

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2015.06.010

运用LED优化中学教室照明环境

刘辉¹, 蔡贤云², 杜峰^{1,2}

(1. 福建工程学院 建筑与城乡规划学院, 福建 福州 350118; 2. 重庆大学 建筑城规学院, 四川 重庆 400044)

摘要: 通过问卷调查与实测,分析中学教室照明现状,探讨教室照明设计存在的问题。分别采用荧光灯与LED经DIALux对教室照明进行模拟,同时运用改变布灯方式、光源功率、灯具挂高、灯具的配光曲线模拟探究最佳的照明设计方案。研究表明,LED在中学教室照明设计中能更好地满足有关标准与节能要求。

关键词: 中学; 教室照明; 照明模拟; DIALux; LED

中图分类号: TU113

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2015)06-0562-06

The effect of LED used in middle school classrooms on optimizing the lighting environment

Liu Hui¹, Cai Xianyun², Du Feng^{1,2}

(1. College of Architecture and Urban Planning, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China;

2. Faculty of Architecture and Urban Planning, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: The status and existing problems of middle school classroom lighting were discussed. The existing lighting conditions in middle school classrooms were studied through questionnaire survey and field measurement. Fluorescent lights and LED were employed to simulate the classroom lighting via DIALux lighting design software. The best lighting design scheme was explored by changing the arrangement of luminaries, light source power, the hanging height of the lamps and the light distribution curve of the lamps and lights. The simulation results indicate that LED can better meet the requirements of related specification and energy saving in middle school classroom lighting design.

Keywords: middle school; classroom lighting; lighting simulation; DIALux; LED

学校教室的照明状况和质量与学生视力问题、学习成绩直接相关,许多学者对学校教室照明设计与标准做了大量研究。北京市疾病预防控制中心从2006年到2011年对全市中小学校的监测结果显示,对比建筑照明设计国家标准《建筑照明设计标准 GB50034-2004》(以下简称原标准),北京市中小学校教室课桌面照度达标率为65.1%,黑板面照度达标率仅为23.76%^[1]。《北京市2010年国民体质检测结果公报》显示,初中生视力不合格率达71%,高中生则达81%^[2]。也有学者在2010年5~6月对吉林省中小学教室的照明

状况进行了抽样调查,照明情况不容乐观,尤其以黑板照度不达标最突出^[3]。由此可见,学生视力的好坏很大程度上取决于教室照明质量的优劣。

1 中学教室照明现状

1.1 中学教室照明状况问卷调查与实测

对重庆一些中学发放问卷调查200份,其中有效问卷166份。87%的学生认为教室的光环境对学生视力的影响很大,认为教室光环境很重要(图1);仅有13%的学生对教室照明明亮程度(照度水平)很满意(图2);有近一半的学生表示在教

室看书写字时视觉并不舒适(图3);有60%以上的学生认为桌面与黑板的反光让人不满意,存在着一些超出人眼适应的亮度(图4);有71%的学生认为阴雨季节室内的灯光环境需要更亮一些,说明大家非常关心灯光给人的心理感受;有75%的学生表示灯光(照明)与心情有明显关系。

