

NB-IOT 在智慧道路照明的应用与实践

---深圳市灯光环境管理中心 曾永幸

随着 5G 时代的到来，智慧城市、智慧城管、智慧照明建设即将进入快速推进阶段，道路照明设施已经不仅仅是传统市政道路照明功能的载体，也是最好的信息化固件，多功能智慧杆将逐步取代传统灯杆，成为智慧城市基础设施网络，并必将成为城市公共空间最好的硬件载体、组网节点、传输通道、数据入口和信息终端。而智慧照明是智慧城市的重要组成部分。如何选择更适合智慧照明的通讯方式，我中心于 2017 年 6 月与浙大网新组成专项试验小组，在市灯光中心职教街进了安装试点，经过两年的运行达到了良好的效果。

一、传统智慧路灯的现状与存在的问题

目前智慧路灯现状：国内行业普遍采用传统的“两跳式”智慧照明解决方案，在一个路段设置一个汇聚网关，每个汇聚网关通过 PLC/ZigBee/RF 技术连接大约 100 盏路灯；汇聚网关再通过 2G/3G 网络上报到管理系统。

二、解决方案及 NB-IOT 技术优势

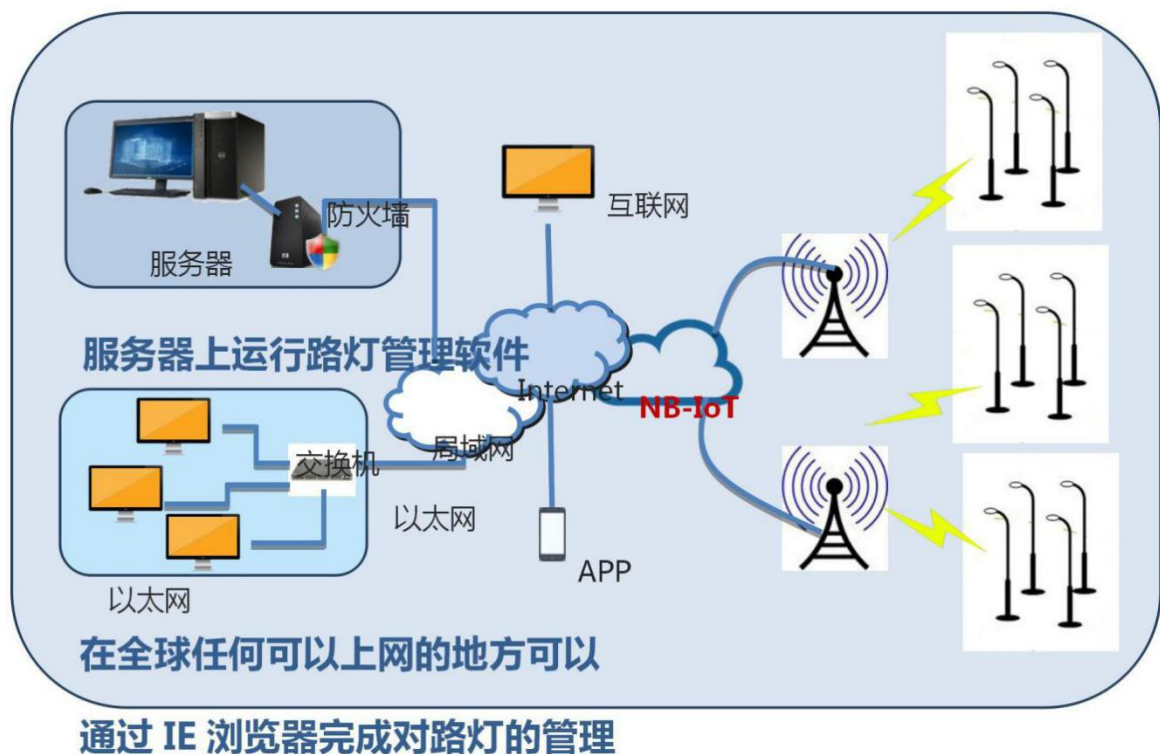
NB-IOT 物联网是新一代信息技术的重要应用，不仅能够改善人们的生活，还能给行业带来巨大的变革与创新，推动经济快速发展。据市场研究机构 Gartner 预测，到 2020 年全球物联网终端数量将达到 260 亿，

