



试算工具的光通量试算例

目录

- | | |
|--------------------------|----|
| 1. 前言 | 2 |
| 2. LED 日光灯设计例的试算..... | 2 |
| 3. LED 日光灯设计例的实测结果确认.... | 5 |
| 4. LED 筒灯设计例的试算..... | 8 |
| 5. LED 筒灯设计例的实测结果确认..... | 10 |
| 6. 最后 | 13 |

本应用指南中记载的型号 NFSW757D-V1, NFSL757D-V1 是日亚产品的型号, 和有(或可能有)商标权的其他公司产品不同(不类似)、没有任何关联。

日本日亚化学工业株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

491 Oka, Kaminaka-Cho, Anan-Shi, TOKUSHIMA 774-8601, JAPAN

Phone: +81-884-22-2311 Fax: +81-884-21-0148

1. 前言

在本应用指南中，敕公司对使用光学特性试算工具“Easy Estimation Tool”试算光学特性（光通量、光效）的方法进行了介绍。另外本试算工具的操作方法请参照《Easy Estimation Tool Guide》。

在本应用指南中，敕公司将以 LED 日光灯和筒灯的设计为例，对试算工具的试算方法进行介绍。

2. LED 日光灯设计例的试算

2.1. 决定规格

首先需要决定灯具的目标光通量和消耗功率等规格。

在决定光通量和光效时，需要考虑到外壳造成的光通量低下。除此之外也需要考虑到适用的规格，在某些规格中对 LED 驱动电压和电流值进行了规定，因此在需要满足该规格时，应该选择符合该规格的 LED 驱动电源。

本设计例是在日本照明工业会规格《JEL801：一般照明用 CX16t-5 LED 插件日光灯系统》中规定的电源规格的基础上进行的。

□ 目标规格

日光灯外形：	长 1200mm
日光灯光通量：	2,300lm 以上
日光灯光效：	145lm/W 以上
色温：	5,000K
平均显色指数 Ra：	80 以上
驱动电源：	输出电压 DC45~95V 输出电流 DC350mA（规格 JEL801）

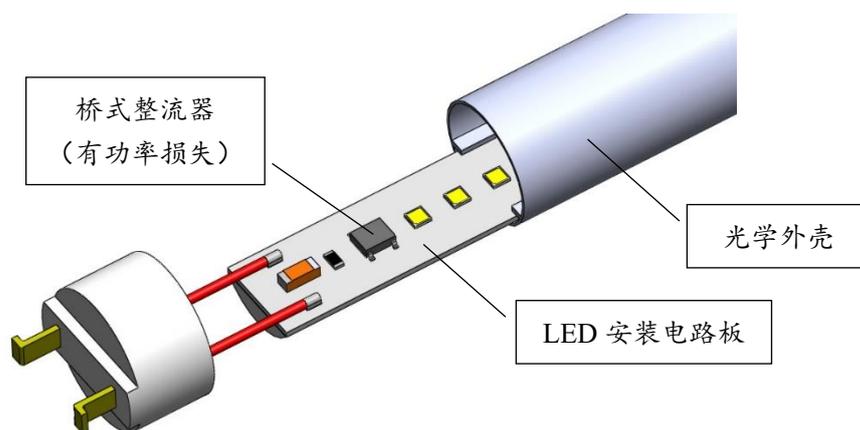


图 1. LED 日光灯 示意图

2.2. 试算工具的试算

使用试算工具，在目标规格的基础上进行试算。

2.2.1. 输入 LED 型号

选择试算的 LED 的“Series”（系列）和“Type”（型号）。（参照图 2-蓝框①）

虽然本次试算只使用了型号 NFSW757D-V1，但是本试算工具的 1 张工作表中最多可以对 5 个型号进行试算、比较。因为本设计例的目标显色性 $R_a > 80$ ，所以选择了显色性分档为 R8000 的 LED。