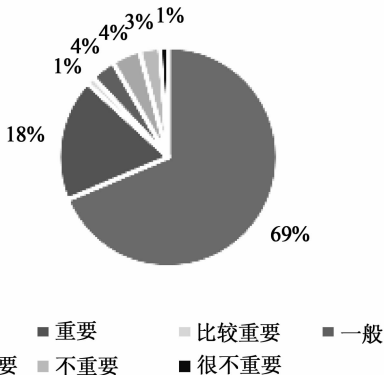


图1 光环境对学生视力影响大小

Fig. 1 The influence of lighting environment on students' eyesight

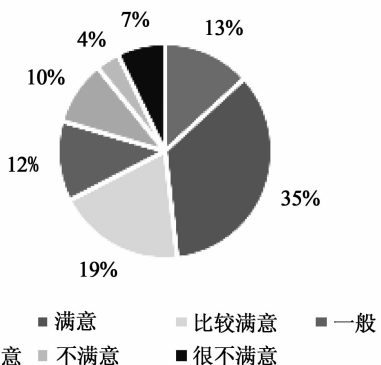


图2 教室照明明亮程度的感受

Fig. 2 The feeling of classroom lighting

调查问卷结果显示,教室的光环境存在诸多不舒适和令人不满意的地方。作为已经使用了较长时间的教室,在照明设计时依据的是原标准,而原标准跟我国现行的标准《建筑照明设计标准 GB50034 - 2013》(以下简称新标准)的规定存在差距,比如照度平均值不够大,照度均匀度不够高,照明功率密度不够小等等。例如:原标准中规定照明功率密度现行值 $\leq 11.0 \text{ W/m}^2$,目标值为 $\leq 9.0 \text{ W/m}^2$,但是在现行的新标准中明确规定照明功率密度现行值 $\leq 9.0 \text{ W/m}^2$,目标值为 $\leq 8.0 \text{ W/m}^2$ 。此外灯具使用一段时间之后存在光衰

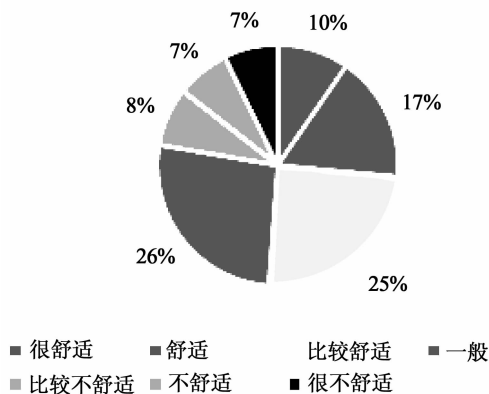


图3 在教室看书写字的舒适度

Fig. 3 The comfortability of classroom lighting

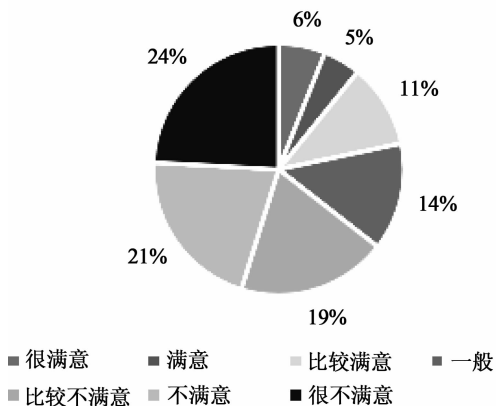


图4 黑板与桌面反光的感受

Fig. 4 The feeling of blackboard and desk reflection

现象,并随着材料技术的发展和时间的推移,教室里各界面反射率也发生了变化,所以有必要对现有教室的照明情况进行实测和分析。

1.2 中学教室照明状况实测

对多间教室调研的过程中发现,依据教室的各个尺寸、剖面 and 教室内课桌布置方式,可将中学教室分为两种类型。选取重庆市南开中学两种类型的教室共计10间,对照明状况测量结果处理后得到课桌面的平均照度值 E_{av} 、照度均匀度 U_0 、照明功率密度 LPD 值和各界面(桌面、地面、墙面、黑板)的反射比 ρ 。图5为典型平面以及照明布点图。

新标准中规定教室课桌面平均照度值 $\geq 300 \text{ lx}$,照度均匀度 ≥ 0.6 ,照明功率密度现行值 $\leq 9.0 \text{ W/m}^2$,目标值 $\leq 8.0 \text{ W/m}^2$ [4]。将实测结果与新标准比对,发现各界面的反射比均在标准允许范

