



信息通告

中国民用航空局机场司

编 号：IB-CA-2025-01

下发日期：2025 年 12 月 26 日

机场助航灯光系统低电流供电 实施指南

前言

随着 LED 助航灯具在全国机场的广泛应用，LED 灯具以其低能耗、长寿命等特点，得到机场用户的普遍认可。然而，国内机场在采用 LED 灯具后，灯光供电电路仍沿用传统卤素灯具的 2.8 A-6.6 A 供电体系，电缆能耗依旧较高，未能充分发挥 LED 灯具的节能潜力。

对 LED 灯具而言，使用 2.7A 以下的低电流供电已经完全满足发光用电需求。机场相关实例表明，采用 LED 低电流供电后，机场灯光供电回路可节能超过 80%以上，能够成为绿色机场建设的重要举措。

为指导全国机场逐步向低电流供电的灯光系统转型升级，进一步促进绿色机场建设，民航局机场司组织起草了《机场助航灯光系统低电流供电实施指南》，用于指导民用机场在灯光供电系统的方案设计、改造、实施和维护工作。

本通告共分有 10 个章节，主要内容包括低电流供电的助航灯光系统概述、验证案例，效能、典型案例、技术路线、方案设计、系统验收、运行维护。本通告由中国民用航空局第二研究所负责日常管理。如有意见或建议，请及时函告本通告日常管理组（联系人：麻晓丹；地址：成都市东部新区林栖大道 919 号民航创新示范区；邮编：641418；电话：028-82577069）以便日后修订参考。

主编单位：中国民用航空局第二研究所

参编单位：中国民用航空飞行学院

中国民航科学技术研究院

民航机场建设集团西南设计研究院有限公司

主编：何东林、李拓、牟奇锋

参编人员：贾钦、张桃明、朱盼、陈飞、麻晓丹、李云鹏

主审人员：张云青、郭竟成、杨佳麟、尹相卿、汪岩峰、虞再道、

常辉、张明、冯嵩、任绪秋、潘冲、杨建伟、赖志坚、黄庆、杨磊、
王宏宇

目 录

1 主要目的	1
2 术语和定义	1
3 概述	2
4 验证案例	5
5 低电流供电的效能	6
6 典型案例	9
6.1 加拿大圣凯瑟琳斯/尼亚加拉地区机场	9
6.2 澳大利亚霍巴特国际机场	9
6.3 美国亚特兰大国际机场	10
6.4 美国奥兰多国际机场	10
6.5 荷兰阿姆斯特丹国际机场	10
6.6 瑞典斯德哥尔摩阿兰达国际机场	10
7 技术路线	11
7.1 脉宽调光	11
7.2 频率调光	13
7.3 通信调光	15
7.4 电流调光	17
8 方案设计	20
8.1 设施设备改造方案	20
8.2 综合特性对比	23
8.3 方案确定	23
8.4 实施方案	24
9 系统验收	27

10 运行维护	29
10.1 预防性检查维护	29
10.2 系统备品备件储备要求	30
附录 A 助航灯光系统能耗计算	31
A.1 运算条件	31
A.2 灯具能耗	31
A.3 单灯监控装置能耗	32
A.4 调光器能耗	32
A.5 初级电缆能耗	33
A.6 次级电缆能耗	34
A.7 隔离变压器能耗	34
A.8 助航灯光系统能耗	35
附录 B 节能效果计算	37
附录 C 计算范例	38
C.1 单跑道机场计算范例	38
C.2 多跑道机场计算范例（二条跑道）	39

1 主要目的

民用机场助航灯光系统主要由助航灯具、供电及调光设备、助航灯光回路设施设备、助航灯光监控系统、应急电源等组成。本信息通告结合国内外相关技术调研，提出 4 种低电流供电的实施方案，并从各类设施设备配备、改造的维度，提供相关实施路线的技术难度和优劣势比较。民用机场可充分参照本信息通告的内容，在新建机场的规划设计中，合理采用低电流供电方案，或者结合机场实际情况，适时对原有灯光供电系统进行改造升级，以提升机场灯光系统的节能效用。

2 术语和定义

2.1 低电流供电的助航灯光系统 **low-current airfield lighting system**

在串联供电条件下，助航灯光回路供电电流小于 2.7 A 的助航灯光系统。

2.2 脉宽调光 **intensity level change by pulse width modulation**

脉宽调制（PWM，Pulse Width Modulation）电源输出可变脉冲宽度的电流，助航灯具根据电流脉宽调节不同光强输出。

2.3 频率调光 **intensity level change by frequency**

助航灯光调光器输出频率可变的电流，助航灯具根据电流频率调节不同光强输出。

2.4 通信调光 **intensity level change by communication**

助航灯光调光器仅输出某一恒定电流，助航灯具通过可寻址的通信模块接收光级控制指令，并根据指令调节不同光强输出。

2.5 电流调光 **intensity level change by current**

助航灯光调光器输出不同的恒定电流，助航灯具根据电流值调节不同光强输出。

3 概述

助航灯光系统的作用是为航空器提供有效的目视引导，是保障飞行安全的重要设施设备，必须保持光学特性稳定与供电可靠。

按照灯光与跑道系统的运行规则，我国实施五级调光运行体系，为保证助航灯光对跑道、滑行道实现长距离、稳定的光输出，除部分进近灯光的顺序闪光灯系统外，国内助航灯光基本采用串联供电，并通过调光器实现五级光输出。

按照传统的卤素灯具具有光源随着电流增大而亮度增强的光学特性，因此传统的供电线路通常采用恒流调光器，通过输出 2.8 A-6.6 A 的交流电（AC），以串联供电的方式，来控制整个供电回路的灯具光强。卤素灯具助航灯光系统的详细供电架构如图 3-1 所示。卤素灯具的光学特性，以及五个灯光光级对应的电流关系详见图 3-2 和表 3-1 所示。

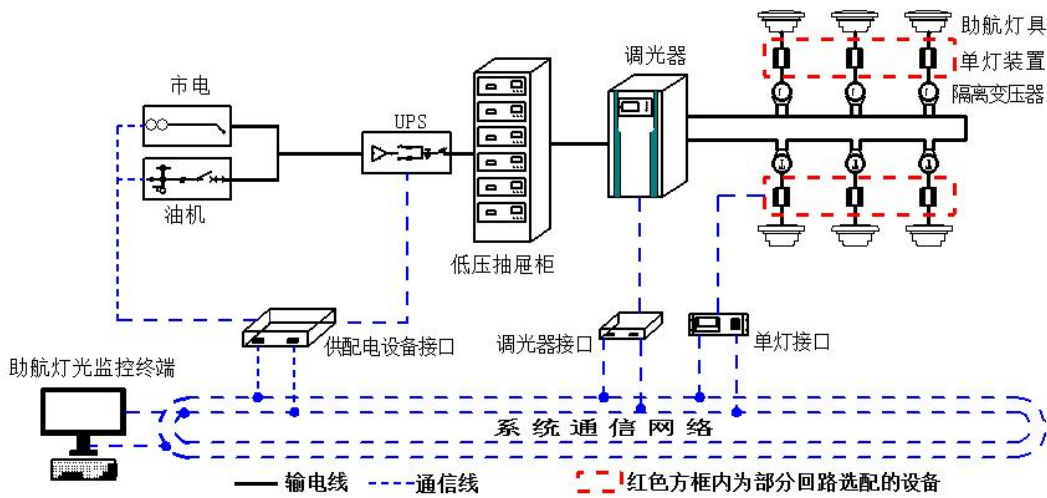


图 3-1 2.8 A-6.6 A 供电的助航灯光系统架构

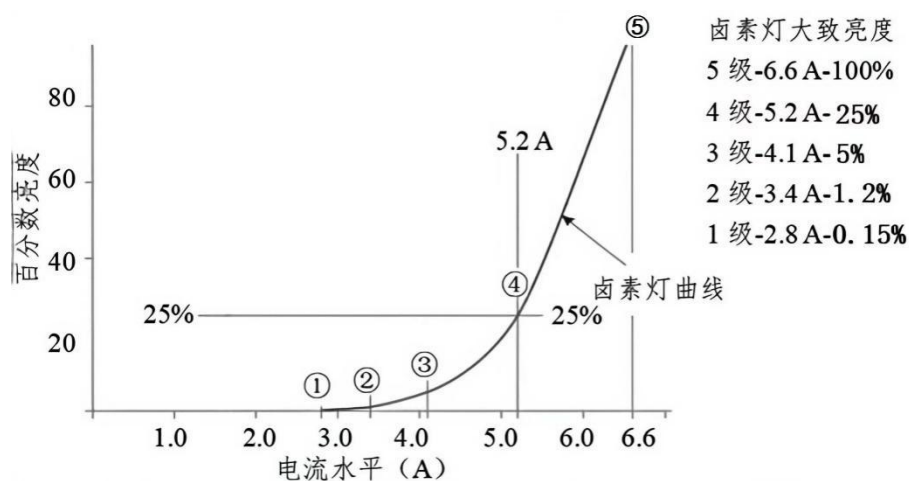


图 3-2 卤素光源发光曲线

表 3-1 卤素光源的助航灯光系统光级与电流值对应关系

光级	电流值 (A)
1	2.8
2	3.4
3	4.1
4	5.2
5	6.6

LED 是半导体发光器件，通过直流驱动才能稳定发光，在交流供电下，LED 灯具需要驱动电路将交流输入转换为直流输出，同时，驱动电路还可通过控制直流电大小、脉宽调制（“亮”与“灭”的时间比例）等技术方案实现 LED 亮度变化。在助航灯光领域，由于 LED 的光学特性，助航灯具仅需要较小的电流，即可发出卤素光源在 6.6 A 电流下达到的光强，同时依托已验证的脉宽调光、频率调光、通信调光、电流调光这 4 种调光方式满足五级调光要求。