2.2.2. 试算参数的输入

输入试算中必要的参数。（参照图 2-蓝框②）

表 1. 参数输入内容

项目	内容	设计例 输入例
Target Flux	目标光通量	2,400lm（目标光通量 2,300lm 十余地）
Color Rank	LED 的色度分档	因为目标值为 5,000K，所以选择分档 sw50
Junction Temperature Tj	推定的 LED 结点温度	参照相同功率和构造的 LED 日光灯，推定为 50°C
Optical Efficiency Loss	光学外壳等导致的光学损失	输入光学外壳导致的光通量低下率 10%
Electrical Efficiency Loss	LED 以外的消耗的功率	输入桥式整流器的消费功率 3.7%
LED Multiple	灯具中使用的 LED 数量	输入 1 个大概的数字（之后可以变更）

2.2.3. LED 数量的试算

在“Forward Current I_{FP} ”（图 2-蓝框③）中选择需要试算的电流值范围后，各电流值下的试算结果会被表示出来。（如图 2-红框）

请注意电流值是 1 粒 LED 的电流值。这时如果变更“LED Multiple”（LED 数量），可以试算出在此电流值下，要达到日光灯的目标光通量、消费功率和光效时所需的 LED 数量。

在此设计下的试算流程如下。

- ① 在试算结果（图 2-红框）中确认光效“lm/W”达到 145lm/W 时的 1 粒 LED 所需要的电流值。根据试算结果（图 2-红框），在低于 $I_{FP} = 65\text{mA}$ 时光效可以达到 145lm/W。
另外根据 LED 的特性，驱动电流值越低，灯具的光效越高。
因为即使改变 LED 数量，日光灯的光效也不会有变化，所以这时“LED Multiple”（LED 数量）可以为任何值。
- ② 根据得出的低于 $I_{FP} = 65\text{mA}$ 的结果，加上驱动电源的规格（输出电流值流 350mA），决定 1 粒 LED 所需的电流值 $I_{FP} = 35\text{mA}$ 。因此计算出需要的并联电路数 $350\text{mA} \div 35\text{mA} = 10$ 并联。
- ③ 因为电路为 10 并联，所以为了要试算出 $I_{FP} = 35\text{mA}$ 下达到目标光通量 2,400lm 时所需的 LED 数量，需要在“LED Multiple”（LED 数量）中以 10 的倍数对数量进行增减。增减后确认到在 LED 的数量为 160 粒时，光通量为 2,473.9lm，达到了目标光通量的 2,400lm。所以本设计的日光灯所需要的 LED 数量是 160 粒（16 串联×10 并联）。

2.3. 任意光通量下的试算

本试算结果以 1 粒 LED 的标准值（规格书中的 Typ.）进行试算的。而在实际使用中，LED 的光通量和正向电压在各分档内存在偏差。

在试算结果”lm”或”VF”（图 2-蓝框④）中输入任意数值后，可以对指定的光通量和正向电压（额定电流驱动时）下的情况进行试算。这样即使特性值在分档范围内偏小或偏大，也可以对日光灯光通量和功率（光效）进行试算。

请一定确认最小值和最大值在灯具的容许范围之内。

input drop down Target Flu: **2400** ② Pass

Series	Series_757D_V1					
Type	NFSW757D_V1_R8000					
Spec Current (mA)	65					
Tj Max (degreeC)	120					
Luminous Flux (lm)	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
	21.4	32.0	36.0			
Forward Voltage VF (V)	2.40	2.90	3.30			

Color Rank	sw50		②	
Junction Temperatuer Tj (degreeC)	50			
Cost per LED		\$		\$
Optical Efficiency Loss (%)	10.0			
Electrical Efficiency Loss (%)	3.7			
LED Multiple	160			
Total Cost	0.000	\$		\$

Forward Current Ifp(mA)	lm	VF	lm/W	W	lm/\$
input ③					
100mA Max.					
1					
5					
10	717.7	417.71	165	4.177	
20	1428.4	426.79	161	8.536	
25	1779.8	430.87	159	10.772	
30	2128.4	434.68	157	13.040	
35	2473.9	438.26	155	15.339	
40	2816.0	441.64	154	17.666	
50	3490.2	447.90	150	22.395	
65	4475.0	456.37	145	29.664	
75	5113.9	461.62	142	34.621	
80	5428.3	464.16	141	37.133	
90	6047.3	469.15	138	42.223	
100	6654.0	474.06	135	47.406	