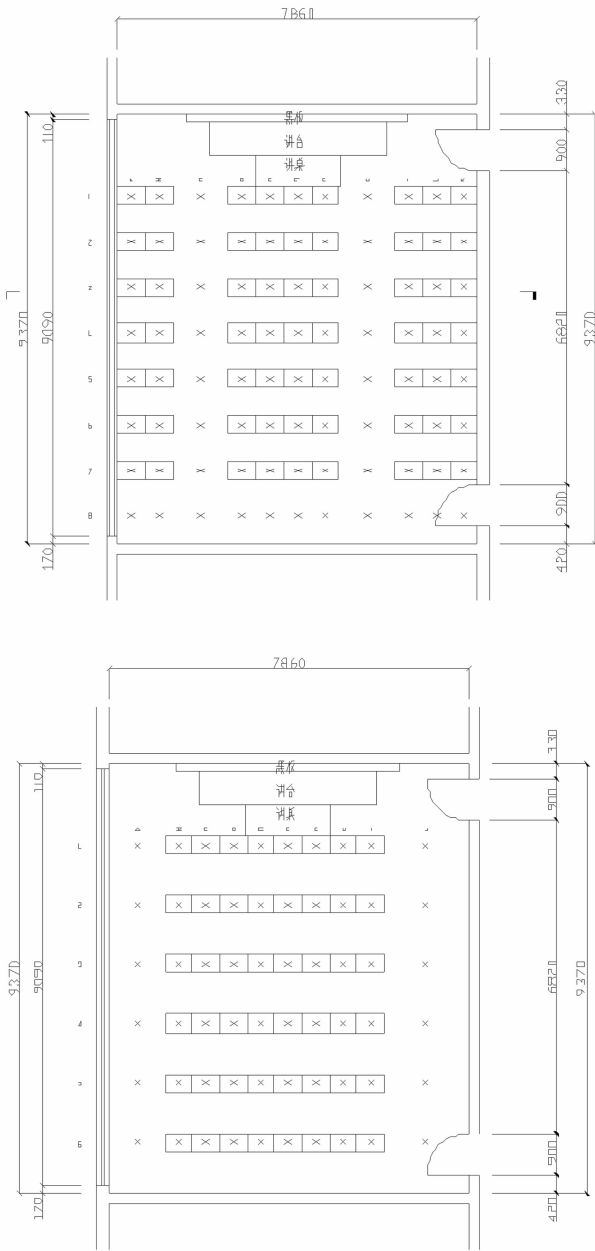


图 5 现有中学教室典型平面及照明布点图(单位:mm)

Fig. 5 Typical plan and lighting display of current middle schools(unit:mm)

围内,而平均照度值、照度均匀度、照明功率密度值则不能满足标准要求(表 1)。

从实测结果发现教室照明的平均照度 E_{av} 和照度均匀度并不满足现有标准的要求,特别是平均照度,测量值仅能达到现行标准 300 lx 的 70% 左右,因此也就不难解释仅有 13% 的同学对教室照明明亮程度(照度水平)很满意;有近一半的学生表示在教室看书写字时视觉并不舒适。由此可

见,对中学教室进行照明优化设计势在必行。

表 1 中学教室照明实测结果

Tab. 1 The measuring result of middle classroom lighting

类别	平均照度/lx	照度均匀度	照明功率密度/W·m ⁻²
教室类型 1	210.4	0.527	8.64
教室类型 2	216.6	0.576	8.64
标准值	300	0.6	9 ^①
是否满足新标准要求	不满足	不满足	满足现行值 ^②

注:①≤9 为现行值,目标值为 8;

②表示实测值满足标准要求中的现行值,但不满足目标值。

2 LED 与传统光源的对比研究

与传统光源相比,LED 作为固态光源,电能大部分转化为光能;在相同的照明效果下,LED 比传统光源更加节能。田向伟、马立通过对比实验发现,在同样大小的办公室中,选用 15 WLED 和 40 W 荧光灯,在照明效果几乎一样的情况下,选用 LED 一年可以节能 65.2%^[5]。此外,LED 灯寿命长,可以达到 5~10 万 h;而荧光灯寿命消耗在启动时最严重,启动一次与点亮几小时情况下荧光灯的寿命消耗相当^[6]。传统照明光源光谱较宽,并且发光方向朝着整个空间范围,而 LED 光源发光大部分集中汇聚于中心,发散角较小,可以有多样化的配光^[7]。与 LED 相比,荧光灯具有频闪性,容易使人视觉疲劳。LED 除了具有节能、环保等优点外,本身价格的下降也使它能够大面积使用;自 2013 年以来,LED 产品价格持续下降,与传统照明产品的价格差正逐步减小^[8]。

