



OBD 三维照明设计研究

李璠，章永志，杨柳

(湖北电力勘测设计院，武汉 430040)

摘要：随着国内三维设计的逐步推广，设计软件逐渐趋于完善，对电力三维设计要求更加严苛。同时，国际市场逐步扩大，工厂业主除了要求提供负荷计算书外，还需提供厂区和建筑物照度计算报告，以确定灯具布置的合理性。传统照明设计中依靠典型方案和经验值来进行灯具布置的方式难以符合业主对照度精细化设计的需求。本文详细介绍了采用 Bentley 软件 Open Building Designer (简称 OBD) 进行三维照明设计的流程，根据现场实测试验其设计结果的准确性，并结合实际工程体现三维照明的设计优势。希望通过本篇文章形成高效一体的照明设计数字化解决方案，共同为工程数字化工作添砖加瓦。

关键词：Open Building Designer；照明设计协同设计；三维设计；照度计算

1 项目研究背景

本项目研究背景有两个。一方面，业主需求的日益提高。以往灯具布置以及选型均根据经验值，容易出现各类问题，包括照明过爆、电压不稳定、有眩光产生等。近年来，在我国电力工程逐步扩大的海外业务中，工厂业主对照明布置一直就有严格的要求，需要设计人员提供照明设计方案以及数据报告。对于照明本身，随着照明光源和灯具的不断发展更新，工厂对照明质量的要求也有所提高，以往的设备和规范已很难满足发展要求。近些年照明设施也出现了新产品、新技术和新工艺，而在最新的规程规范中也出现了各类新的指标，比如统一眩光值、显示指数和效能值等。为了更好地满足市场需求，OBD 相比传统照明设计有了更多的改进，同时遵照相关的规程、规范在结果报告中做了很大改变。

另一方面，设计的发展趋势。2018 年国家电网公司发布的 585 号文，分别对输变电工程三维设计初设、施工图评审提出了相关要求，预示着今后的各项输变电工程中必须采用三维设计，在《输变电工程三维设计施工图评审大纲》

中也明确了对三维照明设计的相关要求。电力设计已经逐步迈向三维数字化设计的新阶段，无论从工程设计阶段的效率、精细度、数据贯通、方案优化、设计质量和管理办法等，还是从工程后期的资料整理、检修运行方案确定和全场效果图浏览，三维设计均能提供很好的效果。在三维设计的浪潮下，我们将照明设计与三维设计相结合，各取所长，使其能够在三维空间内直接布置灯具，连接导线，通过与各专业软件的集成，完成精确地照明计算、负荷计算以及回路电流计算。

2 OBD 照明设计简介

数字化设计包括信息系统建立、数字化建模、协同设计和设计成果数字化移交。其成果具有可视化展示、属性齐全和数据完善等优点。

OBD 全称 Open Building Designer，软件融合了设计自动化、行业标准分析接口和各设计专业之间的相互操作性，以及建筑全信息模型等功能，包括配电、照明、火警、通讯、安保系统以及其他建筑配套设施。

利用 Bentley 软件 MicroStation 作为基础设计平台，存

储格式为 DGN 文件,数据模型间的相互转换更为便捷, OBD 在当前电力行业发展新时期提供了高效准确的照明设计方案,同时三维空间的可视化为成果展示提供支撑。高度自由的平台设计,使其广泛适用于各类工程,有效解决各类施工问题。

2.1 参考专业模型

OBD 与其他专业设计软件共享数据,房屋模型、室内电气模型和土建结构等,可直接从数据库中导入至 OBD (图 1),不仅减少了大量重复劳动,同时数据间的贯通联动使得修改方便,各专业协同设计。