可以对 1 粒 LED 的任意电流值下的情况进行试算 ⇒

input Ifp **35** mA input Ifp mA

lm	VF	lm/W	W	lm/\$
2473.9	438.26	155	15.339	

Info

图 2. LED 日光灯 试算结果

2.4. LED 日光灯的制作

根据 2.1. 中决定的规格和 2.2. 中试算出来的 LED 数量制作了 LED 日光灯。
 在制作中使用了光通量和正向电压分布如下的 LED。

□试制品 安装 LED 的规格

型号:	NFSW757D-V1
数量:	160 粒 (16 串联×10 并联)
光通量:	avg. 31.25lm (单粒 65mA 驱动时、抽取 n=50)
V _F :	avg. 2.93V (单粒 65mA 驱动时、抽取 n=50)
色度分档:	sw50 (5,000K)
显色性分档:	R8000 (Ra>80)

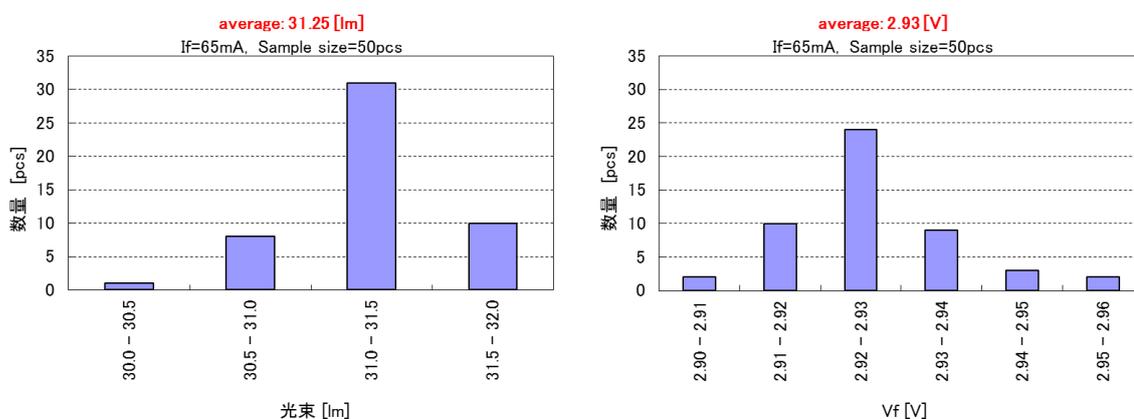


图 3. 单粒安装 LED 的测量结果 (抽取 n = 50pcs)

3. LED 日光灯设计例的实测结果确认

对制作的 LED 日光灯进行实际测量，比较实际测量结果和试算结果之间是否有较大的差异。如果差异较大，需要对测量条件进行修正，再次进行试算。

3.1. 电学和光学特性的测量

使用功率计测量日光灯的功率，使用积分球测量日光灯的光通量。
 测量必须在日光灯达到热饱和的状态下进行。

□试制品 测量结果

日光灯功率:	16.1W
日光灯光通量:	2,412lm
日光灯光效:	150lm/W

3.2. 温度测量

3.2.1. 热分布

在日光灯达到热饱和状态下，使用热像仪等对安装有 LED 的电路板的热分布情况进行确认。如果热分布不均，不同位置上的 LED 的结温会出现差异。这样受 LED 的温度特性影响，LED 的亮度也会出现不均，对试算造成不良影响。从下图 4 的热分布测量结果，可以看出热量呈均匀分布。

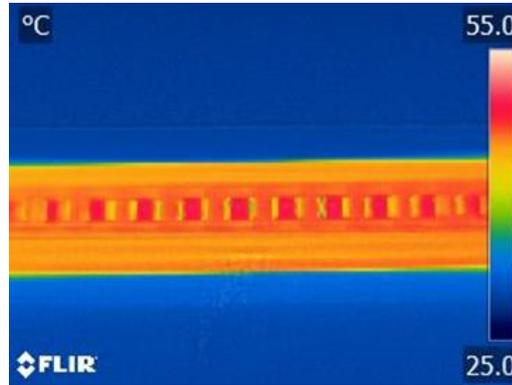


图 4. LED 日光灯 热分布测量结果

3.2.2. LED 的结温

关于 LED 的结温 T_J ，可以按照计算方程式 1 根据 LED 的焊点温度计算出来。而 LED 焊点温度的测量方法，使用焊接或粘合的方法将电极端子固定后，在 LED 日光灯达到热饱和状态下，使用热电偶对电极端子的焊接部或粘合处进行测量。

