隔热检查计算书

公共建筑

工程名称	饶平县消防救援大队备勤楼
工程地点	广东-潮州
设计编号	
建设单位	饶平县消防救援大队
设计单位	广东新长安建筑设计院有限公司
设 计 人	林楷
校 对 人	陈嘉昱
审 核 人	蔡可斌
计算日期	2021 年 9 月 13 日

采用软件	浙江分节能设计 BECS2020
软件版本	20191010
研发单位	北京绿建软件有限公司
正版授权码	SP57DBB0AC

中华人民共和国一级注册建筑师 姓名：陈顺发 注册号：4400254-001 有效期：至2022年6月

广东省建设工程勘察设计出图专用章
单位名称：广东新长安建筑设计院有限公司
业务范围：建筑行业（建筑工程）甲级
资质证书编号：A144002549
有效期至：2023年07月20日

广东省建设工程施工图设计文件审查专用章
机构名称：广东建工审图咨询有限公司
机构类别：一类房屋建筑 备案证书编号：19074
业务范围：房屋建筑(含超限高层)工程
有效期至：2023年10月23日

目 录

1 建筑概况.....3
2 评价依据.....3
3 评价目标与方法.....3
3.1 评价目标.....3
3.2 评价方法.....3
4 边界条件参数设置.....4
4.1 基本设置.....4
4.2 室外空气温度.....5
4.3 室外太阳辐射照度.....5
4.4 室内空气温度.....6
5 工程材料.....6
6 工程构造.....7
6.1 屋顶构造.....7
6.1.1 SLX60 挤塑板复合隔热砖 60+细石混凝土 40＋钢筋砼 120.....7
6.2 外墙构造.....8
6.2.1 加气砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30.....8
6.3 热桥柱构造.....9
6.3.1 钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30.....9
6.4 热桥梁构造.....10
6.4.1 钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30.....10
7 验算结论.....11
7.1 自然通风房间.....11

1 建筑概况

工程名称	饶平县消防救援大队备勤楼	
工程地点	广东-潮州	
地理位置	北纬：23.68°	东经：116.63°
气候子区	夏热冬暖南区	
大气透明度等级	5	
建筑面积	地上 816 ㎡　　地下 0 ㎡	
建筑层数	地上 4　　地下 0	
建筑高度	13.8m	
结构类型	框架结构	

2 评价依据

1. 公共建筑节能设计标准 GB50189-2015
2. 《民用建筑热工设计规范》(GB50176-2016)
3. 《绿色建筑评价标准》 GB/T 50378-2014
4. 《绿色建筑评价技术细则（试行）》
5. 施工图、设计说明、节能计算书

3 评价目标与方法

3.1 评价目标

1. 依据《民用建筑热工设计规范》和《绿色建筑评价标准》的要求和规定，屋顶和外墙的隔热性能应满足要求。
2. 通过房间围护结构的内表面温度计算，判断是否不大于《民用建筑热工设计规范》给出的内表面最高温度。

3.2 评价方法

1. 在给定两侧空气温度及变化规律的情况下，外墙内表面最高温度应符合表3.2.1的要求：

表 3.2.1 外墙内表面最高温度的限值

房间类型	自然通风房间	空调房间	
		重质围护结构（D≥2.5）	轻质围护结构（D＜2.5）
内表面最高温度 $\theta_{i,max}$	≤ $t_{e.max}$	≤t_i+2	≤t_i+3

2. 在给定两侧空气温度及变化规律的情况下，屋面内表面最高温度应符合表3.2.2的要求：

表 3.2.2 屋顶内表面最高温度的限值

房间类型	自然通风房间	空调房间	
		重质围护结构	轻质围护结构

		（D≥2.5）	（D＜2.5）
内表面最高温度 $\theta_{i,max}$	≤ $t_{e.max}$	≤t_i+2.5	≤t_i+3.5

表中：$\theta_{i\cdot max}$—围护结构内表面最高温度（℃），应按《民用建筑热工设计规范》 GB50176-2016附录C.3 的规定计算；

t_i—室内空气温度，（℃）。

$t_{e.max}$—累年日平均温度最高日的最高温度（℃），应按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016配套软件气象数据取用。

3. 外围护结构内表面最高温度按照规范《民用建筑热工设计规范》(GB50176-2016)附录C.3 的规定计算：

1) 按式 3.2.3-1 建立常物性、无内热源的一维非稳态导热的内部微分方程，微分方程的求解可采用有限差分法：

$$\frac{\partial t}{\partial \tau}=\alpha\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (3.2.3\text{-}1)$$

