

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.14.015

地下污水处理厂照明系统设计探讨

郭 韬, 王 瑜, 李保泽, 吴 辰, 卢晔楠
(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074)

摘 要: 近年来地下污水处理厂的建设规模和建设数量都呈上升趋势,地下箱体在亮度的合理需求和照明灯具的设置等方面均有特殊的要求,要根据各功能分区的特点进行有针对性的照明设计。大空间区域采用支架安装 LED 灯管以实现良好视觉舒适度,复杂空间区域采用泛光灯和 LED 灯管相结合的方式以方便平时操作维护;随着《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》(GB 51309—2018)的实施,需要对应急照明设计做出新的调整,地下污水处理厂的应急照明设计应选择使用 A 类灯具的集中电源供电系统,应急照明灯具通过消防控制室内的集中应急照明控制器实现集中控制;全厂的照明宜采用智能照明控制的智慧化设计,同时要体现节能理念。

关键词: 地下污水处理厂; 照明系统设计; 应急照明系统

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)14-0099-05

Discussion on Design of Lighting System in the Underground Wastewater Treatment Plant

GUO Tao, WANG Yu, LI Bao-ze, WU Chen, LU Ye-nan

(North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300074, China)

Abstract: In recent years, the construction scale and quantity of underground wastewater treatment plant are on the rise, and the underground box has special requirements in the reasonable demand of brightness and the setting of lighting lamps, so it is necessary to carry out targeted lighting design according to the characteristics of each functional partition. LED lamp tube is installed in large space area to achieve good visual comfort, and floodlight and LED lamp tube are combined in complex space area to facilitate normal operation and maintenance. With the implementation of the *Technical Standard for Fire Emergency Lighting and Evacuate Indicating System* (GB 51309 - 2018), new adjustments need to be made to the design of emergency lighting. The emergency lighting design of underground wastewater treatment plant should choose the centralized power supply system using A kinds of lamps and lanterns, which is controlled by the centralized emergency lighting controller in the control room. It can be advisable to use intelligent lighting control system in underground wastewater treatment plant, which could embody the idea of energy saving.

Key words: underground wastewater treatment plant; lighting system design; emergency lighting system

1 研究背景

近年来随着经济的发展和环保要求的提高,地下式污水处理厂在全国范围内的建设呈明显上升的趋势。笔者对已建成的多个地下式污水处理厂照明设计进行总结,并结合对《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》(GB 51309—2018)的深入研究,探讨地下式污水处理厂工程的照明和应急照明系统的设计及应用,以提高工程设计的安全性。

根据地下式污水处理厂的工艺布置形式,地下空间缺乏自然照明的条件,一般只有局部小范围使用光导管才能实现自然采光,因此地下污水处理厂的箱体对照明和应急照明有更高的要求,照明设计需要实现平时操作、维护及参观人员的舒适照度,同时还要保证地下空间内发生火灾等紧急情况下的人员疏散能力。根据照明设计规范中有关工业建筑的照度要求和工程实践中的经验^[1-2],地下污水处理厂的最佳照度为 150 lx。

2 普通照明设计

2.1 地下大空间照明

地下污水处理厂的处理流程由初沉池、生物池及二沉池组成,这些区域的下层为各工艺的结构池体,上层为池体的操作平台,操作平台是净高为 5 ~ 8 m 的大空间,按照防火分区设置直通室外的消防楼梯间,箱体剖面图见图 1。地下污水处理厂为箱体式设计,空间内分布大量承重柱来支持箱体地面荷载,箱体内空间布置结构柱网,通常柱网跨度为 8 m。主要工艺设备为搅拌器、刮泥机及电动闸门等,池体上层布置电控间和控制室以实现对工艺设备的供电和控制。

