 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i1.9032

The advantages and applications of the one-to-two transmission mode selection for signal amplifiers in lighting beautification projects

Jiaqiang Wang

Shanghai Jianli Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 200070, China

Abstract

With the development of urban night lighting projects towards scale and complexity, the stability and economy of signal transmission have become the main restrictive factors. The traditional "one-to-one" transmission method has drawbacks such as high cost and concentrated fault risk, making it difficult to meet the requirements of medium and large-scale projects. This article focuses on the "one-to-two" transmission mode, explaining its technical principle and connotation. It analyzes the core advantages from the aspects of topological architecture, project execution, cost control, and signal level. Combined with the practical operation of multiple scenarios, it provides an efficient and feasible signal transmission solution for modern lighting and beautification projects, which has wide promotion value.

Keywords

Lighting Beautification project Signal amplifier One-to-two transmission; Topological structure Engineering Application

灯光亮化工程信号放大器一拖二传输方式选择优势和应用

王家强

上海建溧建设集团有限公司，中国 · 上海 200070

摘　要

伴随城市夜景亮化工程向规模化、复杂化趋势发展，信号传输的稳定性与经济性成为主要制约要素。传统“一拖一”传输手段存在费用高、故障风险集中化等弊病，难以契合中大型项目。本文重点关注“一拖二”传输方式，阐释其技术原理内涵，从拓扑架构、工程执行、成本管控、信号水准层面剖析核心长处，结合多场景应用的实际操作，为现代灯光亮化工程给出了高效可行的信号传输解决办法，拥有广泛的推广价值。

关键词

灯光亮化工程；信号放大器；一拖二传输；拓扑结构；工程应用

1 引言

当前，灯光亮化工程已成为城市更新、文旅融合的关键载体，其应用范围从单一的建筑照明延伸到城市天际线、特色街区、自然景观等多样化场景，展现出规模化、复杂化的发展趋向。LED 灯具因具备节能、色彩多样等优点而成为主流之选，但大规模灯具集群面临的信号长距离传输衰减、带载能力不够等问题愈发突出。信号放大器作为核心适配器件，其传输手段直接关乎系统稳固性与工程经济性。传统“一拖一”线性传输模式，在中大型项目当中显现出设备冗余、布线纷乱、故障影响面大、运维成本高昂的缺陷。“一拖二”传输方式依托“一进二出”的拓扑革新顺势而生，本文通过剖析其原理、长处与应用，为化解亮化工程信号传输难题提供技术支撑，推动行业高质量进步。

2 信号放大器“一拖二”传输方式的技术原理

“一拖二”传输方式是指具备多路输出能力的信号放大器，接收来自控制器的单一输入信号后，借助内部两套物理隔离的“隔离 - 整形 - 驱动”电路，将经过放大、整形的标准信号同步输送至两条独立的灯具线路，进而构建起“控制器 - 一拖二放大器 - 双线路灯具集群”的星型或树型拓扑架构（图 1）。其本质是信号“分配式放大”，关键价值在于借助拓扑重构达成负载均分与故障隔离，增强场景适配灵活性。

【作者简介】王家强（1982–），男，中国安徽合肥人，本科，中级职称，从事电子信息工程研究。

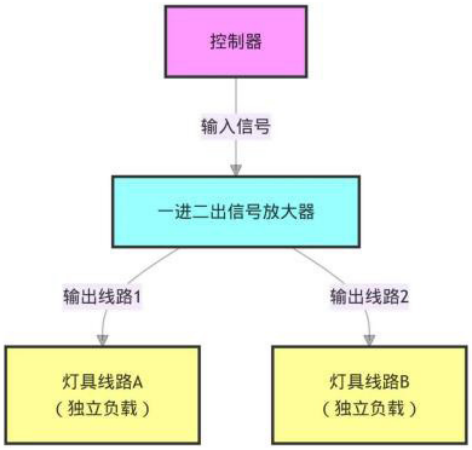


图 1 树型拓扑架构图

3 “一拖二”传输方式的核心优势分析

3.1 拓扑结构优化，提升系统可靠性与灵活性

故障隔离成效斐然，两条输出线路采用物理与电气相隔离的设计方式，一旦单路发生短路或者放大器单路通道出现故障，仅仅影响到该线路灯具的运行情况，另一条线路可维持正常工作，达成“故障局部化”。拓扑拓展的便利性极为显著，依托星型 / 树型拓扑结构，可通过增添多口分配器或者级联“一拖二”放大器，顺利扩展成“一拖四”“一拖八”等多线路体系，不用对原先线路实施大规模改造，和“一拖一”线性拓扑的扩容相比优势极为突出，能够灵活适应项目后期的调整需求。

