

冰场设计文件

1 冰场基本设计准则

1.1 设计标准

夏季空调室外计算干球温度: 31.5 °C

夏季空调室外计算湿球温度: 23.8 °C

冬季空调室外计算干球温度: -12.8 °C

夏季空调室内计算干球温度: 26 °C

夏季空调室内计算相对湿度: 60%

冬季空调室内计算干球温度: 20 °C

冬季空调室内计算相对湿度: 45%

冰场设计标准：满足全年不同公众滑冰

冰表面积：约 1738 平方米 (60 米 x 30 米，圆角半径 8.5 米)

冰面可容纳人数：约 600 人

冰层厚度：40mm

表面温度：-5°C

形成厚度为 40 毫米冰所需的时间：48 小时

1.2 制冷系统要求

冷媒：R404a

系统型式：间接系统

二次冷媒：乙二醇

乙二醇温度：-11.7 °C / -14.2 °C

乙二醇布管：采用大流量系统

热回收系统：独立热回收系统，提供 22°C 至 25°C (可调节)热水给冰场防结露系统。

制冷系统控制：中央微机控制系统，并采用 9 个冰底温度感应器，5 个加热层温度传感器，冰场天花设置 5 个红外线温度传感器，4 层天花设置 2 个温度传感器，均采用矩阵式布置。

冷媒管道：无缝钢管

我司采用无缝钢管埋于沙层中，在防水层与无缝钢管冷冻排管之间增加钢筋混凝土层。

1.3 溜冰场本体结构承重要求

a. 固定负载

(1) 冰场区域固定荷载

内容	主管坑以外的冰场	
	厚度,mm	重量,kg/m
冰层	40	37
砂层和乙二醇管排	40	72
混凝土层	80	192
防水油毡层/水泥砂浆	60	112
保温层及防潮层	100	7
混凝土层和热水管道	80	192
总计	400	614

(2) 主管沟固定荷载

内容	主管沟	
	厚度,mm	重量,kg/m
冰层	40	37
砂层和乙二醇管排	40	72
砂层	440	792
混凝土层	80	192
防水油毡层/水泥砂浆	60	112
保温层及防潮层	100	7
混凝土层和热水管道	80	192
总计	840	1410

容重：冰 921 kg/m³，湿砂 1800 kg/m³，混凝土 2400 kg/m³，水泥砂浆 1800 kg/m³，保温 50 kg/m³

建议固定负载主管坑以 14.5kPa 计算，主管沟外的冰场范围则以 6.5 kPa 计算。

b. 冰车及溜冰者等活载

假设用户选择 ZAMBONI 550(前倒雪式)扫冰车,其使用重量最低 5148kg，一般重量 5806kg，前轮共承重 2903 kg，后轮共承重 2903 kg。前后轮距 1956 mm，左右轮距 1372mm，在冰场上的活载可忽略不计，但请考虑以上数据来设计泊冰车及冰场至泊冰车的路线段的负载要求。

溜冰者数量 600 人，假设最高平均重量 80 kg，共重 48,000 kg，平均冰场上的活载约是 33.7 kg/m²。但冰场将来因应不同活动而会有可能临时搭建如看台等设施，活载设计建议不低于 5 kPa。

主管外的冰场范围：固定负载 614 kg/m²(建议采用 6.5KPa),活负载建议 5KPa;

主管范围：固定负载 1410 kg/m²(建议采用 14.5KPa),活负载建议 5KPa;

1.4 用水量要求

冷却塔：0.4 l/s, DN50mm 加水管接头；

制冷机房：1/s(只需间歇使用), DN32mm 加水管接头；

扫冰车的加水缸：1.1 l/s, DN32mm 加水管接头；

总用水量一般最高是 $0.4\text{ l/s} + 1.1\text{ l/s} = 1.5\text{ l/s}$

1.5 排水要求

在冷却塔及制冷机房设地台排水口；

在主管进入冰场区域外侧管沟设置 DN100mm 排水口连保温；

在溶冰池底及扫冰车位置设 DN100mm 排水口连保温。

1.6 供电要求

制冷机房电屏：1250 A，380V/3ph/50Hz

1.7 照明最低要求照明度

在扫冰车停泊地方为 300 lux

在冰场范围假设为 500 lux

在机房内一般为 150 lux

在控制屏等维修地方为 300 lux

1.8 通风要求

本工程将选用充车式扫冰车，冰场内空调通风需提供共 4 立方米/秒鲜风量；

机房的通风要求是 20AH/H约 4 立方米/秒。

1.9 空调要求

夏季室内温度：25℃，夏季室内相对湿度:60% RH

冬季室内温度：20℃，冬季室内相对湿度:45% RH

2 技术方案

2.1 制冷负荷计算

制冷量的计算必须考虑三个不同的操作情况，即保持冰块的制冷负荷，初次注水凝成冰块的制冷负荷和扫冰后再凝结冰块的制冷负荷。

1、保持冰块情况下，制冷要求包括：

- A. 地传导热量，由下层穿过地坪及保温传至冰场
- B. 溜冰者所产生的热量
- C. 水泵及管道的热损失为所有其他热负荷的 10%
- D. 与冰场上空气的热交换量
- E. 辐射热负荷量