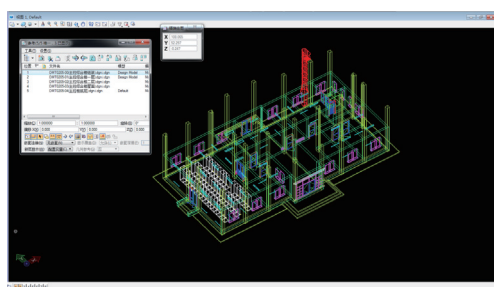


图 1 导入房屋模型

2.2 三维灯具布置

在 OBD 中放置灯具。模型建立初期已赋予了相关属性,包括型号、尺寸和功率等,并保存在数据库内,可在设备目录中查找,如此一来节省了大量相同模型的重复建模时间。将模型库内的设备布置在 OBD 中,设置模型的高度、旋转角度。由于房屋梁、板和管道等均在三维图样中显示,因此灯具的排列布置若出现碰撞等问题,可以及时调整。

为了方便负荷计算, OBD 提供了线缆连接功能,切换到房屋模型的 2D 映射模式,在设备间连接导线。为了模拟真实的施工情景,导线的长度弧度均可设置,通过三维模型的可视化展示,可以选择导线的最优连接路径。设备模型、导线和开关等均有对应的属性标注(图 2),为设计人员检查漏洞发现问题提供便捷。

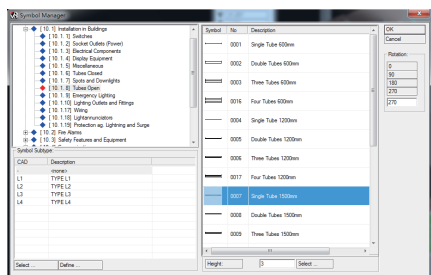


图 2 数据库内设备属性信息

2.3 导入 DIALux

将建模完成的三维模型导入至 DIALux 中进行照度计算, OBD 与专业照度计算软件 DIALux 开通了数据接口(图 3、图 4),使得 OBD 中的设备属性信息在 DIALux 里同样适用。在 DIALux 内新建设计方案,同时为方案填写设计人以及保存时间。利用自身功能将房屋内模型贴上相应材质,材质的不同对照明结果也有较大的影响,软件可自动搜索灯具信息,按照搜索结果选择灯具对应的实物模型。

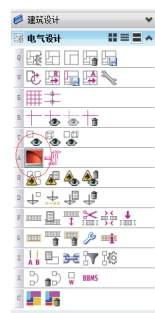


图 3 OBD 与 DIALux 数据对接按钮

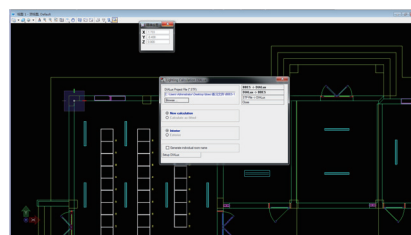


图 4 OBD 与 DIALux 数据对接窗口

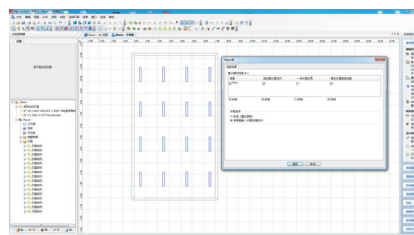


图 5 照度计算

DIALux 操作过程方便快捷,可广泛应用于各类工程的室内照度计算(图 5)。对于软件来说,照度计算不同于回路电流计算以及负荷计算,照度计算的输出结果繁多,结果的准确性关联了很多因素,不仅需要大量的数据信息,同时也需要提供可视化展示用来检查、美化和优化设计成果。OBD 与 DIALux 的数据贯通,使得照明设计在结果精确的同时更加高效,并能提供三维模型展示给人以直观的了解。

电气设备繁杂复杂,建模规则各不相同,数据的类别也有所差异,因此模型建立以及数据对接工作较为复杂,目前常见的设备如灯具、屏柜和桌椅等已基本完成,可满足几乎

所有配电室的照明设计。然而我们的目标不仅如此，得益于 Bentley 软件共用的 SQL Server 模型数据库，各专业间数据贯通使得设备模型可以共用，OBD 只需要提供模型属性的转换接口，有效识别参考的其他专业模型，便可为全厂照明提供准确的数据报告。

