

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 51202-2016

冰雪景观建筑技术标准

Technical standard for ice and snow landscape buildings

最新标准官方首发群：141160466

最新标准 定期更新 | 资源共享 有求必应

2016-10-25 发布

2017-07-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

冰雪景观建筑技术标准

Technical standard for ice and snow landscape buildings

GB 51202 – 2016

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 7 年 7 月 1 日

中国建筑工业出版社

2016 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 1333 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《冰雪景观建筑技术标准》的公告

现批准《冰雪景观建筑技术标准》为国家标准，编号为 GB 51202 - 2016，自 2017 年 7 月 1 日起实施。其中，第 4.3.2、4.3.5、4.3.8、5.1.3、5.5.5 条为强制性条文，必须严格执行。原行业标准《冰雪景观建筑技术规程》JGJ 247 - 2011 同时废止。

本标准由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2016 年 10 月 25 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2014 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2013〕169 号文）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订了本标准。

本标准的主要技术内容：1 总则；2 术语和符号；3 冰雪材料计算指标；4 冰雪景观建筑设计；5 冰雪景观建筑施工；6 配电、照明施工；7 工程质量验收；8 维护管理。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由哈尔滨市建筑设计院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送哈尔滨市建筑设计院（地址：哈尔滨市道里区友谊路 117 号，邮政编码：150010）

本标准主编单位：哈尔滨市建筑设计院
哈尔滨五建工程有限责任公司

本标准参编单位：哈尔滨市建设监理协会
哈尔滨市城乡建设委员会
哈尔滨市勘察设计协会
哈尔滨工业大学
哈尔滨马迭尔集团有限公司
中国中建设计集团有限公司
哈尔滨市赛格印象文化设计有限公司
哈尔滨文化旅游集团有限公司
广州中大城乡规划设计研究院有限

公司

哈尔滨众泰企业管理有限公司

黑龙江建筑职业技术学院

本标准主要起草人员：郝 刚 申宝印 唐榕滨 陈记良

刘柏哲 王丽生 王东涛 程 岩

车行滨 孙景忠 魏逢平 王文宇

杨宏伟 曹升铉 彭俊清 马新伟

陶春晖 赵泽元 吴玉丹 夏千明

刘瑞强 孙 颖 刘 阳 杨福双

张利宁 张守健 苏义坤 高 扬

齐一霖 郝 佳 申 凯 姜志平

赵伟霞 吕觅丰 王同军 武 钢

蒲文征 马 哲 武志国 董晨明

吴晓松 宿恩明 陈旭东 王子君

岳 强 田立臣 孙桂敏

本标准主要审查人员：王公山 朱卫中 杨世昌 何振东

施家相 李 涛 项 威 吕 滨

李鑫泽 马 燕 郭克广

目 次

| | | |
|-----|-----------------|----|
| 1 | 总则 | 1 |
| 2 | 术语和符号 | 2 |
| 2.1 | 术语 | 2 |
| 2.2 | 符号 | 3 |
| 3 | 冰雪材料计算指标 | 5 |
| 3.1 | 冰材料 | 5 |
| 3.2 | 雪材料 | 6 |
| 4 | 冰雪景观建筑设计..... | 11 |
| 4.1 | 一般规定 | 11 |
| 4.2 | 景区规划设计 | 11 |
| 4.3 | 建筑设计 | 12 |
| 4.4 | 冰砌体结构设计 | 15 |
| 4.5 | 雪体结构设计 | 23 |
| 4.6 | 冰雪景观照明设计 | 29 |
| 4.7 | 智能化设计..... | 36 |
| 5 | 冰雪景观建筑施工..... | 37 |
| 5.1 | 一般规定 | 37 |
| 5.2 | 施工测量 | 37 |
| 5.3 | 采冰与制雪..... | 38 |
| 5.4 | 冰景观建筑基础施工 | 39 |
| 5.5 | 冰砌体施工..... | 40 |
| 5.6 | 冰砌体内钢结构施工 | 42 |
| 5.7 | 水浇冰景施工 | 42 |
| 5.8 | 冰雕制作 | 42 |
| 5.9 | 冰灯制作 | 43 |

| | | |
|---------|----------------|----|
| 5.10 | 雪景观建筑施工 | 44 |
| 5.11 | 雪雕制作 | 44 |
| 6 | 配电、照明施工 | 46 |
| 6.1 | 电力电缆施工 | 46 |
| 6.2 | 照明施工 | 48 |
| 7 | 工程质量验收 | 51 |
| 7.1 | 一般规定 | 51 |
| 7.2 | 冰砌体主控项目工程质量验收 | 52 |
| 7.3 | 冰砌体一般项目工程质量验收 | 53 |
| 7.4 | 雪体工程主控项目质量验收 | 55 |
| 7.5 | 雪体工程一般项目质量验收 | 56 |
| 7.6 | 配电照明工程质量验收 | 57 |
| 8 | 维护管理 | 59 |
| 8.1 | 监测 | 59 |
| 8.2 | 维护 | 59 |
| 8.3 | 拆除 | 60 |
| 附录 A | 冰砌体承载力影响系数 | 62 |
| 附录 B | 雪体承载力影响系数 | 63 |
| 附录 C | 工程质量验收记录 | 64 |
| 附录 D | 冰雪景观建筑分部分项工程划分 | 71 |
| 本标准用词说明 | | 73 |
| 引用标准名录 | | 74 |
| 附：条文说明 | | 75 |

Contents

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | General Provisions | 1 |
| 2 | Terms and Symbols | 2 |
| 2.1 | Terms | 2 |
| 2.2 | Symbols | 3 |
| 3 | Ice and Snow Material Calculation Indicators | 5 |
| 3.1 | Ice Materials | 5 |
| 3.2 | Snow Materials | 6 |
| 4 | Design of Ice and Snow Landscape Buildings | 11 |
| 4.1 | General Requirements | 11 |
| 4.2 | Scenic Area Planning and Design | 11 |
| 4.3 | Architectural Design | 12 |
| 4.4 | Structural Design of Ice Masonry | 15 |
| 4.5 | Structural Design of Snow Construction | 23 |
| 4.6 | Illumination Design of Snow and Ice Landscape | 29 |
| 4.7 | Intelligentization Design | 36 |
| 5 | Construction of Ice and Snow Landscape Buildings | 37 |
| 5.1 | General Requirements | 37 |
| 5.2 | Construction Survey | 37 |
| 5.3 | Ice-collecting and Snow-making | 38 |
| 5.4 | Foundation Construction of Ice Building | 39 |
| 5.5 | Construction of Ice Masonry | 40 |
| 5.6 | Construction of Steel Structure in Ice Masonry | 42 |
| 5.7 | Construction of Watered Icescape | 42 |
| 5.8 | Ice Sculpture Making | 42 |
| 5.9 | Ice Lantern Making | 43 |

| | | |
|------------|---|----|
| 5.10 | Snowscape Building Construction | 44 |
| 5.11 | Snow Sculpture Making | 44 |
| 6 | Construction of Power Distribution and Illumination | 46 |
| 6.1 | Construction of Power Distribution Cable | 46 |
| 6.2 | Illumination Construction | 48 |
| 7 | Acceptance Check | 51 |
| 7.1 | General Requirements | 51 |
| 7.2 | Acceptance Check of Dominant Items of Ice Masonry | 52 |
| 7.3 | Acceptance Check of General Items of Ice Masonry | 53 |
| 7.4 | Acceptance Check of Dominant Items of Snow Masonry | 55 |
| 7.5 | Acceptance Check of General Items of Snow Masonry | 56 |
| 7.6 | Acceptance Check of Power Distribution and Illumination | 57 |
| 8 | Maintenance and Management | 59 |
| 8.1 | Monitoring | 59 |
| 8.2 | Maintaining | 59 |
| 8.3 | Dismantling | 60 |
| Appendix A | Influence Coefficients of Bearing Capacity of Ice Masonry | 62 |
| Appendix B | Influence Coefficients of Bearing Capacity of Snow Masonry | 63 |
| Appendix C | Record of Engineering Quality Acceptance | 64 |
| Appendix D | Division Works of Ice and Snow Landscapes Buildings | 71 |
| | Explanation of Wording in This Standard | 73 |
| | List of the Quoted Standards | 74 |
| | Addition: Explanations of Provisions | 75 |

1 总 则

1.0.1 为提高冰雪景观建筑设计、施工、验收和维护管理水平，做到技术先进、安全可靠、节能环保、经济合理，保证工程质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于以冰、雪为主要材料的冰雪景观建筑的设计、施工、验收和维护管理。

1.0.3 冰雪景观建筑设计、施工、验收和维护管理除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

最新标准官方首发群：141160466

最新标准 定期更新 | 资源共享 有求必应

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 冰雪景观建筑 ice and snow landscape buildings

以冰、雪为主要材料建造的具有冰雪艺术特色，供人们观赏或活动的冰雪建筑、冰雕、雪雕、冰灯等冰雪景观及冰雪游乐活动设施。

2.1.2 天然冰 natural ice

自然界中的江水、河水、湖水等水体在自然环境下冻结成的冰体。

2.1.3 人造冰 man-made ice

在人工制冷条件下冻结成的冰体。

2.1.4 毛冰 rough ice

未加工成使用规格的冰块。

2.1.5 采冰 ice collecting

采用机具，将天然冰按照一定规格分割并取得毛冰的过程。

2.1.6 冰砌体 ice masonry

将冰块按规格进行组砌，用水冻结，用于冰景观建筑的墙、柱等构件。

2.1.7 水浇冰景 watered icescape

采用机械或人工方式将水喷洒在一定形状的骨架上，冻结成的冰景。

2.1.8 冰花 ice flowers

在装满清水的模具内按照设计要求放置植物、鱼虫、艺术品等景物，冻结成的实体透明冰景。

2.1.9 冰雕 ice sculpture

以冰为材料雕塑成的作品。

2.1.10 冰灯 ice lanterns

在人工制冷条件下，向模具内注水，冻结成的中空冰体，经过艺术创意、雕琢，置入光源形成的具有艺术效果的冰景。

2.1.11 天然雪 natural snow

天然降雪或自然界常年积雪。

2.1.12 人造雪 man-made snow

在低温条件下，采用专用设备用水制成的细小冰晶体，或者采用专业设备将冰粉碎为细小冰颗粒。

2.1.13 雪雕 snow sculpture

以雪为材料雕塑成的作品。

2.1.14 雪坯 rough snow masonry

具有一定规格和强度的，以雪为材料经夯实而成的几何形体。

2.1.15 冰雪景观建筑高度 height of ice or snow sculpture buildings

室外地面到冰雪景观建筑中冰砌体或雪体顶部的高度。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

f ——冰砌体或雪体抗压强度设计值；

f_t ——冰砌体或雪体轴心抗拉强度设计值；

f_{tm} ——冰砌体弯曲抗拉强度设计值；

f_v ——冰砌体或雪体抗剪强度设计值；

f_w ——雪体弯曲抗拉强度设计值。

2.2.2 作用和作用效应

M ——截面弯矩设计值；

N ——轴心压力设计值；

N_L ——局部受压面积上的轴向力设计值；

N_t ——轴心拉力设计值；

V ——截面剪力设计值。

2.2.3 几何参数

A —— 构件截面面积；

A_L —— 局部受压面积；

H —— 构件高度；

H_0 —— 墙、柱的计算高度；

h —— 墙厚或矩形柱的短边边长；

S —— 横墙间距；

W —— 构件截面抵抗矩。

2.2.4 计算系数

φ —— 承载力影响系数；

β —— 墙、柱高厚比；

$[\beta]$ —— 墙、柱允许高厚比。

3 冰雪材料计算指标

3.1 冰 材 料

3.1.1 冰的抗压、抗拉和抗剪强度极限值应按表 3.1.1 的规定取值。

表 3.1.1 冰的抗压、抗拉和抗剪强度极限值 (MPa)

| 强度类型 | 冰块温度分级 (°C) | | | | | |
|------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | —5 | —10 | —15 | —20 | —25 | —30 |
| 抗压强度 | 2.790 | 3.090 | 3.510 | 4.050 | 4.710 | 5.490 |
| 抗拉强度 | 0.108 | 0.109 | 0.111 | 0.114 | 0.119 | 0.125 |
| 抗剪强度 | 0.360 | 0.450 | 0.550 | 0.640 | 0.740 | 0.830 |

3.1.2 冰砌体的抗压、抗拉和抗剪强度标准值应按表 3.1.2 的规定取值。

表 3.1.2 冰砌体的抗压、抗拉和抗剪强度标准值 (MPa)

| 强度类型 | 冰砌体温度分级 (°C) | | | | | |
|------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | —5 | —10 | —15 | —20 | —25 | —30 |
| 抗压强度 | 0.854 | 0.946 | 1.075 | 1.240 | 1.442 | 1.681 |
| 抗拉强度 | 0.047 | 0.047 | 0.047 | 0.048 | 0.049 | 0.050 |
| 抗剪强度 | 0.078 | 0.088 | 0.097 | 0.105 | 0.112 | 0.119 |

3.1.3 冰砌体的抗压、轴心抗拉和抗剪强度设计值应按表 3.1.3 的规定取值。

表 3.1.3 冰砌体的抗压、轴心抗拉和抗剪强度设计值 (MPa)

| 强度类型 | 破坏特征 | 冰砌体温度分级 (°C) | | | | | |
|--------|-----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | -5 | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 |
| 抗压强度 | 整齐状砌体截面 | 0.475 | 0.526 | 0.597 | 0.689 | 0.801 | 0.934 |
| 轴心抗拉强度 | 沿冰体及沿齿缝截面 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.027 | 0.027 | 0.028 |
| 抗剪强度 | 沿通缝及沿齿缝截面 | 0.043 | 0.049 | 0.054 | 0.058 | 0.062 | 0.066 |

- 注：1 表中整齐状砌体，指冰块经过加工后，用水冻结成的冰砌体；
2 冰块间水的冻结强度，取同温度冰砌体的强度设计值；
3 双臂空心冰墙的墙肢砌体的强度设计值，应按表 3.1.3 中数值的 90% 取值。

3.1.4 冰摩擦系数、线膨胀系数、平均密度和导热系数应符合下列规定：

- 1 冰摩擦系数 (μ) 应取 0.1；
- 2 冰线膨胀系数 (α) 应取 $52.7 \times 10^{-6} / \text{K}$ ；
- 3 冰平均密度 (ρ) 应取 920kg/m^3 ；
- 4 冰导热系数 (λ) 应取 $2.30 \text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 。

3.2 雪 材 料

3.2.1 雪体的密度值应按表 3.2.1 的规定取值。

表 3.2.1 雪体密度值

| 雪型 | 成型压力 | | | |
|-----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 松散状态 | 0.05MPa | 0.10MPa | 0.15MPa |
| 人造雪 | 455kg/m ³ | 510kg/m ³ | 530kg/m ³ | 550kg/m ³ |
| 天然雪 | 190kg/m ³ | 350kg/m ³ | 390kg/m ³ | 410kg/m ³ |

注：在其他压力下成型的雪体的密度值可依据表中数值采用内插法求得。

3.2.2 雪体抗压强度极限值、抗压强度标准值和抗压强度设计值应按表 3.2.2 的规定取值。

表 3.2.2 雪体抗压强度极限值、抗压强度标准值和抗压强度设计值 (MPa)

| 雪型 | 密度 (kg/m ³) | 抗压强度 取值类别 | 温度分级 | | | | |
|-----|----------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | —10℃ | —15℃ | —20℃ | —25℃ | —30℃ |
| 人造雪 | 510 | 极限值 | 0.369 | 0.405 | 0.441 | 0.487 | 0.534 |
| | | 标准值 | 0.199 | 0.218 | 0.238 | 0.263 | 0.288 |
| | | 设计值 | 0.105 | 0.115 | 0.125 | 0.138 | 0.151 |
| | 530 | 极限值 | 0.535 | 0.578 | 0.621 | 0.729 | 0.838 |
| | | 标准值 | 0.289 | 0.312 | 0.335 | 0.393 | 0.452 |
| | | 设计值 | 0.152 | 0.164 | 0.176 | 0.207 | 0.238 |
| | 550 | 极限值 | 0.701 | 0.751 | 0.801 | 0.971 | 1.142 |
| | | 标准值 | 0.378 | 0.405 | 0.432 | 0.524 | 0.616 |
| | | 设计值 | 0.199 | 0.213 | 0.227 | 0.276 | 0.324 |
| 天然雪 | 350 | 极限值 | 0.189 | 0.236 | 0.284 | 0.304 | 0.324 |
| | | 标准值 | 0.102 | 0.128 | 0.153 | 0.164 | 0.175 |
| | | 设计值 | 0.054 | 0.067 | 0.081 | 0.086 | 0.092 |
| | 390 | 极限值 | 0.349 | 0.402 | 0.456 | 0.548 | 0.640 |
| | | 标准值 | 0.188 | 0.217 | 0.246 | 0.295 | 0.345 |
| | | 设计值 | 0.099 | 0.114 | 0.129 | 0.156 | 0.182 |
| | 410 | 极限值 | 0.429 | 0.485 | 0.542 | 0.670 | 0.798 |
| | | 标准值 | 0.231 | 0.262 | 0.292 | 0.361 | 0.430 |
| | | 设计值 | 0.122 | 0.138 | 0.154 | 0.190 | 0.226 |

3.2.3 雪体抗折强度极限值、抗折强度标准值和抗折强度设计值应按表 3.2.3 的规定取值。

表 3.2.3 雪体抗折强度极限值、抗折强度标准值和
抗折强度设计值（MPa）

| 雪型 | 密度 (kg/m ³) | 抗折强度 取值类别 | 温度分级 | | | | |
|-----|----------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | —10℃ | —15℃ | —20℃ | —25℃ | —30℃ |
| 人造雪 | 510 | 极限值 | 0.150 | 0.248 | 0.346 | 0.386 | 0.426 |
| | | 标准值 | 0.076 | 0.125 | 0.175 | 0.196 | 0.216 |
| | | 设计值 | 0.040 | 0.066 | 0.092 | 0.103 | 0.114 |
| | 530 | 极限值 | 0.288 | 0.436 | 0.584 | 0.632 | 0.680 |
| | | 标准值 | 0.146 | 0.221 | 0.296 | 0.320 | 0.345 |
| | | 设计值 | 0.077 | 0.116 | 0.156 | 0.169 | 0.181 |
| | 550 | 极限值 | 0.426 | 0.624 | 0.822 | 0.878 | 0.934 |
| | | 标准值 | 0.216 | 0.316 | 0.416 | 0.445 | 0.473 |
| | | 设计值 | 0.113 | 0.166 | 0.219 | 0.234 | 0.249 |
| 天然雪 | 350 | 极限值 | 0.147 | 0.152 | 0.157 | 0.160 | 0.162 |
| | | 标准值 | 0.074 | 0.077 | 0.080 | 0.081 | 0.082 |
| | | 设计值 | 0.039 | 0.041 | 0.042 | 0.043 | 0.043 |
| | 390 | 极限值 | 0.223 | 0.235 | 0.246 | 0.255 | 0.263 |
| | | 标准值 | 0.113 | 0.119 | 0.125 | 0.129 | 0.133 |
| | | 设计值 | 0.059 | 0.063 | 0.066 | 0.068 | 0.070 |
| | 410 | 极限值 | 0.389 | 0.404 | 0.418 | 0.422 | 0.425 |
| | | 标准值 | 0.197 | 0.204 | 0.212 | 0.213 | 0.215 |
| | | 设计值 | 0.104 | 0.108 | 0.111 | 0.112 | 0.113 |

3.2.4 雪体抗劈拉强度极限值、抗劈拉强度标准值和抗劈拉强度设计值应按表 3.2.4 的规定取值。

表 3.2.4 雪体抗劈拉强度极限值、抗劈拉强度标准值和抗劈拉强度设计值（MPa）

| 雪型 | 密度 (kg/m ³) | 抗劈拉强度取值类别 | 温度分级 | | | | |
|-----|----------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | —10℃ | —15℃ | —20℃ | —25℃ | —30℃ |
| 人造雪 | 510 | 极限值 | 0.093 | 0.106 | 0.113 | 0.120 | 0.121 |
| | | 标准值 | 0.047 | 0.054 | 0.057 | 0.061 | 0.061 |
| | | 设计值 | 0.025 | 0.028 | 0.030 | 0.032 | 0.032 |
| | 530 | 极限值 | 0.146 | 0.160 | 0.170 | 0.182 | 0.185 |
| | | 标准值 | 0.074 | 0.081 | 0.086 | 0.092 | 0.094 |
| | | 设计值 | 0.039 | 0.043 | 0.045 | 0.049 | 0.049 |
| | 550 | 极限值 | 0.194 | 0.205 | 0.216 | 0.228 | 0.231 |
| | | 标准值 | 0.098 | 0.104 | 0.109 | 0.115 | 0.117 |
| | | 设计值 | 0.052 | 0.055 | 0.058 | 0.061 | 0.062 |
| 天然雪 | 350 | 极限值 | 0.066 | 0.071 | 0.076 | 0.079 | 0.081 |
| | | 标准值 | 0.033 | 0.036 | 0.038 | 0.040 | 0.041 |
| | | 设计值 | 0.017 | 0.019 | 0.020 | 0.021 | 0.022 |
| | 390 | 极限值 | 0.102 | 0.108 | 0.111 | 0.115 | 0.118 |
| | | 标准值 | 0.052 | 0.054 | 0.056 | 0.058 | 0.060 |
| | | 设计值 | 0.027 | 0.029 | 0.030 | 0.031 | 0.031 |
| | 410 | 极限值 | 0.149 | 0.162 | 0.170 | 0.177 | 0.183 |
| | | 标准值 | 0.075 | 0.082 | 0.086 | 0.090 | 0.093 |
| | | 设计值 | 0.040 | 0.043 | 0.045 | 0.047 | 0.049 |