然而，除新建机场外，当前大多数机场是逐步将卤素灯具更新为 LED 灯具，存在卤素灯具与 LED 灯具混合使用的情况。为充分考虑 LED 灯具与卤素灯具的兼容性，机场通常沿用卤素灯具的电流调光模式，即仍然使用 2.8 A-6.6 A 供电，LED 灯具通过感应线路的电流变化，发出不同光级所需要的光强。因此，这些机场虽然已经大量采用 LED 灯具，但并未进行低电流供电，系统能耗中占比较高的电缆能耗没有得到有效

控制，未能充分发挥 LED 的节能潜力。国际民航组织《机场设计手册》（Doc9157）第二版第 5 部分-电力系统中提到：“可以通过新设计照明电路，达到 LED 节能最大化”，即通过降低助航灯光供电回路电流，进一步降低助航灯光系统能耗。

因此，本文件旨在结合不同机场的实际情况，在不改变助航灯光 4C 光学特性（构形、颜色、坎德拉和覆盖范围）要求的前提下，以 LED 灯具的 4 种调光方式为牵引，合理匹配相关设施设备，实现合理控制助航灯光的供电电流，有效降低整体电缆的供电能耗。

4 验证案例

成都双流国际机场在 2024 年实施助航灯光系统低电流供电运行验证，通过替换一条滑行道中线灯回路中的 147 盏 LED 灯具和调光器，实现了 2 A 低电流供电，灯光回路视在功率由 9 kVA 降低至 1.86 kVA，降低约 80%。而低电流供电灯具的光强，无论通过人眼观测或者仪器检测，与传统 2.8 A-6.6 A 供电灯具的光强均无差异，如图 4-1、4-2 所示。验证表明，通过合适的设计，低电流供电模式能够满足《民用机场飞行区技术标准》（MH 5001）中关于助航灯光 4C 光学特性（构形、颜色、坎德拉和覆盖范围）的要求。低电流供电可以实现为航空器在夜间或低能见度情况下起飞、着陆、滑行提供安全、可靠的目视引导。

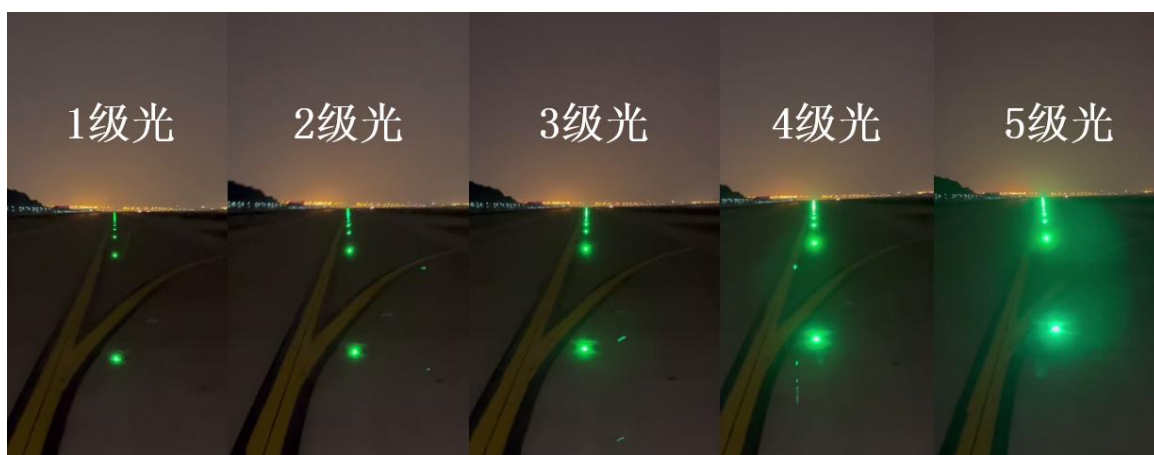


图 4-1 现场两条滑行道中线灯回路分别在两种供电下的 1-5 级光实景图

注：该滑行道中线灯分别由传统 2.8 A-6.6 A 和 2 A 低电流隔灯供电。

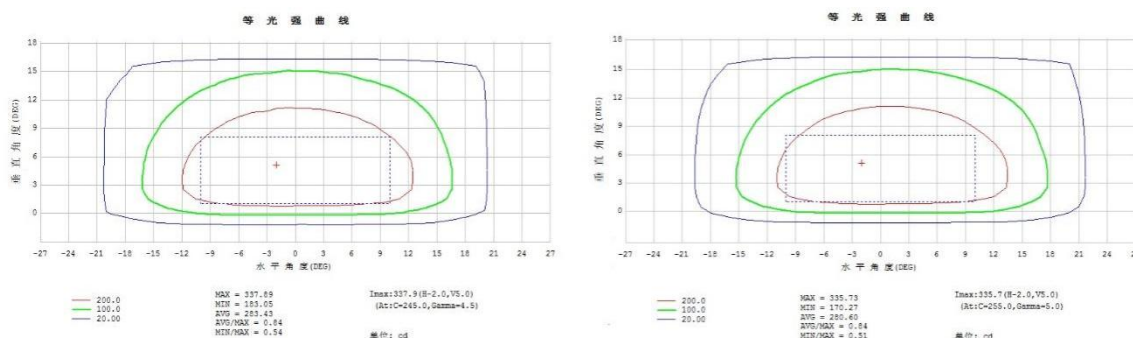


图 4-2 现场同盏灯具在两种供电下的等光强图（左：2 A 低电流，右：6.6 A）

5 低电流供电的效能

低电流供电的助航灯光系统能够最大限度地发挥 LED 的节能优势，灯光回路能耗随供电电流降低而降低，且助航灯光电缆长度越长，低电流作用越显著，低电流对助航灯光回路能耗的影响关系如图 5-1 所示。

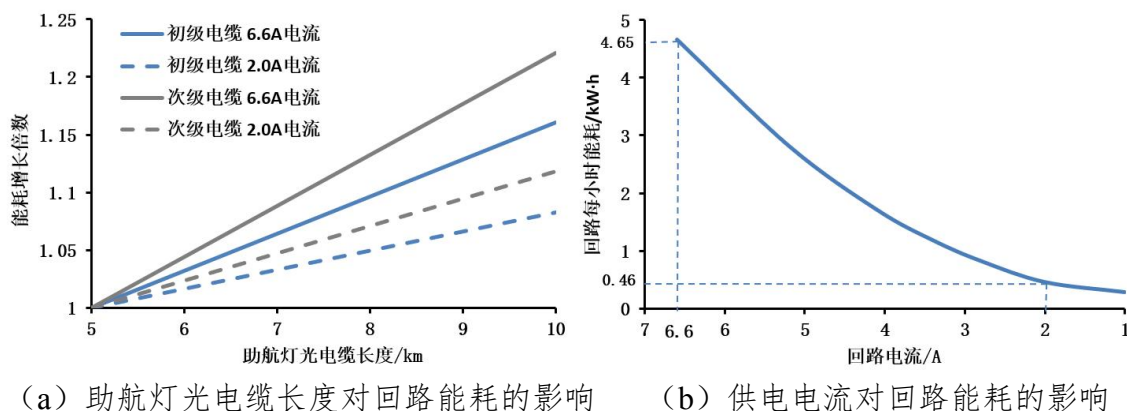


图 5-1 低电流对助航灯光回路能耗的影响

通过将 6.6 A 供电的卤素灯具、6.6 A 供电的 LED 灯具、2 A 低电流供电的 LED 灯具三种供电方式进行验证，相关数据可以进一步表明三种供电模式的能耗对比。

(1) 总体能耗

在光级为五级光、相同的灯具数量和助航灯光电缆长度的条件下，三种供电方式的实验数据表明，2 A 低电流供电 LED 灯回路，相较 6.6 A 供电的卤素灯回路可节能 94%，相较 6.6 A 供电的 LED 灯回路节能 83%，总体节能效果显著。三种条件下 1-5 级光回路能耗对比如图 5-2 所示，光级越高节能效果越显著。

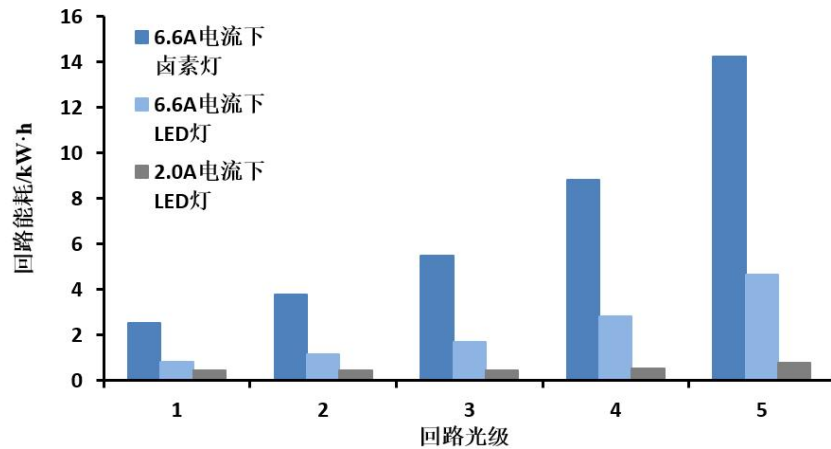


图 5-2 不同供电条件的 5 个光级下回路能耗对比

注：回路为典型滑行道中线灯回路，灯具数量 100 套，初级电缆长度为 10km，次级电缆长度为 6.4km。

通过对比双流机场的实测情况，数据表明，2 A 低电流供电的助航灯光系统可显著降低回路能耗，相较于 2.8 A-6.6 A 供电的助航灯光系统，不同光级下最高节能比为 79.03%，两种供电模式下系统能耗对比如表 5-1 所示。

