江, 徐浩莉. 机床加工过程短期能力评估模型及应用研究[J]. 制造技术与机床, 2021.
- [9] 张祥兆, 尚春芳, 李军. 基于统计技术对质量管理体系有效性评价的认识和思考[J]. 石油工业技术监督, 2019, 35(10):41-44.
- [10] 杨柳, 王强, 冯富宁, 王琦. Minitab 软件在水泥过程质量管理中的应用[J]. 水泥, 2019.
- [11] 唐一鑫. “5M1E” 视角下高职院校内部审计质量控制研究[J]. 职教通讯, 2022(02):73-78.
- [12] 杨超普. 人工照明与显示的光健康分析及动物实验[D]. 南昌大学, 2021.

致谢

行文至此，我的本科生涯即将落幕。回顾四年的生活，有非常多的收货。

感谢徐静老师对我的论文一直以来的指导。从论文选题、构思到修改、定稿，事无巨细地提出了许多有益的意见建议。不断督促我完善精进，我才能完成这篇论文。同时感谢专业所有的老师，因为有他们的悉心教导，我的学业才能顺利完成。

感谢我的同学们，给我本科四年带来了无数的欢笑。我们一起上课、一起参加活动、一起实训，这些经历加深了我们的同学情谊，让我以后回想起大学生涯时满是喜悦。此外，尤其感谢我最好的室友们，从大一到大四，我们一起去旅游、野餐、献血、过生日、熬夜看升旗、通宵夜骑看日出等等。在无数个欢乐的瞬间，有你们一同分享；在沮丧迷茫的时刻，有你们在身边的陪伴。我们相互扶持、相互鼓励、相互包容、相互照顾，你们不仅仅是我的朋友，也是我的家人。我的青春因为有你们，显得更加珍贵。

特别感谢我的父母，无论是从生活还是从学习方面，你们永远支持我的选择，给予了我足够的爱和尊重。每当我遇到困难和挫折时，总能给予我力量，你们是我坚定前行和奋斗的动力。感谢我的男朋友，四年来对我的无限包容，每当我需要帮助的时候，总能出现在我的身边；当我心情不好时，总能接住我的坏情绪；当我获得一些成就时，总能第一时间为我开心。因为你的尊重和鼓励，我变得更加自信和从容。

感谢平凡且坚定的自己，这四年坚持下来不少大大小小的事情，遇到了很多困难和阻挠，想过退缩却未曾放弃。最后感谢北方的手工面让我爱上面食，感谢学校的海棠花带给我美好的春天，感谢秋天遍地可见的枫叶，感谢冬天下的每一场雪。即使四年仍有遗憾，但人生路漫漫，有遗憾显得更加弥足珍贵。

要感谢的人太多，希望我们都能带着爱和感动去迎接未来的路。