所需的制冷量总结如下表:

序号	内容	制冷系统制冷负荷(kW)
A	地传热量	17.72
B	溜冰者所产生热量	150
C	水泵及管道的热损失	61.65
D	与冰场上空气的热量	295.85
E	辐射热负荷	
E.1	假天花及其它环境辐射	117.04
E.2	灯光	21
E.3	玻璃幕墙辐射	16 . 5
总结		677.9kW

2、冻成冰块或在扫冰的情况下，制冷要求包括:

- A. 地传导热量，由下层穿过地坪及保温传至冰场
- B. 水泵及管道的热损失为所有其他热负荷的 10%
- C. 与冰场上空气的热交换量换
- D. 辐射热负荷量
- E. 水结成冰的热负荷量
- F. 冻成冰块时混凝土热负荷量
- G. 扫冰后再凝结冰块的热负荷量

所需的制冷量总结如下表:

序号	内容	扫成冰块（一天预冷及试车，两天制冰）	扫冰时
----	----	--------------------	-----

		制冷负荷, kW	制冷负荷, kW
A	地传热量	17.21	17.21
B	水泵及管道的热损失	73.87	64.4
C	与冰场上空气的热量	295.85	260.05
D	假天花及其它环境辐射	117.04	100.69
	灯光	21	21
	玻璃幕墙辐射	16.5	14.81
E	水结成冰的热负荷量	198.47	--
F	冻成冰块时混凝土热负荷量	72.78	--
G	扫冰(扫冰时间 20 分钟凝结成冰)		230.30
总结 (kW)		812.57	708.3

3、制冷负荷详细计算

溜冰场的制冷负荷的计算，可以分为两种情况：

保持冰块的情况下

冻成冰块或在扫冰的情况下

1) 保持冰块情况下：

- A. 地传导热量
- B. 溜冰者所产生的热量
- C. 水泵及管道的热损失为所有其他热负荷的 10%
- D. 与冰场上空气的热交换量
- E. 辐射热负荷量

其中 A, B, D及 E都是经由冰面传至制冷系统，但 C是不经冰面传导的热量，所以计算冰场制冷负荷不需计算 C，但计算制冷系统的制冷负荷时就要包括 C。

A. 地传导热量

热力会由热水排管经过四楼地坪、保温等，传至冰场，计算的方法如下：

乙二醇排管平均温度	:	-12.95℃ 最低 (-14 .2/-11.7℃)
混凝土的 k 值	:	0.93 W/m℃，总厚度 260mm
保温（聚苯乙烯）的 k 值	:	0.028 W/m℃，厚度 100mm
水泥砂浆的 k 值	:	0.72 W/m℃，厚度 60mm
热水排管温度	:	20℃
总热传导系数	=	$\frac{1}{\frac{0.1}{0.028} + \frac{0.260}{0.93} + \frac{0.06}{0.72}} = 0.255\text{W/m}^2\text{℃}$
地传导热量	=	0.255W/m²℃ x 1738m² x (26+12.95)℃=17.21kW

B. 所产生的热量

溜冰人数	=	600 人
------	---	-------

发出热量	=	600 人 x 250W/ 人=150 kW
------	---	------------------------

C. 水泵及管道的热损失为所有其他热负荷的 10%

D. 与冰场上空气的热交换

这热交换会受空气的温度和湿度，与冰场上空气的流动速度所影响，计算方法如下：

h	=	3.41 + 3.55V
Qcv	=	[h (ta-ti) + K(Xa-Xi) x 2852kJ/kg x 18kg/mol] x 冰场面积
h	=	热对流传导系数
V	=	冰场上空气风速 =0.2m/s, 假设空调系统等不会把风直接吹至冰场内, 这对冰场的制冷负荷影响最大, 需特别注意。
ta	=	空气温度 = 26 °C
ti	=	冰温 = -5 °C
Xa	=	冰面上空气中水蒸气的克份子比例, kg mol/kg mol 0.0076 (3 °C)
Xi	=	冰面上饱和空气的水蒸气的克份子比例 =0.004 kg mol/kg mol (-5 °C)
K	=	份子流动系数 = 0.23g/ (s.m2)
Qcv	=	[(3.41+3.55x0.2) x (26+5) + 0.23 x (0.0076-0.004) x (2852) x (18)] x 1738m ² =295.85kW
当扫冰时，冰面大部份温度为0℃，与空气的热交换		
Qcu	=	260.05kW