表 5-1 LED 助航灯光系统 2.8 A-6.6 A 供电与 2 A 低电流供电模式下能耗对比

光级	2.8 A-6.6 A 供电能耗 (kW · h)	2 A 低电流 供电能耗 (kW · h)	2 A 低电流供电 节能比%
1	15.18	9.50	37.42
2	20.16	9.60	52.38
3	27.30	9.80	64.10
4	40.40	10.30	74.50
5	62.00	13.00	79.03

注：该回路初级电缆长度 10.8 公里，次级电缆长度 8.5 公里，灯具数量 147 盏，能耗测试时间 8 小时。

(2) 各组成部分对比

助航灯光系统回路能耗主要包括助航灯具能耗、隔离变压器能耗、初级电缆能耗和次级电缆能耗 4 类。LED 灯替换卤素灯后，LED 灯相较卤素灯能耗低，而隔离变压器和电缆能耗不变，灯光回路中灯具能耗占比大幅降低。采用 2 A 低电流后，电缆能耗和隔离变压器能耗大幅降低，在灯光回路中能耗占比减小。

测试数据表明：在光级为五级光、相同 LED 灯具、相同助航灯光电缆长度的条件下，采用 2 A 供电相较 6.6 A 供电，灯具能耗可降低 50% 左右，隔离变压器、初级电缆、次级电缆能耗均可降低 90% 左右；回路中隔离变压器、次级电缆、初级电缆能耗占比分别从 24.3%、27.7%、28.8% 降至 14.2%、14.7%、15.2%，如图 5-3 所示。

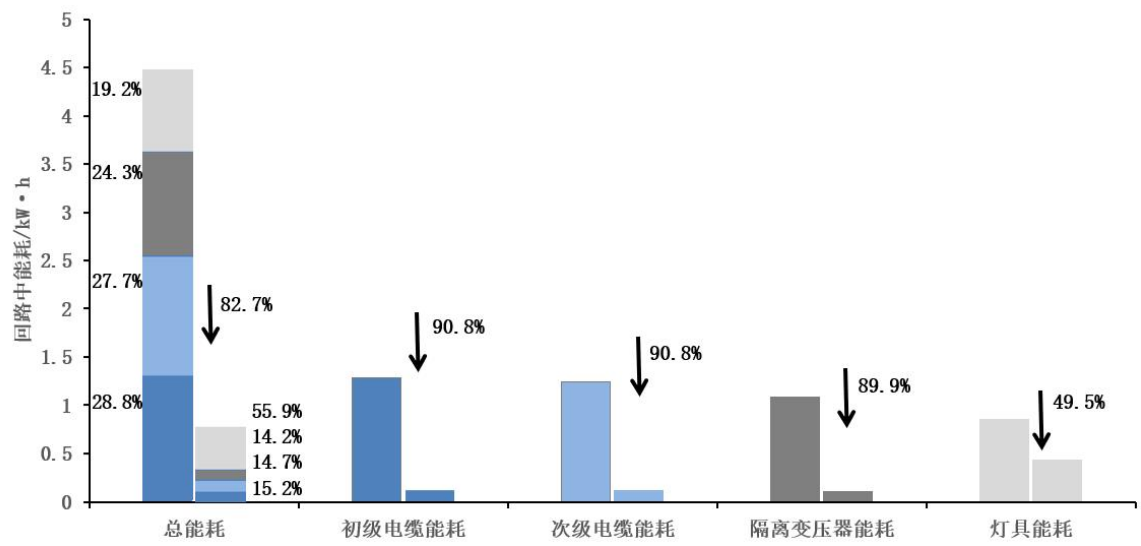


图 5-3 助航灯光回路中各组成部分能耗对比

注：每组柱形对比图中，左侧为 6.6 A 供电模式，右侧为 2 A 供电模式，回路为典型滑行道中线灯回路，灯具数量 100 套，初级电缆长度为 10 km，次级电缆长度为 6.4km。

6 典型案例

6.1 加拿大圣凯瑟琳斯/尼亚加拉地区机场

加拿大圣凯瑟琳斯/尼亚加拉地区机场开展低电流供电的助航灯光系统应用试点，主要应用场景为跑道、滑行道边灯。应用试点将机场原串联供电调光器的额定容量从 7.5 kVA 降至 2 kVA, 4 条灯光回路总计安装了 60 盏 LED 跑道边灯和 131 盏 LED 滑行道边灯，如图 6-1 所示。



图 6-1 加拿大圣凯瑟琳斯机场低电流供电电源和滑行道边灯

6.2 澳大利亚霍巴特国际机场

澳大利亚霍巴特国际机场在进近灯光和滑行道灯光系统中采用低电流供电模式，显著降低了初级和次级回路的总体能耗，较 2.8 A-6.6 A 传统供电模式的 LED 助航灯光系统节能 33%，如图 6-2 所示。因节能效果较好，后续跑道灯光系统也采用了低电流供电模式。



图 6-2 澳大利亚霍巴特国际机场低电流供电的进近灯光

6.3 美国亚特兰大国际机场

美国亚特兰大国际机场在安装有 99 盏 LED 滑行道中线灯的两条回路中采用低电流供电，如图 6-3 所示。每条回路供电电源的额定容量降至 1 kVA，能耗降低 60%-90%。



图 6-3 美国亚特兰大国际机场低电流供电的 LED 滑行道中线灯

6.4 美国奥兰多国际机场

美国奥兰多国际机场改用低电流为滑行道 Foxtrot、TFC1 灯光回路上的 120 盏 LED 滑行道中线灯供电。统计数据显示，1989 年建造 Foxtrot 滑行道时，采用卤素灯的回路视在功率为 13 kVA，2004 年采用 LED 灯具后，回路视在功率降为 8.6 kVA，而改用低电流供电模式后，回路功率进一步降至 1.4 kVA，仅为卤素灯回路的 11%。

6.5 荷兰阿姆斯特丹国际机场

荷兰阿姆斯特丹国际机场将整条跑道上的灯光回路电流降至 2 A，所有回路总计安装了 1340 盏 LED 灯具，总视在功率降低至 34 kVA，能耗较传统卤素灯照明降低 70%-80%。

6.6 瑞典斯德哥尔摩阿兰达国际机场

瑞典斯德哥尔摩阿兰达国际机场采用 LED 灯具替换了 5000 盏卤素灯具，其中 3200 盏 LED 灯具采用 2 A 低电流供电，能耗降低 60-90%，每年节省 72000 欧元的能源成本。

7 技术路线

在普通民用领域，对单个 LED 灯具进行亮度调节时，通常直接通过旋钮或按键给驱动电路“调光信号”，驱动电路再通过自身技术方案实现不同亮度，例如家用台灯和照明灯的调光。对多个 LED 灯具同时进行亮度调节时，通常采用两种方式，一是通过一套脉宽调制控制器连接多个 LED 灯具，在控制器上调节脉宽实现 LED 灯具亮度变化，例如车内氛围灯系统；二是通过通信模块发出“调光信号”，多个 LED 灯具同时接收到“调光信号”，再通过自身驱动电路的调光技术方案进行亮度调节，例如路灯照明系统。在机场助航灯光领域，调光方式是 LED 灯具低电流供电方案设计的核心要素，直接决定了相关设施设备的匹配与改造技术路线，直接影响工程量与投资额。结合机场实际情况与需求，选择适宜的调光方式，并制定合理的改造方案是技术路线的关键。

低电流供电的助航灯光系统兼容传统 2.8 A-6.6 A 供电回路的组成架构，其调光方式不再局限于电流调光，目前，主流的 LED 灯具低电流调光方式主要有脉宽调光、频率调光、通信调光、电流调光 4 种。

7.1 脉宽调光

(1) 基本原理

脉宽调光的原理是通过脉宽调制控制器，在每个周期内改变 LED 驱动电流脉冲的占空比，实现 LED 助航灯具的调光。例如，如果一个脉宽信号的周期为 1 毫秒，高电平时间为 0.2 毫秒，则占空比为 20%，这表示 LED 在一个周期内处于高电平状态的时间占总时间的 20%，即 LED 的亮度为 20%，如图 7-1 所示。