在测量时应该让日光灯的筐体封闭，在日光灯处于完成品状态下进行。在热设计中不让 LED 的结点温度超过绝对最大额定值。

$$\text{LED 结点温度 } T_J = T_S + R_{\theta JS} W \quad (\text{方程式 1})$$

T_S = 焊点温度: °C

$R_{\theta JS}$ = 从芯片到 T_S 测量点的热阻: °C/W

W = 1 粒 LED 的输入功率 ($I_F \times V_F$): W

□试制品 测量结果

LED 焊点温度 T_S : 46.2°C

LED 结点温度 T_J : $46.2^\circ\text{C} + 13^\circ\text{C/W} \times 0.1\text{W} = 47.5^\circ\text{C}$

$R_{\theta JS} = 13^\circ\text{C/W}$ ※LED 规格书标准值

$W = 2.9\text{V} \times 35\text{mA} = 0.1\text{W}$

3.3. 实测结果和试算结果的比较和再试算

将测量所得到的结果和试算结果相比较。

表 2. 试算结果和实测结果的比较

	试算结果	实测结果	差
日光灯光通量	2,474lm	2,412lm	-2.5%
日光灯光效	155lm/W	150lm/W	-3.2%

根据上表，虽然光通量和光效都达到了目标值，但是实测结果都比试算结果低，而且在光效上相差的 5lm/W 会对日光灯性能造成较大的影响。因此需要对试算条件进行修正，使用更相近的条件进行再试算。
关于 LED 的结点温度，修正为实测结果的“47.5°C”。另外关于单粒 LED 的光通量和 V_F ，修正为 2.4 中的实测结果的平均值的“31.25lm”和“2.93V”。

表 3. 试算参数和实测值的比较

	试算参数	实测值
1 粒 LED 的电流值	35mA	35mA
LED 结点温度	50.0°C	47.5°C
光学损伤	10%	10%
电学损失	3.7%	3.7%
LED 数量	160 粒	160 粒
单粒 LED 的光通量	32.0lm (标准值)	31.25lm
单粒 LED 的 V_F	2.90V (标准值)	2.93V

发光二极管

input
drop down
Target Flux **2400**
Pass

Series	Series_757D_V1					
Type	NFSW757D_V1_R8000					
Spec Current (mA)	65					
Tj Max (degreeC)	120					
Luminous Flux (lm)	Min.	Typ.	Max.			Min. Typ. Max.
	21.4	32.0	36.0			
Forward Voltage V_F (V)	2.40	2.90	3.30			
Color Rank	sw50					
Junction Temperatur Tj (degreeC)	47.5					
Cost per LED						\$
Optical Efficiency Loss (%)	10.0					
Electrical Efficiency Loss (%)	3.7					
LED Multiple	160					
Total Cost	0.000					\$
Forward Current I_{FF} (mA)	Im	VF	lm/W	W	lm/\$	Im VF lm/W W lm/\$
input	100mA Max.	31.25	2.93	-	-	- - - - -
	1					
	5					
	10	703.2	421.40	161	4.214	
	20	1399.4	431.15	156	8.623	
	25	1743.7	435.47	154	10.887	
	30	2085.2	439.48	152	13.184	
	35	2423.7	443.22	150	15.513	
	40	2758.9	446.74	149	17.869	
	50	3419.4	453.19	145	22.660	
	65	4384.2	461.85	141	30.021	
	75	5010.2	467.20	138	35.040	
	80	5318.2	469.80	136	37.584	
	90	5924.6	474.90	133	42.741	
	100	6519.1	479.93	131	47.993	

input I_{FF} **35** mA input I_{FF} mA

Im	VF	lm/W	W	lm/\$
2423.7	443.22	151	15.513	

Info

图 5. LED 日光灯 再试算结果

再次将图 5 的再试算结果和再测量结果进行比较，得到结果如下。

表 4. 再试算结果确认

	试算结果	实测结果	差
日光灯光通量	2,424lm	2,412lm	-0.5%
日光灯光效	151lm/W	150lm/W	-0.7%

可以看出实测结果和再试算结果的差异很小，可以说是按照试算进行了设计。

4. LED 筒灯设计例的试算

4.1. 决定规格

按照以下的规格，对 LED 筒灯进行了设计。

□ 目标规格

- 日光灯光通量： 370lm 以上
- 色温： 2,700K
- 平均显色指数 Ra： 80 以上
- LED 电路： 12 粒 LED (4 串联 3 并联)
- 驱动电源： 输出电流 DC330mA
(LED 电路为 3 并联，因此流入 1 粒 LED 的电流值为 110mA)