DIALux 可出版 PDF 格式图样，图样内包含照度、亮度、眩光、光稳定性和最终效果图等照明设计的全部内容（图 6~9）。

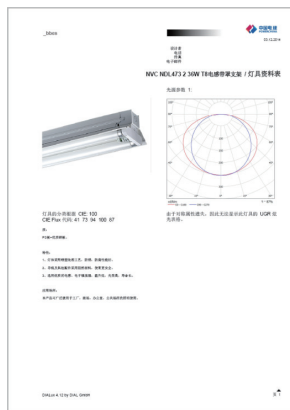


图 6 灯具信息

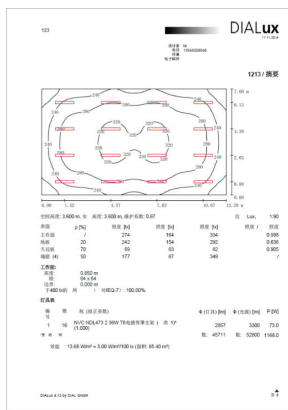


图 7 照度计算结果

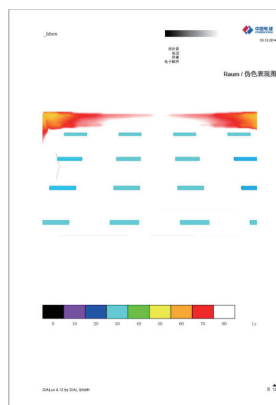


图 8 伪色表现图



图 9 3D 效果图

OBD 提出了全新的负荷计算以及回路电流计算解决方案，在三维图中布置连接导线，软件直接计算负荷结果，布置计算出图一体化。在 Bentley 开发的 Substation 软件中已经用到厂区负荷计算，而照明系统的负荷计算相对更加简单，因此在 ABD 中得以轻松实现。

导线的布置是负荷计算的要点，以便展示完整的施工图，同时这也为室内繁杂的导线排列提供了直观的参考，相比以前纯理论的计算结果，OBD 根据室内实际情况布置导线灯具会更有实用价值，同时直观的室内导线布置，也减少施工人员的重复工作，节约大量工时。其操作基本步骤如图 10 所示。

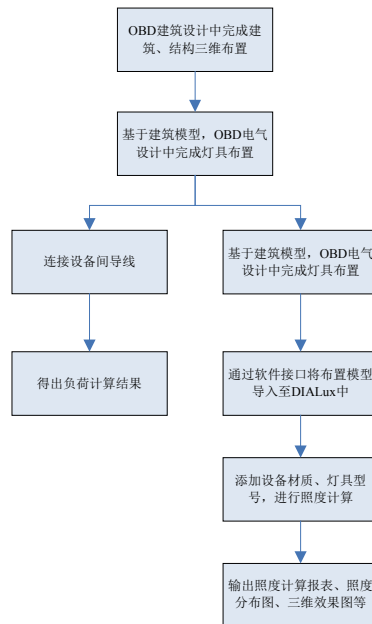


图 10 OBD 操作步骤

3 设计结果验证

3.1 软件计算

为了验证照度计算结果的准确性，我们在实际房屋中做了照度测验，测试对象为某办公室。利用实际数据对办公室空间环境进行建模，经测量办公室几何尺寸为 $12.6\text{m} \times 3.25\text{m} \times 2.39\text{m}$ 。照明布置方案包括 5 盏 T8 高效节能荧光灯管，每盏灯光通量为 2400lm ，安装在靠门侧的墙壁上，安装高度为 2.2m 。根据 DIALux 软件范例提示，本办公室年使用率较低，为相对干净的空间，故取灯具维护系数为 0.8。桌、椅和柜子等家具直接从 DIALux 自带的家具库中拖取。空间环境建立完毕后，在 DIALux 中插入高度为 1.2m ，5 行 3 列共 15 点的测量网格，网格与房间的相对位置如图 11 所示，通过 DIALux 计算可得到网格上 15 个测量点的照度计算模拟值。DIALux 软件所生成的办公室三维效果图如图 12 所示。



图 11 房间与测量点布局



图 12 三维效果图

3.2 现场实测

为了避免外界因素的影响,照度实测的测量时间选定为晚上7点半,将室外光源对房间照度的影响减小到最低。测量时,利用照度仪(图13)对每个测量点进行三次测量,取三次结果的平均值为照度实测值。仿真数据和实测数据的对比如表1所示。图14所示为房间实际情况,图15贴标签处为测量点2和3的实际位置。