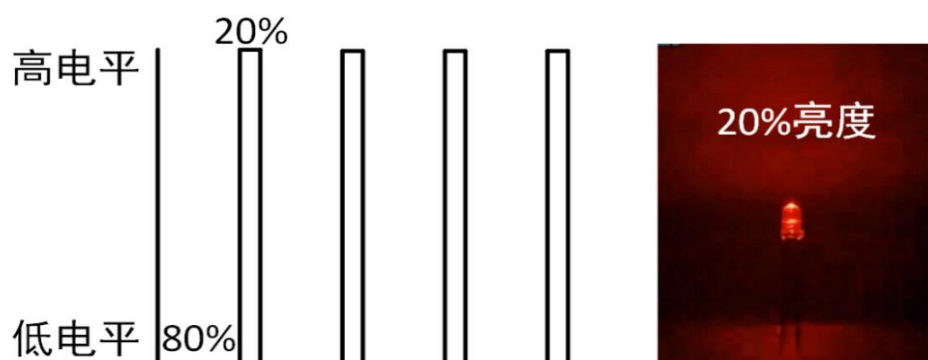


图 7-1 LED 亮度与电流脉冲占空比关系

(2) 主要设施设备

采用脉宽调光的低电流供电的助航灯光系统，主要由脉宽调制电源、隔离变压器、LED 助航灯具等组成，如图 7-2 所示。

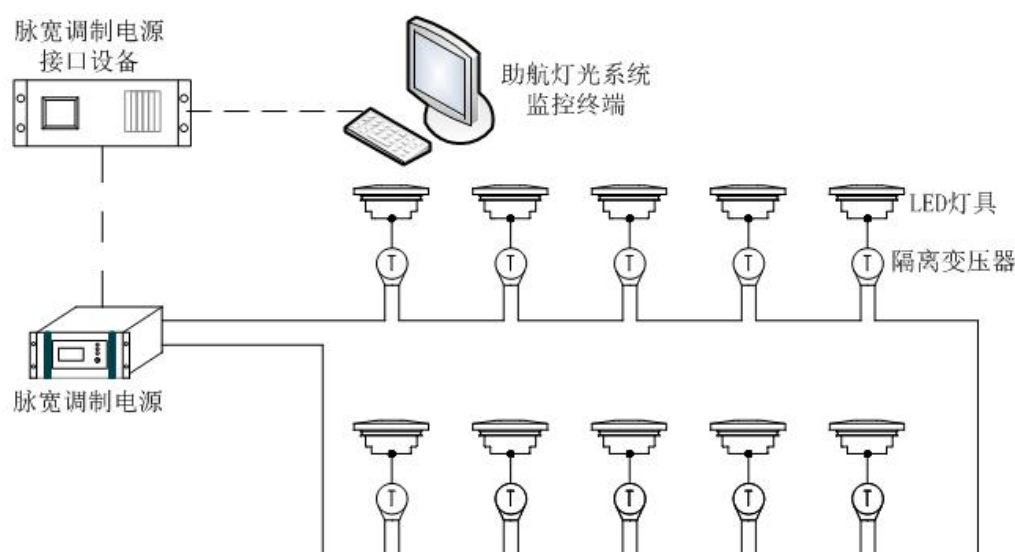


图 7-2 脉宽调光的低电流供电的助航灯光系统

(3) 技术特点

该技术将现有 LED 助航灯具中控制 LED 模块亮灭的驱动电路前置到脉宽调制电源中，由脉宽调制电源输出占空比变化的交流脉宽调制脉冲，直接控制 LED 助航灯具的发光强度。LED 助航灯具由变压器、整流桥和 LED 模块组成，电路简单，易于实现。

在脉宽调光方式下，其供电及调光原理与传统恒流调光器差异较大，脉宽调制电源除了满足国内电力设备基本要求外，还应当根据助航灯光回路实际需求，落实主开关、保护措施、接地、柜体、监视、仪表和显

示、耐振性能等方面的技术要求。

(4) 技术优劣势分析

采用脉宽调光的低电流供电的助航灯光系统脉宽调制电源设备体积小，助航灯具内部驱动电路简单，调光迅速准确。

注：该种调光方式可能产生单螺旋桨飞机飞行员可见的频闪。

相较传统助航灯光，需要更新的设施设备包括调光器（使用脉宽调制电源替代，如图 7-3 所示）、助航灯具；可以复用的设施设备包括助航灯光电缆、隔离变压器（满足功率要求）；需要升级的设施设备是助航灯光监控系统。

系统无法兼容传统 2.8 A-6.6 A 供电体系，改造难度大，不适宜现有机场改造。



图 7-3 脉宽调制电源实物图

7.2 频率调光

(1) 基本原理

频率调光的原理是根据助航灯光五个光级的光强要求，由调光器输出对应电流有效值相同、频率各不相同的电流，灯光回路中的助航灯具通过识别输入电流的频率，输出对应频率下的光强。

(2) 主要设施设备

采用频率调光的低电流供电的助航灯光系统组成与传统 2.8 A-6.6 A 供电的助航灯光系统组成及结构一致，如图 7-4 所示，主要由恒流调光

器（可变频）、隔离变压器、LED 助航灯具组成。

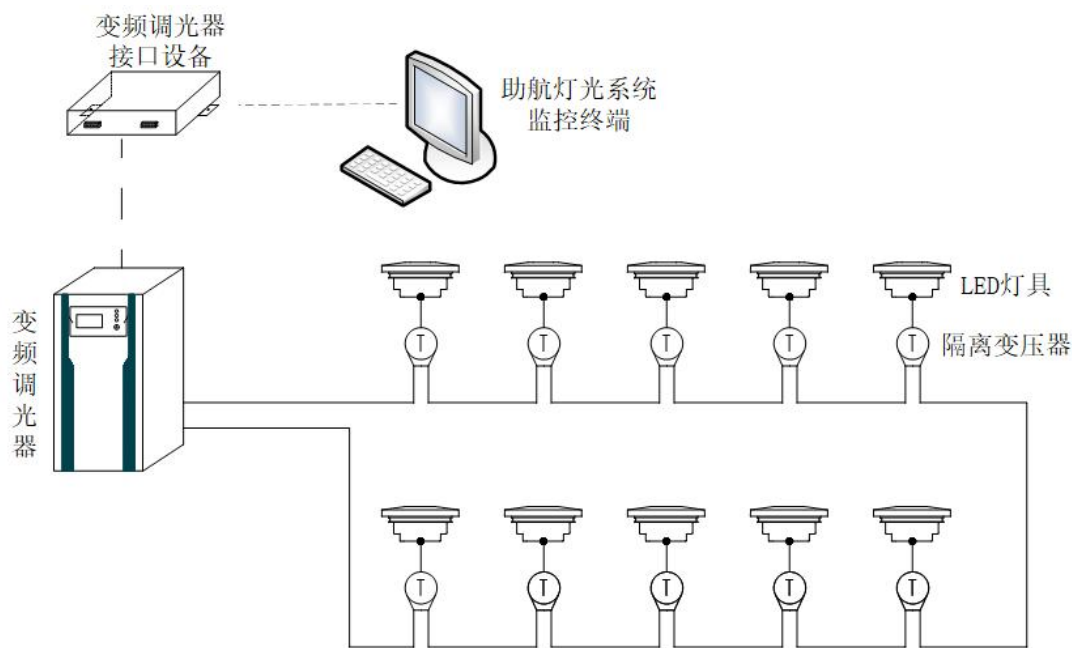


图 7-4 频率调光的低电流供电的助航灯光系统

（3）技术特点

可变频调光器通常采用交-直-交技术，将 50 Hz 工频输入变频到指定的输出频率，且不同频率下电流有效值大小相同。LED 助航灯具在现有驱动电路基础上，仅需增加频率检测功能即可实现光级的自动识别。

（4）技术优劣势分析

采用频率调光的低电流供电的助航灯光系统灯具调光迅速准确，系统所选频率应当符合《机场助航灯光回路用埋地电缆》（MH/T 6049）关于工频试验电压的频率要求，因此恒流调光器输出电流的频率应在助航灯光电缆要求的频率范围之内，表 7-1 例举了一种光级与频率的对应关系，为保证光级信号采集的准确性，助航灯具要重点关注驱动电路的测频精度。

表 7-1 一种光级与频率的对应关系

光级	频率（Hz）
1	51
2	52
3	53

4	54
5	55

相较传统助航灯光，需要更新的设施设备包括调光器（如图 7-5）、助航灯具；可以复用的设施设备包括助航灯光电缆、隔离变压器（满足功率要求）；需要升级的设施设备是助航灯光监控系统。

改造过程可按照目视助航设施施工要求进行，改造难度低，适宜新建、改扩建机场。



图 7-5 支持频率调光的调光器实物图

7.3 通信调光

（1）基本原理

通信调光的原理是由可寻址的单灯监控系统通过传输介质向 LED 助航灯具发送调光指令，LED 助航灯具接收到调光指令后输出指定光强。

（2）主要设施设备

采用通信调光的低电流供电的助航灯光系统，主要由调光器、隔离变压器、LED 助航灯具、单灯监控系统组成，如图 7-6 所示。

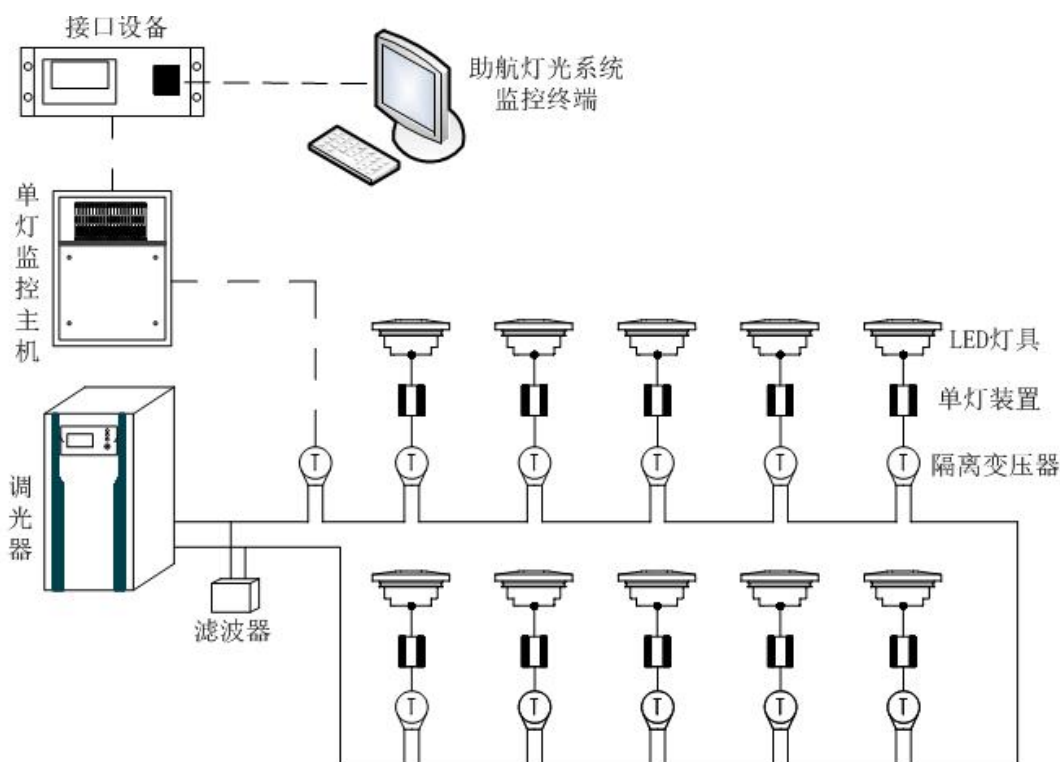


图 7-6 通信调光的低电流供电的助航灯光系统

（3）技术特点

调光器输出频率和有效值均固定，可保证 LED 助航灯具正常工作的电流。LED 助航灯具集成通信模块接收单灯监控系统下发的光级调节指令，并驱动 LED 模块实现指定光强输出，或通过单灯监控装置接收单灯监控系统下发的光级调节指令，由单灯监控装置控制 LED 助航灯具输出指定光强。通信方式可为电力载波、光纤、无线或其它成熟的通信技术。