LED 一系列优点使其广泛运用于办公室照明、商业照明和室内照明^[9-11]中。但是教室照明中关于 LED 的研究则相对较少,而更多的是对教室光环境、教室照明光生物效应和教室照明设计原则的研究^[12-13]。对于学生而言,教室中用于课桌面照明的灯大多选用普通支架式荧光灯具,会产生强烈的眩光,也会对学生的课桌面产生反射眩光,长时间受到种种眩光影响会导致学生视力水平下降。此外,还有学者认为中学生视力水平的下降与教室大面积选用荧光灯有关;荧光灯作为一种气体放电灯,具有频闪性,因此容易使人视觉疲劳^[14]。

因此,本文试图在照明设计软件 DIALux 模拟中选用不同类型的光源(荧光灯与 LED),通过改变布灯方式、光源功率、灯具挂高、灯具配光曲线得到对应的照明设计方案。通过对比新标准,发现 LED 在中学教室照明设计中的优势。

3 中学教室照明优化设计

用照明设计软件 DIALux 4.11 模拟教室内照明时,需要考虑的参数有:墙面、地面、桌面的反射比,光源类型,布灯方式,光源功率,灯具挂高,灯具配光曲线等。但本文主要考虑光源类型对照明设计的影响,故将墙面、地面、桌面的反射比作为定值(最高值),在本次计算机模拟中,墙面反射比定为 0.8,桌面反射比为 0.6,地面反射比为 0.5。

3.1 荧光灯用于教室照明

选用 DIALux 灯具库中雷士照明 NVC T5 荧光灯,改变布灯方式、光源功率、灯具挂高、灯具配光曲线,模拟得到的平均照度、照度均匀度和照明功率密度不能同时满足标准各参数的要求,模拟结果如表 2、3 所示。

表 2 荧光灯照明模拟结果 1

Tab. 2 The simulation result 1 of fluorescent lights

布灯方式	单盏灯功率/W	平均照度/lx	照度均匀度	照明功率密度/W·m ⁻²
4×5	21	305	0.57	6.60
5×5	21	386	0.56	8.25
6×6	21	549	0.55	11.88
4×4	36	382	0.50	9.24
4×4	28	337	0.50	8.64
4×4	21	250	0.50	5.52

表 3 荧光灯照明模拟结果 2

Tab. 3 The simulation result 2 of fluorescent lights

灯具挂高/m	单盏灯功率/W	平均照度/lx	照度均匀度	照明功率密度/W·m ⁻²
3.3(1)	28	191	0.59	8.64
3	28	206	0.58	8.64
2.7	28	220	0.56	8.64
2.5	28	229	0.56	8.64

注:(1)中 3.3 m 表示天花板的高度,此时灯具挂高即为 3.3 m。

从模拟结果可以发现当使用荧光灯时,照度均匀度 U_0 很难达到新标准的要求值 0.6,而当平均照度 E_{av} 达到 300 lx 的要求时,照明功率密度值 LPD 只能满足标准中现行值 9 W/m² 的要求,有些甚至连现行值都无法满足,更不用说达到标准中的目标值 8 W/m²。

3.2 LED 运用于教室照明

采用 Panasonic LED 嵌入式筒灯进行计算机模拟。改变布灯方式、光源功率、灯具挂高、灯具配光曲线,模拟得到的平均照度、照度均匀度和照明功率密度能够同时满足标准的要求。