销售收入将达到 3000 亿美元，带动经济总量将超过 1.9 万亿美元。在国内，物联网也成为“中国制造 2025”战略规划的重要组成部分。

智慧城市照明管理系统是基于“NB-IOT”为核心而产生的实际应用，将城市照明（路灯、景观亮化等照明设备）纳入智能化管理平台，进行统一的管理。该系统以按需照明为原则，可根据每天不同的时间、光照度或区域内特殊事件人性化地控制照明设备，可自动开启或关闭任一盏灯、调节任一盏灯的功率，并按照环境要求，在深夜适当降低光照度达到二次节能降耗之目的，以实现城市照明智能管理和科学合理的调光控制，满足城市日益增长的照明需求，最大化地提升管理效率和实现城市照明节能减排的最终目标。

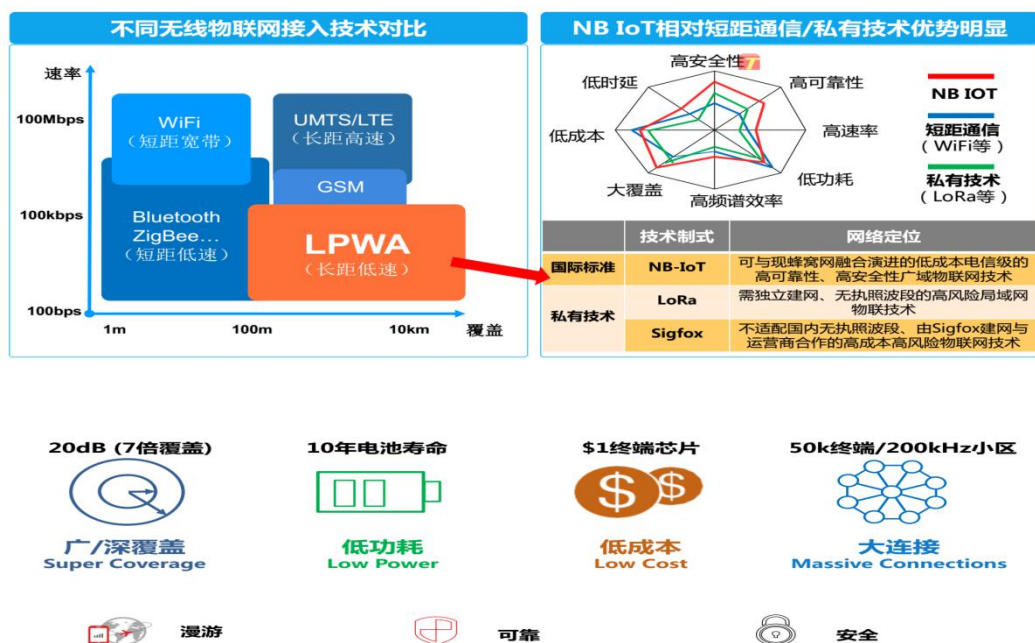
- 1、基于 NB-IoT 技术端到端的智慧照明解决方案，通过运营商 NB-IoT 蜂窝网络实现对每盏路灯“一跳式”的连接管理和控制。相比传统的“两跳式”智慧照明管理系统，不再需要汇聚网关设备，大幅度缩短业务上线时间，减少运维工作量；网络维护可以完全交给运营商负责，相比传统方案采用非授权频段接入，运营商 NB-IoT 网络抗干扰能力强，带来更高的可靠性保障。

将城市照明（路灯、景观亮化等照明设备）纳入智能化管理平台，进行统一的管理。该管理系统以按需照明为原则，可根据每天不同的时间、光照度或区域内特殊事件人性化地控制照明设备，可自动开启或关闭任一盏灯、调节任一盏灯的功率，并按照环境要求，在深夜适当降低光照度达到二次节能降耗之目的，以实现城市照明智能管理和科学合理的调光控制，满足城市日益增长的照明需求，最大化地提升管理效率和实现城市照明节能减排的最终目标。



1、NB-IoT 技术优势

LPWA 开启低功率广覆盖 IoT 市场，NB-IoT 具备技术优势：



1、海量连接：

每小区可达 10 万连接；NB-IoT 比 2G/3G/4G 有 50-100 倍的上行容量提升，这也就意味着，在同一基站的情况下，NB-IoT 可以比现有无线技术提供 50~100 倍的接入数。