3.2.5 雪体抗剪强度极限值、抗剪强度标准值和抗剪强度设计值应按表 3.2.5 的规定取值。

表 3.2.5 雪体抗剪强度极限值、抗剪强度标准值和
抗剪强度设计值（MPa）

| 雪型 | 密度 (kg/m³) | 抗剪强度 取值类别 | 温度分级 | | | | |
|-----|---------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | —10℃ | —15℃ | —20℃ | —25℃ | —30℃ |
| 人造雪 | 510 | 极限值 | 0.268 | 0.336 | 0.404 | 0.472 | 0.540 |
| | | 标准值 | 0.131 | 0.165 | 0.198 | 0.231 | 0.265 |
| | | 设计值 | 0.066 | 0.083 | 0.099 | 0.116 | 0.133 |
| | 530 | 极限值 | 0.362 | 0.439 | 0.515 | 0.587 | 0.659 |
| | | 标准值 | 0.177 | 0.215 | 0.525 | 0.288 | 0.323 |
| | | 设计值 | 0.089 | 0.108 | 0.126 | 0.144 | 0.162 |
| | 550 | 极限值 | 0.515 | 0.573 | 0.630 | 0.688 | 0.745 |
| | | 标准值 | 0.252 | 0.281 | 0.309 | 0.337 | 0.365 |
| | | 设计值 | 0.162 | 0.141 | 0.155 | 0.169 | 0.183 |
| 天然雪 | 350 | 极限值 | 0.068 | 0.070 | 0.072 | 0.081 | 0.089 |
| | | 标准值 | 0.033 | 0.034 | 0.035 | 0.040 | 0.045 |
| | | 设计值 | 0.017 | 0.017 | 0.018 | 0.020 | 0.023 |
| | 390 | 极限值 | 0.145 | 0.164 | 0.183 | 0.190 | 0.196 |
| | | 标准值 | 0.073 | 0.082 | 0.090 | 0.093 | 0.096 |
| | | 设计值 | 0.037 | 0.041 | 0.045 | 0.047 | 0.048 |
| | 410 | 极限值 | 0.179 | 0.190 | 0.200 | 0.211 | 0.221 |
| | | 标准值 | 0.088 | 0.093 | 0.098 | 0.103 | 0.108 |
| | | 设计值 | 0.044 | 0.047 | 0.049 | 0.052 | 0.054 |

4 冰雪景观建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 冰雪景观建筑设计应遵循安全、环保、艺术、经济的原则。

4.1.2 冰雪景观建筑设计应包括下列内容：

1 总体设计以及道路、电力、给水、排水、通信等配套设施专项设计；

2 建筑类、艺术类冰雪景观设计；

3 冰砌体结构设计，雪体结构设计；

4 冰雪景观照明设计；

5 冰雪活动类项目设计；

6 为景区服务的管理、商业、环卫、医疗救护诊所、标识等配套设施设计；

7 单项景观照明、配电、音响方案设计。

4.1.3 制作彩色冰、彩色雪使用的染料，应环保，无污染。

4.1.4 给水应满足制冰、制雪、施工、生活、消防等用水量的要求。

4.1.5 冰雪景观建筑设计应满足寒冷条件下材料采用、设备维护、施工作业和游人活动的要求。

4.2 景区规划设计

4.2.1 景区选址应符合下列规定：

1 景区选址应综合考虑气候、地质、地貌、电力、通信、交通、冰源、制雪、水源等因素，宜选择在空气清新，无风沙烟尘污染，交通便利的地区，且应避开居住区；

2 景区应满足展示功能要求，并应具备设置大型停车场，

保证人流集中、疏散安全的条件；

3 便于施工，并符合施工安全和环境保护要求。

4.2.2 景区总体规划应确定重点项目的策划方案或总体设计思路。

4.2.3 景区总体规划应确定功能分区、交通体系、游览路线、配套工程和各种标识。景区占地规模按游人高峰期平均每人不得少于 10m^2 确定，并应进行用冰量、用雪量、用电量及投资估算。景区总体规划设计成果应包括景区位置图、现状图、总体规划图、总体效果图、功能分区示意图、对外交通组织规划图、园区内部道路交通规划图、人员疏散组织，采冰场位置及运输路线，制冰、雪用水源位置，总体灯光照明、灯光色彩分析图和技术经济指标。

4.2.4 景区建设详细规划应按照总体规划的要求，确定各功能景区的主题、内容，并应提出单项冰、雪景观的创意、位置、体量、功能、技术设计要求。详细规划设计成果应包括分区规划图、景区修建性详细规划图、分区效果图、竖向设计图、景区视觉分析图、景区游览路线图、景区活动项目示意图、景区服务设施和标识示意图、景区照明分布图、背景音乐分布图、电力分配图和规划说明书。

4.2.5 交通规划应根据游览高峰期人流、车流，综合考虑动、静态交通组织，提出引导人流走向、疏散方案，车辆分类停放、交通组织渠化方案和突发事件人、车疏散应急预案，并应确定道路宽度、停车场面积和交通指示标志。

4.2.6 景区应设置应急指示标志，规划紧急疏散通道、防火通道，制定应急预案和抢险措施。

4.2.7 景区建设应规划并预留电动汽车所需的充电设施。

4.3 建筑设计

4.3.1 建筑类冰雪景观设计应符合下列规定：

1 应满足结构安全和功能的要求；

2 方案设计应包括平面图、立面图、剖面图、效果图、冰雪毛坯砌筑图、照明效果以及各项经济技术指标，重要景观建筑可根据需要制作立体模型；

3 施工图设计应包括平面位置图、建筑施工图、结构施工图、照明配电施工图，以及其他专项、专业设计和说明，材料、设备统计表和相关的安全技术措施；

4 大体积冰景观建筑砌体内部可设计为空心，也可采用毛冰、碎冰填充、分层浇水冻结的方式制作，外侧冰墙冰砌块组砌厚度应根据计算确定，并应在施工图中注明。

4.3.2 建筑高度大于 10m 并允许人员进入活动，以及上部有外加荷载的冰雪景观建筑，应进行结构设计。

4.3.3 冰楼梯应做防滑处理，踏步宽度不应小于 350mm，且高度不应大于 150mm；踏步台阶应外高里低且相对高差不应超过 10mm，踏步和平台冰砌围栏高度不应小于 1200mm、厚度不应小于 250mm，并应设置防滑警示标志。

4.3.4 冰砌体建筑高度不宜超过 30m，雪体建筑高度不宜超过 20m；长度超过 30m 的冰砌体建筑，每 30m 宜设宽度不小于 20mm 伸缩缝。

4.3.5 在冰雪景观建筑中可以与人员直接接触的砌体结构，当其垂直高度大于 5m 时，应作收分或阶梯式处理，并应符合下列规定：

1 应有抗倾覆和抗滑移措施；

2 冰砌体厚度不得小于 800mm，并应分层砌筑，缝隙粘结率不得低于 80%；

3 雪体厚度不得小于 900mm，并按设计密度值要求分层夯实；

4 上部最高处砌体或悬挑部分与基底的垂直投影缩回的距离应大于 600mm。

4.3.6 艺术类冰雪景观设计应符合下列规定：

1 主题鲜明、立意明晰，形体易于表达；

2 体面关系夸张，表现手法强烈，整体形象突出，体面关系和肌理关系应协调合理；

3 冰雪景观形体高低错落，远观效果应舒展大方，近瞻观赏应雕琢精美、线条流畅；

4 作品重心应与形心重合，当重心偏移时应采取与作品艺术效果相协调的稳定性技术措施。

4.3.7 冰雕、彩色冰屏等景观主雕刻面宜选择背光、侧光方位，宜避免正对迎风面。雪景观建筑高度超过 15m 时，正立面或背立面宜避免正午阳光直接照射，无法避免时宜采取遮挡措施；大型雪景观建筑，在迎光面可喷洒环保胶质防晒液。

4.3.8 冰雪活动类项目设计应符合下列规定：

1 冰雪攀爬活动项目高度超过 5m 时，应采取安全攀登防护措施，并提供或安装经安全测试合格的攀登辅助工具，顶部应设安全维护设施、疏散平台和通道。

2 冰雪滑梯的滑道应平坦、流畅，并应符合下列规定：

1) 直线滑道宽度不应小于 500mm，曲线滑道宽度不应小于 600mm；滑道护栏高度不应低于 500mm，厚度不应小于 250mm；

2) 转弯处滑道护栏应进行加高和加固处理，曲线部分护栏高度不应小于 800mm，并应在转弯坡度变化区域，设警示标志，在坡道终端应设缓冲道，缓冲道长度应通过现场试验确定，终点处应设防护设施；

3) 滑道长度超过 30m 的滑梯类活动，应采用下滑工具；采用下滑工具的滑道平均坡度不应大于 10° ，不采用下滑工具的滑道平均坡度不应大于 25° ；

4) 下滑工具应使用耐用的轻质材料制作，并应经安全测试合格。

3 利用冰雪自行车、雪地摩托车、冰雪碰碰车等进行特殊游乐活动的工具，应采用安全合格产品，且应设置安全防护设施。

4.3.9 景区服务配套设施设计应符合下列规定：

1 冰雪景观建筑景区出入口、主要道路和服务设施应无障碍设施；交通流量大，易出现人员拥挤、滑倒情况的平台、道路、台阶坡道应设置防滑地毯、栏杆、扶手等防滑和安全防护设施；

2 商业、餐饮、卫生间、休息、活动等服务性用房，配电室、雪机房等设备用房，客服中心、售票、管理中心等管理用房应根据功能、景观等要求合理布局；房屋设施应具有保温功能，造型和材质应与周围环境相协调；使用下滑器具的冰雪活动项目，宜设置游人和器具牵引装置；

3 商业用房服务半径可取 100m~150m，公厕服务半径可取 50m~100m。

4.4 冰砌体结构设计

4.4.1 冰砌体结构构件应按承载能力极限状态设计，并应满足正常使用状态的要求。

4.4.2 冰砌体结构构件按承载能力极限状态设计时，应按下列公式中最不利组合进行计算：

$$\gamma_0(1.2S_{Gk} + 1.4\gamma_L S_{Q1k} + \gamma_L \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qi k}) \leq R_d \quad (4.4.2-1)$$

$$\gamma_0(1.35S_{Gk} + 1.4\gamma_L \sum_{i=1}^n \psi_{ci} S_{Qi k}) \leq R_d \quad (4.4.2-2)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，取 1.0；

γ_L ——可变荷载考虑结构设计使用年限的调整系数，仅限于楼面、屋面活荷载，取 0.9；

S_{Gk} ——永久荷载标准值的效应；

S_{Q1k} ——在基本组合中起控制作用的第一个可变荷载标准值的效应；

$S_{Qi k}$ ——第 i 个可变荷载标准值的效应；

R_d ——结构构件抗力的设计值；

γ_{Qi} ——第 i 个可变荷载的分项系数, 取 1.4;

ψ_{ci} ——第 i 个可变荷载的组合值系数, 取 0.7。

4.4.3 冰砌体结构构件计算应符合下列规定:

1 冰砌体结构构件承载力应按温度分级取 -5°C 冰砌体强度设计值计算;

2 冰砌体自重应取 9.20kN/m^3 ;

3 非冰结构构件自重及作用荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定取值。

4.4.4 冰雪景观建筑设计受力方式应以受压为主, 减少受拉、受剪等受力方式。

4.4.5 冰景观建筑基础设计应符合下列规定:

1 高度大于 10m, 落地短边长度大于 6m 的冰建筑应进行基础设计, 地基承载力应按非冻土强度计算, 且应考虑冰建筑周边土的冻胀因素, 采取相应的防冻胀措施;

2 地基不能满足设计要求时, 应对地基进行加固处理, 以提高地基承载力, 同时采取提高冰砌体整体刚度的措施;

3 水浇冻土地基应对下卧层进行验算及基础冻胀稳定性验算。

4.4.6 建筑高度小于 10m 的冰景观建筑可采用自然地面用水浇透冻实的冻土地基; 冻土厚度大于 400mm 时, 厚度应按 400mm 取值, 小于 400mm 时按实际冻土厚度取值; 冻土地基承载力应通过原位测试确定, 并进行冻土地基下卧层的验算及稳定性计算。

4.4.7 冰砌体应按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定确定静力计算方案, 进行静力计算, 也可按刚性方案设计。

4.4.8 当冰砌体结构作为一个刚体验算整体稳定(抗倾覆、抗滑移等)时, 应按下列公式中最不利组合进行验算:

$$\gamma_0(1.2S_{G2k} + 1.4\gamma_L S_{Q1k} + \gamma_L \sum_{i=2}^n S_{Qi k}) \leq 0.8S_{G1k}$$

(4.4.8-1)

$$\gamma_0(1.35S_{G2k} + 1.4\gamma_L \sum_{i=1}^n \psi_{ci}S_{Qik}) \leq 0.8S_{G1k} \quad (4.4.8-2)$$

式中: S_{G1k} ——起有利作用的永久荷载标准值的效应;

S_{G2k} ——起不利作用的永久荷载标准值的效应。

4.4.9 受压构件的承载力应符合下式规定:

$$N \leq \varphi f A \quad (4.4.9)$$

式中: N ——轴心压力设计值;

φ ——高厚比 β 和轴向力的偏心距 e 对受压构件承载力的影响系数, 应按本标准附录 A 的规定采用, 其中 β 的取值应按本标准第 4.4.14 条第 1 款、第 2 款计算; e 按内力设计值计算时, 不应超过截面重心到轴向力所在偏心方向截面边缘距离的 60%;

f ——冰砌体抗压强度设计值, 应按本标准表 3.1.3 的规定取值;

A ——截面面积, 冰砌体应按净截面计算; 带壁柱墙、带冰构造柱的墙截面的翼缘宽度, 应分别按本标准第 4.4.14 条第 2 款第 1 项、第 2 项采用, 壁柱间墙、冰构造柱间墙取截面净长度。

4.4.10 局部受压的承载力应符合下式规定:

$$N_l \leq 1.2fA_l \quad (4.4.10)$$

式中: N_l ——局部受压面积上的轴向力设计值;

f ——冰砌体的抗压强度设计值, 按本标准表 3.1.3 的规定取值;

A_l ——局部受压面积。

4.4.11 轴心受拉构件的承载力应符合下式规定:

$$N_t \leq f_t A \quad (4.4.11)$$

式中: N_t ——轴心拉力设计值;

f_t ——冰砌体的轴心抗拉强度设计值, 按本标准表 3.1.3 的规定取值;

A ——截面面积, 冰砌体应按净截面计算。

4.4.12 受剪构件的承载力应符合下式规定：

$$V \leq f_v A \quad (4.4.12)$$

式中：V ——截面剪力设计值；

f_v ——冰砌体抗剪强度设计值，按本标准表 3.1.3 的规定取值；

A ——截面面积，冰砌体应按净截面计算。

4.4.13 受弯构件的承载力应符合下式规定：

$$M \leq 0.8 f_m W \quad (4.4.13)$$

式中：M ——截面弯矩设计值；

f_m ——冰砌体弯曲抗拉强度设计值，可取抗剪强度设计值，按本标准表 3.1.3 的规定取值；

W ——冰砌体截面抵抗矩。

4.4.14 墙、柱高厚比设计应符合下列规定：

1 冰墙、柱的高厚比验算应符合下式规定：

$$\beta = \frac{H_0}{h} \leq [\beta] \quad (4.4.14-1)$$

式中： H_0 ——墙、柱的计算高度，应按表 4.4.14-1 采用；

h ——墙厚或矩形柱的短边边长；

$[\beta]$ ——墙、柱的允许高厚比，应按表 4.4.14-2 采用。

表 4.4.14-1 墙、柱的计算高度 H_0

| 冰建筑 构件类别 | 楼盖或屋盖类别 | 横墙间距 S (m) | 带壁柱墙、带冰构造柱墙或 周边拉结的墙 | | |
|--------------|-------------------|---------------|------------------------|-----------------|------------|
| | | | $S > 2H$ | $2H \geq S > H$ | $S \leq H$ |
| 冰建筑为 刚性方案 | 装配式有檩体系 轻型楼、屋盖 | $S < 20$ | 1.0H | 0.4S + 0.2H | 0.6S |
| | 瓦材屋面的木屋 盖和轻钢屋盖 | $S < 16$ | | | |

续表 4. 4. 14-1

| 冰建筑 构件类别 | 楼盖或屋盖类别 | 横墙间距 S (m) | 带壁柱墙、带冰构造柱墙或 周边拉结的墙 | | |
|-------------------|-------------------|-----------------|------------------------|--------------|-----------|
| | | | $S>2H$ | $2H\geq S>H$ | $S\leq H$ |
| 冰建筑为 非刚性 方案 | 装配式有檩体系 轻型楼、屋盖 | $S\geq 20$ | $1.5H$ | | |
| | 瓦材屋面的木屋 盖和轻钢屋盖 | $S\geq 16$ | | | |
| 构件上端为自由端 | | | $2.0H$ | | |

- 注：1 构件在底层时，构件高度 H 取楼板顶面或上水平支承点到构件下端支承距离；构件在其他层时，构件高度 H ，取楼板或其他水平支点间的距离；
- 2 构件上端为自由端时，构件高度 H ，取构件长度；
- 3 无壁柱的山墙，构件高度 H 可取层高加山墙尖高度的 $1/2$ ；带壁柱的山墙、带冰构造柱的山墙，构件高度 H 可取壁柱、冰构造柱处的山墙高度；
- 4 无盖的三边支承墙，构件高度 H 取上端自由边到墙下端支承点的距离，且在无盖的三边支承墙中，宜设置冰圈梁和壁柱或冰构造柱。

表 4. 4. 14-2 墙、柱的允许高厚比 $[\beta]$

| 构件类型 | 冰 墙 | 冰 柱 |
|--------|-----|-----|
| 主要承重构件 | 10 | 8 |
| 次要承重构件 | 12 | 10 |

2 带壁柱墙和带冰构造柱墙的高厚比应按下式进行验算：

$$\beta = \frac{H_0}{h'} \leq [\beta] \tag{4. 4. 14-2}$$

式中： H_0 ——带壁柱墙、带冰构造柱墙或壁柱间墙、冰构造柱间墙的计算高度，应分别按表 4. 4. 14-1 或第 4. 4. 14 条第 2 款第 3 项的规定采用；

h' ——带壁柱墙和带冰构造柱墙的截面折算厚度分别按第 4. 4. 14 条第 2 款第 1 项、第 2 项采用，壁柱间

墙、冰构造柱间墙的厚度，取用墙本身厚度；

[β]——墙、柱的允许高厚比，应按表 4.4.14-2 采用。

- 1) 带壁柱墙的折算厚度，应取 3.5 倍截面回转半径，其中：带壁柱墙为条形基础时，带壁柱墙截面的翼缘宽度可取相邻壁柱间的距离；单层冰景观建筑，带壁柱墙截面的翼缘宽度可取壁柱宽加墙高的 $2/3$ ，但不应大于窗间墙宽度和相邻壁柱间的距离；多层冰景观建筑，当有窗间洞口时，带壁柱墙截面的翼缘宽度可取冰实墙宽度；无门窗洞口时，每侧翼墙宽度可取壁柱高度的 $1/3$ ，且不应大于相邻壁柱间距离。
- 2) 带冰构造柱墙的翼缘宽度取相邻冰构造柱间的距离，其折算厚度取 1.05 倍墙厚。
- 3) 验算壁柱间墙或冰构造柱间墙的高厚比时，横墙间距 S 应取壁柱间或构造柱间的距离；设有冰圈梁的带壁柱墙或冰构造柱墙的计算高度 H_0 按表 4.4.14-1 采用，但构件高度 H 按下列规定确定：当冰圈梁宽度 b 不小于相邻壁柱间或冰构造柱间的距离 S_0 的 $1/30$ 时，冰圈梁可视为带壁柱间墙或带冰构造柱间墙的不动铰支点，构件高度 H 应取相邻不动铰之间的距离；不允许增加冰圈梁宽度时，可按墙体平面外等刚度原则增加冰圈梁高度。

4.4.15 冰砌体构造应符合下列规定：

1 双肢空心冰墙的总高度超过允许高厚比时，冰砌体构造应符合下列规定：

- 1) 冰墙单肢厚度不应小于 250mm；
- 2) 双肢冰墙间的连接应采用冰块拉结和两皮冰块间配置 3mm 厚水平钢板网的冰块拉结，且拉结冰块的厚度均不得少于两皮冰，每皮冰厚度不应小于 200mm；上述两种拉结冰块沿双肢空心冰墙高度相间设置，其间距内的单肢墙高厚比不应超过允许高厚比的 50%。