3.2 工程实施高效，降低施工难度与初期投入

器材与线缆的用量大幅减少，单台“一拖二”放大器可顶替两台“一拖一”放大器，当支路数量相同时，放大器的采购数量减少 50%，配套的电源适配器、安装支架、防水箱体等附属装置同步降低。施工及调试的繁杂程度降低，放大器安装数目和布线密度的削减，让控制箱内的线缆排布更简洁，减小了接错线、散热不畅等施工隐患。调试时段能够达成分区单独调试，凭借“哪路故障查哪路”的精准核查模式，调试效率提高 40% 以上，杜绝了“一拖二”方式下逐段排查的繁琐程序。空间适配能力更佳，设备集成式设计减少了安装空间占用量，不用额外增添分箱数目，特别适合老旧建筑改造、小型景观节点等空间有限的场景，缓解了施工空间限制引发的难题。

3.3 全生命周期成本优化，提升工程综合效益

初期投入可得到有效控制，虽然单台“一进二出”放大器的成本比普通“一拖一”放大器高，然而设备的总量呈现减少趋势，再加上线材和安装人工成本实现了节约，中大型项目的初期总投入可削减 15%-25%。以涵盖 100 条灯具线路的亮化项目为例，“一拖二”模式需要 50 台放大器，而“一拖一”方式则需 100 台，仅设备购置成本便可节省约 30%。运维费用明显下降，故障点数量减少，故障隔离功能让排查时长大幅缩减，后期维护工作的工作量明显降低。同时，设备备件库存可减少一半，降低了备件存储成本。

3.4 信号传输质量稳定，保障亮化效果

负载均匀分配改善信号完整性，“一拖二”模式把总负载平均分配到两条独立线路，单条线路的灯具数量和传输距离更为合理，避免了“一拖一”形式下长链路累积衰减的问题。抗干扰性能明显提升，布线距离的缩减与线缆分布密度的下降削减了电磁干扰的耦合途径，搭配光电隔离技术和屏蔽双绞线的采用，“一拖二”系统针对电网波动、外界电磁辐射的抗干扰能力远远强于传统模式，尤其适合城市主干道、变电站周边等干扰源集中的场景，保证了复杂环境下信号传输的稳定。

4 “一拖二”传输方式的应用场景与实践要点

4.1 主要应用场景

复杂建筑立面亮化工程属于核心应用场景（见图 2），可应用于 L 型、U 型、多立面的写字楼、酒店、历史建筑等项目。例如，建筑的东、西两侧或是南、北立面所安装的灯具可利用“一拖二”放大器分别予以驱动，达成就近布线与分区调控，防止因绕线引发的信号衰减，并且利于依据不同立面的亮化主旨与展示要求，灵活变动控制参数，营造出既具差异化又协调统一的灯光效果。

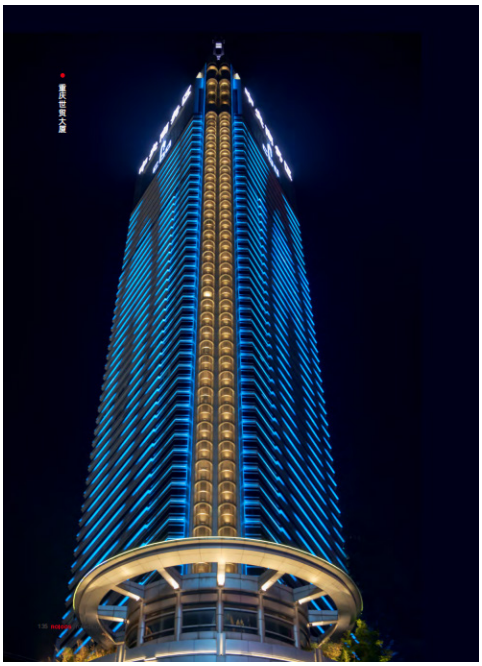


图 2 案例建筑立面亮化工程应用现场图

城市景观带和街区照明场景里，“一拖二”方式展现出极高的适配度。城市滨水景观带、商业步行街等呈线性伸展且多节点分布的亮化项目，可以顺着线路每隔 100 - 150 米安置一台“一拖二”放大器，分别带动两侧的景观照明、标识灯具与步道照明，形成高效的信号传递网络。这种布局