式中：$\frac{\partial t}{\partial \tau}$ —温度对于时间的导数，℃/s。

α—材料的导温系数，$\alpha=\frac{\lambda}{\rho C}$，$m^2/s$。

2) 按式 3.2.3-2 建立第三类边界条件隐式差分格式边界节点方程（边界节点 1，节点 n 可参照）：

$$-\frac{\lambda}{\Delta x}\left(t_1^k-t_2^k\right)+\alpha\left(t_f^k-t_1^k\right)+\rho_s I^k=C_p\rho\frac{\Delta x}{2}\cdot\frac{t_1^k-t_1^{k-1}}{\Delta\tau} \quad (3.2.3\text{-}2)$$

式中：C_p—材料的比热， J /(kg·K)；

ρ—材料的密度，kg/m^3；

α—材料的导温系数，$\alpha=\frac{\lambda}{\rho C}$，$m^2/s$；

Δx—差分步长，m；

λ—材料的导热系数，[W/(m·K)]；

t_f^k—对流换热温度，℃。

3) 按式 3.2.3-3 列出各内部节点和边界点的节点方程，并求解节点方程组得到外墙、屋顶内表面温度值。

$$t_i=\sum_{j=1}^{n}a_{ij}t_j+c_i \ ,i=1,2,\ldots\ldots n \quad (3.2.3\text{-}3)$$

式中： t_i—差分节点温度值，℃。

4 边界条件参数设置

4.1 基本设置

公式及变量	变量名	数值	说明
（一）内表面边界条件（第三类边界条件）			

$t_{f,1}$	夏季室内温度，℃		按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3.2 条的规定取值。
h_1	室内侧对流换热系数，W/(m²·K)	8.7	按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B.4.1，表 B.4.1-1 取值。
（二）外表面边界条件（第三类边界条件）			
h_{n+1}	室外侧对流换热系数，(m²・K)	19.0	按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B.4.1，表 B.4.1-2 取值。
t_{sh}	室外空气逐时温度，℃		按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 配套软件气象数据取用。
I^k	表面法向太阳总辐射强度，包括直射和散射，W/m²		按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 配套软件气象参数取值。
ρ_s	外表面太阳辐射吸收系数		根据工程构造取值。

4.2 室外空气温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
29.60	29.30	29.00	28.60	28.20	28.30	28.00	29.00	30.70	32.00	34.00	34.10
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
37.00	38.00	37.50	37.00	37.00	35.50	34.00	33.00	31.90	32.00	31.00	31.00

注：气象数据参考 广东-汕头

4.3 室外太阳辐射照度

变量	变量名	公式来源
I^k	表面法向太阳总辐射强度，包括直射和散射，W/ m²	按《民用建筑热工设计规范 GB 50176-2016》配套软件气象数据取用。

时刻\朝向	东	南	西	北	水平
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	20.34	10.82	11.69	5.82	20.70
6:00	134.62	59.28	65.97	31.94	134.00
7:00	247.59	124.75	126.09	73.92	283.50
8:00	384.11	179.54	177.82	112.81	495.10
9:00	397.98	237.30	214.97	159.42	652.10

10:00	357.26	291.19	249.14	202.33	782.50
11:00	251.66	299.92	251.66	206.52	780.50
12:00	276.04	322.77	394.58	224.09	862.70
13:00	251.68	278.00	464.66	186.72	761.40
14:00	227.07	223.88	520.58	140.19	661.20
15:00	166.50	154.92	368.44	89.11	399.40
16:00	112.87	95.27	250.43	48.86	236.30
17:00	46.82	31.61	111.36	11.79	87.10
18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：气象数据参考 广东-汕头

4.4 室内空气温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
32.07	31.35	30.79	30.44	30.32	30.44	30.79	31.35	32.07	32.91	33.82	34.73
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
35.57	36.30	36.85	37.20	37.32	37.20	36.85	36.30	35.57	34.73	33.82	32.91