2 承重的独立空心冰柱截面尺寸不应小于 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ ，且壁厚不小于 200mm ，实心冰柱截面尺寸不应小于 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 。

3 独立冰柱高度大于 15m 时，冰柱内配筋应符合下列规定：

- 1) 竖向钢筋配筋率不得小于 0.2% ，且配筋不得少于 $8\Phi 16$ ，并应采用带肋钢筋；
- 2) 竖向钢筋连接可采用搭接、机械连接或焊接；采用搭接时，钢筋搭接长度不应小于 $60d$ (d 为搭接钢筋直径的较大值)，且不应小于 1200mm ；锚固长度不应小于 $80d$ ，且不应小于 1500mm ；
- 3) 箍筋直径不应小于 $\Phi 12$ ，间距不应大于三皮冰，且不应大于 600mm 。

4 冰砌体应分皮错缝搭砌，上下皮搭砌长度不应小于 120mm 。

5 冰砌墙体伸缩缝的设置应符合下列规定：

- 1) 伸缩缝间距不宜大于 30m ；
- 2) 伸缩缝宽度不小于 20mm ，并沿缝贯通填充耐寒防潮的弹性材料，缝内不得有杂物。

6 冰砌体圆拱形洞口有人流、车流通过且宽度大于 3m 时，应在洞口顶部设置钢板网、透明隔板等防护措施。

7 内部采用碎冰填充的大体量冰建筑或冰景，当外侧冰墙高度大于或等于 6m 时，冰墙组砌厚度不应小于 900mm ，当外侧冰墙高度小于 6m 时，冰墙组砌厚度不应小于 600mm ，且应满足冰墙高厚比的要求。

4.4.16 抗震设防地区，高度大于 12m 或层数大于 4 层的冰景观建筑，应根据地震造成灾害的可能性，采取相应的抗震构造措施。

4.4.17 过梁的设置应符合下列规定：

- 1 冰砌平拱洞口宽度不得大于 3m ，并按表 4.4.17-1 选

用型钢过梁。

表 4.4.17-1 槽钢、角钢过梁选用表

| 冰洞口宽度 L_n (mm) | 型钢类别 | 型钢间距 (mm) | 型钢规格数量 |
|---------------------------|------|--------------|-----------|
| $L_n < 1000$ | 槽 钢 | 500 | 2 [8 |
| | 角 钢 | 500 | 2 L 50×5 |
| $1000 \leq L_n < 2000$ | 槽 钢 | 500 | 2 [10 |
| | 角 钢 | 500 | 2 L 75×6 |
| $2000 \leq L_n \leq 3000$ | 槽 钢 | 500 | 2 [12 |
| | 角 钢 | 500 | 2 L 110×8 |

注：1 型钢过梁上部冰砌体分皮错缝搭砌，上下皮错缝长度为冰块长度的 1/2，当过梁上部冰砌体有外加荷载时，型钢规格应根据计算确定；
2 型钢过梁支承长度不宜小于 300mm。

2 采用圆拱形冰砌冰碓过梁时，冰碓尺寸和矢高应按表 4.4.17-2 选用。

表 4.4.17-2 冰碓尺寸、矢高

| 冰洞口宽度 L_n (mm) | 楔形冰碓高度 d (mm) | 矢高 f_0 (mm) |
|------------------------|--------------------|------------------------|
| $L_n \leq 3000$ | $d \leq 300$ | $f_0 \leq 1500$ |
| $3000 < L_n \leq 6000$ | $300 < d \leq 600$ | $1500 < f_0 \leq 3000$ |
| $6000 < L_n \leq 9000$ | $600 < d \leq 900$ | $3000 < f_0 \leq 4500$ |

注：1 表中楔形冰碓为圆弧形拱洞口，当冰碓高度大于 550mm 时，分两层砌筑，其高度为两层楔形碓块的高度之和；
2 冰碓过梁上部洞宽范围的冰砌体分皮错缝搭砌，上下皮搭砌长度为冰块长度的 1/2；
3 冰碓高度不应小于洞口宽度的 1/10，冰碓矢高不应小于洞口宽度的 1/2。

3 冰砌体的拱脚支座水平截面承载力，应根据拱脚推力作抗剪和抗滑移计算，并应考虑冰体融化承载力降低情况，采取相应构造措施。

4.4.18 当冰砌构件的悬挑长度大于 0.6m 时,应按悬挑结构采用型钢挑梁做构造处理。

4.4.19 冰砌体墙中型钢挑梁应按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定进行抗倾覆验算。

4.4.20 当冰景观建筑高度大于 12m 或层数大于 4 层时,圈梁标高处应设置刚性拉结或楼盖;楼盖、屋盖的主要承重结构宜采用装配式有檩体系钢结构,承重梁可选用型钢。

4.5 雪体结构设计

4.5.1 雪体结构构件应按承载能力极限状态设计,并应满足正常使用状态的要求。

4.5.2 雪体结构构件按承载能力极限状态设计时,应按下列公式最不利组合进行计算:

$$\gamma_0(1.2S_{Gk} + 1.4\gamma_L S_{Q1k} + \gamma_L \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik}) \leq R_d \quad (4.5.2-1)$$

$$\gamma_0(1.35S_{Gk} + 1.4\gamma_L \sum_{i=1}^n \psi_{ci} S_{Qik}) \leq R_d \quad (4.5.2-2)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数,取 1.0;

γ_L ——可变荷载考虑结构设计使用年限的调整系数,仅限于楼面、屋面活荷载,取 0.9;

S_{Gk} ——永久荷载标准值的效应;

S_{Q1k} ——在基本组合中起控制作用的第一个可变荷载标准值的效应;

S_{Qik} ——第 i 个可变荷载标准值的效应;

R_d ——结构构件抗力的设计值;

γ_{Qi} ——第 i 个可变荷载的分项系数,取 1.4;

ψ_{ci} ——第 i 个可变荷载的组合值系数,取 0.7。

4.5.3 雪体结构构件计算应符合下列规定:

1 雪体结构构件承载力应按温度分级取 -10°C 雪体强度设

计值计算；

2 计算雪体自重时，应将本标准表 3.2.1 的取值换算为重力密度 (kN/m^3)；

3 非雪体结构构件自重及作用荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定取值。

4.5.4 雪体建筑基础设计应符合下列规定：

1 建筑高度大于 10m 且落地短边长度大于 6m 的雪体建筑应进行基础设计，地基承载力应按非冻土强度计算，且应考虑雪体建筑周边土的冻胀因素，采取相应的防冻胀措施；

2 对于高度大于 10m 的雪体建筑基础，不能满足天然地基设计条件时，应采用水浇冻土地基等加固措施进行地基处理。处理后的地基承载力应达到设计要求，并应进行冻土地基下卧层的验算及基础冻胀稳定性验算。

4.5.5 建筑高度小于 10m 的雪体建筑可采用自然地面用水浇透冻实的冻土地基；冻土厚度大于 400mm 时，厚度应按 400mm 取值，小于 400mm 时按实际冻土厚度取值。冻土地基承载力值应通过原位测试确定，并进行冻土地基下卧层的验算及稳定性计算。

4.5.6 雪体建筑应按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 确定静力计算方案，进行静力计算，也可按刚性方案设计。

4.5.7 受压构件的承载力应符合下式规定：

$$N \leq \varphi f A \quad (4.5.7)$$

式中：N——轴心压力设计值；

φ ——高厚比 β 和轴向力的偏心距 e 对受压构件承载力的影响系数，应按本标准附录 B 的规定采用，其中 β 的取值应按本标准第 4.5.12 条第 1 款、第 2 款计算； e 按内力设计值计算时，不应超过截面重心到轴向力所在偏心方向截面边缘距离的 60%。雪体抗压强度应按本标准表 3.2.2 规定取值；

f ——雪体抗压强度设计值，应按本标准表 3.2.2 的规定取值；

A ——截面面积，雪体应按净截面计算；带壁柱墙、带冰构造柱的墙截面的翼缘宽度，应分别按本标准第 4.5.12 条第 2 款第 1 项、第 2 项采用，壁柱间墙、冰构造柱间墙取截面净长度。

4.5.8 局部受压的承载力应符合下式规定：

$$N_l \leq 1.2fA_l \quad (4.5.8)$$

式中： N_l ——局部受压面积上的轴向力设计值；

f ——雪体的抗压强度设计值，按本标准表 3.2.2 的规定取值；

A_l ——局部受压面积。

4.5.9 轴心受拉构件的承载力应符合下式规定：

$$N_t \leq f_t A \quad (4.5.9)$$

式中： N_t ——轴心受拉设计值；

f_t ——雪体的轴心抗拉强度设计值，可取本标准表 3.2.4 抗劈拉强度设计值；

A ——截面面积，雪体应按净截面计算。

4.5.10 受剪构件的承载力应符合下式规定：

$$V \leq f_v A \quad (4.5.10)$$

式中： V ——截面剪力设计值；

f_v ——雪体抗剪强度设计值，按本标准表 3.2.5 的规定取值；

A ——截面面积，雪体应按净截面计算。

4.5.11 受弯构件的承载力应符合下式规定：

$$M \leq f_w W \quad (4.5.11)$$

式中： M ——截面弯矩设计值；

f_w ——雪体弯曲抗拉强度设计值，可取抗折强度设计值，按本标准表 3.2.3 的规定取值；

W ——截面抵抗矩。

4.5.12 墙、柱高厚比设计应符合下列规定：

1 雪体墙、柱的高厚比验算应符合下式规定：

$$\beta = \frac{H_0}{h} \leq [\beta] \tag{4.5.12-1}$$

式中： H_0 ——墙、柱的计算高度，应按表 4.5.12-1 采用；

h ——墙厚或矩形柱的短边边长；

$[\beta]$ ——墙、柱的允许高厚比，应按表 4.5.12-2 采用。

表 4.5.12-1 墙、柱的计算高度 H_0

| 雪体建筑 构件类别 | 楼盖或屋盖类别 | 横墙间距 S (m) | 带壁柱墙、带冰构造柱墙或 周边拉结的墙 | | |
|--------------------|-------------------|---------------|------------------------|--------------|-----------|
| | | | $S>2H$ | $2H\geq S>H$ | $S\leq H$ |
| 雪体建筑 为刚性 方案 | 装配式有檩体系 轻型楼、屋盖 | $S<20$ | 1.0H | $0.4S+0.2H$ | 0.6S |
| | 瓦材屋面的木屋 盖和轻钢屋盖 | $S<16$ | | | |
| 雪体建筑 为非刚性 方案 | 装配式有檩体系 轻型楼、屋盖 | $S\geq 20$ | 1.5H | | |
| | 瓦材屋面的木屋 盖和轻钢屋盖 | $S\geq 16$ | | | |
| 构件上端为自由端 | | 2.0H | | | |

- 注：1 构件在底层时，构件高度 H 取楼板顶面或上水平支承点到构件下端支承距离；构件在其他层时，构件高度 H ，取楼板或其他水平支承点间的距离；
- 2 构件上端为自由端时，构件高度 H 取构件长度；
- 3 无壁柱的山墙，构件高度 H 可取层高加山墙尖高度的 1/2；带壁柱的山墙、雪体墙中带冰构造柱的山墙，构件高度 H 可取壁柱、冰构造柱处的山墙高度；
- 4 无盖的三边支承墙，构件高度 H 取上端自由边到墙下端支承点的距离，且在无盖的三边支承墙中，宜设置冰圈梁和壁柱或冰构造柱。

表 4.5.12-2 墙、柱的允许高厚比 $[\beta]$

| 构件类型 | 雪体墙 | 雪体柱 |
|--------|-----|-----|
| 主要承重构件 | 8 | 6 |
| 次要承重构件 | 10 | 8 |

2 带壁柱墙和带冰构造柱墙的高厚比应按下式进行验算：

$$\beta = \frac{H_0}{h'} \leq [\beta] \quad (4.5.12-2)$$

式中： H_0 ——带壁柱墙、雪体中带冰构造柱墙或壁柱间墙、冰构造柱间墙的计算高度，应分别按表 4.5.12-1 或第 4.5.12 条第 2 款第 3 项的规定采用；

h' ——带壁柱墙和带冰构造柱墙的截面折算厚度分别按第 4.5.12 条第 2 款第 1 项、第 2 项采用，壁柱间墙、冰构造柱间墙的厚度，取用墙本身厚度；

$[\beta]$ ——墙、柱的允许高厚比，应按表 4.5.12-2 采用。

- 1) 带壁柱墙的折算厚度，应取 3.5 倍截面回转半径，其中：带壁柱墙为条形基础时，带壁柱墙截面的翼缘宽度可取相邻壁柱间的距离；单层雪体建筑，带壁柱墙截面的翼缘宽度可取壁柱宽加墙高的 2/3，但不大于窗间墙宽度和相邻壁柱间的距离；多层雪体建筑，当有窗间洞口时，带壁柱墙截面的翼缘宽度可取雪体实墙宽度；无门窗洞口时，每侧翼墙宽度可取壁柱高度的 1/3，且不应大于相邻壁柱间距离；
- 2) 雪体中带冰构造柱墙的翼缘宽度取相邻冰构造柱间的距离，其折算厚度取 1.05 倍墙厚；
- 3) 验算壁柱间墙或冰构造柱间墙的高厚比时，横墙间距 S 应取壁柱间或构造柱间的距离；设有冰圈梁的带壁柱墙或冰构造柱墙的计算高度 H_0 按表 4.5.12-1 采用，但构件高度 H 按下列规定确定：当冰圈梁宽度 b 大于或等于相邻壁柱间或冰构造柱间的距离 S_0 的 1/30 时，

冰圈梁可视为带壁柱间墙或带冰构造柱间墙的不动铰支点，构件高度 H 应取相邻不动铰之间的距离；不允许增加冰圈梁宽度时，可按墙体平面外等刚度原则增加冰圈梁高度。

4.5.13 雪体构造应符合下列规定：

1 高度不大于 6m 的雪体墙的厚度不应小于 800mm，高度大于 6m 且小于 10m 的雪体墙的厚度不应小于 1000mm；独立雪体柱截面尺寸不应小于 1200mm×1200mm；

2 高度大于 10m 的雪体墙及独立雪体柱内部应采取设置竹、木、钢等结构加固措施；

3 跨度大于 2m 的圆拱形门洞且有人、车通过时，应采取在雪体外设置竹、木、钢等结构加固防护措施。

4.5.14 抗震设防地区，建筑高度大于 9m 或层数大于 3 层的雪体建筑，宜根据地震造成灾害的可能性，采取相应的抗震构造措施。

4.5.15 过梁的设置应符合下列规定：

1 雪体平拱洞口宽度不得大于 3m，并按表 4.5.15-1 选用型钢过梁。

表 4.5.15-1 槽钢、角钢过梁选用表

| 雪体洞口宽度 L_n (mm) | 型钢类型 | 型钢间距 (mm) | 型钢规格数量 |
|---------------------------|------|--------------|-----------|
| $L_n < 1000$ | 槽 钢 | 500 | 2 [8 |
| | 角 钢 | 500 | 2 L 50×5 |
| $1000 \leq L_n < 2000$ | 槽 钢 | 500 | 2 [10 |
| | 角 钢 | 500 | 2 L 75×6 |
| $2000 \leq L_n \leq 3000$ | 槽 钢 | 500 | 2 [12 |
| | 角 钢 | 500 | 2 L 110×8 |

注：1 型钢过梁上部雪体分皮错缝搭接，上下皮错缝长度为雪块长度的 1/2，当过梁上部雪体有外加荷载时，型钢规格应根据计算确定；

2 型钢过梁支承长度不宜小于 400mm。

2 采用圆拱形雪体碯过梁时,雪体碯尺寸和矢高应按表 4.5.15-2 采用。

表 4.5.15-2 雪体碯尺寸、矢高

| 雪体洞口宽度 L_n (mm) | 楔形雪体碯高度 d (mm) | 矢高 f_0 (mm) |
|------------------------|---------------------|------------------------|
| $L_n \leq 3000$ | $d \leq 500$ | $f_0 \leq 1500$ |
| $3000 < L_n \leq 6000$ | $500 < d \leq 800$ | $1500 < f_0 \leq 3000$ |
| $6000 < L_n \leq 9000$ | $800 < d \leq 1100$ | $3000 < f_0 \leq 4500$ |

- 注：1 表中楔形雪体碯为圆弧形拱洞口，当雪体碯高度大于 550mm 时，分两层砌筑，其高度为两层楔形雪体碯块的高度之和；
- 2 雪体碯过梁上部洞宽范围的雪体分皮错缝搭砌，上下皮搭砌长度为雪体块长度的 1/2；
- 3 雪体碯高度不应小于洞口宽度的 1/10，雪体碯矢高不应小于洞口宽度的 1/2。

3 雪体的拱脚支座水平截面承载力，根据拱脚推力作抗剪和抗滑移计算，并考虑雪体融化承载力降低情况采取相应的构造措施。

4.5.16 当雪体构件的悬挑长度大于 0.4m 时，应采用型钢挑梁。雪体墙中型钢挑梁的抗倾覆应按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定进行验算。

4.5.17 当雪景建筑高度大于 9m 或层数大于 3 层时，圈梁标高处应设置刚性拉结；楼盖、屋盖的主要承重结构宜采用装配式有檩体系钢结构，承重梁可选用型钢。

4.6 冰雪景观照明设计

4.6.1 冰雪景观照明设计应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034 有关规定，满足民用建筑电气、城市夜景照明功能要求。

4.6.2 景区的景观性照明应进行总体和单体照明设计，且应符合下列规定：

- 1 应对冰雪景观照明，设计内置灯光和外置灯光；
 - 2 应根据表现主题合理配置灯光的色彩、亮度和变化频率；
 - 3 灯具布置应符合总体灯光设计和单体灯光设计要求，并应合理确定位置；亮度、光色和光影应符合灯光设计效果要求；
 - 4 宜选用节能、环保、高效的灯具；
 - 5 室外灯具、支架等附属构件应保证寒冷条件下正常使用。
- 4.6.3 冰雪景观建筑照明质量应符合下列规定：**
- 1 冰雪景观建筑照明光源的色温应符合表 4.6.3-1 的规定。

表 4.6.3-1 冰雪景观建筑照明光源的色温

| 光源颜色 | 色温 (K) | 颜色特征 | 适用景观 |
|------|-----------|------|----------------|
| I | <3300 | 暖 | 古典以及欧式冰建筑、商业设施 |
| II | 3300~5300 | 中间 | 艺术类冰雕作品、广告 |
| III | >5300 | 冷 | 雪雕及冰峰、活动场所 |

- 2 照明光源颜色应符合冰雪景观建筑创意主题的要求。
- 3 冰雪景观建筑照明灯光直接眩光限制质量等级统一眩光值 (UGR) 应符合表 4.6.3-2 的规定。

表 4.6.3-2 冰雪景观建筑照明灯光直接眩光限制质量等级 (UGR)

| UGR 的数值 | 对应眩光程度描述 | 视觉要求和场所示例 |
|---------|----------|-----------|
| <13 | 没有眩光 | — |
| 13~16 | 开始有感觉 | 冰雕作品 |
| 17~19 | 引起注意 | 冰雕作品 |
| 20~22 | 引起轻度不适 | 雪雕作品 |
| 23~25 | 不舒服 | 雪雕、景区照明 |
| 26~28 | 很不舒服 | — |

- 4 冰雪景观照明场所统一眩光值 (UGR) 大于 25 时应采取下列避免眩光的措施：
 - 1 景观照明灯具不应安装在大型冰雪景观建筑照明的干扰区内，且不应对视产生镜面反射；

- 2) 小体量冰雪景观建筑及艺术类冰雕景观照明,可沿视线方向进行配光或采取间接照明方式,且宜选用发光面积大、亮度低、光扩散性能好的灯具。

4.6.4 冰雪景观建筑照度水平应符合下列规定:

- 1 视觉工作照度范围宜按表 4.6.4 选用。

表 4.6.4 视觉工作照度范围值

| 视觉工作性质 | 照度范围 (lx) | 区域或活动类型 | 适用场所示例 |
|--------|-----------|------------------------|------------------|
| 简单视觉工作 | 30~75 | 简单识别物表征 | 活动、娱乐场所 |
| 一般视觉工作 | 100~200 | 景观内置灯光、商业等工作场所 | 冰雕及冰景观建筑内 |
| | 200~500 | 景观外投光照明 | 冰雕小品、小规模雪雕 |
| | 500~750 | 大型冰雪景观建筑、景观展示区域、重要视觉场所 | 标志性景观、舞台表演等较重要景区 |

- 2 冰雪景观建筑景观性照明照度可采用下列分级 (lx): 20、50、100、200、300、500、750。

- 3 表演区域表演性照明应按照演出要求安装专业照明系统。

- 4 景区道路应安装功能性照明设备,宜选用单色调光源,照度宜为 20lx~50lx,可利用灯箱、广告灯、地理灯间接照明。

- 5 景区光环境设计应合理配置灯光的明暗对比、色彩变化,合理调控光源的点、线、面搭配;当采用激光等有特殊表现功能的灯光时,宜设置程序控制;中心景区和主要景观的照度应高于其他景区。