在通信调光方式下，供电与调光功能通常由不同设备承担，因此供电设备和调光设备应当分别符合《恒流调光器》（MH/T 6010）和《民用机场助航灯光监控系统技术要求》（AC-137-CA-2024-05R2）的相关规定；

采用通信调光的低电流供电的助航灯光系统应当确保灯具能够准确反馈调光指令是否成功接收。

（4）技术优劣势分析

相较传统助航灯光，需要更新的设施设备包括助航灯具（使用具有通信功能的灯具替换）、信号调制解调装置，如图 7-7 所示。可以复用的设施设备包括助航灯光电缆、隔离变压器（满足功率要求）；需要升级的设施设备包括调光器、助航灯光监控系统。其中助航灯光监控系统的升级包含接口和新增单灯监控系统功能，用于发送调光指令并确认灯具正确接收指令。

改造过程可按照目视助航设施施工要求进行，改造难度取决于系统采用的通信方式。如采用电力载波通信，需充分考虑原有灯光回路对通信的影响，改造难度低；如采用其他通信方式，需评估通信链路建设的施工难度，改造难度较高。系统改造整体费用较高，在能保证设备可靠性及稳定性情况下，适宜新建机场。



（a）具有通信功能的灯具

（b）电力载波信号调制解调装置

图 7-7 通信调光的低电流供电的助航灯光系统实物图

7.4 电流调光

（1）基本原理

电流调光沿用了传统 2.8 A-6.6 A 供电的助航灯光系统的调光方法，调光器输出不同大小的低电流，灯光回路中的助航灯具通过识别不同电流值，输出不同光强。

（2）主要设施设备

采用电流调光的低电流供电的助航灯光系统组成和光级切换模式与传统 2.8 A-6.6 A 供电的助航灯光系统一致，如图 7-8 所示，主要由调

光器、隔离变压器、LED 助航灯具等组成。

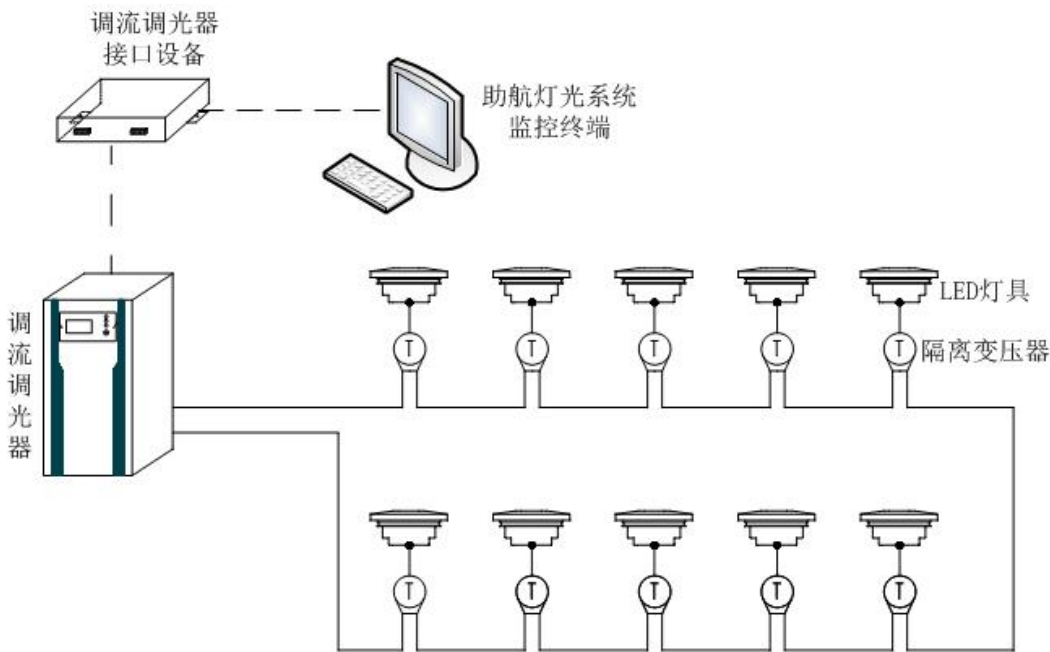


图 7-8 电流调光的低电流供电的助航灯光系统

（3）技术特点

采用电流调光的低电流供电的助航灯光系统灯具调光迅速准确，为保证不同类型助航灯具 LED 光源的正常驱动，5 个光级的电流标称值设置不宜过低，表 7-2 例举了一种电流调光方案，将 5 个电流值设置为现有 5 个光级所需电流值的 1/3 左右，由于低光级段采用了更低的电流，需要核实调光器在这些光级下，功率容量是否满足所带灯光回路需求。

表 7-2 一种电流调光方案

光级	电流值（A）
1	0.9
2	1.1
3	1.4
4	1.7
5	2.2

（4）技术优劣势分析

相较传统助航灯光，需要更新的设施设备是助航灯具；可以复用的设施设备包括助航灯光电缆、隔离变压器（满足功率要求）；需要升级的设施设备包括调光器（如图 7-9 所示）、助航灯光监控系统。

改造过程可按照目视助航设施施工要求进行，改造难度低，适宜新建、改扩建机场。



图 7-9 支持电流调光的调光器实物图

需要注意的是，在上述 4 种调光方式中，除脉宽调光以外，其他三种调光方式的低电流供电的助航灯具都能通过内部驱动电路设计，与传统 2.8 A-6.6 A 的五级调光供电模式兼容，即低电流供电的助航灯具可以在 2.8 A-6.6 A 供电下使用，在本场实现与传统助航灯具的同时使用，适宜对大型机场逐步实施 LED 低电流供电系统改造。

8 方案设计

8.1 设施设备改造方案

低电流供电的助航灯光系统与传统 2.8 A-6.6 A 供电的助航灯光系统在组成架构上高度相似，主要差异集中在关键设备的替换与升级。这些关键设施设备是否需要更新改造，主要取决于所选取的调光方式。通过对不同调光方式的特性进行总结，形成调光方式与设施设备的匹配关系见表 8-1。

表 8-1 低电流供电的助航灯光系统设备更新改造内容

调光方式	助航灯具	调光器	隔离变压器	助航灯光监控系统	其它设备设施（助航灯光电缆、油机、UPS 等）
脉宽调光	替换	替换为脉宽调制电源	通过功率换算后，替换低电流下功率不够的隔离变压器	升级接口	不替换
通信调光	替换	升级		升级系统（需要新增或升级单灯监控系统功能）	
频率调光	替换	替换为变频调光器		升级接口	
电流调光	替换	升级		无需改动	

通过表 8-1，得出相关低电流供电设施设备更新改造的需求如下：

（1）助航灯具

灯光回路中原有的灯具全部替换为支持低电流供电的助航灯具。

采用低电流供电的助航灯具应当满足相应类别助航灯具的技术要求及 LED 助航灯具通用技术要求，如滑行道中线灯应当满足《跑道和滑行道助航灯具技术要求》（AC-137-CA-2015-03-R1）和《民用机场 LED 助航灯具通用技术要求》（AC-137-CA-2015-01-R1）。低电流供电的助航灯光系统与 2.8 A-6.6 A 供电的卤素灯光系统各基于不同的调光原理，因此，低电流供电的助航灯具可不必遵循相应类别助航灯具技术要求中“通过控制输入灯具的电流大小来调节光源光强”的相关规定，以及《民

用机场 LED 助航灯具通用技术要求》（AC-137-CA-2015-01-R1）提及的光强比率要求。

对于 LED 灯具，目前普遍支持低电流供电方式改造；对于卤素灯具，不支持低电流供电。

（2）调光器

低电流供电及调光设备应当满足行业标准《恒流调光器》（MH/T 6010）规定的供电及五级调光要求，但不必满足标准中 6.6 A 系统特定条款的要求。

根据所选择的调光方式技术路线，对调光器进行替换或升级：

- 1.脉宽调光需要把原有调光器替换为脉宽调制电源模块；
- 2.频率调光需要把原有调光器替换为支持变频输出的调光器；
- 3.通信调光可以选择升级调光器，升级内容包括电流值重新设置、功率器件替换（如需）。因通信调光中调光功能由单灯监控系统承担，调光器上原物理调光旋钮/按钮还需停用；
- 4.电流调光同样可以选择升级调光器，升级内容为功率器件替换（如需），电流值重新设置。

（3）隔离变压器

目前，全国机场所使用的隔离变压器，均按照《助航灯光隔离变压器》（MH/T 6008）进行产品设计和检验准入。按照相关标准，隔离变压器的额定功率通常按照 6.6 A 进行设计，在低电流运行条件下，额定功率会根据低电流的具体数值按比例下降，因此需要根据低电流的实际供电数值，重新计算助航灯光回路的次级负载功率，确定原有隔离变压器是否满足低电流供电要求。当经过重新计算，部分不满足功率要求的隔离变压器需要进行更换。

具体换算关系可参考表 8-2，次级负载功率计算可参考公式（1）。

表 8-2 隔离变压器在低电流下额定功率计算

隔离变压器在 6.6 A 供电下 额定功率 (W)	隔离变压器在低电流 A 供电下 额定功率 (W)
15	$15 \times \div 6.6$
25	$25 \times \div 6.6$
45	$45 \times \div 6.6$
50	$50 \times \div 6.6$
65	$65 \times \div 6.6$
100	$100 \times \div 6.6$
150	$150 \times \div 6.6$