5 工程材料

材料名称	导热系数λ	蓄热系数 S	密度ρ	比热容 Cp	蒸汽渗透系数 u	备注
	W/(m.K)	W/(㎡.K)	kg/m³	J/(kg.K)	g/(m.h.kPa)	
水泥砂浆	0.930	11.370	1800.0	1050.0	0.0210	来源:《民用建筑热工设计规范（GB50176-93）》
钢筋混凝土	1.740	17.200	2500.0	920.0	0.0158	来源:《民用建筑热工设计规范（GB50176-93）》
加气混凝土砌体	0.220	3.601	700.0	1158.0	0.0000	蒸汽渗透系数没有给出
碎石、卵石混凝土(ρ=2100)	1.280	13.410	2100.0	920.0	0.0000	
石灰砂浆	0.810	9.948	1600.0	1050.0	0.0000	

石灰水泥砂浆（混合砂浆）	0.870	10.627	1700.0	1050.0	0.0000	
SLX60 挤塑板复合隔热砖	0.058	1.750	850.0	854.2	0.0000	备注：修正系数 1.00
加气混凝土、泡沫混凝土(ρ=500)	0.190	2.693	500.0	1050.0	0.1110	蒸汽渗透系数为测定值
复合硅酸盐保温砂浆	0.075	1.190	350.0	742.0	0.0000	

6 工程构造

6.1 屋顶构造

6.1.1 SLX60 挤塑板复合隔热砖 60+细石混凝土 40＋钢筋砼 120

材料名称 由外到内	厚度	差分步长	导热系数	蓄热系数	修正系数	热阻	热惰性指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(㎡.K)	α	(㎡ K)/W	D=R*S
SLX60 挤塑板复合隔热砖	48	4.0	0.058	1.750	1.20	0.690	1.448
碎石、卵石混凝土(ρ=2100)	40	10.0	1.280	13.410	1.00	0.031	0.419
水泥砂浆	10	10.0	0.930	11.370	1.00	0.011	0.122
加气混凝土、泡沫混凝土(ρ=500)	50	8.3	0.190	2.693	1.00	0.263	0.709
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
钢筋混凝土	120	12.0	1.740	17.200	1.00	0.069	1.186
石灰砂浆	0	0.0	0.810	9.948	1.00	0.000	0.000
各层之和∑	288	—	—	—	—	1.085	4.129
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.70						
传热系数 K=1/(0.16+∑R)	0.80						
重质/轻质	重质围护结构						

6.1.1.1 自然通风房间：逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
34.93	34.58	34.23	33.90	33.62	33.41	33.27	33.22	33.25	33.37	33.56	33.82
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.13	34.47	34.83	35.16	35.46	35.70	35.86	35.93	35.89	35.76	35.55	35.26

6.2 外墙构造

6.2.1 加气砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30

材料名称 由外到内	厚度	差分 步长	导热 系数	蓄热 系数	修正 系数	热阻	热惰性 指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(㎡.K)	α	(㎡ K)/W	D=R*S
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
加气混凝土砌体	200	7.7	0.220	3.601	1.25	0.727	3.274
复合硅酸盐保温砂浆	30	7.5	0.075	1.190	1.00	0.400	0.476
石灰水泥砂浆（混合砂浆）	20	10.0	0.870	10.627	1.00	0.023	0.244
各层之和∑	270	—	—	—	—	1.172	4.238
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.60						
传热系数 K=1/(0.16+∑R)	0.75						
重质/轻质	重质围护结构						

6.2.1.1 自然通风房间：东向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.58	32.86	32.22	31.71	31.36	31.19	31.21	31.41	31.78	32.31	32.94	33.66
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.41	35.14	35.79	36.32	36.69	36.88	36.87	36.67	36.28	35.73	35.07	34.33

6.2.1.2 自然通风房间：西向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.69	32.97	32.33	31.81	31.45	31.27	31.28	31.47	31.84	32.35	32.97	33.67
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.39	35.08	35.71	36.23	36.61	36.83	36.86	36.70	36.35	35.83	35.18	34.45

6.2.1.3 自然通风房间：南向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.52	32.81	32.18	31.67	31.32	31.16	31.18	31.38	31.76	32.28	32.91	33.61
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.34	35.04	35.68	36.20	36.58	36.77	36.77	36.58	36.20	35.66	35.00	34.27

6.2.1.4 自然通风房间：北向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.40	32.70	32.08	31.58	31.24	31.08	31.11	31.33	31.71	32.23	32.86	33.56
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.28	34.98	35.60	36.11	36.47	36.65	36.65	36.44	36.06	35.52	34.87	34.14