既保障了信号传输的品质，又精简了布线的逻辑，有利于达成整体灯光效果的协同控制与分区调节。

文旅项目跟公园景区的亮化场景同样适宜，像主题公园、湿地公园这类场景里，分散开来的景点照明、步道照明、景观小品照明可利用“一拖二”方式实现集中管控与分区治理。例如，某主题公园的两处相邻景点可以共用一台“一拖二”放大器，既降低了设备购置与线路铺设成本，又利于依据文旅活动需求，达成两个区域灯光效果的同步联动或单独展示，提高游客的沉浸式体验。

老旧建筑连同改造类的亮化工程中，“一拖二”方式的优势极为显著。此类项目通常面临施工场地狭小、既有管线繁杂、改造施工受阻等状况，“一拖二”放大器的设备集成化优势可降低安装空间的占用量，简明的布线思路利于绕开既有管线的阻碍，降低改造施工对建筑结构所产生的影响，同时保障亮化工程施工质量与信号传输的稳定性。

4.2 应用实践要点

拓扑结构设计应当科学合理，首选“控制器 - 主分配器 - 一拖二放大器 - 灯具线路”的树型拓扑形式，防止环形拓扑引发信号回路，杜绝信号干扰与冲突。按照灯具分布的密集程度与传输距离的远近，科学设定放大器间隔，一般在 80 - 120 米区间开展信号中继，保证信号传输质量，防止因距离过远造成信号衰减或失真。

设备选型应当精准匹配，依据项目所采用的控制协议（如 DMX512、SPI）选择兼容的“一拖二”放大器，保证单路驱动电流契合线路灯具总负载要求，杜绝因负载超载影响信号传递。户外亮化项目应选用防护等级不低于 IP65 的防水式放大器，具备防雷击、防过流的保护能力，增强设备在户外复杂场景里的适应性与使用时长。

线材选择与线路布置应严格依照规范，必须选用屏蔽双绞线，屏蔽层采取单端接地的形式，切实降低电磁干扰。信号线跟电源线要分开铺设，杜绝平行做长距离布线，交叉时刻维持 90° 夹角，减小干扰耦合的可能性，保证信号传输的稳定性与完整性。

负载均衡配置属于关键步骤，两条输出线路的灯具数量与传输间距应尽量达到均衡，防止单路负载过大引发信号衰减。基于 DMX512 协议，单条线路在理论上允许有 512 个控制通道，而在实际应用场景中应当预留 20% 的余量，举例而言 RGB 灯具（3 通道 / 个）单路最多可配置 130 个上下，保证线路负载维持在合理区间，维持信号传输品质与设备平稳运行。

调试与验收流程得严谨规范，施工作业前需开展小范围系统检测，校验信号传输稳定性与设备兼容性；施工后实施分区调试操作，查验灯具响应的一致性、故障隔离的效果以及灯光效果的呈现情况；验收之时重点检验满承载、强干扰等极端情形下的系统运行情况，保证契合亮化工程设计标准与使用需求。

5 结论

信号放大器“一拖二”传输模式借助拓扑结构革新，跨越了传统“一拖一”线性传输的瓶颈，达成了信号分配与故障隔离的双重改良。该传输模式在多立面建筑、城市景观带、文旅项目等复杂照明工程中契合度颇高。当灯光亮化工程呈现规模化、复杂化态势时，“一拖二”传输方式借助高效、可信、划算的核心特点，成为现代专业亮化工程的首选信号传输办法，具备广泛推广应用价值。

参考文献

[1] 李永,赵正平.RF CMOS、BiCMOS的新进展(三)——功率放大器、RF信号放大器与发射机[J].半导体技术,2025,50(10):981-994.

[2] 郑勇伟,张江华,文宏武,等.一种便携式储能放大器[J].电器工业,2025,(05):95-98+102.

[3] 熊翌竹,李祖猛.一种增益自适应光电信号放大器[J].自动化与仪表,2023,38(05):81-84+95.