E辐射热负荷

因为冰场表面的温度低,所以冰场环境的其他地方都会经辐射传导把热力传至冰面，成为冰场的制冷负荷。

以现在冰场环境的设计，辐射有两种源头：

i .假天花的辐射热

辐射热 Qri	=	Acfci σ (Tc ⁴ -Ti ⁴)
fci	=	[$\frac{1}{Fci}$ + ($\frac{1}{\xi \text{ c}}$ -1) + $\frac{Ac}{Ai}$ ($\frac{1}{\xi \text{ i}}$ -1)] ⁻¹
Ac	=	天花面积，1738m²
Ai	=	冰面面积，1738m²
ξ c	=	辐射系数（天花，包括玻璃及铝板天花），因天花材料及玻璃材料未定案，现假设为平均 0.9
ξ i	=	辐射系数（冰面）, 0.95
Fci	=	辐射角度系数，0.45
σ	=	5.67 x 10 ⁻⁸ W/ m ² K ⁴
Tc	=	天花温度，26℃
Ti	=	冰面温度，-5 °C
fci	=	[$\frac{1}{0.45}$ + $\frac{1}{0.9}$ -1) + $\frac{1738}{1738}$ ($\frac{1}{0.95}$ -1)] -1=0.42

辐射热 qr2	=	$1738 \times 0.42 \times 5.67 \times 10^{-8} \times (297^4 - 268^4) / 1000 = 117.04 \text{ kW}$
辐射热 qr2 (扫冰时)	=	100.69kW

ii.灯光的辐射热

灯光的辐射热的多少会因为用不同的灯和所需的照明度而改变, 以每平方米 20w 计算照明度, 用电量为 34.8 kW , 约 60%的能量会经由辐射传至冰面, 即共约 21kW。

iii.玻璃幕墙辐射

玻璃幕墙面积 (m²)	847	847
冰面面积 (m²)	1738	1738
玻璃及遮阳幕帘辐射系数	0.9	0.9
冰面辐射系数	0.95	0.95
辐射角度系数	0.09	0.09
斯蒂芬- 波尔兹曼常数	5.67E-08	5.67E-08
天空温度 (°C)	35.2	35.2
绝对温度 (K)	308.2	308.2
冰面温度 (°C)	-5	0
绝对温度 (K)	268	273
辐射系数的倒数	11.24	11.24
辐射系数	0.09	0.09
辐射热	16.5	14.81
状况	结冰	(扫冰)

2) 冻成冰块或在扫冰的情况下

冻成冰块所需的制冷量可分为：

- A. 地传导热量
- B. 水泵及管道的热损失为所有其他热负荷的 10%
- c. 与冰场上空气的热交换量换
- D. 辐射热负荷量
- E. 水结成冰的热负荷量
- F. 冻成冰块时混凝土及沙中的水的热负荷
- G. 扫冰的热负荷量

其中 A, C, D, E, F及 G 都是经由冰面传至制冷系统，但 B 是不经冰面传导的热量，所以计算冰场制冷负荷不需计算 B，但计算制冷系统的制冷负荷时就要包括 B。

- A. 地传导热量 = 17.21kW。
- B. 水泵及管道的热损失为所有其他热负荷的 10%。
- C. 与冰场上空气的热交换 = 295.85 kW。
- D. 辐射热负荷

i.	天花的辐射量	=	117.04 kW (当初次结冰，冰温在平均-5℃时)
		=	100.69 kW (当扫冰，冰温在平均0℃时)
ii.	灯光的辐射热	=	21 kW
iii.	玻璃幕墙辐射	=	16.5 kW (当初次结冰，冰温在平均-5℃时)
		=	14.81 kW (当扫冰，冰温在平均0℃时)

E. 水结成冰的热负荷

总结冰时间 48 小时

结冰时的热负荷= $\frac{1738\text{m}^2 \times 0.05\text{m} \times (4.2 \times 20 + 334 + 2.1 \times 5) \times 921\text{kg/m}^3}{48 \times 3600}$