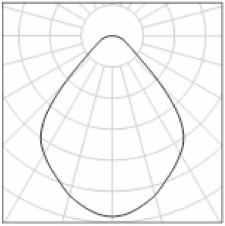
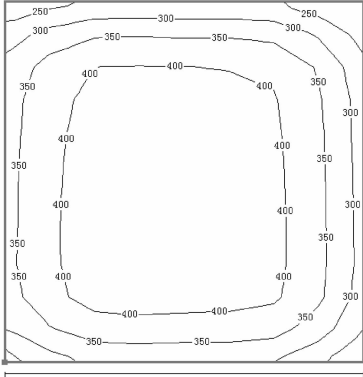
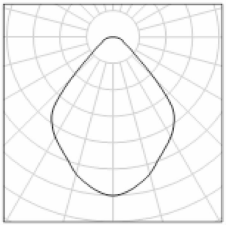
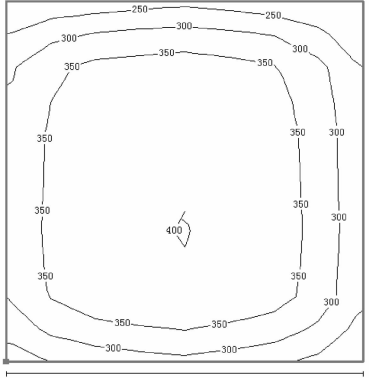
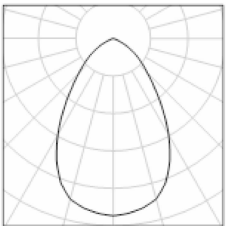
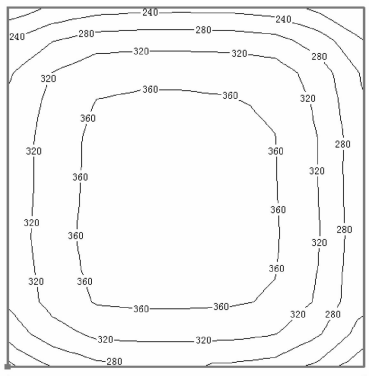
在多次模拟之后可以得到多种照明优化方案,为了节省篇幅仅列出 3 种具有代表性的方案,这 3 种方案能够同时满足标准中平均照度 E_{av} 、照度均匀度 U_0 、照明功率密度 LPD 的要求。优化方案中选用的灯具依次为 Panasonic NNNC71006LZ 16.2 W LED 嵌入式筒灯、Panasonic NNNC71003LZ 10.6 W LED 嵌入式筒灯和 Panasonic NNNC50001LZ 9 W LED 嵌入式筒灯。优化方案及选用灯具的配光曲线如表 4 所示,模拟之后的结果如表 5 所示。

表 4 采用 LED 模拟室内照明的优化方案

Tab. 4 Optimal scheme of LED simulating indoor lighting

布灯方式	单盏灯功率/W	灯具相关参数	平均照度/lx	照度均匀度	照明功率密度/W·m ⁻²
5×5	16.2	照明电流(灯具):1 309 lm 照明电流(光源):1 310 lm	383	0.61	6.08
6×6	10.6	照明电流(灯具):840 lm 照明电流(光源):840 lm	346	0.60	5.73
7×7	9	照明电流(灯具):566 lm 照明电流(光源):565 lm	331	0.60	6.62