- 6 灯光设计应编制照度分布图、景区和大型景观灯光颜色效果图以及灯光变幻程序设计、动态演示方案。

4.6.5 冰雪景观建筑照明光源与灯具选择应符合下列规定:

- 1 景观区域光源、灯具的选择和配置,应视觉效果良好,布局合理,照度适宜,亮度明晰,色彩突出,变换得当。

2 照明光源应根据景区环境、光效、显色性、耐用性等确定。

3 冰景内置光源宜选用节能、环保、防水性能好、发热量低（LED灯等）的光源。

4 广告区、信息发布区、导游图、大屏幕可选用 LED 光源。

5 景区引导标识可采用电致发光板作为辅助照明。

6 景观照明灯具应选用发热量低、节能、安全、耐用、在寒冷条件下能正常使用的高效光源及高效灯具，并应符合下列规定：

1) 冰景内置灯具、轮廓灯等与冰景接触的灯具应选用亮度高，冷光源灯具；

2) 冰景内无法拆除的灯具应选用经济、低污染型灯具；

3) 室外采用的灯具应防水、防潮并易于更换。

7 不易检修维护的投光灯、泛光灯、高空标志灯应选择光源寿命长的灯具。

8 景区、广场功能性照明宜选用高强度气体放电灯具。

4.6.6 冰雪景观建筑照明应采取节能措施，并应符合下列规定：

1 应选用经济合理，节能环保的光源。

2 直管型荧光灯应选用寒冷条件下能够正常工作的节能型电子镇流器。当选用电感镇流器时，能耗应符合现行国家标准《管形荧光灯镇流器能效限定值及能效等级》GB 17896 的规定。

3 应选择合理的照明控制方式，符合照明设计要求变化的频率：

1) 可采取分区控制灯光或多点控制方式；

2) 公共场所照明，宜采用集中控制或时钟控制方式；

3) 可设置不同时间段减光控制方案；

4) 高效能灯具启动后，可适当降低电压。

4 应根据景区照明功能需要，采用定时开关、红外感应控制器和照明智能控制系统等节能管理措施。

5 广场、道路及庭院照明可采用太阳能照明灯具及风能照明灯具。

4.6.7 冰雪景观建筑的照明供电系统设计应符合下列规定：

1 应合理确定负荷等级和供电方案。

2 冰雪景区重要照明负荷供电设施宜采用双电源、双回路，分级供电。

3 三相照明线路各相负荷宜保持平衡，最大相负荷电流不宜超过三相负荷平均值的 115%，最小相负荷电流不宜小于三相负荷平均值的 85%。

4 重要场所，应在负荷末极配电箱采用自动切换电源的供电方式，负荷较大时，可采用由两个专用回路各带 50%照明灯具的配电方式。

5 在分支回路中，不得采用三相低压断路器对三个单相分支回路进行控制和保护。

6 照明系统中的每一个单相分支回路电流不宜超过 16A，光源数量不宜超过 50 个；冰建筑内组合灯具每一个单相回路电流不宜超过 25A，光源数量不宜超过 120 个。

7 当采用气体放电灯时，照明线路中性导体应与相导体规格相同。

8 采用电感镇流器气体放电光源时，可将同一灯具或不同灯具的相邻灯管（光源）分接在不同相序的线路上。

9 总体供电方案应按照景区规划和单体冰雪景观建筑电气照明设计，进行用电负荷计算，确定供电方案，完成配电系统设计，并应符合下列规定：

1) 采用固定供电时，配电设备和供电线路应为固定设施，供电线路应采取直埋方式；线路穿过道路和有重型车辆通过的地方，应采取保护措施；

2) 采用临时供电时，配电线路宜采用金属线槽明敷或暗敷设。

10 景区应设置值班照明。

11 采用的电气设备及断路器（含微型断路器）应能在环境温度 -30°C 以下正常工作。

12 室外分支线路应安装剩余电流动作保护器。

13 配电线路应安装短路、过负荷和过欠电压保护器。

14 室外配电柜、箱防护等级不应低于 IP33。

4.6.8 冰景观建筑灯光设计应符合下列规定：

1 建筑类冰景观光源应根据创意确定，灯光应富于变化，大型冰景观建筑灯光宜采用程控设计；艺术类冰景观可选用外投光，并应根据表现内容和艺术表现力选用灯光颜色、照度、布光方式和灯具类型。

2 光源的选择应符合下列规定：

1) 冰体内的渲染效果灯光色差不宜过小，灯光颜色宜选用白色、黄色、红色、蓝色、绿色等作基调；

2) 冰景观建筑内置照明宜选用直管荧光灯和可塑 LED 灯；

3) 冰景观建筑轮廓灯宜选用可塑 LED 灯、光导纤维灯、频闪灯、雷光管等；

4) 大型冰景观建筑外投光应采用瀑光均匀、照度较高的泛光灯或投光灯等光源；

5) 冰雕作品和大型冰景观建筑局部效果照明，可采用暖色调的卤素灯、拍灯或射灯等紧凑型节能灯。

3 冰景观建筑内置光源宜选用 T8 管和 T5 细管径普通卤粉直管荧光灯，或三基色直管荧光灯、紧凑型节能灯、LED 灯。

4 建筑高度大于 3m 且宽度和厚度均大于 1.5m 的冰景观建筑、浮雕类冰景观宜以内置灯光为主，局部可采用高光或互补色光进行点缀；并应根据设计要求对光源进行程序控制，实现光源色彩变换、明暗变化、流动闪烁。内置灯光应根据冰的透光度，确定光源与外层冰的厚度，与冰外表面的距离不应大于 350mm 且不应小于 150mm。

5 艺术类冰景观灯光布设，宜采用外投光，灯具与景观的

距离不应小于 1.5m, 灯具宜隐蔽摆放, 并应与景观呈一定角度。主光源和辅助光源应在类型、颜色、照度、距离满足表现效果的需要。灯具应安装在灯具架上, 且距地面高度不应小于 0.5m。

6 局部造型效果灯可选用卤素灯等为光源, 射灯作为点缀。

7 冰廊、灌木丛等面积较大的景观, 效果光可选用满天星造型。

8 冰景观内置 LED 新型光源应符合下列规定:

- 1) 考虑光源的方向性, 在冰砌体内布光宜均匀;
- 2) 选用的灯型、配件规格、型号宜统一, 可相互通用;
- 3) 置于冰砌体内的光源及配件不宜采用散热较高的器材;
- 4) 可重复使用的灯具、电器材料等应采取回收措施。

4.6.9 雪景观灯光设计应符合下列规定:

1 雪雕景观照明可选用金属卤化物灯和高压钠灯, 灯具距雪景距离不应小于 2.0m;

2 灯具应安装在灯具架上, 且距地面高度不应小于 0.5m;

3 应根据设计主题选择灯光颜色和照度; 主光、侧光和背景光的照度应满足功能要求;

4 大型雪景观灯光布置应主次分明, 直接照射雪景泛光灯功率不宜大于 400W;

5 宜选用体积较小的泛光灯, 灯具和支架宜漆成白色。

4.6.10 冰雪景区低压配电系统的接地形式应符合下列规定:

1 景区低压配电系统的接地形式宜采用 TT 或 TN-S 系统。

2 当采用 TT 系统时, 每个配电箱处应设接地极; 接地故障保护的動作特性应符合下式规定:

$$R_A \times I_a \leq 50 \quad (4.6.10)$$

式中: R_A ——接地极和外露可导电部分保护导体电阻之和 (Ω);

I_a ——保护电器切断故障回路的動作电流 (A)。

3 当采用过电流保护器时, 反时限特性过电流保护器的故障回路的動作电流 (I_a) 应保证 5s 内切断电流; 采用瞬时動作特性过电流保护器的故障回路的動作电流 (I_a) 应为保证瞬时動作

的最小电流；当采用剩余电流动作保护器时，应为其额定剩余动作电流。

4 当采用 TN-S 系统时，保护导体（PE）超过 50m 时，应作重复接地；当线路超长时，末端配电箱外露可导电部分和外界可导电部分应作局部等电位连接或辅助等电位连接。

4.6.11 配电线路的接地方式，等电位连接以及保护应符合现行国家标准《低压配电设计规范》GB 50054 规定。

4.7 智能化设计

4.7.1 园区应设置广播系统和背景音效系统。

4.7.2 园区内单独表演区域音效系统和灯光音乐秀等，不应对其他区域形成干扰。

4.7.3 园区宜采用无线讲解系统和使用无线移动终端向游客提供电子地图、景点解说、旅游线路查询、交通路况信息、景点导航、商业导航、定位服务及其他相关服务事项。

4.7.4 园区应设置监控系统对景区进行不间断监控，并应在重要区域建立自动报警系统。

5 冰雪景观建筑施工

5.1 一般规定

5.1.1 冰雪景观建筑施工前，建设单位应组织设计、施工、监理单位相关人员，进行图纸会审和技术交底。

5.1.2 施工单位应编制冰雪景观建筑施工组织设计，并应制定施工方案。对施工支撑结构应进行承载力和稳定验算，确定高处作业、施工测量、机具选用、型钢埋设、构件安装、冰雪切割和运输等技术措施。

5.1.3 对于高度超过 30m 冰建筑和高度超过 20m 雪体建筑，施工期内应进行沉降和变形观测。

5.1.4 对涉及结构安全和使用功能的材料和设备，应进行进场检验。

5.1.5 冰雪景观建筑主体施工完成后，应对冰景表面净面、雪体表面磨光，达到冰砌体透明，雪体表面光洁。

5.2 施工测量

5.2.1 冰雪景观建筑施工应按规划要求对场地进行总体放线，对单体景观进行定位，并经检查合格后，做好建筑控制点桩位保护。

5.2.2 冰雪景观建筑施工应按照冰雪景观建筑线桩或控制点测定外廓线，并应经闭合校测合格后，确定细部轴线及有关边界线，其允许偏差应符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 测量允许偏差

| 项 目 | 允许偏差 |
|------|-------|
| 细部轴线 | ±10mm |

续表 5.2.2

| 项 目 | | 允许偏差 |
|-----------|----------------|---------------------|
| 标高 | 层高 | ±15mm |
| | 总高 | ±30mm |
| 总高垂直度 (m) | $H \leq 15$ | ±20mm |
| | $H > 15$ | $H/750$ 与 50mm 的较小值 |
| 外廓线边长 (m) | $L(B) \leq 30$ | ±20mm |
| | $L(B) > 30$ | ±30mm |
| 对角线 (m) | $L(B) \leq 30$ | ±30mm |
| | $L(B) > 30$ | ±40mm |
| 轴线角度 (") | $L(B) \leq 30$ | ±20" |
| | $L(B) > 30$ | ±30" |

5.3 采冰与制雪

5.3.1 天然冰采制应符合下列规定：

- 1 天然冰采制的环境温度宜在 -10°C 以下。
- 2 当天然冰冻结厚度不小于 200mm，且当冰材料满足下列条件时，方可进行采冰作业：
 - 1) 强度达到设计要求；
 - 2) 透光性良好，无明显气泡、泥沙、杂物及明显裂缝和断层。
- 3 毛冰在自然条件下，应搁置 12h 以上，方可使用。
- 4 毛冰宜选用下列尺寸规格：长度为 1000mm、宽度为 700mm 且冰厚度大于 200mm 或长度为 1300mm、宽度为 1200mm 且冰厚度不应小于 300mm。冰雕宜采用整块毛冰，尺寸规格宜采用长度为 2000mm、宽度为 1200mm 且冰厚度不应小于 400mm。

砌筑用冰块尺寸规格宜采用长度为 600mm、宽度为 300mm 且冰厚度不应小于 200mm。

5.3.2 毛冰应采用齿锯分割，并应加工成设计要求规格的冰砌块。

5.3.3 人造冰冻制应符合下列规定：

- 1 环境温度应在 -10°C 以下；
- 2 当制作透明人造冰时，应采取使冰体透明的技术措施；
- 3 当制作彩色冰时，所用彩色染料应易溶于水、无污染、悬浮性好、透光性强，符合环保要求，且彩色冰的色相饱和度应符合设计要求；
- 4 人造冰的尺寸规格可采用 $600\text{mm}\times 300\text{mm}\times 200\text{mm}$ 。

5.3.4 人造雪制作应符合下列规定：

- 1 环境温度宜在 -10°C 以下；
- 2 当大规模制雪时，水源应充足，水质应达到制雪机的用水标准；
- 3 室内人工制雪，宜选用雾化程度高、喷嘴较细的制雪机制雪，也可选用大型刨冰机用冰块粉碎加工制作。

5.3.5 大型雪坯制作应符合下列规定：

- 1 当采用雪堆积方式时，应采用模板按设计要求制成几何体后，填充堆雪、并分层压实；
- 2 当采用雪块垒砌方式时，应采用强度满足设计要求的规格雪块垒砌组合成大型雪坯，垒砌接缝应规整严密，雪坯几何尺寸应规整。

5.4 冰景观建筑基础施工

5.4.1 地基表面应清理平整，经浇水冻实后，方可进行上部砌体施工。

5.4.2 当地基表面坡度小于 1% 且高差小于 100mm 时，可采用分层浇水冻实找平；地基表面坡度大于 1% 或相对高差大于 100mm 时，宜采用冰砌块找平。

5.4.3 冰景观建筑承重墙、柱严禁坐落在碎冰、积雪和松散土层上。

5.4.4 冰景观建筑基础施工应符合下列规定：

1 实冰砌筑应采用砌筑冰块分层组砌的施工方法，冰块应规格统一、上下皮错缝搭接，搭接长度为冰块长度的 $1/2$ 且不应小于 200mm，不得采用周边型冰围砌，中间用冰块、碎冰填芯的方法砌筑。

2 每皮冰块砌筑高度应水平一致，冰砌体水平缝、垂直缝宽度不应大于 2mm，且应注水冻实，冰缝冻结面积率不应小于 80%。

3 内部设计为填充碎冰或为空心的冰景观建筑应设实体冰砌体基座，冰基座高度不应小于冰建筑高度的 $1/10$ ，且不应小于 1m。

5.5 冰砌体施工

5.5.1 冰景观建筑外部应选用透明度高、无杂质、无裂纹的冰砌块。

5.5.2 冰砌块间的冻结用水应选用洁净的天然水或自来水。

5.5.3 冰景观建筑施工，应采用分层组砌方式。

5.5.4 施工时，灌注用水的温度宜为 0°C ，并应采用专用注水工具灌注冰缝，注水冻结率不应小于 80%。

5.5.5 冰景观建筑施工期间，应对冰砌体进行温度监测。当冰体温度高于设计温度或砌筑水不能冻结时，应停止施工，并应采用遮光、防风材料遮挡等措施保护冰景。

5.5.6 冰砌块尺寸应根据冰砌体（墙）设计厚度和冰料尺寸确定，各砌筑面应平整且每皮冰块高度的允许误差为 $\pm 5\text{mm}$ ，冰块长度和宽度的允许误差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

5.5.7 冰砌体墙的砌筑应符合下列规定：

1 冰砌体组砌冰块应上下错缝，内外搭砌；错缝、搭砌长度应为 $1/2$ 冰砌块长度，且不应小于 120mm；

2 每皮冰块砌筑高度应一致，表面用刀锯划出注水线；冰砌体的水平缝及垂直缝不应大于 2mm，且应横平竖直，砌体表

面光滑、平整；

3 单体冰景观建筑同一标高的冰砌体（墙）应连续同步砌筑；当不能同步砌筑时，应错缝留斜槎，留槎部位高差不应大于 1.5m。

5.5.8 设计为空心的大体量冰景观建筑，冰体间应采取构造措施进行拉结，内部非承重部分可采用碎冰填充。

5.5.9 大体量冰景观建筑内允许填充碎冰时，所用的碎冰应密实，颗粒级配合理，最大粒径不应大于 300mm，并应分层填充，每层厚度不应大于 1.5m，且应注水冻实，但不得溢出冰景外立面；透过主立面冰体不应观察到碎冰肌理。

5.5.10 冰碇采用的冰块应根据设计要求确定，楔形冰块的边长误差不应大于 2mm。冰碇中的各楔形冰块间的竖向冰缝宽度不应大于 1mm 并注满水冻实。

5.5.11 采用楔形冰块砌筑的冰碇，冰碇高度不应大于洞口宽度的 1/10，当冰碇高度大于 550mm 时，应分两层砌筑；冰碇矢高应按本标准表 4.4.17-2 取值；冰碇洞口长度大于楔形冰块底边长度时，每层冰碇应错缝砌筑，错缝长度应为楔形冰块底边长度的 1/2。

5.5.12 冰砌体中安放灯具的孔洞应根据设计要求预留，灯具孔洞距冰砌体外表面的距离应符合本标准第 4.6.8 条第 4 款的规定，冰砌体中灯具孔洞内的碎冰应清理干净；对较高的冰建筑宜留出检修人员出入的隐蔽洞口和上下通行的竖向检修井，检修井内应设置钢筋爬梯。

5.5.13 彩色冰块各砌筑面应平整；彩色冰砌体的冰缝、彩色冰与非彩色冰间的冰缝，应采用水及彩色冰沫拌合填充或勾缝。

5.5.14 冰景观建筑外部完工后，应自上而下进行精细净面处理。

5.5.15 冰景观建筑施工脚手架和垂直运输设备必须独立搭设，严禁与冰体接触。

5.6 冰砌体内钢结构施工

5.6.1 对配有竖向钢筋和箍筋的冰建筑，竖向钢筋与冰块间的缝隙应采用冰沫拌水分层塞填冻实，水平箍筋应在冰砌体上凿出水平冰槽放置并注水冻实，不得高出冰面或放置在冰缝内。

5.6.2 型钢过梁、型钢骨架与冰砌块的缝隙，应采用注水或冰沫拌水塞填。

5.6.3 预埋件与冰砌体应注水冻实，不得有缝隙。

5.7 水浇冰景施工

5.7.1 水浇冰景应根据设计要求使用扎制骨架，然后进行喷水浇洒施工。骨架可一次制成，也可在喷水浇洒过程中扎制骨架。

5.7.2 水浇冰景施工可采用机械喷洒，也可采用人工喷洒方式，将水分次喷洒在预设的骨架上，逐渐加厚冰层，冻制成冰挂、冰乳石、冰山、冰洞等景观。

5.7.3 水浇冰景施工的环境温度应在 -20°C 以下，分层多次喷水完成。

5.7.4 水浇冰景应采用自来水或无杂质的地下水，喷洒时应控制流量、强度和雾化度。

5.8 冰雕制作

5.8.1 除特殊要求外，制作冰雕用的冰块应无杂质、气泡、裂纹。

5.8.2 大型冰雕作品应根据设计要求，用冰块组砌成几何整体后再进行雕刻。

5.8.3 小型冰雕作品可采用整块冰块，也可采用冰砌块组砌成冰坯后，进行雕刻，或采用冰砌块雕刻成型后，组合成冰雕。但冰砌体的纹理、砌缝应符合作品的要求。

5.8.4 用冰砌块组砌冰坯时，冰砌块宜斜面冻结，增大粘结面积，提高结构强度。冰缝间隙不应大于 2mm ，注水冻结面积率

不应小于 80%，表面光滑。

5.8.5 大型冰雕可先制作三维样稿，也可直接在冰坯上放大样。

5.8.6 冰雕作品雕刻可采用圆雕、浮雕、透雕、凹影雕等多种艺术表现手法。

5.8.7 冰雕作品应体现冰的透明、光线折射的材质特点，写意和写实相结合，注重刀法，纹理清晰，力度适当，突出镂空技巧和整体艺术表现力。

5.8.8 冰雕雕刻可根据主题采用具象和抽象的手法。具象手法应精细、深刻、栩栩如生；抽象手法应利用几何形体，表现主题与形体特质。

5.9 冰 灯 制 作

5.9.1 冰灯制作时，可根据功能制成吊挂式、落地式等形式多样、体量精致小巧的冰灯，且冰体上应留有足够的通风散热口。

5.9.2 冰灯可按下列步骤制作：

1 根据设计要求制作模具；

2 将清水或彩色水注入模具并进行冷冻，冰坯壁厚宜为 20mm～40mm；

3 在冰坯适当位置打出孔洞，倒出冰坯内未冻结的水；

4 在冰坯表面绘制或雕刻图案；

5 在冰体内部安装照明灯具；

6 安装辅助构件。

5.9.3 冰花可采用下列方法制作：

1 将清水注入模具或容器内，在低温下冻结成内空的冰坯，在冰体内、外采用描绘、雕刻、镶嵌等方式，将设计的山水、渔舟、花卉、树木、古灯、古建筑、人物等写意形式置于冰体上，形成的浮雕冰景；