=198.47kW

F.冻成冰块时混凝土、沙中的热负荷：

场地初次温度 = 20℃

混凝土及沙总厚度 = 180mm

$\frac{1738\text{m}^2 \times 0.18\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3 \times 0.67\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times (20+5)^\circ\text{C}}{48 \times 3600} = 72.78\text{kW}$

G. 扫冰的热负荷

扫冰时冰面表层的冰会被刨走，同时间扫冰车会加水至冰场，以下以 55℃的水计算，每次扫冰时加水约 0.3mm 厚，即每次扫冰加水 521.4 升水。

整个扫冰及结冰的时间约为 20 分钟，扫冰的热负荷计算如下

热负荷 = $\frac{521.4 \times (4.2 \times 55 + 334 + 2.1 \times 5)}{20 \times 60}$

= 230.30kW

在其他的工况下，计算方法类同，以下选取 2 种极端情况，其结果总结如下：

工况	结冰时	扫冰时	保持冰块时	操作情况
夏天 :26℃ /60% 室内 31.5℃ 室外	812.57kW	708.3kW	677.9kW	因冰场为绝大多数处于扫冰和保持冰块阶段，结冰时开

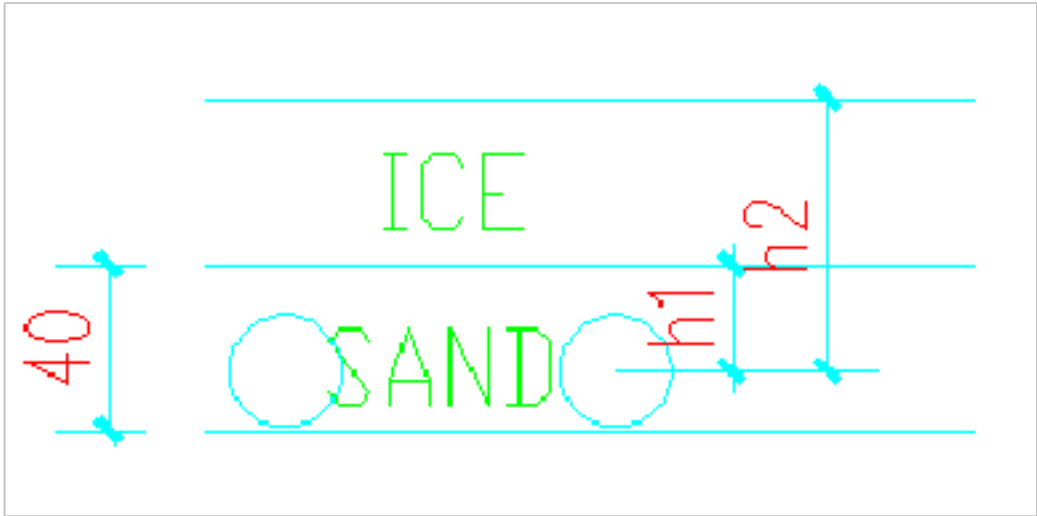
				启三台制冰主机，扫冰和保持冰块阶段时，只需开启两台主机。单台主机制冷量为380.8kW COP2.06
--	--	--	--	---

4、乙二醇管设计计算

乙二醇管的热传导基本上是一个二维空间的热传导方式。

1) 设计数据如下：

- A. 冰面面积 = 1738m（60 米 x 30 米，圆角半径 8.5 米）
- B. 制冷量要求 = 677.9 kW（保持冰块）
- C. 乙二醇管设计，外径约 27mm，间距 80mm，冰面温度-5℃（保持冰块）
- D. 空气温度 26℃
- E. 冰厚以一般操作时沙面 50mm 计算（管上沙层 10mm，冰厚 40mm）
- F. 热传导系数 U



制冰层结构示意图

- F.1 L 排管间距 80mm
 - F.2 h1 排管中心与冰底面距离 m，0.02
 - F.3 h2 排管与冰面上沿距离 m，0.06
 - F.4 k1 砂的导热系数 W/ m.K, 4
 - F.5 k2 冰的导热系数 W/ m.K, 2.25
- 热传导系数 U 计算：U=44.55W／m2K。
- 2) 总结
- 在本设计中，在计算保持冰块时热传导要求时，无须计算水泵及管道的热损失；（因水泵及管道的热损失不经冰的热传导），即减去 61.65kW ，所以热传导要求是 (677.9kW - 61.65kW) / 1738 m2 = 355 W ／m2。

要维持冰面在 -5°C ，乙二醇与冰面温度差应为 $355 / 44.55 = 7.95^{\circ}\text{C}$ ，所以乙二醇平均应为 -12.95°C ，即温差 7.95°C ，乙二醇设计温度 $-11.7^{\circ}\text{C} / -14.2^{\circ}\text{C}$ ，当初次结冰时，乙二醇设计温度将 $-12.5^{\circ}\text{C} / -15^{\circ}\text{C}$ 。