表 5 采用 LED 模拟室内照明的模拟结果
Tab. 5 Simulation result of LED indoor lighting

布灯方式	单盏灯功率	选用灯具对应配光曲线	模拟结果等值线图	模拟结果数值图																																																																																								
5 × 5	16.2			<table border="1"> <tr><td>255</td><td>292</td><td>301</td><td>297</td><td>296</td><td>298</td><td>283</td><td>223</td></tr> <tr><td>338</td><td>383</td><td>398</td><td>390</td><td>388</td><td>393</td><td>370</td><td>301</td></tr> <tr><td>345</td><td>415</td><td>404</td><td>414</td><td>412</td><td>399</td><td>400</td><td>308</td></tr> <tr><td>364</td><td>406</td><td>434</td><td>416</td><td>414</td><td>427</td><td>391</td><td>325</td></tr> <tr><td>352</td><td>428</td><td>411</td><td>425</td><td>424</td><td>405</td><td>412</td><td>313</td></tr> <tr><td>370</td><td>410</td><td>441</td><td>421</td><td>419</td><td>434</td><td>394</td><td>329</td></tr> <tr><td>355</td><td>431</td><td>415</td><td>429</td><td>427</td><td>408</td><td>415</td><td>316</td></tr> <tr><td>371</td><td>413</td><td>441</td><td>424</td><td>422</td><td>434</td><td>397</td><td>330</td></tr> <tr><td>356</td><td>427</td><td>418</td><td>428</td><td>426</td><td>412</td><td>412</td><td>318</td></tr> <tr><td>356</td><td>406</td><td>424</td><td>416</td><td>414</td><td>417</td><td>393</td><td>320</td></tr> <tr><td>286</td><td>333</td><td>348</td><td>343</td><td>341</td><td>342</td><td>324</td><td>259</td></tr> </table>	255	292	301	297	296	298	283	223	338	383	398	390	388	393	370	301	345	415	404	414	412	399	400	308	364	406	434	416	414	427	391	325	352	428	411	425	424	405	412	313	370	410	441	421	419	434	394	329	355	431	415	429	427	408	415	316	371	413	441	424	422	434	397	330	356	427	418	428	426	412	412	318	356	406	424	416	414	417	393	320	286	333	348	343	341	342	324	259
255	292	301	297	296	298	283	223																																																																																					
338	383	398	390	388	393	370	301																																																																																					
345	415	404	414	412	399	400	308																																																																																					
364	406	434	416	414	427	391	325																																																																																					
352	428	411	425	424	405	412	313																																																																																					
370	410	441	421	419	434	394	329																																																																																					
355	431	415	429	427	408	415	316																																																																																					
371	413	441	424	422	434	397	330																																																																																					
356	427	418	428	426	412	412	318																																																																																					
356	406	424	416	414	417	393	320																																																																																					
286	333	348	343	341	342	324	259																																																																																					
6 × 6	10.6			<table border="1"> <tr><td>236</td><td>259</td><td>262</td><td>278</td><td>277</td><td>259</td><td>251</td><td>207</td></tr> <tr><td>297</td><td>345</td><td>348</td><td>360</td><td>359</td><td>343</td><td>333</td><td>264</td></tr> <tr><td>330</td><td>378</td><td>381</td><td>392</td><td>391</td><td>376</td><td>364</td><td>294</td></tr> <tr><td>317</td><td>372</td><td>375</td><td>387</td><td>385</td><td>369</td><td>358</td><td>281</td></tr> <tr><td>344</td><td>392</td><td>395</td><td>407</td><td>405</td><td>389</td><td>377</td><td>307</td></tr> <tr><td>319</td><td>377</td><td>380</td><td>390</td><td>388</td><td>373</td><td>361</td><td>282</td></tr> <tr><td>347</td><td>395</td><td>398</td><td>410</td><td>408</td><td>392</td><td>379</td><td>310</td></tr> <tr><td>323</td><td>379</td><td>383</td><td>394</td><td>392</td><td>376</td><td>364</td><td>286</td></tr> <tr><td>340</td><td>391</td><td>395</td><td>406</td><td>404</td><td>388</td><td>376</td><td>304</td></tr> <tr><td>315</td><td>368</td><td>373</td><td>385</td><td>383</td><td>366</td><td>354</td><td>281</td></tr> <tr><td>265</td><td>299</td><td>306</td><td>320</td><td>318</td><td>299</td><td>289</td><td>239</td></tr> </table>	236	259	262	278	277	259	251	207	297	345	348	360	359	343	333	264	330	378	381	392	391	376	364	294	317	372	375	387	385	369	358	281	344	392	395	407	405	389	377	307	319	377	380	390	388	373	361	282	347	395	398	410	408	392	379	310	323	379	383	394	392	376	364	286	340	391	395	406	404	388	376	304	315	368	373	385	383	366	354	281	265	299	306	320	318	299	289	239