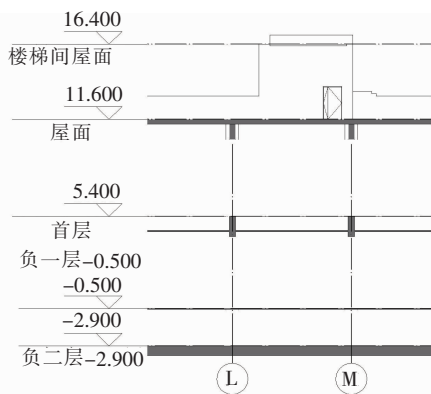


图1 地下箱体的剖面图

Fig. 1 Section drawing of underground box

大空间照明设计需要考虑照度的舒适度和布置

的美观。污水处理厂拥有自动化程度很高的控制系统,可以支持无人运行和控制,但设备的维护和检修需要操作人员在池体平台操作。污水处理厂作为城市重要市政设施,除要求检修维护外,还应考虑到环保检查人员、参观学习人员等在大空间活动的需求,因此对照明灯具布置和舒适照度提出了更高的要求。

图 2 为某地下污水处理厂的生物池地下空间照明设计案例,生物池区域是由结构柱网(8.6 m × 6.4 m)组成的大空间区域,空间净高为 6.3 m。池体操作平台的设计照度为 150 lx,灯具选择上考虑过泛光灯和灯管,泛光灯的优势是光照面积大,但光线散,不能投射到中远长距离,导致光强分布不均,且考虑到空间区域内遍布的柱网,泛光灯的照明会形成非常明显的投影效果,给参观者带来不佳的视觉感受。在相对空旷的大空间区域选择管灯作为照明灯具成为照明设计的首选,故选择 T5 型 LED 双管灯,单灯管功率为 26 W,光通量为 3 900 lm。T5 灯管具有更好的发光效率,依靠灵活的灯具组合方式,在地平面上形成均匀的照度分布,给人以良好的视觉感受。

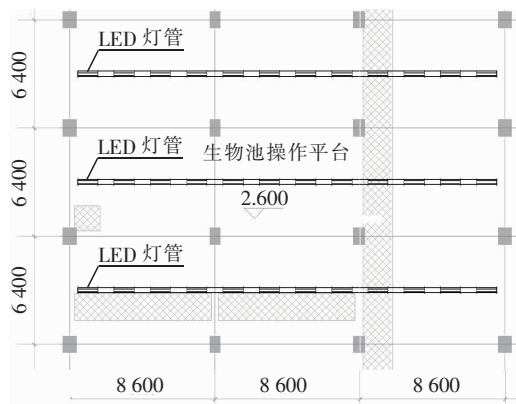


图2 箱体大空间照明布置

Fig. 2 Lighting layout of large-space area

灯具的布置要结合光照效果、安装情况和可维护性进行综合考虑。图 2 的灯具布置中,通过照度和功率计算后确定在 8.6 m × 6.4 m 的轴网中布置 4 个 T5 型 LED 双管灯可以满足相关规范的要求,管灯通过支架以密集横列方式安装,利用灯具自身具有的发光特性降低阴影的出现,形成更好的光照分布,照明仿真结果见图 3。支架吊装的安装方式可以尽可能地降低安装时的工作量,在投入运行之后如需灯具维护,可通过将支架下降到工作高度,方便

灵活地实现灯具的更换和故障的排除,极大地提高运行维护的效率。考虑到保证区域内运行人员对工艺设备、暖通和电气设备的检修和维护,安装高度为距地 3.5 m,箱体内部分布有大量不同标高的风管和各种工艺的管道,灯具设计高度尽可能考虑到其他专业的影响,根据以往的实践经验,从顶板下预留出 2.5~3 m 的净高作为其他专业路由安装的空间,最终安装高度要以管线综合后的情况来确定。考虑降低人员维护和运行的难度,大空间区域一般都选择智能照明系统来实现灯具的点亮、关闭和灵活控制。