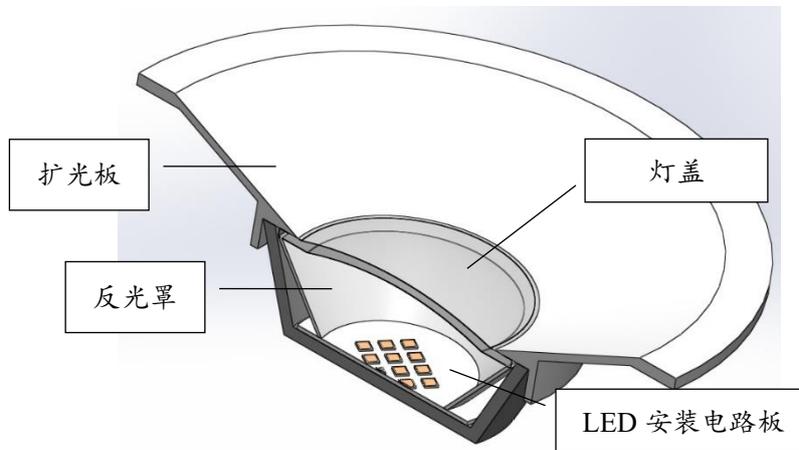


图 6. LED 日光灯 示意图

4.2. 试算工具的试算

按照和 LED 日光灯相同的试算方法进行试算（参照 2.2 中的内容）。

4.2.1. 输入 LED 的型号

使用只是色调和日光灯设计例中不同的产品 (NFSL757D-V1)。因为目标显色性为 $R_a > 80$ ，因此选择了显色性分档为 R8000 的 LED。

4.2.2. 输入试算参数

输入试算需要的参数。

表 5. 输入参数

项目	内容	设计例 输入例
Target Flux	目标光通量	370lm
Color Rank	LED 的色度分档	因为目标值为 2,700K, 所以选择分档 sw27
Junction Temperature Tj	推定的 LED 结点温度	参考同等性能的灯具, 推定为 50°C
Optical Efficiency Loss	光学外壳等导致的光学损失	输入光学外壳导致的光通量低下率 19.3%
Electrical Efficiency Loss	LED 以外的消耗的功率	没有电学损失
LED Multiple	灯具中使用的 LED 数量	12 粒

4.2.3. 试算结果

根据图 7 的试算结果, 可以确认到在试算规格下达到了目标光通量 370lm。

input
drop down
Target Flux **370**
Pass

Series		Series_757D_V1					
Type		NFSL757D_V1_R8000					
Spec Current (mA)		65					
Tj Max (degreeC)		120					
Luminous Flux (lm)	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
	18.0	25.9	30.3				
Forward Voltage V _F (V)		2.40	2.90	3.30			
Color Rank		sw27					
Junction Temperatuer Tj (degreeC)		50					
Cost per LED					\$		
Optical Efficiency Loss (%)		19.3					
Electrical Efficiency Loss (%)							
LED Multiple		12					
Total Cost		0.000			\$		

Forward Current I _{FF} (mA)	lm	VF	lm/W	W	lm/\$	lm	VF	lm/W	W	lm/\$
input 200mA Max.										
10	38.6	31.33	123	0.313						
15	57.9	31.68	122	0.475						
20	77.3	32.01	121	0.640						
30	115.5	32.60	118	0.978						
40	153.1	33.12	116	1.325						
50	189.8	33.59	113	1.680						
65	242.9	34.23	109	2.225						
75	277.1	34.62	107	2.597						
80	293.8	34.81	105	2.785						
100	358.9	35.55	101	3.555						
120	421.9	36.28	97	4.354						
150	515.9	37.38	92	5.606						
180	611.0	38.44	88	6.920						
200	673.5	39.12	86	7.624						