236	259	262	278	277	259	251	207																																																																																					
297	345	348	360	359	343	333	264																																																																																					
330	378	381	392	391	376	364	294																																																																																					
317	372	375	387	385	369	358	281																																																																																					
344	392	395	407	405	389	377	307																																																																																					
319	377	380	390	388	373	361	282																																																																																					
347	395	398	410	408	392	379	310																																																																																					
323	379	383	394	392	376	364	286																																																																																					
340	391	395	406	404	388	376	304																																																																																					
315	368	373	385	383	366	354	281																																																																																					
265	299	306	320	318	299	289	239																																																																																					
7 × 7	9			<table border="1"> <tr><td>225</td><td>257</td><td>265</td><td>266</td><td>266</td><td>263</td><td>250</td><td>198</td></tr> <tr><td>292</td><td>336</td><td>342</td><td>342</td><td>341</td><td>338</td><td>326</td><td>262</td></tr> <tr><td>304</td><td>353</td><td>362</td><td>363</td><td>362</td><td>358</td><td>342</td><td>272</td></tr> <tr><td>313</td><td>364</td><td>371</td><td>372</td><td>371</td><td>366</td><td>352</td><td>280</td></tr> <tr><td>318</td><td>368</td><td>375</td><td>375</td><td>373</td><td>370</td><td>355</td><td>285</td></tr> <tr><td>313</td><td>365</td><td>374</td><td>375</td><td>374</td><td>369</td><td>352</td><td>280</td></tr> <tr><td>320</td><td>371</td><td>377</td><td>377</td><td>376</td><td>372</td><td>358</td><td>287</td></tr> <tr><td>318</td><td>369</td><td>377</td><td>378</td><td>376</td><td>372</td><td>357</td><td>284</td></tr> <tr><td>313</td><td>364</td><td>373</td><td>374</td><td>373</td><td>368</td><td>352</td><td>280</td></tr> <tr><td>307</td><td>356</td><td>362</td><td>362</td><td>361</td><td>357</td><td>345</td><td>277</td></tr> <tr><td>251</td><td>293</td><td>303</td><td>304</td><td>303</td><td>299</td><td>285</td><td>227</td></tr> </table>	225	257	265	266	266	263	250	198	292	336	342	342	341	338	326	262	304	353	362	363	362	358	342	272	313	364	371	372	371	366	352	280	318	368	375	375	373	370	355	285	313	365	374	375	374	369	352	280	320	371	377	377	376	372	358	287	318	369	377	378	376	372	357	284	313	364	373	374	373	368	352	280	307	356	362	362	361	357	345	277	251	293	303	304	303	299	285	227
225	257	265	266	266	263	250	198																																																																																					
292	336	342	342	341	338	326	262																																																																																					
304	353	362	363	362	358	342	272																																																																																					
313	364	371	372	371	366	352	280																																																																																					
318	368	375	375	373	370	355	285																																																																																					
313	365	374	375	374	369	352	280																																																																																					
320	371	377	377	376	372	358	287																																																																																					
318	369	377	378	376	372	357	284																																																																																					
313	364	373	374	373	368	352	280																																																																																					
307	356	362	362	361	357	345	277																																																																																					
251	293	303	304	303	299	285	227																																																																																					