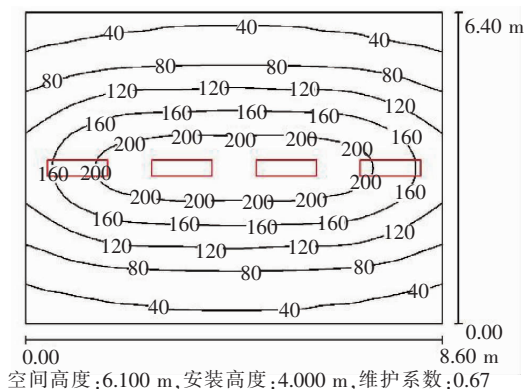


图3 照明仿真计算结果

Fig. 3 Lighting simulation results

根据实践经验,大空间区域选择安装支架的灯管作为首选设计方案,既给参观者以良好的视觉体验,又大大降低了施工量,同时方便了运维人员的维护。

2.2 地下复杂空间的照明

地下污水处理厂的部分构筑物空间复杂,包括预处理、高效沉淀池、超滤设备及污泥处理车间等,对灯具的布置和控制的要求都需要特别注意。构筑物的工艺设备分布在地下箱体的两层里,空间高差可达到 10 m,操作层以下主要考虑维护人员检修设备的情景,灯具布置要结合现场实际情况,如安装高度、设备位置和周边环境,同时相应区域的控制不建议采用智能照明控制,应尽可能选择就地控制,既节省成本又方便维护人员使用。

图4为某地下污水处理厂的深床滤池管廊间区域的照明设计案例。工艺设备安装在管廊间底层,底层标高为 -3.95 m,工艺专业在管廊间位置设置了一个巡视平台,平台标高为 -1.2 m,箱体顶标高为 11.7 m。灯具的选择主要考虑环境场景,电气照明设计区分管廊间平台和底层不同空间,底层主

要考虑运维人员在检修设备时对照明的需要,在距地 3.5 m 处设置泛光灯,管廊间底层相对于其他区域来说环境更加潮湿,泛光灯在这种环境下的可靠性更高;将开关设置在管廊间平台下到底层的楼梯附近,尽可能方便设备维护过程中灯具的开关;管廊间平台是运营人员检查和巡视的主要通道,照明设计要考虑与箱体其他空间保持一致,由于平台上方是一个净高为 13 m 的空间,无法像箱体大空间位置一样布置灯具,所以在设计时考虑利用结构上的钢梁,在标高为 2.6 m 的结构梁上安装 T5 灯管,实现与其他操作人员活动区域相同要求的照明设计。管廊间区域的灯具在供电和控制上分成两组,WL1 回路连接管廊间平台的 T5 灯管,由智能照明系统实现控制,WL2 回路连接管廊间底层的泛光灯,就地控制灯具的开关,方便设备的维护和操作。

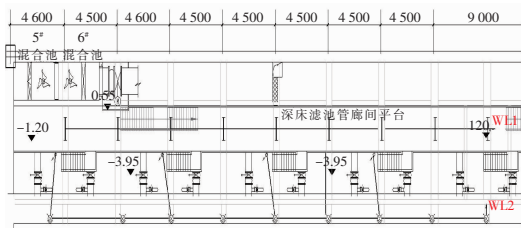


图4 深床滤池管廊间照明布置

Fig. 4 Lighting layout of pipeline corridor area in deep bed filter

复杂区域的照明设计要根据实际使用环境灵活选择灯管和泛光灯搭配,以使用人员方便操作为主要设计目的,保证照明的可靠性和针对性。

3 应急照明设计

地下污水处理厂作为重要的市政设施,安全性和可靠性是重中之重,在火灾发生时要保证人员的安全疏散,应急照明发挥着重要作用。《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》(GB 51309—2018)对应急照明的设计有新的要求。

3.1 灯具的选择

《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》(GB 51309—2018)第 3.2.1 条规定设置在距地面 8 m 及以下的灯具的电压等级及供电方式应选择 A 型灯具;A 型消防应急灯具指主电源和蓄电池电源规定工作电压均不大于 DC36 V 的消防应急灯具。