图13 照度仪



图14 实测场景图

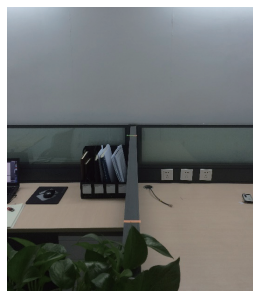


图15 测量点2和3

3.3 软件精度分析

表1 仿真照度值与实测值对比

测量编号	坐标(m)	计算照度 (lx)	实测照度 (lx)	绝对误差 (lx)	相对误差
1	0.9,3.15	76	73.3	-2.7	-3.7%
2	1.9,3.15	182	171.7	-10.3	-5.9%
3	2.9,3.15	328	344.3	16.3	4.7%
4	0.9,5	93	97.7	4.7	4.8%
5	1.9,5	199	179.3	-19.7	-11%
6	2.9,5	342	362.3	21.3	5.9%
7	0.9,6.85	96	101.3	6.3	6.2%
8	1.9,6.85	201	192.3	-8.7	-4.5%
9	2.9,6.85	345	353	8	2.3%
10	0.9,8.7	90	91.7	1.7	1.8%
11	1.9,8.7	154	150.7	-3.3	-2.1%
12	2.9,8.7	342	330.7	-11.3	-3.4%
13	0.9,10.55	70	72.3	2.3	3.2%
14	1.9,10.55	117	113.3	-3.7	-3.2%
15	2.9,10.55	200	206.3	6.3	3.0%
平均误差绝对值				4.38%	

由表1数据可得,软件计算的测量点平均照度与实测平均照度误差为4.38%,误差处于较低范围内,由此可见通过DIALux软件进行的照度计算,其结果接近实际值,完全可用于实际工程应用。

利用DIALux软件不仅可以进行照度计算,使设计人员对所布置的照明方案的效果有直观明确的了解,还可以帮助设计人员优化灯具布置,合理选择灯具数量,在提升运维人员使用舒适度的同时,实现节能环保。

4 工程实际应用

以某工程主控室为研究对象,该房间几何尺寸为10.12 m×19.68 m×4.6 m,房间平面布置图如图16所示。在DIALux中设置参数时,根据《DL/T 5930-2007 火力发电厂和变电站照明设计技术规定》中规定,主控室的照度维护系数设定为0.7,工作面高度设定为0.75 m。天花板选择为标准天花板,反射系数为70%,墙壁选择为标准墙壁,反射系数为50%,地板选择为标准地板,反射系数为20%。

4.1 初版照明设计方案

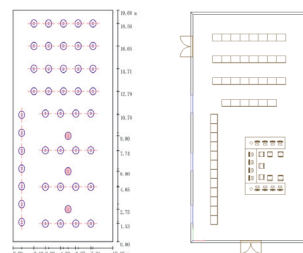


图16 主控室平面图 图17 灯具布置方案一

方案一:选择iGuzzini 5096 BOS range ceiling luminaires 1x100 W作为直流常明灯,共3盏,其排列如图17中的1号灯具;雷士NDL482/1×36 W T8 电感平盖支架荧光灯作为屏柜的照明灯具,共27盏,其排列如图4-2中的2号灯具所示;雷士NDL483/2×36 W T8 电感平盖支架荧光灯作为C字形工作台的照明灯具,共有4行4列16盏,其排列如图4-2中的3号灯具所示。

将初版的灯具排列方案导入到DIALux中,通过计算,得到方案一的照度计算报表如表2、表3所示。

表2 方案一的照明报表

表面	ρ [%]	平均照度 [lx]	最小照度 [lx]	最大照度 [lx]	最小照度 / 最大照度
工作面	/	423	198	683	0.468
地板	20	306	28	587	0.091
天花板	70	338	153	545	0.453
墙壁(4)	50	347	148	649	/