2、超低功耗：

电池寿命长达十年；低功耗特性是物联网应用一项重要指标，特别对于一些不能经常更换电池的设备 and 场合，如安置于高山荒野偏远地区中的各类传感监测设备，它们不可能像智能手机一天一充电，长达几年的电池使用寿命是最本质的需求。在电池技术无法取得突破的前提下，只能通过降低设备功耗以延长电池供电时间。通信设备消耗的能量往往与数据量或速率相关，即单位时间内发出数据包的大小决定了功耗的大小。数据量小，设备的调制解调器和功放就可以调到非常小的水平。NB-IoT 聚焦小数据量、小速率应用，因此 NB-IoT 设备功耗可以做到非常小，可以保障电池 5 年以上的使用寿命。

3、深度覆盖：

能实现比 GSM 高 20db 的覆盖增益；NB-IoT 比 LTE 提升 20dB 增益，相当于发射功率提升了 100 倍，即覆盖能力提升了 100 倍，就算在地下车库、地下室、地下管道等信号难以到达的地方也能覆盖到。

4、安全性：

继承 4G 网络安全能力，支持双向鉴权以及空口严格加密，确保用户数据的安全性；

5、稳定可靠：

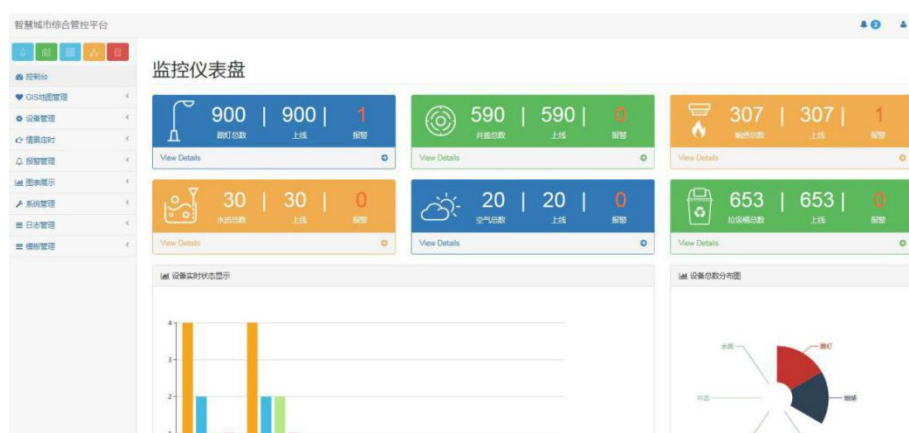
能提供电信级的可靠性接入，有效支撑 IoT 应用和智慧城巯解决方案。NB-IoT 直接部署于 GSM 网络、UMTS 网络或 LTE 网络，即可与现有网络基站复用以降低部署成本、实现平滑升级，但是使用单独的 180KHz 频段，不占用现有网络的语音和数据带宽，保证传统业务和未来物联网业务可同时稳定、可靠的进行。以智能抄表应用为例，与采用有线 PLC 抄表数据回收成功率在 60%左右相比，NB-IoT 可以保证数据成功回收率达 99%，可靠性大大提高。

6、低成本：

低速率低功耗低带宽带来的是低成本优势。速率低就不需要大缓存，所以可以缓存小、DSP 配置低；低功耗，意味着 RF 设计要求低，小 PA 就能实现；因为低带宽，就不要复杂的均衡算法。这些因素使得 NB-IoT 芯片可以做得很小。芯片成本往往和芯片尺寸相关，尺寸越小，成本越低，模块的成本也随之变低。

三、NB-IOT 智能控制系统

1、 NB-IOT 智慧路灯管理系统是以单灯为控制单元的远程实时监控系統。系統通過對每個照明點實施遠程智能化管理控制，在保证道路照明安全的前提下，适时调节单灯功率，优化节能措施，把节能减排与保持照明品质结合起来，并延长光源及其电器的使用寿命，既降低运营