2 将清水注入模具或容器内，放入鱼虫、植物、花卉等造型或标本，冻结后形成的冰景；

3 将清水注入模具或容器内，在冻制过程中掺入不同密度、

不同溶解性、不同扩散性的彩色溶液，制作成特殊效果冰景。

5.9.4 冰花宜采用外部照明，光源可选用投光灯或其他彩色灯光。

5.9.5 冰花的下部宜设高度不低于 1.0m，用冰或其他材料制作的展览平台。

5.10 雪景观建筑施工

5.10.1 雪景观建筑用雪可采用天然雪或人造雪；大型雪景观用雪应适当提高人工制雪含水率，小型雪景观可适当降低含水率。

5.10.2 雪景观建筑雪坯模板应搭建牢固，并应根据填雪进度分层安装；填充用雪应干净，不应有较大雪块和杂质；雪坯应压制均匀、密实，密度值应符合本标准表 3.2.1 的规定。

5.10.3 雪景观建筑可采用雕刻和塑造的方式，大型雪雕塑表面相邻面的高度差不宜小于 100mm。

5.10.4 雪景观上镶嵌其他材质装饰物应牢固，并应考虑承重和风化因素；较大型的镶嵌物宜设置独立基础，或采取加固措施。

5.10.5 雪雕作品完成后，应给出预留量，以便进行维护。

5.10.6 以雪为材料的活动类建筑，应满足结构要求、保证安全和方便维护。

5.11 雪雕制作

5.11.1 雪雕应根据设计要求制作相应的雪坯模具，雪体应进行夯实，密实度应满足设计要求。

5.11.2 艺术类雕刻比赛用雪体毛坯尺寸应根据比赛时间、气候条件、主题要求、展出效果合理确定，除特殊要求外宜采用长×宽×高为 3000mm×3000mm×5000mm。

5.11.3 雪雕正立面应避免阳光直射和全部背光，朝向宜选择光照角度较好的侧光，突出雪雕立体感。

5.11.4 雪雕制作应由上而下，逐级完成，不宜反复调整。

5.11.5 雪雕作品宜使用基座，基座应敦实且对主题景观形成

衬托。

5.11.6 雪雕作品应表现夸张，突出造型，强调轮廓，雕塑形式上粗犷豪放，纵、横线条和棱角应精细明了。

5.11.7 雪雕制作应充分考虑维修、养护和风化作用对雪雕作品的影响。

5.11.8 供夜间观赏的雪雕景观性照明灯具宜使用冷光源，灯具安放位置合理，且不应影响雪雕作品的观赏效果。

5.11.9 雪雕采用景观性照明灯具应根据设计要求，合理配置主光灯、侧光灯、背景灯、轮廓灯，选用切合主题的灯光颜色，根据效果控制灯光变化频率。

5.11.10 雪雕应根据风化程度定期进行维护，保持良好的观赏效果。

6 配电、照明施工

6.1 电力电缆施工

6.1.1 冰雪景观建筑电缆应采用在 -25°C 及以下能够正常工作且绝缘等级符合要求的铝合金电缆。

6.1.2 低压电力电缆芯数和导线截面选择应符合下列规定：

1 当低压配电系统接地形式为 TN-C 且保护线与中性线合用同一导体时，应采用四芯电缆。

2 当低压配电系统接地形式为 TN-S 且保护线与中性线各自独立时，应采用五芯电缆。

3 当低压配电系统接地形式为 TT 时，应采用四芯电缆。

4 当 1kV 以下电源中性点直接接地时，三相四线制系统的电缆中性导体截面面积应满足线路最大不平衡电流持续工作状态的要求；对有谐波电流影响的回路，应考虑谐波电流的影响，且应符合下列规定：

1) 以气体放电灯为主要负荷的回路，中性导体截面面积不得小于相导体截面面积；

2) 其他负荷回路，中性导体截面面积不得小于相导体截面面积的 $1/2$ 。

5 当采用单芯电缆作接地（PE）线时，中性导体、保护导体的截面面积应符合表 6.1.2 的规定；保护接地中性导体截面应符合下列规定：

1) 铜芯线，不应小于 10mm^2 ；

2) 铝芯线，不应小于 16mm^2 。

6 保护导体的截面面积应满足回路保护电器可靠动作要求，且应符合表 6.1.2 的规定。

表 6.1.2 满足热稳定要求的保护导体允许最小截面 (mm²)

| 电缆相芯线截面 (S) | 保护导体允许最小截面 |
|------------------|------------|
| $S \leq 16$ | S |
| $16 < S \leq 35$ | 16 |
| $S > 35$ | S/2 |

7 当交流供电回路由多根电缆并联组成时，应采用相同材质、相同截面的导体。

6.1.3 电缆进场时供方应提供产品合格证、产品安全认证标志、产品检测检验报告和其他有效证明文件。

6.1.4 电缆进场时，应进行外观检查和绝缘测试，并应符合下列规定：

- 1 电缆保护层不得破损；
- 2 电缆绝缘层不得有损伤，电缆应无压扁、扭曲，铠装应不松卷，耐寒电缆（电线）外护层应有明显标识和制造厂标；
- 3 应进行绝缘测试并填写现场测试报告单。

6.1.5 电缆运送应符合下列规定：

- 1 成盘电缆运送时不得平放，卸车时应采用电缆盘吊卸，不得直接抛装；
- 2 非成盘电缆应按电缆最小弯曲半径卷成圆盘，在四个点位处捆紧后搬运，不得在地面上拖拉；截断后存放的电缆芯线应在接头处加铅封，应采取绝缘和防潮措施。

6.1.6 安装前，电缆应在温度 10℃ 及以上的环境中至少放置 24h，并应安排好电缆放线顺序。

6.1.7 电缆敷设应符合下列规定：

- 1 电缆敷设前应查看电缆外表面有无损伤。
- 2 电缆敷设时，应排列整齐，不得交叉，位置固定；在电缆埋设线位应设置标志牌，标志牌设置应符合下列规定：
 - 1) 在电缆的始、终端头，转弯、分支接头等处应设置标志牌；

2) 标志牌上应注明线路编号；并联使用的电缆应有顺序号，标志牌上的字迹应清晰，不易脱落；当设计无标号时，应写明型号、规格及起讫地点。

3 电缆敷设时，在电缆的始、终端头应留有备用长度。直埋电缆应留取总长度的 1.5%~2% 作为余度，并应呈波浪形敷设。

4 电缆通过冰景，或在地下埋设时，应加装保护管或保护罩；易受到机械损伤的部位应采用金属钢管保护，伸出冰建筑物保护管的长度不应小于 250mm。

5 设有变电所或箱式变电站的供电回路至各功能分区的配电箱的线路，可采用耐低温铠装电力电缆，也可采用无铠装电力电缆加装钢管，并应采用直埋方式安装。

6 当在景区、广场、道路配电线路不能暗敷设时，应在地面上安装镀锌钢管加以保护，并应用冰雪碎沫加水冻实覆盖，且不得突出地面。

6.2 照明施工

6.2.1 照明灯具安装应符合设计要求。冰景观内的照明灯具设置应与冰体砌筑施工同步进行。每个用电单元应根据工程进度进行通电检测。冰雪景观用电设施应采取绝缘措施，不应漏电。

6.2.2 冰雪景观基础下配线应穿管保护。灯具配线宜采用耐低温绝缘等级为 0.45/0.75kV 铜芯橡皮线或铜芯氯丁橡皮线。

6.2.3 冰景观内部设置效果灯时，应留有散热口。

6.2.4 冰景观内置灯具应便于安装、维护和拆除。

6.2.5 冰景观内照明宜采用一体化灯具，两灯之间的连接宜采用模块插口或软连接，电源电线连接处应作防潮密封处理。

6.2.6 冰景观内采用带散热孔耐低温电子镇流器时，应采取防水、防潮措施。

6.2.7 冰景观内置电感型镇流器宜集中摆放，在镇流器底部应采取隔热绝缘措施。

6.2.8 公共场所采用点光源照明方式时，宜采用紧凑型节能荧光灯或 LED 灯具。

6.2.9 冰体内宜选用 LED 灯具照明，应具有良好的通风散热空间。

6.2.10 高度大于 15m 或体积大于 500m³ 冰景观建筑内部留有检修通道时，在底部或上部宜根据需要预留换灯检修口。

6.2.11 采用投光灯或泛光灯做景观照明时，宜选用一体化灯具，并应安放在支架上；支架上的灯具应能上下自由转动，并应能调整投射角。

6.2.12 冰景观建筑外轮廓采用可塑 LED 灯时，明敷设固定间距不大于 1.5m。

6.2.13 气体放电光源无功功率过大时，景区供电配电箱内应进行分散无功功率补偿。

6.2.14 冰雪景区照明控制，宜采用就地控制或集中在值班室、变电所统一联合控制方式。

6.2.15 景区闭园后应保留值班和功能性照明。

6.2.16 照明配电接线应符合下列规定：

1 保护接地导体（PE）应与接地干线相连接，且不得串联连接；金属构架、灯具的构件和金属软管应接地，且有标识。

2 采用多相供电的同一冰雪景观建筑内的电线绝缘层颜色应一致。保护导体（PE 线）应选用绿/黄双色线；零线应选用淡蓝色；相导体选用：A 相为黄色，B 相为绿色，C 相为红色；不应采用绿/黄双色线作负荷线。冰雪景观内照明回路应与配电箱（盘）回路标识相一致，在配电箱（盘）内和断路器底部标明控制负荷名称。

3 人行通道等人员密集场所安装的落地式灯具、支架上安装的灯具等，应采取防意外触电的保护措施。

6.2.17 照明配电箱（盘）安装应符合下列规定：

1 箱（盘）内应配线整齐，无绞接现象；导线应连接紧密，不伤芯线，不断股。垫圈下螺栓两侧下压的导线截面积应相同，

同一端子导线上连接不得多于 2 根，防松垫圈等零件应齐全。

2 箱（盘）内的开关动作应灵敏可靠，且电源连接端严禁使用插头和插座活动连接。带有剩余电流动作漏电保护装置，其额定漏电动作电流不应大于 30mA，额定漏电动作时间应小于 0.1s。

3 照明箱（盘）内，应分别设置零线（N）和中性导体（PE 线）汇流排，零线和保护导体应经汇流排配出，N 线端子板必须与金属电气安装板绝缘，PE 线端子板必须与金属板做电气连接。

4 机械上的防雷接地电气设备可连接的 PE 线上严禁装设开关或熔断器。同一台机械设备的重复接地和机械的防雷接地可用同一接地体，但接地电阻应符合重复接地电阻的要求。严禁通过工作电源连接，且严禁断路。

5 动力和照明线路严禁连接在同一负荷线上。

6.2.18 安装、调试、检验计量器具、电气设备计量仪表和相关电气保护仪表、设施，应检测合格，并应在有效期内使用。

7 工程质量验收

7.1 一般规定

7.1.1 冰雪景观建筑工程的施工质量控制应符合下列规定：

1 工程采用的主要材料、半成品、成品、建筑构配件、器具和设备应进行检验。凡涉及安全、节能、环境保护和主要使用功能的重要材料、产品，应按各专业工程施工规范、验收规范和设计文件等规定进行复验，并应经监理工程师检查认可。

2 各施工工序应按施工技术标准进行质量控制，每道施工工序完成后，经施工单位自检符合规定后，才能进行下道工序施工。各专业工种之间的相关工序应进行交接检验，并记录。

3 对于监理单位提出检查要求的重要工序，应经监理工程师检查认可，才能进行下道工序施工。

7.1.2 当专业验收规范对工程中的验收项目未作出相应规定时，应由建设单位组织监理单位、设计、施工等相关单位制定专项验收要求。涉及安全、节能、环境保护等项目的专项验收要求应由建设单位组织相关人员论证。

7.1.3 冰雪景观建筑工程施工质量应按下列要求进行验收：

1 工程质量验收均应在施工单位自检合格的基础上进行；
2 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应的资格；
3 检验批的质量应按主控项目和一般项目验收；
4 对涉及结构安全、节能、环境保护和主要使用功能的试块、试件及材料，应在进场时或施工中按规定进行见证检验；

5 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收，并应形成验收文件，验收合格后方可继续施工；

6 对涉及结构安全、节能、环保和使用功能的重要分部工程，应在验收前按规定进行抽样检验；

7 工程的观感质量应由验收人员现场检查，并应共同确认。

7.1.4 冰雪景观建筑工程的分部工程、分项工程应按本标准附录 D 的规定采用。

7.1.5 主控项目的质量经抽样检验均应合格，一般项目的质量经抽样检验合格，当采用计数抽样时，合格点率应符合本标准和相关专业验收规范的规定，且不得存在严重缺陷。

7.2 冰砌体主控项目工程质量验收

7.2.1 冰砌块的强度应满足设计要求。

检验方法：检查冰砌块强度试验报告。

7.2.2 砌筑冻结用水应选用洁净的天然水或自来水。

检验方法：观察检查和检查验收记录。

7.2.3 冰砌体结构收分或阶梯式处理应满足设计要求。

检验方法：观察检查和检查验收记录。

7.2.4 冰砌墙体伸缩缝设置应满足设计要求。当设计无要求时，应符合本标准第 4.4.15 条第 5 款的规定。

检验方法：观察检查和检查验收记录。

7.2.5 过梁设置应满足设计要求。当设计无要求时，应符合本标准第 4.4.17 条的规定。

检验方法：检查验收记录。

7.2.6 冰缝注水冻结面积不应小于 80%。

检验方法：检查验收记录。

7.2.7 外部冰砌块质量应符合本标准第 5.5.1 条和第 5.5.6 条的规定。

检验方法：观察检查和检查验收记录。

7.2.8 外冰墙厚度应满足设计要求。

检查数量：每检验批抽 10%，每个墙面不应少于 2 处。

检验方法：用尺检查。

7.2.9 斜槎留置应符合本标准第 5.5.7 条第 3 款的规定。

检验方法：检查验收记录。

7.2.10 冰砌体水平缝和垂直缝宽度不应大于 2mm。

检验方法：观察检查和检查验收记录。

7.2.11 碎冰填充应符合本标准第 5.5.9 条的规定。

检验方法：观察检查和检查验收记录。

7.2.12 冰碓施工应符合本标准第 5.5.10 条和第 5.5.11 条的规定。

检验方法：观察检查和检查验收记录。

7.2.13 冰砌体内配置钢筋施工时，竖向钢筋搭接长度不应小于 $60d$ ，且不小于 1200mm；钢筋锚固长度不应小于 $80d$ ，且不小于 1500mm。

检验方法：检查验收记录。

7.2.14 冰砌体组砌方法应符合本标准第 5.5.7 条的规定。

检验方法：观察检查和检查验收记录。

7.2.15 型钢过梁支承长度应满足设计要求。当设计无要求时，不应小于 300mm。

检验方法：检查验收记录。

7.2.16 钢筋、型钢与冰块缝隙应符合本标准第 5.6 节的规定。

检验方法：检查验收记录。

7.2.17 水平钢筋位置设置应满足设计要求。

检验方法：检查验收记录。

7.3 冰砌体一般项目工程质量验收

7.3.1 一般项目质量验收外形尺寸偏差、检验方法和抽样数量应符合表 7.3.1 的规定。

表 7.3.1 冰砌体工程外形尺寸允许偏差

| 序号 | 项目 | 允许偏差 (mm) | 检验方法 | 抽样数量 |
|----|----|--------------|--------------|----------|
| 1 | 层高 | ± 15 | 用水平仪和尺 检查 | 不应少于 4 处 |
| 2 | 总高 | ± 30 | | |

续表 7.3.1

| 序号 | 项目 | | 允许偏差 (mm) | 检验方法 | 抽样数量 |
|----|---------------------------|----------------|---------------------|----------------------|--|
| 3 | 表面平整度 | | 5 | 用 2m 靠尺和楔形塞尺检查 | 检查全部自然墙面, 每个墙面不应少于 2 处 |
| 4 | 门窗洞口高宽 | | ±5 | 用尺检查 | 每 检 验 批 抽 50%, 且不应少于 5 处 |
| 5 | 外墙上下窗口偏移 | | 20 | 以底层窗口为准, 用经纬仪或吊线检查 | 每 检 验 批 抽 50%, 且不应少于 5 处 |
| 6 | 水平缝平直度 | | 7 | 拉 10m 线和尺检查 | 检查全部外墙面, 每个墙面不应少于 2 处 |
| 7 | 垂直缝游丁走缝 | | 20 | 吊线和尺检查, 以每层第一皮为准 | 检查全部外墙面, 每个墙面不应少于 2 处 |
| 8 | 踏步 | | 外高里低, 不超过 10 | 用 拉 线、尺检查 | 每 检 验 批 抽 30%, 每处取 3 点, 且不应少于 5 处 |
| 9 | 栏板高度、厚度 | | ±10 | | |
| 10 | 垂直度 (m) | $H \leq 15$ | ±20 | 用经纬仪、吊线和尺检查 | 外墙、柱查阳角, 且不少于 4 处; 内墙每 20m 长查一处, 且不应少于 4 处 |
| | | $H > 15$ | $H/750$ 且 ≤ 50 | | |
| 11 | 外廓线 (轴线) | $L(B) \leq 30$ | ±20 | 用经纬仪、吊线和尺检查或其他测量仪器检查 | 全部外墙和内承重墙 |
| | 长度 L 、 宽度 B (m) | $L(B) > 30$ | ±30 | | |

7.4 雪体工程主控项目质量验收

7.4.1 强度应满足设计要求。

检验方法：检查雪体强度试验报告。

7.4.2 雪体工程墙体厚度应满足设计要求。当设计无要求时，对高度不大于 6m 的墙体，厚度不应小于 800mm；对高度大于 6m 且小于 10m 的墙体，厚度不应小于 1000mm。

检查数量：每检验批抽 10%，每个墙面不应少于 2 处。

检验方法：用尺检查。

7.4.3 雪柱截面尺寸应满足设计要求。

检查数量：每检验批抽 10%，每个墙面不应少于 2 处。

检验方法：用尺检查。

7.4.4 平拱洞口型钢过梁设置应满足设计要求。当设计无要求时，应符合本标准表 4.5.15-1 的规定。

检验方法：观察检查和检查验收记录。

7.4.5 型钢过梁上部砌体错缝长度应为雪块长度的 1/2。

检验方法：观察检查和检查验收记录。

7.4.6 型钢过梁支承长度不应小于 400mm。

检查数量：每检验批抽 10%，每个墙面不应少于 2 处。

检验方法：用尺检查。

7.4.7 圆拱形雪碇施工应满足设计要求。当设计无要求时，应符合本标准表 4.5.15-2 的规定。

检验方法：观察检查和检查验收记录。

7.4.8 型钢挑梁设置应满足设计要求。当设计无要求时，应符合本标准第 4.5.16 条的规定。

检验方法：检查验收记录。

7.4.9 雪填充质量、雪密度值应满足设计要求。当设计无要求时，应符合本标准第 5.10.2 条的规定。

检验方法：检查验收记录。

7.4.10 雪景观镶嵌物施工应符合本标准第 5.10.4 条的规定。

检验方法：检查验收记录。

7.4.11 雪活动类设施的施工应符合本标准第 4.3.9 条和第 5.10.6 条的规定。

检验方法：检查验收记录。

7.5 雪体工程一般项目质量验收

7.5.1 雪体工程外形尺寸偏差、检验方法和抽样数量应符合表 7.5.1 的规定。

表 7.5.1 雪体工程外形尺寸允许偏差

| 序号 | 项目 | | 允许偏差 (mm) | 检验方法 | 抽样数量 |
|----|--|----------------|---------------------|----------------------|---|
| 1 | 层高 | | ± 15 | 用水平仪和尺检查 | 不应少于 4 处 |
| 2 | 总高 | | ± 30 | | |
| 3 | 表面平整度 | | 5 | 用 2m 靠尺和楔形塞尺检查 | 检查全部自然墙面，每个墙面不应少于 2 处 |
| 4 | 门窗洞口高宽 | | ± 5 | 用尺检查 | 每检验批抽 50%，且不应少于 5 处 |
| 5 | 外墙上下窗口偏移 | | 20 | 以底层窗口为准，用经纬仪或吊线检查 | 每检验批抽 50%，且不应少于 5 处 |
| 6 | 拦板高度、厚度 | | ± 10 | 用拉线、尺检查 | 检查总量的 30%，每处取 3 点，且不应少于 5 处 |
| 7 | 垂直度 (m) | $H \leq 15$ | ± 20 | 用经纬仪、吊线和尺检查 | 外墙、柱查阳角，且不少于 4 处；内墙每 20m 长查一处，且不应少于 4 处 |
| | | $H > 15$ | $H/750$ 且 ≤ 50 | | |
| 8 | 外廓线 (轴线) 长度 L 、 宽度 B (m) | $L(B) \leq 30$ | ± 20 | 用经纬仪、吊线和尺检查或其他测量仪器检查 | 全部外墙和内承重墙 |
| | | $L(B) > 30$ | ± 30 | | |

7.6 配电照明工程质量验收

7.6.1 配电照明工程质量验收应符合下列规定：

1 配电照明工程的验收应由建设单位会同监理、设计、施工（含分包单位）、成套设备供应厂家等，在施工单位自检的基础上进行；

2 配电照明工程中，应符合本标准电力电缆施工、照明工程施工、防雷和接地的规定，并应按本标准附录 C 填写验收记录；

3 配电照明工程中对室外电气、变配电室、供电干线、电气动力、备用和不间断电源等子分部工程的分项工程验收，应结合冰雪景区的具体情况和相关专业的验收标准进行验收，分项工程涉及的相关项目应按照现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的规定执行，并按本标准附录 C 填写验收记录；