表 8-2 (续)

隔离变压器在 6.6 A 供电下 额定功率 (W)	隔离变压器在低电流 A 供电下 额定功率 (W)
200	$200 \times \div 6.6$
300	$300 \times \div 6.6$

次级负载主要由助航灯具、单灯监控模块、次级电缆组成，二次侧负载功率为三者功率之和。

$$P_{\text{次}} = P_L + P_M + P_S \cdots \cdots (1)$$

式中：

$P_{\text{次}}$ ——次级负载功率（单位：瓦特 W）；

P_L ——助航灯具有功功率（单位：瓦特 W），详见附录 A 公式 (A.1)；

P_M ——单灯监控模块的有功功率（单位：瓦特 W），详见附录 A 公式 (A.2)；

P_S ——次级电缆损耗（单位：W），详见附录 A 公式 (A.9)。

(4) 助航灯光监控系统

由于低电流供电需要更换不同技术路线的调光器，或进行升级，因此需要对应调整、升级对应的助航灯光监控系统的调光器监控接口设备，以确保调光器监控功能的完整性。

需要注意的是，采用通信调光方式的，助航灯光监控系统将新增或

升级单灯监控系统功能，由单灯监控系统直接实施调光。系统升级后还需开展调光可靠性验证，以满足系统运行与维护需求。

(5) 其他设备设施

除上述设备外，助航灯光系统架构中助航灯光电缆、油机、UPS 等设备，均不需要替换。

8.2 综合特性对比

综合上述 4 种调光方式的技术路线和设施设备匹配需求，形成 4 种调光方式综合特性对比表，如表 8-3 所示。

表 8-3 低电流供电模式下的 4 种调光方式综合特性对比表

调光方式	投资预算	对机场现有设施设备的兼容性	施工便利性	是否支持两种供电模式兼容运行
脉宽调光	中	一般	较高	不支持
频率调光	中	较好	较高	支持
通信调光	高	较好	较高	支持
电流调光	低	好	高	支持

8.3 方案确定

根据不同调光方式的技术路线和综合特性，全国机场应当因地制宜制定科学合理的工作方案。

对于新建、扩建民用机场可直接部署低电流供电的助航灯光系统。

对于改建扩建机场对原有助航灯光系统进行改造升级时，可以结合工程的复杂程度和投资预算角度，采用逐步替换或者整体替换的方式。

(1) 技术分析要素

从工程技术角度出发制定改造方案，应充分考虑以下几点：

1.对于存在较多传统卤素灯具的机场，如采取逐步替代的方式，应当首先考虑兼容低电流供电及传统供电的模式，如频率调光、电流调光的技术路线。

2.对于现有基础设施（如助航灯光电缆、UPS、油机等）投用时间较短，设施设备条件良好时，宜首先考虑复用，以减少改造成本，如通

信调光、频率调光、电流调光的技术路线。

3.对于助航灯光监控系统已在较大范围实现单灯监控的机场，四种调光方式均需通过评估确定改造方案。

脉宽调光需要评估原单灯监控装置在五个光级的占空比下能否正常工作。

频率调光需要评估原单灯监控装置在五个光级的不同电流频率下能否正常工作。

通信调光需要评估原单灯监控装置的替换可行性，通常采用智能灯的方式替换原单灯监控装置。

电流调光需要评估原单灯监控装置在五个光级的不同电流值下能否正常工作。

（2）成本分析要素

从投资概算角度出发制定改造方案，应充分考虑不同规模的机场改造时的投入与产出比、社会效益进行详细评估，充分考虑实施的难度、投资与节能收益，附录 A、B、C 提供了计算预期节能效果的方法，以判断低电流供电方式是否经济合理。

同时，还需要综合考虑机场需要替换的低电流 LED 灯具投资，部分不适用低电流供电的调光器进行升级或替换的投资，以及部分不满足功率的隔离变压器等设施设备的投资。

（3）运行维护要素

在低电流供电的助航灯光系统建设实施过程中，各低电流回路宜采用统一的调光方式，有助于减少备品备件种类和数量、统一运行维护的工作流程、降低运行风险。

8.4 实施方案

在确定低电流供电的助航灯光系统的建设方案后，应当明确实施方案，主要是通过新建、改扩建一次性建设，或者逐步替换的实施方案。

(1) 一次性改造工作方案

通过新建或者不停航施工一次性完成系统建设或改造，可以避免后续重复施工和资源浪费。

对于改扩建机场，如采用一次性改造的方案，宜选择支持低电流供电模式与传统 2.8 A-6.6 A 供电模式兼容运行的设备，确保能够在低电流供电模式发生故障时，快速切换回传统供电模式，以持续提供安全、可靠的目视助航引导。

(2) 逐步替换工作方案

逐步替换是指在一个较长的时间周期内（通常为 3-5 年），通过日常维护，逐个将故障、光强不合格的助航灯具替换为具备兼容性的助航灯具，但仍采用 2.8 A-6.6 A 供电模式运行，当回路中具备兼容性的助航灯具更换数量达到 70%以上时，可一次性对该回路调光器和剩余助航灯具进行替换，替换完成后切换至低电流供电模式运行。

逐步替换方式更适合于不便开展不停航施工的机场。

在逐步替换过程中，低电流供电的助航灯光系统的助航灯具应当兼容低电流和 2.8 A-6.6 A 两种供电模式，即助航灯具能够自动识别助航灯光回路的供电模式，从而输出指定的光强，调光器应当能够提供低电流和 2.8 A-6.6 A 两种供电模式。

系统逐步替换可根据调光方式，按照图 8-1 所示的步骤开展实施。

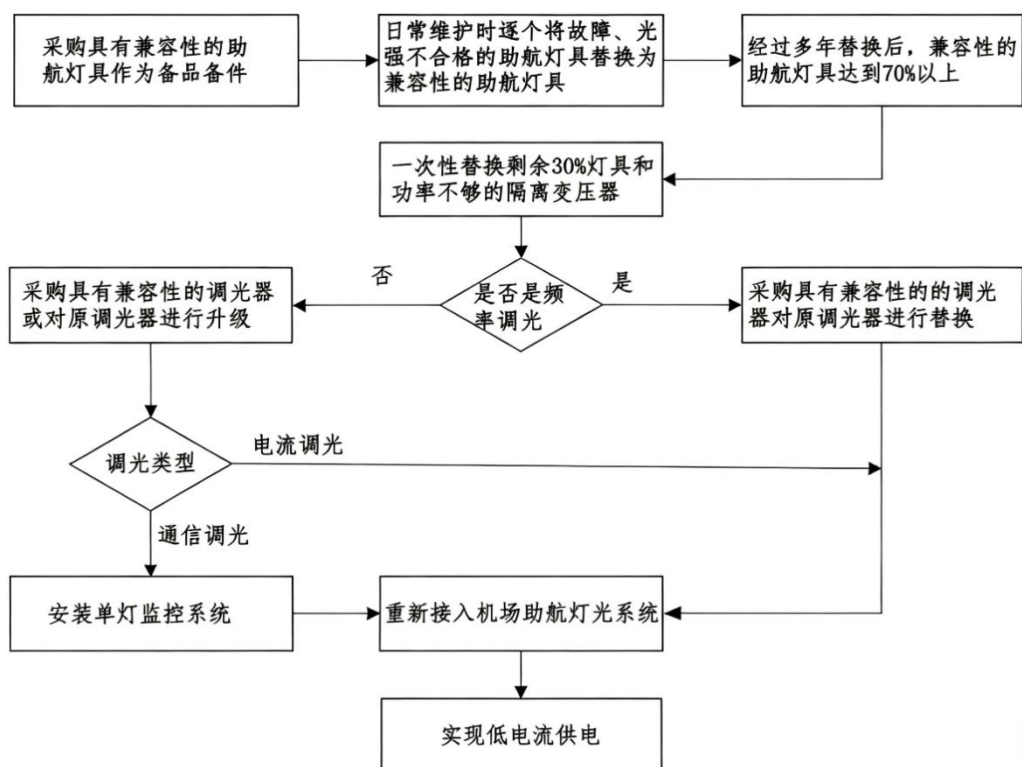


图 8-1 采用逐步替换方法逐渐实现低电流供电的助航灯光系统改造示意图

采用逐步替换方法逐渐实现低电流供电的助航灯光系统改造时，需要对灯具替换过程制定详细的方案与计划，维护人员按照计划与方案要求有序进行替换并详细记录，以免带来后期大量辨别灯具的问题。

此外，还需要注意替换调光器过程中灯光站内调光器组（通常为 4 主 1 备或 3 主 1 备）应整组替换，避免同一调光器组内存在不同供电模式。

9 系统验收

由于低电流供电模式下的调光方式不再局限于 2.8 A-6.6 A 的五级电流调光，在助航灯光系统验收环节，可根据系统的具体调光方式，将规范中关于恒流调光器和五级调光的检查内容进行调整，具体验收方式与内容可参考如下建议：

（1）脉宽调光技术路线的验收

脉宽调光通过脉宽调制电源替代恒流调光器实现供电和调光，脉宽调制电源应当输出不同占空比的信号，而非不同电流有效值，以实现五级调光。

脉宽调制电源应当配置面板显示光级。

在电源允许波动范围内，脉宽调制电源带全部实际负载调试时，除检查电流值外，还应当检查占空比是否满足制造商产品手册的规定值。

（2）频率调光技术路线的验收

频率调光通过恒流调光器实现供电和调光，恒流调光器应当输出不同频率值，而非不同电流有效值，以实现五级调光。

调光器面板上应当显示电流频率值，调光器输出端短接时，电流频率波动范围应当不大于 ± 0.1 Hz。在电源允许波动范围内，调光器带全部实际负载调试时，除检查电流值外，还应当检查在各光级下回路的输出频率，频率波动范围是否满足制造商产品手册的规定值。