新规范中对消防应急灯的选择有明确的要求,设计中将地下污水处理厂中的应急照明灯具的工作电压设置为 24 V,疏散指示灯和出口指示灯选择功

率为3 W的连续型灯具,应急照明灯具选择功率为12 W的非连续型灯具。疏散路径上的照度设定为不小于1 lx。

图5为某地下污水处理厂的应急照明灯具布置。池体上方的操作平台设置了配电室和电控间,其他空间为大空间区域,在操作平台分布着箱体的结构柱网。设计考虑尽可能满足人员疏散的要求,将整个操作平台设定为疏散通道,保证箱体内部人员以最快和最可靠的路径疏散到最近的楼梯间,楼梯间都可直通室外。应急疏散灯安装在距地0.5 m的结构柱体上,应急照明灯安装在距地2.3 m的结构柱体上。箱体内部尽量不设置可变疏散指示方向的指示灯。沿着柱网设置的应急灯具保证了疏散通道上的指示清楚和照明安全。相同防火分区内的构筑物的应急照明灯具与箱体可以连接在同一回路中,图5中配电室和电控间的应急照明灯具连接在操作平台的应急照明回路中,以保证火灾时应急照明系统覆盖整个防火分区的可靠性。

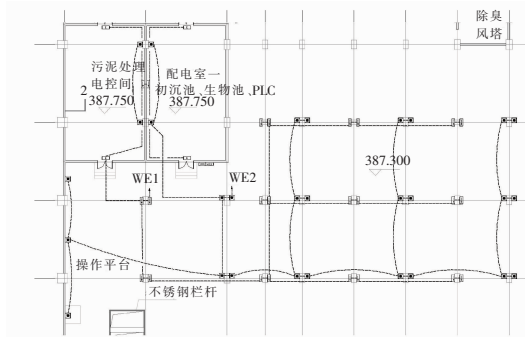


图5 箱体应急照明灯具布置

Fig. 5 Emergency lighting layout in box

3.2 应急照明供电系统设计

地下污水处理厂应急照明灯具的供电方式一般选择集中电源供电,灯具的主电源和蓄电池电源由集中电源提供,主电源和蓄电池电源在集中电源内部完成输出转换后,由同一配电回路为灯具供电。

地下污水处理厂的供电电压基本为10/0.4 kV,为了实现应急照明灯具的低电压供电,设计中采用设置应急照明配电箱和应急照明控制箱的方式实现,应急照明配电箱为应急照明控制箱提供低压电源,安装不间断电源的应急照明控制箱直接控制应急照明灯具。按照规范,箱体地下部分会划分多个防火分区,在各防火分区内分别设计一个应急照明配电箱(见图6)和应急照明控制箱,进线为引自

变电站不同母线的电源,在配电箱内实现双电源互投,从配电箱中引出单相回路作为集中型应急照明控制箱的主电源。

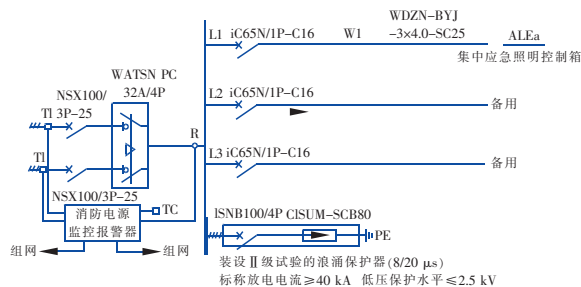


图6 应急照明配电箱系统

Fig. 6 Emergency lighting distribution board system

应急照明控制箱内安装蓄电池,蓄电池作为充电模块应保证在应急照明系统启动后,连续工作时间 ≥ 0.5 h。图7所示的应急照明控制箱内蓄电池在应急照明配电箱的供电回路的主电源断开后,可以自动转入供电状态。应急照明控制箱内设置通信模块,实现与消防系统的通信连接。考虑到污水处理厂的环境,应急照明配电箱和控制箱的防护等级不应低于IP65。

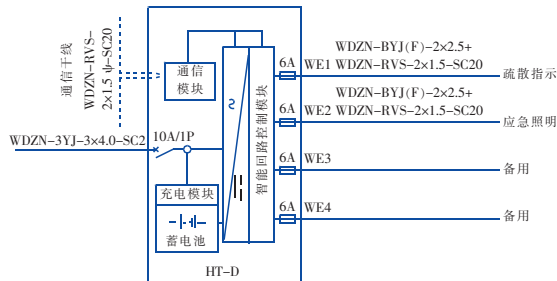


图7 应急照明控制箱系统

Fig. 7 Emergency lighting control box system

3.3 应急照明控制方式

地下污水处理厂的应急照明系统设计采用集中控制型。在污水处理厂综合楼消防控制室内设置整个厂区的集中应急照明控制器,应急照明控制器通过通信模块保持与应急控制箱的通信联系。