4 配电照明工程分项验收时应全数进行验收和核准。

7.6.2 冰雪景观建筑配电照明设备、材料、成品和半成品进场时，应提供质量合格证明资料。对新电气设备、器具和材料等进场时，尚应提供安装、采用、维修和试验要求等技术资料。

7.6.3 配电照明工程测试应符合下列规定：

1 动力和照明的漏电保护装置，应进行模拟动作试验，并作好试验记录。

2 冰雪景区内大型建筑照明系统满负荷通电连续试运行时间不得少于 24h；冰景内照明系统满负荷通电连续试运行时间不得少于 12h，且应无故障。

3 满负荷试运行的所有照明灯具均应开启，每间隔 2h 记录 1 次运行情况。

4 灯具、断路器、启动器、控制器、频闪器及灯光控制设备投入运行前，应进行耐低温运行试验，反复启动不得低于 10 次，通电连续试运行时间大于 24h。气体放电灯启动试验每次启

停应间隔不少于 15min，反复启动不低于 5 次，上述运行试验不得出现过热、漏电、闪烁、功率降低和超过启动时间或启动不正常等现象。

5 电压降正常运行情况下，照明和电动机等用电设备端电压的偏差允许值（以额定电压的百分数表示）应为 $\pm 5\%$ ，并应随时进行监测记录。

8 维 护 管 理

8.1 监 测

8.1.1 景区使用期间应对冰雪景观建筑砌体进行温度监测，并符合下列规定：

1 景区中每个功能分区应至少选择 1 个具代表性的冰雪景观单体建筑作为监测对象；

2 应选择建筑高度大于 12m 的冰景观建筑，或建筑高度大于 9m 的雪景观建筑作为监测点；

3 朝阳面和结构重要部位应设置监测点，监测点的布置应能反映温度变化实际情况；

4 监测时段可选择 08：00、14：00 和 20：00，当监测点温度接近设计温度时，应增加检测次数，并及时对数据和变形进行分析，采取相应的维护措施。

8.1.2 冰雪景观建筑应进行沉降和变形监测。

8.1.3 应根据对冰雪景观建筑砌体温度监测和变形监测结果，进行维护和拆除。当冰雪景观建筑受气温、日光、风力影响，局部出现裂缝、松脱、风化，影响观赏效果时，应采取相应的维护措施。

8.2 维 护

8.2.1 景区使用期间，应组织相关专业技术人员对冰雪景观建筑进行专项巡回检查，并符合下列规定：

1 专项检查内容应包括冰雪砌体结构安全状况和用电设备安全运行状态，用电检查及用电设备维修时，必须将上一级相应的电源隔离开关断电；

2 冰雪砌体结构安全状况检查，在景区运行初期应以变形

监测为重点，在景区运行后期应以砌体温度监测为重点，对监测点的主要结构部位砌体温度和变形进行监控；

3 用电设备安全检查应以各类仪表运行状况和记录为重点；

4 巡回检查内容应包括冰雪景观建筑观感质量、防滑设施、安全防护措施，供配电线路、变配电室内各种设备及配电箱、盘各类灯具运行状况；

5 项目运行前和停止运行后各检查一次，出现环境温度异常变化时应增加检查频次；

6 发现问题后，应根据相关数据和本标准的相关规定制定维护方案，并及时进行维修。

8.2.2 景区使用期间冰雪景观建筑出现下列情况应及时维护：

1 表面被积雪、灰尘等污染；

2 内置灯具造成冰体融化产生孔洞；

3 雪景观建筑出现蜂窝、麻面、空洞，影响观赏效果；

4 风化严重，局部融化变形，冰体表面出现裂缝，冰块粘结缝出现融蚀、风蚀，局部松动、塌陷；

5 冰砌体、雪体与结构构件产生缝隙；

6 基础变形；

7 其他影响观感质量的局部缺损等现象；

8 需要随时进行维护的冰雪景观建筑。

8.2.3 冰雪娱乐活动设施的防护措施、防滑设施及警示标识应随时进行维护、加固或更换。

8.2.4 水浇冰景施工完成后，每 5d 宜维护一次，在低温天气下应补充喷水，保持景观完好。

8.2.5 当冰雪景观建筑连续 5d 达到设计温度取值，应采取禁止人员进入上部、内部活动或停止使用等措施。

8.3 拆 除

8.3.1 具备下列情况之一时，冰雪景观建筑应及时拆除：

1 日最高气温连续 5d 高于 0℃时；

2 冰雪景观建筑出现明显位移或倾斜，存在安全隐患时；

3 冰雪景观建筑表面或局部融化，失去观赏价值时。

8.3.2 冰雪景观建筑拆除时，可重复使用的设备、材料应在拆除前及时回收。

8.3.3 拆除冰雪景观建筑时，应采取环境保护措施，不得污染景区环境。

8.3.4 冰雪景观拆除应根据实际情况，采取机械、人工、爆破、自然溶化等方式。

附录 A 冰砌体承载力影响系数

表 A 冰砌体承载力影响系数 φ

| 高厚比 β | 相对偏心距 $\frac{e}{h}$ | | | | | | |
|-------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 0.00 | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 |
| 3 | 1.00 | 0.89 | 0.78 | 0.70 | 0.61 | 0.58 | 0.55 |
| 4 | 1.00 | 0.88 | 0.76 | 0.68 | 0.60 | 0.57 | 0.54 |
| 5 | 1.00 | 0.87 | 0.73 | 0.66 | 0.59 | 0.56 | 0.52 |
| 6 | 1.00 | 0.86 | 0.71 | 0.65 | 0.58 | 0.55 | 0.51 |
| 7 | 1.00 | 0.85 | 0.69 | 0.63 | 0.57 | 0.53 | 0.49 |
| 8 | 1.00 | 0.84 | 0.68 | 0.62 | 0.56 | 0.52 | 0.47 |
| 9 | 1.00 | 0.83 | 0.66 | 0.60 | 0.54 | 0.50 | 0.45 |
| 10 | 1.00 | 0.82 | 0.65 | 0.59 | 0.53 | 0.49 | 0.44 |

注：1 e 为轴向力偏心距；

2 h 为矩形截面中平行于轴向力偏心方向的边长。

附录 B 雪体承载力影响系数

表 B 雪体承载力影响系数 φ

| 高厚比 β | 相对偏心距 $\frac{e}{h}$ | | | | | | |
|-------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 0.00 | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 |
| 2 | 1.00 | 0.91 | 0.82 | 0.71 | 0.60 | 0.53 | 0.45 |
| 3 | 1.00 | 0.89 | 0.79 | 0.70 | 0.60 | 0.53 | 0.45 |
| 4 | 1.00 | 0.88 | 0.76 | 0.66 | 0.55 | 0.50 | 0.44 |
| 5 | 1.00 | 0.87 | 0.73 | 0.62 | 0.51 | 0.46 | 0.40 |
| 6 | 1.00 | 0.85 | 0.70 | 0.59 | 0.47 | 0.42 | 0.37 |
| 7 | 1.00 | 0.84 | 0.67 | 0.56 | 0.43 | 0.38 | 0.34 |
| 8 | 1.00 | 0.83 | 0.64 | 0.53 | 0.39 | 0.34 | 0.31 |

注：1 e 为轴向力偏心距；

2 h 为矩形截面中平行于轴向力偏心方向的边长。

附录 C 工程质量验收记录

C.0.1 检验批的质量验收记录由施工项目专业质量检查员填写，监理工程师（建设单位项目专业负责人）组织项目专业质量检查员等进行验收，并应按表 C.0.1 记录。

表 C.0.1 检验批质量验收记录 编号：_____

| | | | | | | | |
|------------------|---|------------------------------------|--|---------------|--|------|--|
| 单位（子单位） 工程名称 | | 分部（子分部） 工程名称 | | 分项工 程名称 | | | |
| 施工单位 | | 项目负责人 | | 检验批容量 | | | |
| 分包单位 | | 分包单位 项目负责人 | | 检验批部位 | | | |
| 施工依据 | | | | 验收依据 | | | |
| 验收项目 | | 设计要求及 规范规定 | | 最小/实际 抽样数量 | | 检查记录 | |
| | | | | | | 检查结果 | |
| 主 控 项 目 | 1 | | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | 4 | | | | | | |
| | 5 | | | | | | |
| | 6 | | | | | | |
| | 7 | | | | | | |
| 一 般 项 目 | 1 | | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | 4 | | | | | | |
| | 5 | | | | | | |
| 施工单位 检查结果 | | 专业工长： 项目专业质量检查员： 年 月 日 | | | | | |
| 监理单位 验收结论 | | 专业监理工程师： 年 月 日 | | | | | |

注：验收记录由施工单位填写，验收结论由监理单位填写。综合验收结论经参加验收各方共同商定，由建设单位填写，应对工程质量是否符合设计文件和相关标准的规定及总体质量水平作出评价。

C.0.2 分项工程质量应由监理工程师（建设单位项目专业技术负责人）组织项目专业技术负责人等进行验收，并应按表 C.0.2 记录。

表 C.0.2 分项工程质量验收记录 编号：_____

| | | | | | | | |
|-----------------|-------|---------------------|-------|-----------------|--------------|-------------|--|
| 单位（子单位） 工程名称 | | | | 分部（子分部） 工程名称 | | | |
| 分项工程 工程量 | | | | 检验批数量 | | | |
| 施工单位 | | | | 项目负责人 | | 项目技术 负责人 | |
| 分包单位 | | | | 分包单位 项目负责人 | | 分包内容 | |
| 序号 | 检验批名称 | 检验批 容量 | 部位/区段 | 施工单位 检查结果 | 监理单位 验收结论 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 说明： | | | | | | | |
| 施工单位 检查结果 | | 项目专业技术负责人： 年 月 日 | | | | | |
| 监理单位 验收结论 | | 专业监理工程师： 年 月 日 | | | | | |

C.0.3 分部（子分部）工程质量应由总监理工程师（建设单位项目专业技术负责人）组织施工项目经理和有关勘察、设计单位项目负责人进行验收，并应按表 C.0.3 记录。

表 C.0.3 分部工程验收记录 编号：_____

| | | | | | | | |
|----------------------------|--------|-------------------------|-------------|-------------------------|---------------|--------------------------|--|
| 单位（子单位） 工程名称 | | | 子分部工 程数量 | | 分项工 程数量 | | |
| 施工单位 | | | 项目负责人 | | 技术（质量） 负责人 | | |
| 分包单位 | | | 分包单位 负责人 | | 分包内容 | | |
| 序号 | 分部工程名称 | 分项工程名称 | 检验批 数量 | 施工单位 检查结果 | 监理单位 验收结论 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 质量控制资料 | | | | | | | |
| 安全和功能检验结果 | | | | | | | |
| 观感质量检验结果 | | | | | | | |
| 综 合 验 收 结 论 | | | | | | | |
| 施工单位 项目负责人： 年 月 日 | | 勘察单位 项目负责人： 年 月 日 | | 设计单位 项目负责人： 年 月 日 | | 监理单位 总监理工程师： 年 月 日 | |

- 注：1 地基与基础分部工程的验收应由施工、勘察、设计单位项目负责人和总监理工程师参加并签字；
- 2 主体结构的验收应由施工、设计单位项目负责人和总监理工程师参加并签字。

C.0.4 单位工程质量验收应按表 C.0.4-1 记录，单位工程质量控制资料核查应按表 C.0.4-2 记录，单位工程安全和功能检验资料核查及主要功能核查应按表 C.0.4-3 记录，单位工程观感质量检查应按表 C.0.4-4 记录。

表 C.0.4-1 单位工程质量竣工验收记录

| | | | | | |
|----------------|------------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| 工程名称 | | 结构类型 | | 层数/建筑面积 | |
| 施工单位 | | 技术负责人 | | 开工日期 | |
| 项目负责人 | | 项目技术负责人 | | 完工日期 | |
| 序号 | 项 目 | 验收记录 | | | 验收结论 |
| 1 | 分部工程验收 | 共 分部 经检查符合设计及标准规定 分部 | | | |
| 2 | 质量控制 资料核查 | 共核查 项 经检查符合规定 项 | | | |
| 3 | 安全和使用 功能核查及 抽查结果 | 共核查 项 经检查符合规定 项 | | | |
| | | 共抽查 项 经检查符合规定 项 | | | |
| | | 经返工处理符合规定 项 | | | |
| 4 | 观感质量验收 | 共抽查 项 达到“好”和“一般”的 项 经返修处理符合要求的 项 | | | |
| 综合验收结论 | | | | | |
| 参加 验收 单位 | 建设单位 | 监理单位 | 施工单位 | 设计单位 | 勘察单位 |
| | (公章) | (公章) | (公章) | (公章) | (公章) |
| | 项目负责人: 年 月 日 | 总监理工程师: 年 月 日 | 项目负责人: 年 月 日 | 项目负责人: 年 月 日 | 项目负责人: 年 月 日 |

注：单位工程验收时，验收签字人员应由相应单位法人代表书面授权。

表 C.0.4-2 单位工程质量控制资料核查记录

| 工程名称 | | 施工单位 | | | | | |
|-----------|-------|-----------------------|----|---------|-----|------|-----|
| 序号 | 项目 | 资料名称 | 份数 | 施工单位 | | 监理单位 | |
| | | | | 核查意见 | 核查人 | 核查意见 | 核查人 |
| 1 | 建筑与结构 | 图纸会审记录、设计变更通知单、工程洽商记录 | | | | | |
| 2 | | 原材料出厂合格证书及进场检(试)验报告 | | | | | |
| 3 | | 隐蔽工程验收记录 | | | | | |
| 4 | | 施工记录 | | | | | |
| 5 | | 系统功能测定及设备调试记录 | | | | | |
| 6 | | 系统技术、操作和维护手册 | | | | | |
| 7 | | 系统管理、操作人员培训记录 | | | | | |
| 8 | | 系统检测报告 | | | | | |
| 9 | | 分项、分部工程质量验收记录 | | | | | |
| 10 | | 新技术论证、备案及施工记录 | | | | | |
| 1 | 配电照明 | 图纸会审记录、设计变更通知单、工程洽商记录 | | | | | |
| 2 | | 原材料出厂合格证书及进场检(试)验报告 | | | | | |
| 3 | | 设备调试记录 | | | | | |
| 4 | | 接地、绝缘电阻测试记录 | | | | | |
| 5 | | 隐蔽工程验收记录 | | | | | |
| 6 | | 施工记录 | | | | | |
| 7 | | 分项、分部工程质量验收记录 | | | | | |
| 8 | | 新技术论证、备案及施工记录 | | | | | |
| 结论： | | | | | | | |
| 施工单位项目经理： | | | | 总监理工程师： | | | |
| 年 月 日 | | | | 年 月 日 | | | |

表 C.0.4-4 单位工程观感质量检查记录

| 工程名称 | | 施工单位 | |
|--|---------------------|----------------------|------|
| 序号 | 项 目 | 抽查质量状况 | 质量评价 |
| 1 | 主体结构外观 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 2 | 外墙面 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 3 | 变形缝 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 4 | 屋面 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 5 | 内墙面 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 6 | 内顶棚 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 7 | 内地面 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 8 | 楼 梯、踏 步、 护栏 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 9 | 门窗 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 10 | 台阶、坡道 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| ... | | | |
| 1 | 配电箱、盘、板、 接线盒 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 2 | 设备器具、开关、 插座 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 3 | 防 雷、接 地、 防火 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 4 | 配电箱(盘)漏 电保护装置 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 5 | 配电箱(盘)内 N线与PE线配置 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| 6 | 照明质量、照度 水平及效果 | 共查 点, 好 点, 一般 点, 差 点 | |
| ... | | | |
| 观感质量综合评价 | | | |
| 结论: 施工单位项目负责人: _____ 总监理工程师: _____ _____ 年 月 日 _____ 年 月 日 | | | |

注: 1 对质量评价为差的项目应进行返修;

2 观感质量现场检查原始记录应作为本表附件。

附录 D 冰雪景观建筑分部分项工程划分

表 D 冰雪景观建筑分部分项工程划分

| 序号 | 分部工程 | | 分项工程 |
|----|-------------|------|--|
| 1 | 地基、基础 | | 水浇冻土地基、砂石地基、组砌冰基础、木桩基础、钢基础、强夯基础、其他 |
| 2 | 冰砌体景观建筑主体结构 | | 冰砌体、配筋冰砌体、钢结构、碎冰填充、冰拱碇、悬挑 |
| 3 | 雪体景观建筑主体结构 | | 模板、雪坯、填充雪体、镶嵌物 |
| 4 | 建筑电气 | 室外电气 | 变压器、箱式变电所安装,成套配电柜、控制柜(屏、台)和动力、照明配电箱(盘)及控制柜安装,梯架、支架、托盘和槽盒安装,导管敷设,电缆敷设,管内穿线和槽盒内敷线,电缆头制作、导线连接和线路绝缘测试,普通灯具安装,专用灯具安装,建筑照明通电试运行,接地装置安装 |
| 5 | | 变配电室 | 变压器、箱式变电所安装,成套配电柜、控制柜(屏、台)和动力、照明配电箱(盘)安装,母线槽安装,梯架、支架、托盘和槽盒安装,电缆敷设,电缆头制作、导线连接和线路绝缘测试,接地装置安装,接地干线敷设 |
| 6 | | 供电干线 | 电气设备试验和试运行,母线槽安装,梯架、支架、托盘和槽盒安装,导管敷设,电缆敷设,管内穿线和槽盒内敷线,电缆头制作、导线连接和线路绝缘测试,接地干线敷设 |
| 7 | | 电气动力 | 成套配电柜、控制柜(屏、台)和动力配电箱(盘)安装,电动机、电加热器及电动执行机构检查接线,电气设备试验和试运行,梯架、支架、托盘和槽盒安装,导管敷设,电缆敷设,管内穿线和槽盒内敷线,电缆头制作、导线连接和线路绝缘测试 |

续表 D

| 序号 | 分部工程 | | 分项工程 |
|----|------|----------|---|
| 8 | 建筑电气 | 电气照明 | 成套配电柜、控制柜（屏、台）和动力配电箱（盘）安装，梯架、支架、托盘和槽盒安装，管内穿线和槽盒内敷线，塑料保护套线直敷布线，钢索配线，电缆头制作，导线连接和线路绝缘测试，普通灯具安装，专用灯具安装，开关、插座、风扇安装，建筑照明通电试运行 |
| 9 | | 备用和不间断电源 | 成套配电柜、控制柜（屏、台）和动力、照明配电箱（盘）安装，柴油发电机组安装，不间断电源装置及应急电源装置安装，母槽线安装，导管敷设，电缆敷设，管内穿线和槽盒内敷线，电缆头制作、导线连接和线路绝缘测试，接地装置安装 |
| 10 | | 防雷及接地 | 接地装置安装，防雷引下线及接闪器安装，建筑物等电位连接，浪涌保护器安装 |

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《砌体结构设计规范》GB 50003
- 2 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 3 《建筑照明设计标准》GB 50034
- 4 《低压配电设计规范》GB 50054
- 5 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 6 《管形荧光灯镇流器能效限定值及能效等级》GB 17896

中华人民共和国国家标准

冰雪景观建筑技术标准

GB 51202 - 2016

条 文 说 明

修 订 说 明

《冰雪景观建筑技术标准》GB 51202 - 2016, 经住房和城乡建设部 2016 年 10 月 25 日以第 1333 号公告批准、发布。

本标准是在《冰雪景观建筑技术规程》JGJ 247 - 2011 的基础上修订而成。上一版的主编单位是哈尔滨市勘察设计协会, 参编单位是哈尔滨市土木建筑学会、哈尔滨市城乡建设委员会、哈尔滨市建筑设计院、黑龙江省冰雪建筑艺术专家委员会、哈尔滨工业大学、哈尔滨马迭尔集团有限公司、哈尔滨市方舟城市规划设计有限公司。主要起草人员是郝刚、王丽生、王东涛、申宝印、曹升铉, 彭俊清、马新伟、李景诗、陶春晖、朱秀芳、毛成玖、姜洪涛、刘瑞强、刘柏哲、曹蕾、孙颖、王同军、武钢、郝佳、品延琳、赵义武、高广安、马红雷、韩兆祥、孙桂敏、李馥、王雨雷、郭翔宇、曲怀宁、吴方晓、董君、申凯。本次修订的主要内容是: 增加了冰砌体和雪体结构设计、基础设计计算公式及验算等要求, 修改了冰砌体地基、大体量冰景观建筑、圆拱形洞口、结构构件等施工要求, 规范了相关文字表述, 删除了部分不适用现实需求的条款。

本标准在修订过程中, 编制组进行了广泛的调查研究, 总结了我国冰雪景观建筑工程的实践经验, 同时参考了国外技术标准, 通过冰雪材料和冰雪结构试验, 取得了冰雪景观建筑设计与施工重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定, 《冰雪景观建筑技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明, 对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明, 还着重