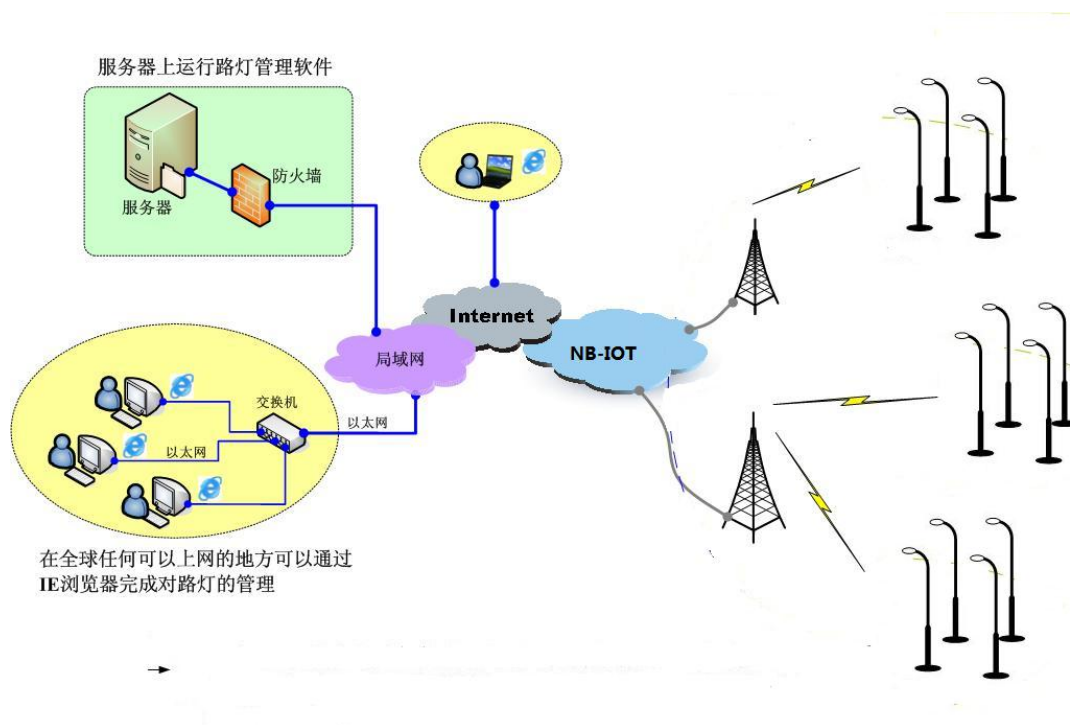


成本又提高劳动生产率。系统能实现分地域、分时段、分级别调节路灯公共照强度；

路灯监控系统中采用了地理信息系统（GIS）表达城市路灯与城市亮化的整体布局，并在 GIS 上集成了灯型、灯杆布局等等与管理信息相关元素。路灯监控系统的首要功能是对城市路灯和城市亮化的开关、调光控制以及对现场状态的实时检测。

路灯监控系统主要包含两大部分，GIS 地图管理和报警管理。日常管理工作人员只要关注这两个集成画面，就能对路灯的实时运行状况一目了然。

2、 NB-IOT 道路照明系统的组成:



3、 NB-IOT 道路照明系统的功能

1)、 开关控制

2)、 监控中心可以随意开关任一盏、一路、任一自定义分组分区或全区域的照明设备

3) 自由编组

可按照任意方式进行编组或分区，例如：景观灯、要道、主干道、次干道等

4) 数据采集

中心可以主动查询每路照明设备的开关状态、电流电压、功率因数、亮灯率、电量等数据

5)、 调光功能

调节和控制任一盏、一路，任一自定义分组分区

或全区域的照明设备功率以达到节能和高效管理之目的。

6)、自动控制

中心与前端设备失去连接时,系统能根据中心事先设置和存储在前端设备中的开关策略实现自动控制功能。

7)、GIS 系统

系统的 GIS 功能直观体现全区域路灯开关状态、故障情况、亮灯率、节能效率。

8)、智能运行

将预设好的策略输入系统后,系统将会自动执行指令,无需人工操作,便捷度上升

9)、数据存储

现场监控终端运行时会将所有数据存储在本机上并自动将数据备份在服务器上,数据保存可达 10 年以上。

10)、故障报警

灯具故障、设备及线路被盗、非正常工作状态、窃电以及相应预警即时报警。

11)、曲线报表

系统可以生成电流、电压、电能、各种开关量信息、亮灯率、开关时间的分析曲线和报表,以供管理者决策

12)、设备档案管理

设备的档案管理、基础数据管理、权限管理、计划任务设置、系统参数设置。

13)、远程设备维护

每一个远程监控终端集中控制器都具有调试和维护接口和按钮，便于远程操作，包括：远程参数设置、远程故障信息状态诊断、远程控制等。

14)、系统冗余设计

系统具有灵活的远程终端增减扩容功能，可动态增加、删除终端设备，无需修改地图；可动态更换地图，无需重新组建数据库等。

系统所采用的中心数据库、无线通信方式及模块化监控终端结构，均能满足大中城市路灯及有关灯光系统长期的发展和扩容要求。

4、 节能模式及系统控制效果

		主干道	次干道	重要景区	节能率	
18:00		 全开	 全开	 关闭	0%	还可根据经纬度、光照、车流量等多种输入信息进行复合调光
20:00	交通流量较大	 全开	 降功率1档	 全开	10%-15%	
22:00	交通流量中等	 降功率1档	 降功率2档	 半开	20%-30%	
24:00以后	交通流量较低	 降功率2档	 降功率3档	 关闭	35%-50%	

5、路灯管理系统扩展应用

基于 NB-IOT 技术的路灯管理系统,通过增加必要的设备,可以扩展以下应用范围:

1) 配电箱状态监控

远程监测灯具供电、配电设备箱的门开关状态、箱内温湿度等参数,为安全用电提供数据。感知周边是否有人靠近,远期实现图片远程传输。

2) 关联设备运行状态监测

可以远程监测安装在灯杆附近的充电桩、太阳能发电膜组的运行状态数据,提供安全运行保证和诊断数据。

3) 环境监测

通过安装灯杆上的传感器,监测环境温度、湿度、空气 PM2.5 值等数据,并通过宽带电力线网络传回监控中心。

4) 路况监测

通过安装在灯杆上的传感器,可以检测路面人流情况和路面积水情况,统计人流聚集情况,反应拥堵状况;检测路面积水感应,通过路灯就近感应积水深度并上报,提高响应速度,减轻城市内涝痼疾带来的安全隐患。

5) 安全防患

许多城市路灯上有编号,做为报警确认地址。通过安装在灯杆上的报警按钮,结合 GPS 定位,可以清晰快捷的定位报警位置。

6、路灯管理系统建设效益

6.1 经济效益

6.1.1 节省照明费用

电费开支的节省，一方面主要通过自动跟踪当地日出日落来合理设置开关灯时间，避免电能浪费。另一方面，根据照度及各处电路供电情况自动调整照明电压，实现节电节能。

以一条 3000 米双排高杆灯为例：灯杆隔距 30 米，每根灯杆装有 400W 机动车照明灯和 250W 非机动车照明灯各一盏，全程共 200 根灯杆，开灯时间 19:30 分，关灯时间 7:00 分，每天两灯时间为 11.5h。因采用智能路灯控制后开关灯模式可任意设置，现以几种模式为例计算年用电量：

- 全亮时总功率： $200 \times (400+250) = 130000W = 130KW$.
- 隔杆亮时功率： $100 \times (400+250) = 65000W = 65KW$.
- 单灯 400W 隔杆亮时功率： $100 \times 400 = 40000W = 40KW$.
- 单灯 400W、250W 交叉亮时功率： $100 \times (400+250) / 2 = 32500W = 32.5KW$.
- 单灯 250W 隔杆亮时功率： $100 \times 250 = 25000W = 25KW$.

通过适时开关灯节电：设通过适时开灯节约开灯时间 20 分钟。全亮时节电 $130KW \times 20/60 = 43KWH$ ，一年节电 $43 \times 365 = 15695KWH$ 。

各开灯模式下的用电量计算如表所示：

	亮 灯 功 率 (kW)	用电量 (kWh)	
		日用电	年用电
全亮方式	130	1495	55 万
全亮开， 半夜隔杆亮	130 $\rightarrow$ 65	1040	38 万
全亮开， 半夜交叉亮	130 $\rightarrow$ 32.5	812.5	29.6 万
全亮开， 半夜 250w 隔 杆亮	130 $\rightarrow$ 25	760	27.7 万