6.3 热桥柱构造

6.3.1 钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30

材料名称 由外到内	厚度	差分 步长	导热 系数	蓄热 系数	修正 系数	热阻	热惰性 指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(㎡.K)	α	(㎡ K)/W	D=R*S
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
钢筋混凝土	200	12.5	1.740	17.200	1.00	0.115	1.977
复合硅酸盐保温砂浆	30	7.5	0.075	1.190	1.30	0.308	0.476
石灰水泥砂浆（混合砂浆）	20	10.0	0.870	10.627	1.00	0.023	0.244
各层之和∑	270	—	—	—	—	0.467	2.942
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.60						
传热系数 K=1/(0.16+∑R)	1.60						
重质/轻质	重质围护结构						

6.3.1.1 自然通风房间：东向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.76	33.07	32.46	31.97	31.64	31.47	31.48	31.66	32.00	32.51	33.15	33.88
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.64	35.37	36.01	36.54	36.91	37.09	37.07	36.86	36.46	35.90	35.23	34.50

6.3.1.2 自然通风房间：西向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.96	33.26	32.63	32.13	31.78	31.60	31.60	31.77	32.10	32.57	33.16	33.83
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.53	35.22	35.86	36.41	36.85	37.12	37.18	37.03	36.66	36.12	35.45	34.71

6.3.1.3 自然通风房间：南向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.66	32.97	32.37	31.89	31.56	31.40	31.41	31.59	31.94	32.42	33.02	33.71
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.43	35.13	35.78	36.32	36.71	36.91	36.91	36.70	36.31	35.76	35.10	34.38

6.3.1.4 自然通风房间：北向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.44	32.77	32.19	31.72	31.41	31.26	31.28	31.47	31.82	32.31	32.90	33.57
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.27	34.96	35.58	36.09	36.46	36.64	36.63	36.42	36.03	35.49	34.85	34.15

6.4 热桥梁构造

6.4.1 钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30

材料名称 由外到内	厚度	差分步长	导热系数	蓄热系数	修正系数	热阻	热惰性指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(㎡.K)	α	(㎡ K)/W	D=R*S
水泥砂浆	20	10.0	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
钢筋混凝土	200	12.5	1.740	17.200	1.00	0.115	1.977
复合硅酸盐保温砂浆	30	7.5	0.075	1.190	1.30	0.308	0.476
石灰水泥砂浆（混合砂浆）	20	10.0	0.870	10.627	1.00	0.023	0.244
各层之和∑	270	—	—	—	—	0.467	2.942
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.60						
传热系数 K=1/(0.16+∑R)	1.60						
重质/轻质	重质围护结构						

6.4.1.1 自然通风房间：东向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.76	33.07	32.46	31.97	31.64	31.47	31.48	31.66	32.00	32.51	33.15	33.88
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.64	35.37	36.01	36.54	36.91	37.09	37.07	36.86	36.46	35.90	35.23	34.50

6.4.1.2 自然通风房间：西向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.96	33.26	32.63	32.13	31.78	31.60	31.60	31.77	32.10	32.57	33.16	33.83
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.53	35.22	35.86	36.41	36.85	37.12	37.18	37.03	36.66	36.12	35.45	34.71

6.4.1.3 自然通风房间：南向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.66	32.97	32.37	31.89	31.56	31.40	31.41	31.59	31.94	32.42	33.02	33.71
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.43	35.13	35.78	36.32	36.71	36.91	36.91	36.70	36.31	35.76	35.10	34.38

6.4.1.4 自然通风房间：北向逐时温度

0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
33.44	32.77	32.19	31.72	31.41	31.26	31.28	31.47	31.82	32.31	32.90	33.57
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.27	34.96	35.58	36.09	36.46	36.64	36.63	36.42	36.03	35.49	34.85	34.15

7 验算结论

7.1 自然通风房间

类型	构造	最高温度(℃)	限值(℃)	结论
屋顶	上:SLX60 挤塑板复合隔热砖 60+细石混凝土 40＋钢筋砼 120	35.93	38.00	满足
外墙	东:加气砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	36.90	38.00	满足
	西:加气砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	36.87	38.00	满足
	南:加气砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	36.80	38.00	满足
	北:加气砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	36.67	38.00	满足

热桥柱	东:钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	37.11	38.00	满足
	西:钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	37.18	38.00	满足
	南:钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	36.93	38.00	满足
	北:钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	36.66	38.00	满足
热桥梁	东:钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	37.11	38.00	满足
	西:钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	37.18	38.00	满足
	南:钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	36.93	38.00	满足
	北:钢筋砼 200+复合硅酸盐保温砂浆 30	36.66	38.00	满足