对强制性条文的强制性理由做了解释。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

| | | |
|------|-----------|-----|
| 1 | 总则 | 80 |
| 2 | 术语和符号 | 81 |
| 2.1 | 术语 | 81 |
| 3 | 冰雪材料计算指标 | 82 |
| 3.1 | 冰材料 | 82 |
| 3.2 | 雪材料 | 85 |
| 4 | 冰雪景观建筑设计 | 89 |
| 4.1 | 一般规定 | 89 |
| 4.2 | 景区规划设计 | 89 |
| 4.3 | 建筑设计 | 89 |
| 4.4 | 冰砌体结构设计 | 92 |
| 4.5 | 雪体结构设计 | 97 |
| 4.6 | 冰雪景观照明设计 | 100 |
| 4.7 | 智能化设计 | 103 |
| 5 | 冰雪景观建筑施工 | 104 |
| 5.1 | 一般规定 | 104 |
| 5.3 | 采冰与制雪 | 104 |
| 5.4 | 冰景观建筑基础施工 | 105 |
| 5.5 | 冰砌体施工 | 105 |
| 5.6 | 冰砌体内钢结构施工 | 106 |
| 5.10 | 雪景观建筑施工 | 106 |
| 5.11 | 雪雕制作 | 106 |
| 6 | 配电、照明施工 | 108 |
| 6.1 | 电力电缆施工 | 108 |
| 6.2 | 照明施工 | 108 |

7 工程质量验收 110

7.1 一般规定 110

7.6 配电照明工程质量验收 113

8 维护管理 114

8.1 监测 114

8.2 维护 114

8.3 拆除 114

1 总 则

1.0.1 冰雪景观建筑的出现是冰灯和雪雕艺术的一次飞跃。冰雪艺术展示从民间节庆的一种小型娱乐装饰发展成为冰灯艺术，进而发展为冰雪景观建筑，在中国北方经历了较为漫长的发展阶段，从最初民间一种简单的节日装饰，经过哈尔滨市艺术工作者的挖掘、整理，走过了 50 余年的历程，发展成为一门独特的建筑景观艺术表现形式，成为国内外许多城市和地区促进地方经济和文化发展炙手可热的特色项目。“冰灯”也从民间简单随手提着游玩的灯笼，发展成为大体量综合性的冰雪景观建筑，在设计、施工、功能、作用等均发生了本质性的变化。通过查证最新相关资料，目前，在我国和世界范围内还没有针对“冰雪”为材料的建设技术标准。我们根据多年的实践经验和观测、大量的试验和实际应用，又经几年的实践检验和系统总结，在原规程的基础上进行了修订，供有关人员参考。

本次修订中对冰雪景观建筑设计进行了必要的完善和修正，对施工进行了补充和细化、对验收工作进行了进一步规范，从而保证了冰雪景观建筑设计水平的提高和冰雪景观建筑安全和施工质量，对促进和提高冰雪艺术和冰雪文化发展将起到推进作用。

1.0.2 本标准主要针对寒冷地区自然环境下的室外大型冰雪景观建筑及其游乐园的建设，室内人工制冷环境下的冰雪景观建筑设计施工可参考本标准。大型冰雪景观建筑及其游乐园一般建于寒冷地区的室外，对于气候和冰雪材料有一定的要求，在区域上有一定的局限性，各地在使用本标准时，需要结合当地实际情况。

2 术语和符号

本标准采用的术语和符号是根据我国寒冷地区冰雪景观建筑的设计、施工和建设的实践，以及冰雪旅游和冰雪文化的发展逐渐形成的习惯和社会认知，并参考国内外有关资料而形成的。

2.1 术 语

2.1.12 本条低温条件下指在环境温度低于 -10°C 的条件下。

2.1.15 冰雪景观建筑高度在本标准中不包括冰雪景观建筑上部和下部非冰雪制品的高度。

3 冰雪材料计算指标

3.1 冰 材 料

3.1.1 冰块的强度极限值。

1 抗压强度极限值试验曲线如图 1 所示。

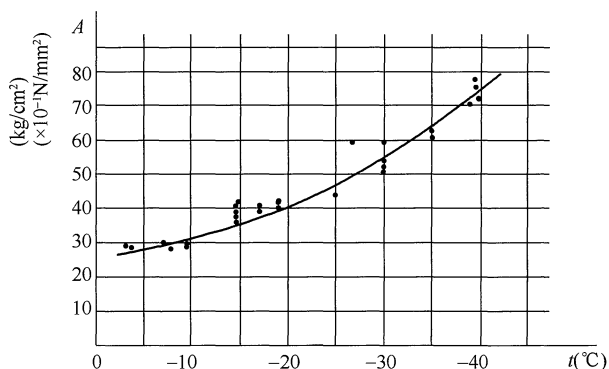


图 1 冰块的抗压强度极限值试验曲线

冰的抗压强度经验公式为：

$$A = 26.1 + 0.24t(1 + 0.1t) \quad (1)$$

式中， A ——冰在不同温度下的抗压强度极限值；

t ——冰的温度，取绝对值， t 大于 5 且小于 40。

2 抗剪强度极限值试验曲线如图 2 所示。

冰的抗剪强度经验公式为：

$$A_j = 2.6 + 0.19t \quad (2)$$

式中： A_j ——冰的抗剪强度极限值；

t ——冰的温度，取绝对值， t 大于 5 小于 40。

3 抗拉强度极限值试验曲线如图 3 所示。

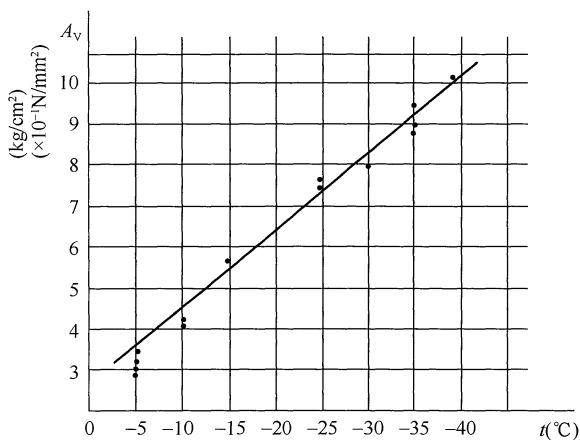


图 2 冰块的抗剪强度极限值试验曲线

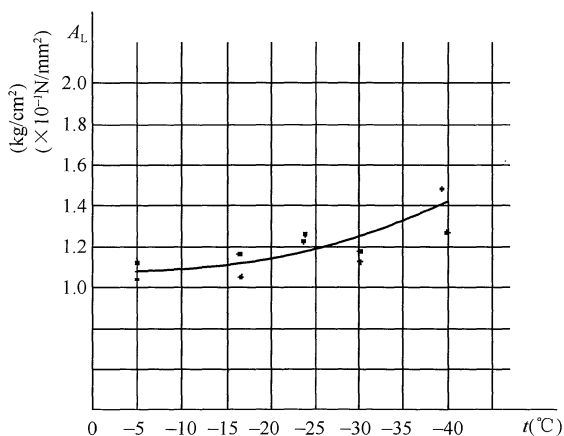


图 3 冰块的抗拉强度极限值试验曲线

冰的抗拉强度经验公式为：

$$A_L = 1.08 + 0.002t(0.13t - 1) \quad (3)$$

式中： A_L ——冰的抗拉强度极限值；

t ——冰的温度，取绝对值， t 大于 5 小于 40。

3.1.2 冰砌体的抗压、抗拉、抗剪强度标准值：

冰砌体抗压强度标准值按下式计算：

$$f_k = f_m(1 - 1.645\delta) \quad (4)$$

式中： f_k ——冰砌体抗压强度标准值（MPa）；

δ ——变异系数，取为 0.25；

f_m ——冰砌体抗压强度极限值的平均值（MPa）。

$f_m = 0.52f_1$ ， -5°C 时 $f_1 = 2.79$ ，为冰的抗压强度极限值的平均值，取自试验资料，即本标准表 3.1.1 值，则 $f_m = 1.451\text{MPa}$ 。

由上得 $f_k = 0.854$ 。

冰砌体抗拉强度标准值按下式计算：

$$f_{tk} = f_{tm}(1 - 1.645\delta) \quad (5)$$

式中： f_{tk} ——冰砌体抗拉强度标准值（MPa）；

δ ——变异系数，取为 0.31；

f_{tm} ——冰砌体抗拉强度极限值的平均值（MPa）。

$f_{tm} = 0.29\sqrt{f_t}$ ， -5°C 时 $f_t = 0.108\text{MPa}$ ，为冰的抗拉强度极限值的平均值，取自试验资料，即本标准表 3.1.1 值，则 $f_{tm} = 0.095\text{MPa}$ 。

由上得 $f_{tk} = 0.047\text{MPa}$ 。

冰砌体抗剪强度标准值按下式计算：

$$f_{vk} = f_{vm}(1 - 1.645\delta) \quad (6)$$

式中： f_{vk} ——冰砌体抗剪强度标准值（MPa）；

δ ——变异系数，取为 0.29；

f_{vm} ——冰砌体抗剪强度极限值的平均值（MPa）。

$f_{vm} = 0.25\sqrt{f_v}$ ， -5°C 时 $f_v = 0.36\text{MPa}$ ，为冰的抗剪强度极限值的平均值，取自试验资料，即本标准表 3.1.1 值。则 $f_{vm} = 0.150\text{MPa}$ 。

由上得 $f_{vk} = 0.078\text{MPa}$ 。

其他温度分级时，同理可求得相应的强度标准值，得出本标准表 3.1.2。

3.1.3 冰砌体的抗压、轴心抗拉和抗剪强度设计值，取自于强

度标准值。强度标准值除以材料分项系数 γ_f 即为强度设计值。材料分项系数考虑了施工质量控制等级 C 级取 $\gamma_f=1.8$ ，类似冰雕等比较精细的工程施工质量控制等级可定为 B 级取 $\gamma_f=1.7$ 。

施工质量控制等级的确定，参照现行国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203 的规定，主要考虑现场质保体系、工作环境、材料强度和工人技术等级的综合水平等因素来划定。

3.1.4 不同地域的冰导热系数，可按式进行计算：

$$\lambda = 2.22(1 + 0.0015t) \tag{7}$$

式中： λ ——冰的导热系数 $[W/(m \cdot K)]$ ；

t ——冰温度 ($^{\circ}C$)，取绝对值， t 大于 5 且小于 40。

3.2 雪 材 料

3.2.1 人造雪的密度取自试验数据，采用雪龙牌制雪机所产生人造雪的密度值为参考值，替代 supercool 牌制雪机和波顿牌制雪机所产生人造雪的密度值。天然雪取自原始试验数据。

3.2.2 雪体抗压强度极限值取自试验资料。不同温度时，其强度表达式（密度函数）如下：

| 人造雪 | 天然雪 |
|---|---|
| $-10^{\circ}C \quad y=0.0083x-3.864$ ； | $-10^{\circ}C \quad y=0.0040x-1.2113$ ； |
| $-20^{\circ}C \quad y=0.0090x-4.1489$ ； | $-20^{\circ}C \quad y=0.0043x-1.2209$ ； |
| $-30^{\circ}C \quad y=0.0152x-7.2184$ ； | $-30^{\circ}C \quad y=0.0079x-2.4415$ |

其中，抗压强度极限值 y 的单位为 MPa，密度 x 的单位为 kg/m^3 。

所用物理力学指标是对雪加压处理后的试验数据，不适用于松散状态雪。

强度标准值 f_k 也是考虑了各种受力状态时的强度变异性，采用强度极限值平均值 f_m ，概率密度分布函数 0.05 的分位值，即 95% 保证率的强度极限值的平均值 f_m ，按式 $f_k = f_m(1 - 1.645\delta)$ 推算得到。

考虑到材料的离散性较大，取变异系数 $\delta=0.28$ 。

强度设计值考虑了施工环境条件差，其施工质量控制等级定为 C 级，材料分项系数 $\gamma_f=1.9$ ；对于雪雕、雪塑等比较精细工程，施工质量控制等级定为 B 级，材料分项系数 $\gamma_f=1.8$ 。设计值及施工质量控制等级的确定原则与冰砌体相同。

对于 -15°C 和 -25°C 条件下的抗压强度值按线性插入算得。而松散状态的雪未纳入抗压强度指标中。

3.2.3 雪体的抗折强度极限值取自试验资料，见表 1。

表 1 天然雪抗折强度极限值 (MPa)

| 密度 (kg/m^3) | 温度 | | |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | -10°C | -20°C | -30°C |
| 350 | 0.147 | 0.157 | 0.162 |
| 390 | 0.223 | 0.246 | 0.263 |
| 410 | 0.389 | 0.418 | 0.425 |

人造雪

$$-10^{\circ}\text{C} \quad y=0.0069x-3.3695;$$

$$-20^{\circ}\text{C} \quad y=0.0119x-5.723;$$

$$-30^{\circ}\text{C} \quad y=0.0127x-6.0505$$

其中，抗折强度极限值 y 的单位符号为 MPa，密度 x 的单位符号为 kg/m^3 。

雪体的抗折强度标准值及设计值的推算方法同本标准第 3.2.2 条条说明抗压强度值计算方法，但其中变异系数取 $\delta=0.3$ 。C、B 级的材料分项系数分别为 $\gamma_f=1.9$ 、 1.8 。

对于 -15°C 和 -25°C 的雪体抗折强度值按线性插入算得。而松散状态的雪未纳入雪体抗折强度指标中。

3.2.4 雪体的抗劈拉强度极限值试验资料：人造雪采用了雪龙牌制雪机的指标，见表 2；天然雪见表 3。

表 2 人造雪抗劈拉强度极限值 (MPa)

| 密度 (kg/m ³) | 温度 | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| | —10℃ | —20℃ | —30℃ |
| 510 | 0.093 | 0.113 | 0.121 |
| 530 | 0.146 | 0.170 | 0.185 |
| 550 | 0.194 | 0.216 | 0.231 |

表 3 天然雪抗劈拉强度极限值 (MPa)

| 密度 (kg/m ³) | 温度 | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| | —10℃ | —20℃ | —30℃ |
| 350 | 0.066 | 0.076 | 0.081 |
| 390 | 0.102 | 0.111 | 0.118 |
| 410 | 0.149 | 0.170 | 0.183 |

人造雪抗劈拉强度极限值取上表抗劈拉强度极限值。抗劈拉强度标准值、设计值的推算方法同本标准第 3.2.2 条条说明中的抗压强度值计算方法，但考虑到指标离散性较大，变异系数取 $\delta=0.3$ ，C、B 级的材料分项系数分别为 $\gamma_f = 1.9、1.8$ 。对于 —15℃ 和 —25℃ 的抗劈拉强度值按线性插入算得，而松散状态的雪未纳入抗劈拉强度指标中。

3.2.5 雪体的抗剪强度极限值试验数据，见表 4、表 5。

表 4 人造雪极限值 (MPa)

| 密度 (kg/m ³) | 温度 | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| | —10℃ | —20℃ | —30℃ |
| 510 | 0.268 | 0.404 | 0.540 |
| 530 | 0.362 | 0.515 | 0.659 |
| 550 | 0.515 | 0.630 | 0.745 |

表 5 天然雪极限值 (MPa)

| 密度 (kg/m ³) | 温度 | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| | -10℃ | -20℃ | -30℃ |
| 350 | 0.068 | 0.072 | 0.089 |
| 390 | 0.145 | 0.183 | 0.196 |
| 410 | 0.179 | 0.200 | 0.221 |

按与本标准第 3.2.2 条条文说明抗压强度值计算相同的方法推算抗剪强度标准值、设计值。考虑压剪试验强度值偏高,所以变异系数取 $\delta = 0.31$, C、B 级的材料分项系数分别为 $\gamma_t = 2.0$ 、1.9。

对于 -15℃ 和 -25℃ 的抗剪强度值按线性插入算得。而松散状态的雪未纳入抗剪强度指标中。

冰材料计算指标根据实验室测试数据以及设计人员在实际工作中的经验制定,经过不断积累所得出。冰材料计算指标经过了近 50 年的实践检验,没有出现因设计取值而发生的情况,而雪材料计算指标经过 2 年的试验而得,又经过 3 年的实践检验,未出现过因设计取值而发生的情况,在有特殊需要时,可进行必要的测试或参考实验结果。

4 冰雪景观建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 针对冰雪景观建筑施工期以及使用期较为短暂的特点，提出了设计工作的总体原则，其中最主要的是冰雪景观建筑应满足安全、环保、艺术和经济的要求。

4.1.2 本条第3款对冰砌体结构设计、雪体结构设计的称谓更精炼和明确。

4.1.5 设计中选择的设备、使用的材料、设备维护、设备运行、设施使用和游人活动，要求在寒冷（包括低温和极度低温）条件下保证运行安全良好。新产品宜通过实际检验后采用。

4.2 景区规划设计

4.2.1~4.2.5 此5条对景区选址、总体规划、景区建筑设计和交通规划提出了相关要求，在设计过程中可参照园林景区有关设计规范要求实施。

园区规模可按每人不得少于 10m^2 确定，地域不同可根据实际情况定。

4.2.6 此条为应急事件处理措施和办法，执行中根据此条规定内容制定详细规则。

4.2.7 根据国家发展和改革委员会、国家能源局、工业和信息化部、住房和城乡建设部的要求制定本条规定。

4.3 建筑设计

4.3.1 冰雪景观建筑设计注重外部艺术表现力，在满足结构安全和功能要求的前提下，设计要求冰景观建筑内部空心部分，可采用毛冰、碎冰填充或堆土、沙袋、脚手架替代。

4.3.2 高度大于 10m 的冰景观建筑属于比较危险的建筑物，允许人员进入活动和上部有外加荷载的冰雪景观建筑更应注重其结构安全的重要性，因此冰雪景观建筑，结构设计尤为重要。本条是强制性标准，目的在于首先从结构设计上把住第一道关，对墙、柱主要承重构件和次要承重构件应进行结构计算。以满足结构和构造要求，防止事故发生。本条为强制性条文，必须严格执行。

4.3.3 冰楼梯踏步宽度取规定值上限，踏步台阶外高里低是为防滑需要；考虑到安全要求，冰楼梯围栏高度，取高于国家规定标准上限，厚度依多年实践和高厚比要求确定。

4.3.4 本条对“冰砌体建筑高度”提出“不宜超过 30m”，是考虑到结构和施工等因素提出的，同时考虑到冰雪景观建筑中求“高”、求“大”，容易降低对地基的要求、减少冬季观测、减低成本和运营成本、忽视“精”、“细”等现象，在设计中根据需要从实际出发，对超过 30m 的冰建筑采取相应的结构设计措施，确保结构安全；材料的垂直运输也应采取特殊手段保证施工安全，强化质量管理，确保冰建筑精雕细刻的特色。

雪体建筑高度不宜超过 20m 其根据是：

1 国外技术数据，日本札幌限雪体建筑限高 15m（天然雪）；

2 根据计算而来；

3 根据实际经验，雪体体积达到一定规模，受温度变化和日照影响明显加大，不均匀膨胀会导致雪体发生严重变形；

4 如确需加高，需增加钢、木、竹等骨架。

考虑到温度变化情况，经计算冰砌体建筑长度超过 30m 的，每 30m 宜设宽度不小于 20mm 伸缩缝。

4.3.5 本条的目的是为了保证施工人员和游人的安全，避免在接近高大冰雪景观建筑被顶部不稳定的冰雪物体滑落伤及。大体量冰雪景观建筑，会随着环境温度变化产生风蚀，受到大风、振动等外力作用，可能会发生滑移等，对人员构成威胁。为此要求

冰砌体、雪体，要具有符合规定的几何尺寸，砌筑的缝隙要达到规定的粘结率、密实度，增加砌体的稳定性。该条文的制定是根据在实践过程中发生的事故总结出来的，避免使用阶段发生类似事故。图 4 为本条第 4 款轮廓示意图。本条为强制性条文，必须严格执行。

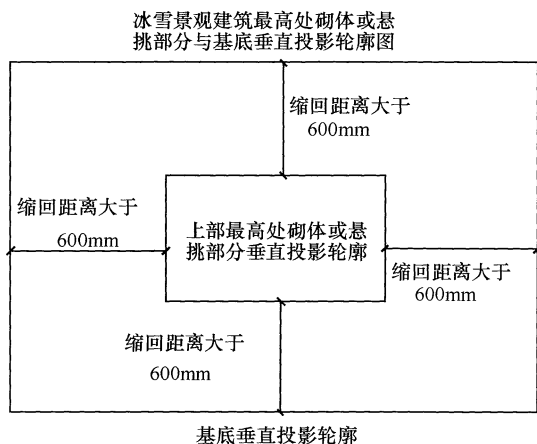


图 4 冰雪景观建筑最高处砌体或悬挑部分与基底垂直投影轮廓图

4.3.6 冰雪艺术设计应不断引入新的设计理念，探索新的设计思路。要吸纳当前世界各国先进的冰雪艺术设计元素，丰富思路、扩充视野、创新发展。

4.3.7 阳光、气温、风力、污染对冰雪具有融蚀作用，其中冰的风化作用平均每日约为 0.2mm（哈尔滨地区），受地域、环境、气候的影响，各地冰雪体风化程度将有所变化；对雪的影响还会更大一些，有条件时可在雪景观建筑迎光面喷洒胶质防晒液和其他维护方式。考虑到雪雕作品不宜强调其方位，但在有条件时，应考虑作品的朝向，以期获得最佳的光影效果，增加作品的表现力，同时减少融蚀。