若适当灵活调半夜关灯时间，节电效果更趋明显。

由于采用单灯控制能灵活控制各杆灯灯头亮灭模式，因而能在不明显影响总体照度的前提下有效节电，或者在用电量大致相同的情况下，明显提高道路照明效果，因而在取得较好经济效益的同时取得良好社会效益。

6.1.2 节省运行维护费用

采用路灯能效管理系统后，每夜巡灯由电脑实现，如无故障，则不必出动车辆，节省大量的人力物力。监控系统自

动控制开关灯操作，取消了每半月一次的人工修改时钟的工作，亦可节省大量的人力物力。主要体现在以下两个方面：

巡灯费用

建立灯能效管理系统后，减少了派车巡灯的费用。以前路灯管理所的人分组去巡灯，现在一般情况下不需要人工巡灯。

灯具损耗费

由于采用经济运行方式，让路灯科学地轮换“休息”和稳压运行，还可大大延长灯泡使用寿命，一般可节约 25%左右费用。

路灯能效管理系统通过六种成熟、可靠、实用的节能控制算法，将路灯能效管理系统的投入使用，可以确保综合节电率达 20%~50%。从而彻底淘汰原有的电感式集中节电器，这种节能原理和节能效果才是一种本质上的节能。

6.2 社会效益

该系统是解决全球电力短缺的手段之一，可以通过采用先进的节电设备和完善的电力方案来节省有限的电力使用量，有效地缓解全球能源紧缺的现状，达到节约能源的目的。

路灯能效管理系统是一个网络通信控制系统，建设好这个网络系统，可以为整个城市的路灯数字化实现提供有力的保障作用。

路灯能效管理系统还可以提高社会的服务质量，增加对

客户的透明度，并对整个社会，特别是路灯系统产生积极的推动作用，它能够及时反映现场和远程低压网络的整体信息，进行运转监测。

路灯能效管理系统能够有效降低电力部门的运营成本及供电成本，促进电力信息一体化的建设，改善电力部门的服务质量，从而提高电力部门的竞争力，具体如下：

监控中心可以通过 NB-IOT 主动查询每盏路灯的开关状态、电流电压、电量等数据；

可对灯具进行单灯以及分组控制，单个集中控制器最多可以控制 1023 个单灯，以满足不同场所应用；

可随季节变化设定灯具电源开启和关闭的时间，可在灯具开启的任意时间段设定不同的功率输出值，其范围可在 0%~100% 内任意调节；

可对灯具亮度、温度、电压、电流、功率和功率因数进行检测并控制，实时掌握好灯具工作状态；

具有单灯记忆功能，能脱离控制系统独立进行工作，每盏灯在改变其工作参数前都会一直按上一次设置的参数进行反复的开灯、关灯和亮度调节等工作；

自动控制功能：现场按季节变化自动调节路灯开关时间，并按照此时间开关路灯；

通信中断、亮灯率过低、未按时开关等情况出现时，灯具可主动上报至监控中心。

四、NB-IOT 智能控制系统应用效果

经过近两年的应用和实践，课题组认为 NB-IOT 道路智慧照明系统安全可靠、效果良好，达到了预期目的，

1. 管理维护方便。利用物联网、互联网，足不出户即可查看路灯系统运行状况、控制照明设施，也可预先设置各种策略，系统将自动运行并执行指令，还具备电缆防盗监测功能。

2. 多种照明方式管控。可对道路照明进行灵活分组，按不同时间、不同用途、不同的环境因素而采用相对应的预设策略进行控制，以达到丰富的照明效果。

3. 数据上传的快速。数据上传速度达 0.5S，成功率达 100%，准确率达 100%。

4. 精细化管理有效。可以根据需要进行权限分层管理、数据统计与图表分析、资产管理清晰，实现真正意义上的精细化管理。

5. 实时故障预警可靠。系统及时发送到相应的管理人员手机上，实现快速定位。及时对故障灯进行维修处理。

结论：在智慧灯杆网络体系设置安全、可靠、高效的 NB-IOT 道路智慧照明系统，实现路灯的远程控制、故障主动报警、灯具线缆防盗等功能，不仅能大幅度节约电力能

源，节省维护成本，提高城市照明管理水平，而且对确保城市照明设施安全运行，防止涉电事故发生具有重要的现实意义。