计算机模拟得到的平均照度、照度均匀度均能满足新标准的要求,同时照明功率密度 LPD 值不仅可以满足现行值 9 W/m^2 也可以满足目标值 8 W/m^2 的要求,由此可见将 LED 运用到教室照明中是可行的。

从上述模拟结果可发现,教室净高 3.5 m,采用 LED 灯时,灯具挂高控制在 2.5 m。当采用 7×7 的布灯方式时,灯具间距为 1.12 m,距高比为 0.448;当采用 6×6 的布灯方式时,灯具间距 1.31 m,距高比为 0.524;当采用 5×5 的布灯方

式时,灯具间距 1.57 m,距高比为 0.628。在距高比为 0.524,即采用 6×6 的布灯方式时,符合标准且舒适度高的情况下最为节能。详细布置图见图 6。

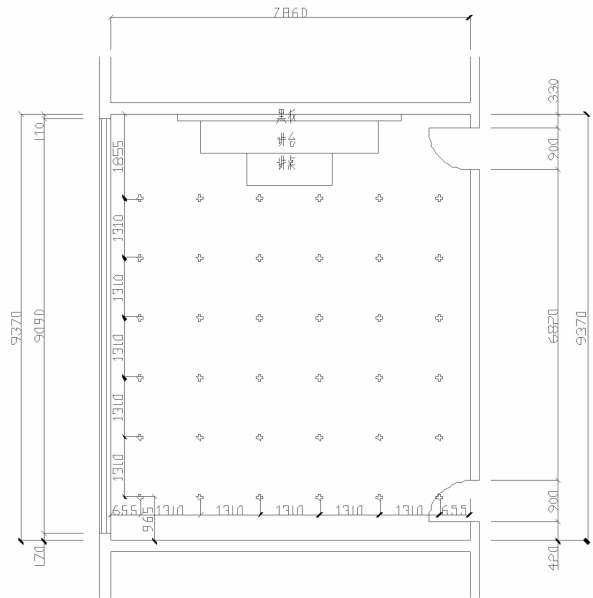


图 6 改进后的 LED 教室照明平面布置图(单位:mm)

Fig. 6 Improved plan of LED classroom lighting(unit:mm)

3.3 LED 与荧光灯照明模拟结果对比分析

使用荧光灯和 LED 模拟分别得到的结果中可以发现,使用 LED 做教室照明优化设计时,更容易同时满足标准的各项要求。此外,对比荧光灯,当满足标准要求时,LED 模拟所得照明功率密度值会低得多。

4 结论

计算机模拟显示,相对于荧光灯,LED 更容易使教室照明同时满足标准的各项要求;通过 LED 得到的优化设计方案中,教室的照明功率密度值更低,不仅能够满足标准中现行值 9 W/m^2 的要求,也可达到目标值 8 W/m^2 的长远目标,因而更加节能。在后续的研究中,可通过实际实验,对 LED 在中学教室照明中的光生物效应进行深入研究,以确保 LED 在中学教室照明中满足健康、绿色、环保、节能的要求。

参考文献:

- [1] 段佳丽,吕若然,滕立新,等.北京市 2006-2011 年中小学校教室照明状况分析[J].中国学校卫生,2012,33(7):855-857.
- [2] 张嘉,杜娟.中小学普通教室照明设计应注意的几点问题[J].中国现代教育装备,2014,186(6):9-10.
- [3] 黄晓燕,李晶华,张秀敏,等.吉林省城市中小学校教室照明现状[J].中国学校卫生,2015,35(4):628-630.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑照明设计标准 GB 50034-2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [5] 田向伟,马立,靳俊杰.LED 灯与荧光灯的照明效果对比及经济性分析[J].山西建筑,2012,38(32):139-141.
- [6] 许昌奇.关于荧光灯若干问题的认知[J].照明工程学报,2009,20(1):81-84.
- [7] 黄天宏.LED 照明技术的研究和设计实例[D].长沙:湖南大学,2009.
- [8] 吴鸣鸣,郝建群,王滨秋,等.中国 LED 照明市场态势剖析[J].照明工程学报,2014,25(6):12-15.
- [9] 蔡珍红,胡奎荃,张青文.LED 在办公室照明中的应用初探[J].土木建筑与环境工程,2011,33(S1):55-57.
- [10] 牛光宏,杜彬彬.LED 在商业照明中的应用[J].照明工程学报,2015,26(3):30-32,63.
- [11] 李炳华.浅谈 LED 在室内照明中的应用[J].智能建筑电气技术,2014,8(5):6-11.
- [12] 高帅.教室光环境研究综述[J].照明工程学报,2013,24(S0):95-100.
- [13] 韩金兰,杨春龙.中学教室照明设计[J].电气应用,2007,11(3):22-27.
- [14] 姚远.教室照明设计的几个问题[J].照明工程学报,2004,15(2):59-61.

(责任编辑:肖锡湘)