表 3 方案一的灯具表

编 号	数 量	名称 (修正系数)	ϕ (灯具) [lm]	ϕ (光源) [lm]	P (W)
1	3	iGuzzini 5096 BOS range ceiling luminaires 1×100 W (1.000)	848	1 380	100.0
2	27	NVCNDL482 1×36 WT8 电感平 盖支架 (1.000)	2 870	3 300	42.7
3	16	NVCNDL4832×36 WT8 电感平 盖支架 (1.000)	5 341	6 600	87.0

从表 2、表 3 的计算数据可以看出,方案一的照明功率密度为 14.28 W/m² 高于《DL/T 5930-2007 火力发电厂和变电站照明设计技术规定》中所规定的照明功率密度的最大值 13 W/m²; 平均照度达到 423 lx, 也规定中所规定的主控室的照度标准值 300lx 相差较大,一定程度上造成了电能的浪费。

4.2 照明设计方案的优化

方案二: 将 3 号灯具减少为 4 行 3 列, 共 12 盏, 相比方案一减少了 4 盏雷士 NDL483/2×36 W T8 电感平盖支架荧光灯。其他照明设备数量和位置与方案一一致。重新布置后的灯具排列方式如图 18 所示。

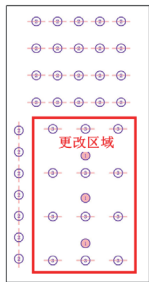


图 18 灯具布置方案二

将方案二的灯具排列方案导入到 DIALux 中, 通过计算得到照度计算报表如表 4、表 5 所示。两方案的数据对比见表 6。

表 4 方案二的照明报表

表面	ρ [%]	平均照度 [lx]	最小照度 [lx]	最大照度 [lx]	最小照度 / 最大照度
工作面	/	360	190	542	0.527
地板	20	261	23	474	0.088
天花板	70	292	134	466	0.459
墙壁 (4)	50	309	126	629	/

表 5 方案二的灯具表

编 号	数 量	名称 (修正系数)	ϕ (灯具) [lm]	ϕ (光源) [lm]	P (W)
1	3	iGuzzini 5096 BOS range ceiling luminaires 1×100 W (1.000)	848	1380	100.0
2	27	NVCNDL482 1×36 WT8 电感平 盖支架 (1.000)	2 870	3 300	42.7
3	12	NVCNDL483 2×36 WT8 电感平 盖支架 (1.000)	5 341	6 600	87.0

表 6 方案一与方案二照明指标对比

方案	总光 通量 /klm	总功率 /kW	照明功率密 度 /(W/m ²)	平均 照度 /lx	最小 照度 /lx	最大 照度 /lx	最小照 度 / 平 均照度	最小照 度 / 最 大照度
方案一	165.5	2.84	14.28	423	198	683	0.468	0.29
方案二	144.1	2.5	12.54	360	190	542	0.527	0.351

通过对比数据可以看出,优化灯具排列后,照明功率密度由 14.28 W/m² 降低到 12.54 W/m², 满足了《DL/T 5930-2007 火力发电厂和变电站照明设计技术规定》中对照明节能的要求。平均照度虽然降为 360 lx, 但仍然符合规定中对照度的要求。此外, 方案二照度均匀度由 0.468 升高至 0.527, 提升了运检人员的照明使用舒适度。

由此可见,照度计算软件可作为设计人员在照明设计时的辅助, 在保证照明质量的同时实现节能增效的目的。

5 结语

根据项目实际应用以及软件计算结果验证,总结出三维照明设计有以下优点: 与其他各专业协同设计, 在三维布置过程中可以相互参考提供相对位置坐标, 更加高效; 相比传统的二维图样, 直观的三维展示为设计优化提供便捷, 设计人员可及时修改灯具空间布置; 软件可完美模拟实际空间状况, 充分考虑了照度结果的影响因子, 输出结果准确, 满足工程需求; OBD 作为建筑、结构三维设计软件已经在各行业得到广泛应用, 通过与各专业协同完成的全站照明设计, 可有效应用于众多行业。

OBD 三维照明设计在我院数字化设计平台已经得到应用, 在一些典型工程以及海外业务中采用 OBD 进行全站的照明布置得到很好的成效, 同时我们也将加大对 OBD 的深入探索, 以适应日益扩大的海外工程的需求。