因为驱动电源的输出电流为 330mA, 而且是 3 并联, 所以算出 1 粒 LED 的正向电流为 110mA, 对 1 粒 LED 为 110mA 时的试算结果进行确认。

input I_{FF} **110** mA

input I_{FF} **110** mA

lm	VF	lm/W	W	lm/\$	lm	VF	lm/W	W	lm/\$
390.6	35.92	99	3.951						

Info

图 7. LED 筒灯的试算结果

本文包括暂定内容, 日亚公司有权不经公告对其进行修改。

4.3. LED 筒灯的制作

在制作 LED 筒灯时，使用光通量和正向电压如下的 LED。

□试制品 安装 LED 的规格

型号:	NFSL757D-V1
数量:	12 粒 (4 串联×3 并联)
光通量:	avg. 27.18lm (单粒 65mA 驱动时)
V _F :	avg. 2.93V (单粒 65mA 驱动时)
色度分档:	sw27 (2,700K)
显色性分档:	R8000 (Ra>80)

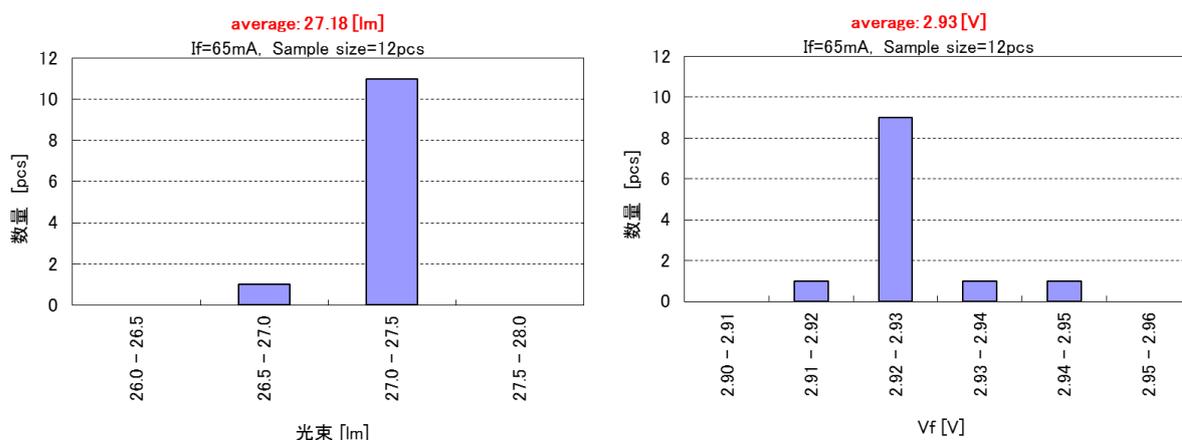


图 8. 单粒安装 LED 的测量结果 (n = 12pcs 全数)

5. LED 筒灯设计例的实测结果确认

5.1. 电学和光学特性测定

对制作的 LED 筒灯进行电学和光学特性测定。

□试制品 测量结果

筒灯功率:	4.0W
筒灯光通量:	409lm
筒灯光效:	101lm/W

5.2. 温度测量

使用热电偶测量焊接部温度，由此计算出 LED 的结温。

□试制品 测量结果

LED 焊点温度 T _S :	47.4°C
LED 结点温度 T _J :	47.4°C + 13°C/W × 0.32W = 51.6°C

R_{θJS} = 13°C/W ※LED 规格书标准值

W = 2.9V × 110mA = 0.32W

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

5.3. 实测结果和试算结果的比较和再试算

将测量所得到的结果和试算结果进行比较。

表 6. 试算结果和实测结果的比较

	试算结果	实测结果	差
日光灯光通量	391lm	409lm	+4.6%
日光灯光效	99lm/W	101lm/W	+2.0%

从上表可以看出实测结果和试算结果之间有若干的差异。因此需要对试算条件进行修正，再次进行试算后对试算结果进行确认。根据实测结果，将 LED 结温修正为“51.6°C”。另外关于单粒 LED 的光通量和 V_F ，修正为 4.3 的实测结果的平均值的“27.18lm”和“2.93V”。