（3）通信调光技术路线的验收

通信调光由恒流调光器实现供电，通过单灯监控系统发送指令实现五级调光。

单灯监控系统应当配置面板显示光级。

在电源允许波动范围内，调光器带全部实际负载调试时，除检查电流值外，还应当检查指令是否全部到达灯具。

(4) 电流调光技术路线的验收

电流调光通过恒流调光器实现供电和调光，恒流调光器应当输出低于 2.7 A 的五个不同电流值以实现五级调光。

由于五级调光对应的电流变化，验收时需根据制造商产品手册规定的五级调光电流值，分别替换传统五级调光中的 2.8 A、3.4 A、4.1 A、5.2 A 和 6.6 A 电流。

10 运行维护

低电流供电的助航灯光系统设备与传统2.8 A-6.6 A供电的助航灯光系统设备有所差异，系统运行维护的部分内容应当对应调整，在系统投运前应当加强新技术、新系统设备的应用培训。

10.1 预防性检查维护

对不同调光方式的低电流供电的助航灯光系统，应当加强以下预防性检查维护。

（1）脉宽调光

每日检查脉宽调制电源每个光级下的电流和脉宽参数波动范围，检查脉宽调制电源有无报警信息或异常现象。

每半年使用精度等级不低于0.1级、占空比误差不超过±1%的测量设备对每个光级下的电流和脉宽参数进行测量与校准，并同步完成相关设备内部除尘。

（2）频率调光

每日检查变频调光器每个光级下的电流和频率波动范围，检查变频调光器有无报警信息或异常现象。

每半年使用精度等级不低于0.1级的测量设备对每个光级下的电流值和电流频率进行测量与校准，并同步完成相关设备内部除尘。

（3）通信调光

每日检查系统运行状态与参数，显示是否正常，有无报警信息或其他异常现象以及工作状态，查看光级控制命令的正确性和可靠性。

每半年使用精度等级不低于0.1级的测量设备对每个光级下的电流值进行测量与校准；检查承担调光功能的单灯监控系统的信号稳定性，信号质量、调光功能、响应时间、光级状态反馈等运行参数是否符合运行要求；对系统服务器、工作站、关键通信设备进行关机重启，重置系统状态，优化系统性能，并同步完成相关设备内部除尘。

(4) 电流调光

与传统 2.8 A-6.6 A 供电的助航灯光系统预防性检查维护一致，但需注意相关测量仪器精度满足制造商产品手册要求。

10.2 系统备品备件储备要求

4 种调光方式的低电流供电的助航灯光系统应当根据《民用机场助航灯光系统运行维护规程》（MH/T 5083）要求执行。其中脉宽调光相对传统 2.8 A-6.6 A 供电的助航灯光系统新增了脉宽调制电源设备，应当根据调光器的备品备件储备要求对脉宽调制电源设备进行分类和建立储备方案。

附录 A

助航灯光系统能耗计算

本附录建立了助航灯光系统各组成部分以及整个系统的能耗统计和计算方式，可应用于机场现有助航灯光系统以及低电流供电的助航灯光系统的能耗计算，计算获得的数据可用于机场现有助航灯光系统与低电流供电的助航灯光系统对比评估。

A.1 运算条件

表 A-1 助航灯光系统能耗运算条件

运算条件名称与符号	运算条件获取方式
初级电缆横截面积 A_P	常用规格为 6 平方毫米，根据机场实际应用确定
初级电缆长度 L_P	可通过设计图纸或实测确定
初级电缆静电阻率 ρ_P	可通过材料手册或实测确定
次级电缆横截面积 A_S	常用规格为 4 平方毫米或 2.5 平方毫米，根据机场实际应用确定
次级电缆长度 L_S	可通过设计图纸或实测确定
次级电缆静电阻率 ρ_S	可通过材料手册取得
灯具有功功率 P_L	可通过实测或厂家手册确定
单灯监控装置有功功率 P_M	可通过实测或厂家手册确定
调光器效率 η_C	可通过实测或厂家手册确定
调光器输入有功功率 P_{in}	可通过电能质量分析仪或功率仪测试确定
调光器输出有功功率 P_{out}	可通过高压探头和功率仪测试确定
隔离变压器初级端电压 U_{PI}	可通过实测确定
隔离变压器次级端电压 U_{SI}	可通过实测确定
隔离变压器所在回路电流 I_I	可通过实测确定
隔离变压器损耗功率 P_I	可通过实测或厂家手册确定
隔离变压器转换效率 η_{II}	可通过实测或厂家手册确定

注 1：运算所涉及的所有数据，均应考虑环境、负载和供电电流改变所带来的影响，计算时应在相同环境、负载和光级下采集对应的数据。

注 2：A.2~A.8 涉及的能耗计算均为基于某个光级下的计算，如能耗计算涉及多个光级，需要根据 A.2~A.8 计算各部分在每个光级下的能耗，并将结果相加获得该部分总能耗。

A.2 灯具能耗

回路中涉及多种 LED 灯具，应单独计算每种灯具的总能耗，并将

结果相加。

$$W_L = (P_{L1} \times N_{L1} \times t_{L1} + P_{L2} \times N_{L2} \times t_{L2} + \dots + P_{Ln} \times N_{Ln} \times t_{Ln}) / 1000 \quad (\text{A.1})$$

式中：

W_L ——灯具能耗，是系统中所有灯具能耗总和（单位：千瓦时 kW·h）；

$P_{L1} - P_{Ln}$ ——每种灯具有功功率（单位：瓦特 W）；

$N_{L1} - N_{Ln}$ ——系统中每种灯具的数量；

$t_{L1} - t_{Ln}$ ——每种灯具使用时长（单位：小时 h）。

A.3 单灯监控装置能耗

单灯监控装置能耗应为系统中所有单灯监控装置能耗之和，计算公式为：

$$W_M = (P_M \times N_M \times t_M) / 1000 \dots \dots \dots (\text{A.2})$$

式中：

W_M ——系统中单灯监控装置能耗总和（单位：千瓦时 kW·h）；

P_M ——单灯监控装置的有功功率（单位：瓦特 W）；

N_M ——系统中单灯监控装置的数量；

t_M ——使用时长（单位：小时 h）。

A.4 调光器能耗

每台调光器功率损耗 P_C 随负载不同而变化，可以通过计算或者厂家手册确定，计算公式为：

$$P_C = (1 - \eta_C) \times P_{in} = P_{in} - P_{out} \dots \dots \dots (\text{A.3})$$

式中：

P_C ——单台调光器功率损耗（单位：瓦特 W）；

P_{in} ——调光器输入有功功率（单位：瓦特 W）；

P_{out} ——调光器输出有功功率（单位：瓦特 W）；

η_C ——调光器在所带负载情况下的效率, η_C 随调光器所带负载不同而变化, 可以通过厂家手册或者实际测试输入有功功率 P_{in} 和输出有功功率 P_{out} 得到, $\eta_C = P_{out}/P_{in}$ 。

调光器能耗为系统中所有调光器能耗总和, 计算公式为:

$$W_C = (P_{C1} \times t_{C1} + P_{C2} \times t_{C2} + \dots + P_{Cn} \times t_{Cn}) / 1000 \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

W_C ——系统中所有调光器能耗 (单位: 千瓦时 kW · h) ;

$P_{C1} - P_{Cn}$ ——每台调光器功率损耗 (单位: 瓦特 W) ;

$t_{C1} - t_{Cn}$ ——每台调光器使用时长 (单位: 小时 h) 。

A.5 初级电缆能耗

初级电缆电阻表示为:

$$R_P = \rho_P \times L_P / (A_P \times 10^{-6}) \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

R_P ——初级电缆电阻 (单位: 欧姆 Ω) ;

ρ_P ——初级电缆的静电阻率 (单位: 欧姆米 Ωm) ;

L_P ——初级电缆的长度 (单位: 米 m) ;

A_P ——初级电缆的横截面积 (单位: 平方毫米 mm^2) 。

初级电缆损耗表示为:

$$P_P = I_P^2 \times R_P = I_P^2 \times \rho_P \times L_P / (A_P \times 10^{-6}) \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

P_P ——初级电缆损耗 (单位: 瓦特 W) ;

I_P ——初级电缆端电流 (单位: 安培 A) 。

初级电缆能耗表示为:

$$W_P = P_P \times t_P / 1000 \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

W_P ——初级电缆能耗（单位：千瓦时 kW·h）；

t_P ——使用时长（单位：小时 h）。

A.6 次级电缆能耗

次级电缆电阻表示为：

$$R_S = \rho_S \times L_S / (A_S \times 10^{-6}) \dots\dots\dots (A.8)$$

式中：

R_S ——次级电缆电阻（单位：欧姆 Ω ）；

ρ_S ——次级电缆的静电阻率（单位：欧姆米 Ωm ）；

L_S ——次级电缆的长度（单位：米 m）；

A_S ——次级电缆的横截面积（单位：平方毫米 mm^2 ）。

次级电缆损耗表示为：

$$P_S = I_S^2 \times R_S = I_S^2 \times \rho_S \times L_S / (A_S \times 10^{-6}) \dots\dots\dots (A.9)$$