5、地层保温材料设计计算

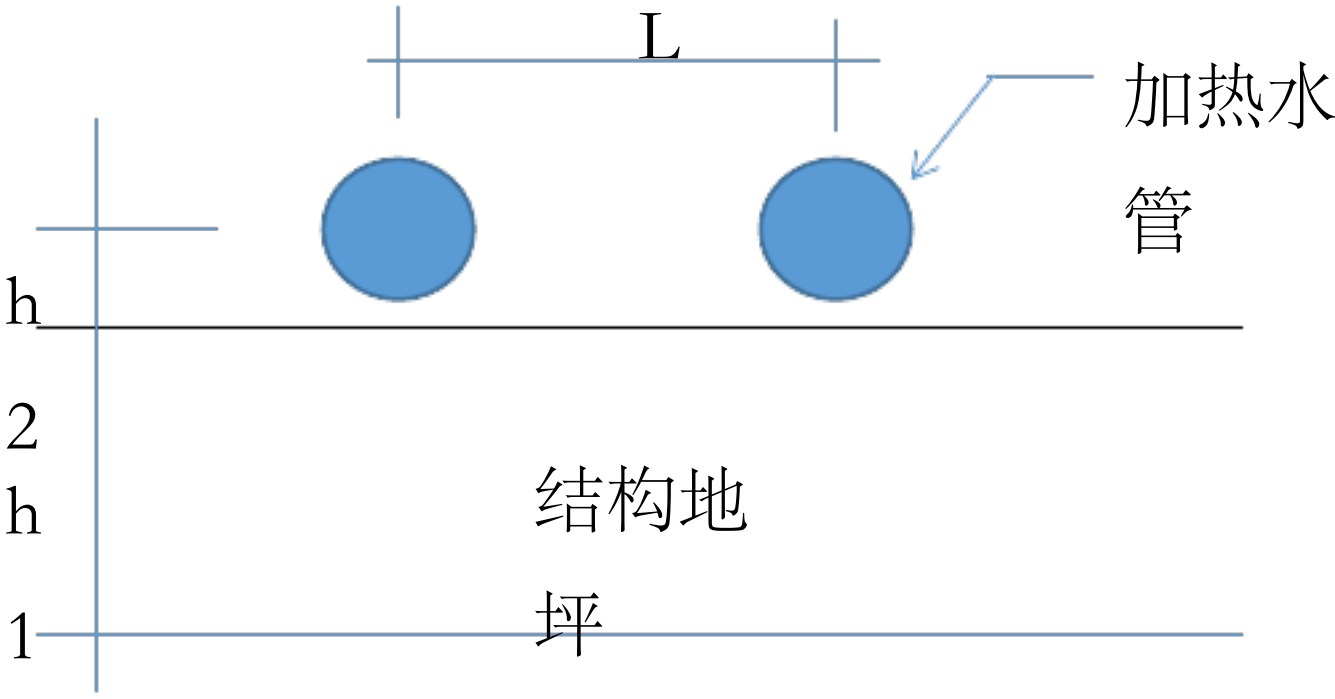
地坪保温以在冰场下层不会有结露现象为标准，并计算其热传导。假设在下层最差的空气情况是 28°C ，90%RH (即春天时没有空调的情况)，假设采用挤塑式聚苯乙烯保温，厚度是 T ，楼底表面温度 t ，热传导率 $0.028 \text{ W/m}^2\text{K}$ 。

标板与下层空气的热交换是 $9.26 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (根据 ASHRAE 标准)，楼板与空气的热交换 $= 9.26 \text{ W/m}^2\text{k}(28^{\circ}\text{C} - t)$ 。若要在 28°C 干球，90%RH 的环境下不结露，楼板的表面温度须高于 26.2°C 。

通过上述条件计算 $T=0.066\text{m}$ ，即 70mm 或以上。故我司建议地坪保温采用 100mm 挤塑式聚苯乙烯，以此保温厚度，在干燥气候可无需启动地坪加热，节省电力。

6、防结露加热水设计计算

加热水满足地坪温度不小于 20°C 即可 (最不利情况 20°C ，100%RH)



总的吸热量 $Q=17.21\text{kW}$ ，

每平米的吸热量 W

$$q = \frac{Q \times 1000}{s} = \frac{11.53 \times 1000}{1738} = 9.9 \text{ W/m}^2$$

加热水管的规格外径 dm ，25

L 排管间距 m ，300

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/875313114114011200>