表 7. 试算参数和实测值的比较

	试算参数	实测值
1 粒 LED 的电流值	110mA	110mA
LED 结点温度	50.0°C	51.6°C
光学损伤	19.3%	19.3%
电学损失	0%	0%
LED 数量	12 粒	12 粒
单粒 LED 的光通量	25.9lm (标准值)	27.18lm
单粒 LED 的 V_F	2.90V (标准值)	2.93V

Series	Series_757D_V1					
Type	NFSL757D_V1_R8000					
Spec Current (mA)	65					
Tj Max (degreeC)	120					
Luminous Flux (lm)	Min.	Typ.	Max.			
	18.0	25.9	30.3			
Forward Voltage V _F (V)	2.40	2.90	3.30			
Color Rank	sw27					
Junction Temperatur T _j (degreeC)	51.6					
Cost per LED						\$
Optical Efficiency Loss (%)	19.3					
Electrical Efficiency Loss (%)						
LED Multiple	12					
Total Cost	0.000					\$
Forward Current I _{FP} (mA)	Im	VF	lm/W	W	lm/\$	
	input	200mA Max.	27.18	2.93	-	-
	10	40.4	31.53	128	0.315	
	15	60.7	31.91	127	0.479	
	20	80.9	32.26	125	0.645	
	30	121.0	32.88	123	0.987	
	40	160.3	33.43	120	1.337	
	50	198.7	33.91	117	1.696	
	65	254.3	34.56	113	2.247	
	75	290.1	34.96	111	2.622	
	80	307.6	35.16	109	2.813	
	100	375.7	35.92	105	3.592	
	120	441.8	36.67	100	4.400	
	150	540.2	37.80	95	5.670	
	180	639.7	38.89	91	7.001	
	200	705.2	39.58	89	7.916	

input I _{FP}	110 mA				
Im	VF	lm/W	W	lm/\$	
408.9	36.29	102	3.992		

Info

图 9. LED 筒灯 再试算结果

再次将图 9 中的再试算结果与实测结果相比较。

表 8. 再试算结果确认

	试算结果	实测结果	差
日光灯光通量	409lm	409lm	0%
日光灯光效	102lm/W	101lm/W	-1.0%

根据上图，筒灯的再试算结果和实测结果的光通量完全一致，光效的差异也很小，因此可以说是按照试算进行了设计。

6. 最后

在 LED 灯具的设计中，为了确认 LED 设计的适当性，请按照本应用指南中的方法对试算值和实测值进行比较。

关于本试算工具的正确性，所得结果和在电路板安装状态下的试算结果基本一致，但是灯具状态下试算结果有可能出现差异，这是因为灯具的材料和构造可能导致光学损失和电学损失，因此在试算前应该对各损失量进行调查。

另外灯具构造等导致测量受到影响时，最好在电路板安装状态下进行试算和测量。

在本应用指南的 LED 结温计算中，热阻 $R_{\theta JS}$ 使用了规格书中的标准值，但是在实际使用中产品的特性存在偏差。通常情况下 LED 具有结温越高光输出越低的特性，因此在灯具设计中，将目标光通量设定为即使热阻为最大值（热量的最大条件）时也可以达到的数值。另外在设定正向电压和光通量时，也不一定使用各分档的标准值，让设计达到即使 LED 特性在分档内偏小或偏大，灯具特性也不会超过容许范围的目的。

免责声明

本应用指南由日亚提供，是日亚制作及管理的技术参考资料。

在使用本应用指南时，应注意以下几点。

- 本应用指南中的内容仅供参考，日亚并不对其做任何保证。
- 本应用指南中记载的信息只是例举了产品的代表性能和应用例，并不代表日亚对日亚及第三者的知识产权及其他权利进行保证，也不代表同意对知识产权授权。
- 关于本应用指南内容，虽然日亚有注意保证其正确性，但是日亚仍然不能对其完整性，正确性和有用性进行保证。
- 因本应用指南的利用、使用及下载等所受的损失，日亚不负任何责任。
- 本应用指南的内容可能被日亚修改，并且可能在变更前、后都不予通告。
- 本应用指南的信息的著作权及其他权利归日亚或许可日亚使用的权利人所有。未经日亚事先书面同意，禁止擅自转载、复制本应用指南的部分或所有内容等（包括更改本应用指南内容进行转载、复制等）。