式中：

P_S ——次级电缆损耗（单位：瓦特 W）；

I_S ——次级电缆端电流（单位：安培 A）。

次级电缆能耗表示为：

$$W_S = P_S \times t_S / 1000 \dots\dots\dots (A.10)$$

式中：

W_S ——次级电缆能耗（单位：千瓦时 kW·h）；

t_S ——使用时长（单位：小时 h）。

A.7 隔离变压器能耗

隔离变压器损耗功率计算与初级和次级两端压降，以及回路电流相关，计算公式为：

$$P_I = (U_{PI} - U_{SI}) \times I_I \dots\dots\dots (A.11)$$

式中：

P_I ——隔离变压器损耗功率（单位：瓦特 W）；

U_{PI} ——隔离变压器初级端电压（单位：伏特 V）；

U_{SI} ——隔离变压器次级端电压（单位：伏特 V）；

I_I ——回路电流（单位：安培 A）。

隔离变压器能耗为使用时长内系统所有隔离变压器能耗之和，系统中涉及多种隔离变压器，应单独计算每种隔离变压器能耗，并将结果相加。

$$W_I = (P_{I1} \times N_{I1} \times t_{I1} + P_{I2} \times N_{I2} \times t_{I2} + \dots + P_{In} \times N_{In} \times t_{In}) / 1000 \cdot \quad (\text{A.12})$$

式中：

W_I ——系统隔离变压器能耗，是系统中所有隔离变压器能耗之和（单位：千瓦时 kW · h）；

$P_{I1} - P_{In}$ ——每种隔离变压器损耗的有功功率（单位：瓦特 W）；

$N_{I1} - N_{In}$ ——系统中每种隔离变压器的数量；

$t_{I1} - t_{In}$ ——每种隔离变压器使用时长（单位：小时 h）。

A.8 助航灯光系统能耗

助航灯光系统能耗包括灯具能耗、单灯监控装置能耗、初级电缆能耗、次级电缆能耗以及隔离变压器能耗。

$$W_T = W_C + W_P + W_S + W_L + W_M + W_I \dots\dots\dots (\text{A.13})$$

式中：

W_T ——系统在某个光级下的能耗（单位：千瓦时 kW · h）；

如果通过厂家手册获得回路所用隔离变压器在当前负载和光级下的实际转换效率 η_{II} ， W_T 也可以表示为：

$$W_T = W_C + W_P + (W_S + W_L + W_M) / \eta_{II} \dots\dots\dots (\text{A.14})$$

系统总能耗为各部分所有光级能耗相加的总和。

$$W_A = W_{T1} + W_{T2} + \dots + W_{TN} \dots\dots\dots (\text{A.15})$$

式中：

W_A ——系统总能耗（单位：千瓦时 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ）；

$W_{Tl} - W_{TN}$ ——每个光级下的系统能耗（单位：瓦特 W ）。

附录 B

节能效果计算

低电流供电的助航灯光系统的节能效果通过对比传统 2.8 A-6.6 A 和低电流供电方式下的系统能耗或者系统的某个部分的能耗得到，节能效果计算时应注意，两种供电模式下能耗的计算应采用相同环境、相同光级、相同使用时长下采集的参数。

根据 A.1~A.8 计算传统 2.8 A-6.6 A 供电的助航灯光系统和低电流供电的助航灯光系统的系统能耗或部分设施能耗，根据需要，对比两种供电模式下系统或设施的能耗得到对应节能比。

$$\eta = (W_{\text{传}} - W_{\text{低}}) / W_{\text{传}} \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中：

η ——两种供电模式下系统或设施的能耗节能比；

$W_{\text{传}}$ ——传统 2.8 A-6.6 A 供电下助航灯光系统或设施的能耗；

$W_{\text{低}}$ ——低电流供电下助航灯光系统或设施的能耗。

附录 C

计算范例

计算所用数据仅作为计算方式参考，不作为该类型机场实际节能运算结果，实际运算结果应根据机场实际情况进行计算；本次计算仅考虑机场通用的助航设施，如涉及其他设备设施需要计算在内，可增加在相应部分进行计算；本次计算以三级光为例，如涉及其他光级计算，请依据 A.1~A.8 采集相应数据再进行计算。

C.1 单跑道机场计算范例

表 C-1 单跑道机场助航灯光系统节能效果计算范例假设条件

假设计算条件（一）									
序号	灯具位置	灯具名称	灯具数量	灯具功率（W）		对应隔变规格（W）	隔变数量	隔变损耗（W）	
				4.1A 供电	2 A 供电			4.1A 供电	2 A 供电
1	滑行道	滑行道中线灯	1000	3.60	2.40	45	1000	2.43	0.61
2		滑行道边灯	500	1.20	0.60	25	500	1.7	0.42
3	跑道	跑道中线灯	106	5.40	4.20	45	106	2.43	0.61
4		跑道边灯	105	10.80	9.60	65	105	4.29	1.07
5		跑道末端灯	6	5.40	4.20	45	6	2.43	0.61
6		跑道入口灯	16	10.80	9.60	65	16	4.29	1.07
7		跑道入口翼排灯	10	10.80	9.60	65	10	4.29	1.07
9	进近系统	进近中线灯	340	10.80	9.60	65	340	4.29	1.07
10		进近侧边灯	54	9.00	7.80	65	54	4.29	1.07
假设计算条件（二）									
序号	名称	规格	参数 1		参数 2		参数 3		
1	初级电缆	6mm ²	总长度 205km		每公里电阻值 2.96Ω/km		电阻率 0.0177		
2	次级电缆	4mm ²	总长度 82982.50m		每公里电阻值 4.45Ω/km		电阻率 0.0267		
3	调光器	30kV A	4.1A 输入功率 3.84kW	2 A 输入功率 1.37kW	4.1A 输出功率 3.4kW	2 A 输出功率 1.14kW	数量 41		
4	每天开灯时间	14 小时	本次计算供电光级假设为 3 级光，						
5	电费（元）	0.8 元 /度	实际计算中该参数应参考当地机场电费收费标准						
6	碳排放因子	0.581	碳排放量（吨）=碳排放因子*能耗（kW·h）/1000 碳排放因子为实时数据，实际计算中应参考当时国家发布数据						

将假设计算条件中传统供电和低电流供电的各项数据分别带入参考公式，计算能耗与节能情况。

表 C-2 单跑道机场助航灯光系统节能效果计算范例计算结果

能耗与节能计算			参考公式
供电方式	传统 4.1A 供电	低电流 2 A 供电	
灯具能耗 (kW·h/年)	95524.30	79121.20	公式 (A.1)
隔离变压器能耗(kW·h/年)	29660.54	7415.12	公式 (A.12)
初级电缆能耗 (kW·h/年)	52123.58	12402.99	公式 (A.7)
次级电缆能耗 (kW·h/年)	31720.12	7547.93	公式 (A.10)
调光器能耗 (kW·h/年)	92184.4 0	48187.30	公式 (A.3) (A.4)
系统能耗 (kW·h/年)	301212.95	154674.54	公式 (A.13)
节能比	48.65%		公式 (B.1)
年节约电量 (kW·h/年)	301212.95-154674.54=146538.41		
年节约电费 (万元/年)	146538.41*0.8/10000=11.72		
减少碳排放量 (吨/年)	146538.41*0.581/1000=85.14		

C.2 多跑道机场计算范例（二条跑道）

表 C-3 多跑道机场助航灯光系统节能效果计算范例假设条件

假设计算条件（一）									
序号	灯具位置	灯具名称	灯具数量	灯具功率(W)		对应隔变规格(W)	隔变数量	隔变损耗(W)	
				4.1A供电	2 A供电			4.1A供电	2 A供电
1	滑行道	滑行道中线灯	8000	3.60	2.40	45	8000	2.43	0.61
2		滑行道边灯	2000	1.20	0.60	25	2000	1.7	0.42
3	跑道	跑道中线灯	520	5.40	4.20	45	520	2.43	0.61
4		跑道边灯	260	10.80	9.60	65	260	4.29	1.07
5		跑道末端灯	36	5.40	4.20	45	36	2.43	0.61
6		跑道入口灯	84	10.80	9.60	65	84	4.29	1.07
7		跑道入口翼排灯	40	10.80	9.60	65	40	4.29	1.07
8		接地带灯	360	4.80	3.60	45	360	2.43	0.61
9	进近系统	进近中线灯	680	10.80	9.60	65	680	4.29	1.07
10		进近侧边灯	108	9.00	7.80	65	108	4.29	1.07
假设计算条件（二）									
序号	名称	规格	参数 1		参数 2		参数 3		
1	初级电缆	6mm ²	总长度 410kM		每公里电阻值 2.96Ω/km		电阻率 0.0177		
2	次级电缆	4mm ²	总长度 625850m		每公里电阻值 4.45Ω/km		电阻率 0.0267		
3	调光器	30kV A	4.1A 输入功率 3.84kW	2 A 输入功率 1.37kW	4.1A 输出功率 3.4kW	2 A 输出功率 1.14kW	数量 82		
4	每天开灯时间	14 小时	本次计算供电光级假设为 3 级光，						
5	电费（元）	0.8 元 /度	实际计算中该参数应参考当地机场电费收费标准						
6	碳排放因子	0.581	碳排放量（吨）=碳排放因子*能耗（kW·h）/1000 碳排放因子为实时数据，实际计算中应参考当时国家发布数据						

将假设计算条件中传统供电和低电流供电的各项数据分别带入参考公式，计算能耗与节能情况。

表 C-4 多跑道机场助航灯光系统节能效果计算范例计算结果

能耗与节能计算			参考公式
供电方式	传统 4.1A 供电	低电流 2 A 供电	
灯具能耗 (kW·h/年)	332296.15	254625.17	公式 (A.1)
隔离变压器能耗 (kW·h/年)	153779.06	38444.78	公式 (A.12)
初级电缆能耗 (kW·h/年)	104247.17	24805.98	公式 (A.7)
次级电缆能耗 (kW·h/年)	239231.80	56926.06	公式 (A.10)
调光器能耗 (kW·h/年)	184368.80	96374.60	公式 (A.3) (A.4)
系统能耗 (kW·h/年)	1013907.66	470838.23	公式 (A.13)
节能比	53.56%		公式 (B.1)
年节约电量 (kW·h/年)	1013907.66-470838.23=543069.43		
年节约电费 (万元/年)	543069.43*0.8/10000=43.44		
减少碳排放量 (吨/年)	543069.43*0.581/1000=315.53		