当某防火分区内发生火灾后,应急照明控制器可以按照预设方案采取手动或自动方式应急启动,应急照明控制器向相应防火分区的应急照明控制箱发出指令,应急照明控制箱接到指令后,非连续型灯具应急点亮,连续型灯具由节点模式转入应急点亮模式。在收到切断主电源输出的信号前应保证应急控制箱集中电源的主电源输出^[3]。

4 智能照明和节能

4.1 智能照明控制

地下污水处理厂的智慧化设计是发展趋势,照明系统的控制广泛采用智能照明控制系统,由于污水处理厂占地大且以无人值守居多,所以智能照明设计可以降低运行成本,提高照明控制的准确度。

智能照明系统由控制主机、智能照明控制模块和控制面板组成,控制主机一般设置在中控室,可以与污水处理厂的控制系统实现兼容。智能照明控制控制模块安装在照明配电箱内^[4],通过智能照明控制模块可以实现对各照明回路的点亮和关闭,也可以根据使用的习惯设置不同的照明模式。控制面板安装在运行人员方便操作的位置,通过控制面板可以选择不同的照明模式,实现对照明的准确和灵活控制。控制主机、智能照明控制模块及控制面板通过总线实现整体系统的通信,也降低了通信网络搭建的施工难度。

4.2 LED 灯具的使用

照明设计中采用 LED 作为光源是未来的趋势,近年来随着 LED 技术的突飞猛进,其成本降低,稳定的高光效特性给照明提供很好的光源,污水处理厂照明设计中主要采用 LED 灯管替换传统的三基色荧光灯,箱体大空间区域的 LED 灯管组成的灯带可以实现更好的照度均匀度。

4.3 节能设计

照明设计实践中采用的节能方式有光导管、智能照明控制及高效率 LED 灯具的使用。

光导管一般设置在贯穿整个箱体的车道上空,通过采用太阳光作为补充光源,大量降低灯具的使用频率;智能照明控制系统是可以最直接降低能耗的方法,根据人员的活动和实际的需求,可以对照明模式进行编程,实现不同情景下的灯具照明效果,平时运行可以保持低功耗的状态,灯具运行时可以通过传感器实现在运营人员活动时的照度保证,降低了不必要的损耗;同时,高效能 LED 灯具的大量采用提高了能源转化效率及灯具使用寿命,比传统灯具的能耗大大减少。

5 结论

通过对地下污水处理厂照明设计的经验总结和对规范的研究,形成有效和针对性的照明设计方法。

普通照明设计可以为运行和维护人员提供更舒适的照度,应急照明设计大大提高了污水处理厂内人员疏散的安全性,智能照明系统实现了对照明的准确控制,降低了全生命周期的能耗。

参考文献:

- [1] 北京照明学会照明设计专业委员会. 照明设计手册[M]. 3 版. 北京:中国电力出版社,2016.
Lighting Design Committee of Beijing Lighting Society. Lighting Design Manual[M]. 3rd ed. Beijing: China Electric Power Press,2016(in Chinese).
- [2] GB 50034—2013,建筑照明设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2014.
GB 50034 - 2013, Standard for Lighting Design of Buildings[S]. Beijing: China Architecture & Building Press,2014(in Chinese).
- [3] GB 50116—2013,火灾自动报警系统设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2014.
GB 50116 - 2013, Code for Design of Automatic Fire Alarm System[S]. Beijing: China Planning Press,2014 (in Chinese).
- [4] 章云,许锦标. 建筑智能化系统[M]. 2 版. 北京:清华大学出版社,2017.
Zhang Yun, Xu Jinbiao. Building Intelligentized System[M]. 2nd ed. Beijing: Tsinghua University Press,2017 (in Chinese).



作者简介:郭韬(1986—),男,天津人,硕士,工程师,主要研究方向为污水处理厂的电气设计。

E-mail: guotao15@cemi.com.cn

收稿日期:2020-04-20