4.3.8 活动类项目参与人数较多，尤以儿童为主，此类项目的

设计安全性应成为设计工作重点考虑的因素。攀爬类项目提出攀登防护措施、攀登辅助工具、顶部安全防护栏杆、疏散平台及通道等要求，为预防摔伤、踏伤、跌滑、高坠等事故发生。滑梯类项目中，对直线滑道、曲线滑道护栏、转弯、滑道的平均坡度、下滑工具、终端设计等，均根据多年来的实践经验和相关设计要求提出了具体技术规定，利于此项目安全和可靠。本次修订中根据实践经验对曲线防护栏高度予以增加。缓冲道长度应根据现场试验确定，缓冲道终点设防护设施。此条涉及人身安全，相关技术数据符合多年来实践经验，本条为强制性条文，必须严格执行。

4.4 冰砌体结构设计

4.4.1、4.4.2、4.4.6~4.4.8 冰砌体结构构件的计算以承载力计算为主，荷载效应取基本组合，并以相应的构造措施为保证。

关于正常使用极限状态的问题，因此种材料结构，尚无变形、裂缝等的控制指标限值，按极限状态验算根据不足，只能直观判断，所以暂按计算和结构构造措施使结构保持正常使用状态。

对本标准公式（4.4.2-1）、公式（4.4.2-2）相关系数取值如下：

γ_0 结构重要性系数取 1.0，虽然冰雪景观建筑使用时间相对较短，但因人流密集，项目稳定性差，所以取结构重要性系数为 1.0。

γ_L 因国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153—2008 中新增加了设计使用年限为 5 年、50 年、100 年时考虑结构设计使用年限的可变荷载调整系数 γ_L ，本次修订将冰砌体结构构件按承载能力极限状态设计时的公式列入正文，以便更直观地体现这一变化，同时，考虑到冰雪建筑寒冷地区自然环境下使用时间较为短暂， γ_L 统一取 0.9。

1.35 S_{GK} 考虑到由永久荷载效应控制的最不利组合时，永久

荷载分项系数取 1.35。

1.2S_{GK} 考虑到由可变荷载效应控制的最不利组合时，永久荷载分项系数取 1.2。

γ_{Qi} 根据国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153-2008 附录 A 的规定，当作用效应对承载力不利时，可变荷载的分项系数取 1.4。

ϕ_{ci} 根据国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012 条文说明中的解释，基本组合中所有可变荷载在作为伴随荷载时，都必须以其组合值为代表值，对组合值系数，除风荷载取 0.6 外，其他可变荷载一律取 0.7。因此，此处组合值系数统一取 0.7 以保证安全。

一般景观区面积大时，应查明地层构造，岩土性质，水文地质条件及冻深，达到初勘深度。对于不均匀沉降较敏感的冰雪景观建筑下，设控制性勘探孔。

高度小于 10m 的冰景观建筑，为保证基础的稳定，也应进行冻土地基下卧层的验算及基础冻胀稳定性验算。当冰景观建筑为大面积实体落地建筑时，入冬初期施工现场已有冰雪覆盖层，导致地基土冻得不厚。为确保安全，冰雪景观建筑在大面积施工前，当冻土厚度超过 400mm 时，只计 400mm 厚作为冻土持力层，而厚度小于 400mm 的按实际厚度取用。冻土地基承载力由现场测试确定。

空旷的冰砌体建筑的静力计算方案，当横墙间距 $s \geq 20\text{m}$ 超出刚性方案（因为临时性建筑不会是重型刚性楼盖、屋盖，所以按有檩轻型楼、屋盖考虑的 s ）即非刚性方案时，宜采取有效构造措施，使得体系成为刚性，可设置必要的冰砌横墙拉结或设临时性的壁式框架充当冰砌横墙的拉结作用。

4.4.3 冰砌块砌筑时，出现环境温度偏高情况，将影响工期和施工质量。环境温度上升至 $-5^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ ，即达到停止使用或拆除条件，为保证冰景观建筑使用过程的安全，以 -5°C 作为设计温度。

4.4.5 本条规定了高度大于 10m，落地短边长度大于 6m 的冰建筑应进行基础设计的基本原则；同时规定地基不能满足设计要求或对于高度超过 10m 的冰建筑，地基承载力不能满足设计要求时，应采取的相应措施；对水浇冻土地基补充了下卧层验算、基础冻胀稳定性验算的要求，以保证地基安全度和景观建筑安全。

4.4.10 本条中局部受压强度提高系数采用比较保守数值。在实际施工作业中，因冬期施工条件的制约，影响施工质量因素较大，不易做到均匀受压状况，故参照砌体规范端部受压的情况简化后取整为 1.20。

4.4.11 轴心受拉构件承载力计算不包括轴向力垂直于冰块间的粘结平面（冰缝）的情况，如现场浇水结冰作为冰块间的粘结层时，设计中避免这种受力形式。

关于本标准第 4.4.9 条、第 4.4.11 条和第 4.4.12 条截面面积计算，根据《砌体结构设计规范》GB 50003 - 2011 的相关要求，又考虑到冰材料的脆性特征，为确保安全，对受压、轴心受拉和受剪构件的按“净”截面计算。在本标准第 4.5.7 条、第 4.5.9 条、第 4.5.10 条作了同样规定。

4.4.13 通过多年的实际工作经验，由于施工环境条件差，工期紧张，施工队伍专业熟练程度无法保证，冰缝结合面注水饱满度不足 80% 的情况时有发生。砌体存在通缝、齿缝或沿冰块竖缝等几种破坏的可能，而每种情况承载力不尽相同，其中任何一种弯曲抗拉强度值都略高于抗剪强度值。因目前尚无法进行弯曲抗拉模式试验，考虑到安全需要，以抗剪强度代用。

在实际施工中，两侧采取外冰墙形式，中间用碎冰浇水结冰填充的冰砌体，外冰墙的受力接近受弯构件。

4.4.14 冰景观建筑多为短期观展性项目，出现重型楼、屋盖的情况较少，所以只考虑了轻型有檩体系楼、屋盖作为静力计算的结构水平支承体系，以此划分成刚性、非刚性方案（包括弹性、刚弹性）；当出现重型楼、屋盖的状况，应根据实际情况进行

计算。

当无盖有四面墙的情况时,若边比接近或大于 2,按悬臂构件考虑;若边比小于 2 时,横墙间的三边支承墙板,冰景观建筑较高时应设计成有圈梁的带壁柱墙或冰构造柱墙,从而使大面积墙划分成小区格的墙板。

当满足 $\frac{b}{S_0} \geq 30$ 时,墙体的构件高度 H ,取为相邻圈梁间的距离。继而按本标准表 4.4.14-1 确定 H_0 ,当然横墙刚度要达到其最大水平位移值 $u_{\max} \leq \frac{H}{500}$,应比砌体放宽,因为材料有较大的塑性,式中 H 为横墙的总高度。如单层时横墙长度 $L \geq H$,多层时 $L \geq \frac{H}{2}$ 。

表 4.4.14-1 的非刚性方案指刚弹性方案和弹性方案,因为在实际施工中尚没有出现过,所以在本标准中未详细列出。

关于冰圈梁、冰构造柱的结构,可参照本标准第 4.4.16 条文说明中的相关内容。

4.4.15 双肢空心冰墙,由于在冰墙中安设灯具时会形成单肢墙,这种墙的厚度一般为 250mm,较薄。为了增强结构在施工初期至使用后期的整个过程中的刚度和稳定性,原则上沿双肢空心冰墙每隔不大于单肢冰墙允许高厚比的 50% 高度处,间隔设置两皮冰块、在两皮冰块间设钢板网进行拉结。

高厚比指以单肢厚度计算,拉结冰块作为节点的节点间距与墙厚度之比。

冰柱内竖向钢筋插入在钻孔中,且冰沫(碎屑)注 0℃ 水冻实。水平箍筋放置在水平沟槽内,冰沫注 0℃ 水冻实。箍筋设置间距改为不应大于“600mm”,目的在于加强构造柱的约束力。

关于冰砌体伸缩缝的设置,综合考虑到结构安全、观赏效果以及多年来的实践经验,每 30m 设一道不小于 20mm 伸缩缝为宜。冰线膨胀系数 α 值的确定,参考国内外有关资料,按 $52.7 \times 10^{-6}/K$ 取值。

对本条原规程中第 4.4.1 条第 6 款、第 7 款作了较大修改。原因是：

1 第 6 款原规程中表述：冰砌体的悬挑高度大于 0.6m 应设防护骨架，本标准第 4.4.18 条对其构造安全已有出具体规定；

2 第 6 款原规程中对大于 3m 的圆拱形洞口或其上部有外加荷载时，要求设防护骨架，本标准表 4.4.17-2 及表注中对其构造安全已作了明确要求；

3 实践证明只要大于 0.6m 的悬挑结构、大于 3m 的圆拱形洞口，施工质量符合设计要求，设置防护骨架的必要性不大；

4 在工程施工实践中如果按原规程对大于 3m 的圆拱形洞口，在其外部设置型钢防护骨架及钢板网，对于圆拱形洞口的观赏效果形成严重的制约，无法实现透明、透光的功能。

为此，修改中对大于 3m 圆拱形洞口防护提出在洞口顶部设置钢板网、透明隔板等防护措施，以防止碎冰掉落。

第 7 款冰砌体墙是冰建筑结构稳定、景观效果、内置灯具等镶嵌的主体。本款对冰墙砌筑作了规定，内部填充碎冰的大体量冰建筑和冰景，外侧冰墙冰砌块组砌厚度不应小于 900mm 或 600mm，且应满足该冰墙高厚比的要求，保证冰建筑和冰景整体刚度、强度和使用期限。外侧冰墙厚度限值 900mm 或 600mm 是考虑了冰墙组砌采用常规 600mm×300mm 的冰块，按每层一顺一丁、上下错缝、内外搭砌的方法施工。

4.4.16 冰雪景观建筑可参照临时性建筑抗震设防要求进行处置。本条文从抗震概念出发，给出了抗震设防原则。较高的冰景观建筑，虽然每年使用期限不长，年复一年，周期性地重复出现，又因人流密集，地震发生的随机性和材料自身的脆性特点造成危及人身安全的因素存在，所以应考虑抗震构造设防，以提高冰结构的刚度及延性，若遭遇地震，冰块不至于瞬时坠落，造成游人伤亡事故发生。

关于抗震构造措施，可考虑设置配筋冰构造柱及配筋冰圈梁和适当设置横墙等设防措施，来提高结构的刚度及延性。增加冗

余度以防连锁性破坏。

冰圈梁、冰构造柱是在一面外露（三面冰砌体围合）的水平或竖向冰槽中放置钢筋骨架，并用冰沫碎屑与 0°C 水拌制的半液体流动状态拌合物来灌实冻结成冰圈梁或冰构造柱。也可用其他方式如钢筋骨架或钢板网圈梁等抗震构造措施。

4.4.17 梁板外荷载：当梁板下的冰墙高度（ h_w ）小于过梁的净跨（ L_n ）时，应计入梁板传来的荷载；当梁板下的墙体高度（ h_w ）不小于过梁净跨（ L_n ）时，可不考虑梁板荷载。

冰墙体自重：当过梁上的冰墙体高度（ h_w ）小于过梁净跨 $L_n/2$ 时，应按冰砌体的均布自重采用；当冰砌体高度（ h_w ）不小于过梁净跨 $L_n/2$ 时，应按高度为 $1/2$ 墙体的均布自重采用。

在本标准表 4.4.17-2 注释中增加了注 3 的内容，对冰碇高度和冰碇矢高提出了具体规定，是冰碇整体稳定性的重要措施。对表中矢高 f_0 由 1400mm 改为 1500mm 更为安全。

4.4.18 挑梁悬挑长度即使小于 0.6m，也应在最上第二层往下每隔 1 皮~2 皮设置筋率不少于 0.2% 的钢板网或钢筋，并锚固于主体结构，深入长度不小于 $30d$ 。

悬挑型钢梁可选用槽钢、角钢、工字钢等。

4.4.20 当冰景观建筑物高度大于 12m（4 层）时，每隔一定高度（圈梁标高）处，应设置冰楼面刚性楼盖作为冰景观建筑的刚性横隔，使冰景观建筑物增加空间刚度及整体稳定性和协同工作，意在每片墙竖向提供水平支承点，能使墙片处于周边拉结状态。

4.5 雪体结构设计

4.5.1、4.5.2、4.5.4~4.5.6 各条说明借鉴冰结构的相关条文说明，理解应用。

公式（4.5.2-1）和公式（4.5.2-2）各项系数取值可参照本标准第 4.4.2 条条文说明。

4.5.3 雪体结构构件，以 -10°C 的强度值作为构件设计的计算

指标，是因为雪比冰材料结构松散，温度稍有上升容易变形；现场施工条件制约、工期紧，影响施工质量；雪体景观建筑风化较快，受温度影响相对较大，失去使用功能相对较快，为保证使用过程中的安全，根据实际经验，取 -10°C 为设计温度。

计算雪体自重时，应将其质量密度乘以重力加速度 g 换算成重力密度。如 $550\text{kg}/\text{m}^3 \times 10\text{N}/\text{kg} = 5500\text{N}/\text{m}^3 = 5.50\text{kN}/\text{m}^3$ 。本条文中的雪，指经加压处理后的雪宜按本标准表 3.2.1 成型压力为 0.15MPa 的人造雪取值。

4.5.7 雪体结构构件，墙、柱构件截面尺寸都较大，墙厚 800mm 、柱 $1200\text{mm} \times 1200\text{mm}$ ，通常高度都不大，所以不必考虑 φ 的影响，取其为 1。若偏心距较大，为使雪体建筑接近轴向受压状态满足 $\beta \leq [\beta]$ 的要求，可采取加大截面面积、设壁柱或设加骨架等措施。

表 6 雪体承载力影响系数 φ

| 高厚比 β | 相对偏心距 $\frac{e}{h}$ | | | |
|----------------|---------------------|-------|-------|-------|
| | 0.00 | 0.10 | 0.20 | 0.30 |
| 2 | 1.00 | 0.820 | 0.601 | 0.452 |
| 3 | 1.00 | 0.786 | 0.600 | 0.446 |
| 4 | 1.00 | 0.757 | 0.553 | 0.437 |
| 5 | 1.00 | 0.729 | 0.510 | 0.402 |
| 6 | 1.00 | 0.700 | 0.467 | 0.367 |

注：承载力影响系数 φ 系偏压极限荷载平均值与轴压极限荷载平均值的比值。

本标准附录 B 是以上表为依据，对相对偏心距 $\frac{e}{h}$ 及高厚比 β 按线性插入编制成的，见表 6。

4.5.8 局部受压构件承载力计算四种情况中，即中心局压、墙段的中部边缘局压、端部局压、角部局压等；砌体不论哪种情况，提高系数都不大于 1.25，考虑到雪体材质不密实，受局压

时有凹陷变形,提高系数取 1.20。一般设计中尽可能避免端部或角部局压情况。

4.5.9 轴心受拉构件承载力计算时,轴心抗拉强度指标按抗劈拉强度值计算承载力。

4.5.10 受剪构件承载力计算时,受剪强度指标按剪压试验方法取值。

4.5.11 受弯构件承载力计算时,其弯曲抗拉强度指标采用抗折强度值,是以简支梁集中受荷的试验方法取得的试验值。

4.5.12 墙、柱允许高厚比按本标准表 4.5.12-2 采用,参见本标准条文说明第 4.4.15 条。只考虑了轻型楼盖作为水平支承体系。因雪体结构材料强度比较低而且不密实,所以对无盖有四面墙体的情况,墙体为三面支承时根据边比确定悬臂结构或三边支承结构。当墙体较高时,应设计成设有圈梁的带壁柱或冰构造柱的小区格墙板。

当满足 $\frac{b}{S_0} \geq 30$ 时,墙体构件高度取 H (圈梁间距)。继而按本标准表 4.4.14-1 确定 H_0 ,当然横墙有足够的刚度。其最大水平位移值 $u_{\max} \leq \frac{H}{500}$,应比砌体放宽,是考虑到这种材料塑性好。上式中 H 为横墙总高度,一般单层时横墙长度 $L \geq H$,多层时 $L \geq \frac{H}{2}$ 。

本标准表 4.4.14-1 的非刚性方案指刚弹性方案和弹性方案,因为实际施工中尚没有遇到过,所以本标准未详细列出。

雪材料比较松散,受阳光辐射后融化影响稳定性,所以对其允许高厚比 $[\beta]$ 值相对较低。

关于雪体的冰圈梁、冰构造柱,可参照本标准第 4.4.16 条条文说明中的相关内容。

4.5.13 雪体构造应符合下列规定:

雪体材料结构松散,强度较低,易受日照、风蚀影响,出于安全考虑,所以墙和柱的最小构造尺寸定的较大,墙 800mm、

柱 1200mm×1200mm，也因上述的原因，高度大于 10m 的雪墙、独立柱，内部设置竹、木、钢材料组成的结构体系，以保证雪体整体稳定。

4.5.14 关于雪体的抗震设防理念及抗震构造措施可参照本标准第 4.4.16 条条文说明中的相关内容。

4.5.15 过梁的荷载取值按本标准第 4.4.17 条的条文说明采用。

表 4.5.15-1、表 4.5.15-2 的注，只限于洞口是以长方形雪砌块、楔形雪砌块砌成时按注解执行。

雪体碇同冰碇，每层楔形块的高度指楔形块的大小边间的距离。碇高是每层楔形块的高度之和。雪体材料松散，强度低，受自然条件影响较大，所以碇拱脚，应验算抗滑移稳定，同时还要注意因融化承载力降低情况，应采取相应的补强加固措施。

在表 4.5.15-2 注释中增加了注 3 的内容，对圆拱形雪体碇高度和矢高提出了具体要求，是增加雪体碇整体稳定性的有效措施。

4.5.16 雪体悬臂构件，由于其抗剪能力低，应选用构造措施保证挑梁的安全，可采用型钢或其他刚性材料作挑梁。

4.5.17 雪体结构构件断面较大，承载力、稳定性比冰结构好，但高度较大时，如大于 9m（3 层）时，由于易受自然日照风吹的影响，单面融化、风蚀成为偏心受力构件，容易形成不稳定的受力体，所以在每隔一定高度（圈梁标高）处，设冰楼面刚性楼盖作为横隔，使该种建筑为空间稳定整体，同时墙体成为四面有约束的构件。

4.6 冰雪景观照明设计

灯光是冰雪景观建筑夜间展示的灵魂，色彩斑斓、绚烂多姿的灯光与冰雪景观建筑的融合是工程技术和艺术表现的完美结合，灯光是冰雪景观建筑设计中不可或缺的内容，设计者对于灯光、灯具、色彩、供电、电气施工、灯光表现力等相关知识应充分了解和掌握，对新型光源等新技术、新工艺和新设备应进行深

入的研究。

4.6.2 设计内容及要求包括下列要求：

冰雪景观建筑灯光整体设计主要包括：景观效果照明、功能性照明、舞台灯光及灯光演示等专业性照明设计。

冰雪景观建筑效果照明主要采用两种灯光布置方式：一种是冰内设置的灯光，主要用于大型冰景观建筑或雕塑；另一种是针对冰雕和雪雕设置的外投光照明，主要用于人物、动物、植物、浮雕，保证景观具有良好的艺术效果。

灯光的颜色和明暗变幻在冰雪景观表现效果上尤其重要。由于冰体、雪体本身的透光率、折射率、反光率不同，不同颜色灯光波长和穿透力不同，在灯光设计上和色温配置上，建议多采用白、红、黄、绿、蓝、紫等颜色的灯光，颜色配置上宜采用对比色或补色。

为保证节能、环保、多次使用，应推广采用 LED 灯、荧光灯等新型节能、低成本光源。

为强调灯光效果，可在强调景观照明的基础上，合理配置环境光，利用功能性照明营造良好的灯光景色，灯光采用位置差异、明暗对比、色彩变化，点、线、面结合等多种方式，使用激光、光纤、LED 灯、电脑程控、激光光束三维空间造型表演等技术，以及灯雕、满天星、红灯笼等点缀方式达到完美的灯饰效果。

4.6.3 冰雪景观建筑灯光设计根据总体效果，合理确定光源色温，达到最佳效果。良好的光源显色性还具有一定的节能效果。

灯光设计和照明设计宜采用多种灯光组合，使冰雪景观通过灯光的表现力，展现效果。

眩光是冰雪景观建筑较难避免的问题，特别影响景观拍照效果，在灯具布置上尽量避免眩光。雪雕比较高时，采用大功率的投光灯，灯具布置要合适，注意灯具的选型及光源的隐蔽性。采用大功率 LED 投光灯，可减少眩光的影响。

4.6.4 照度水平参照现行国家标准《建筑照明设计标准》GB

50034 中的分级。

本标准表 4.6.4 照度范围值是依据多年来冰雪景观建筑设计经验并参考行业标准确定。

大型冰雪景区中的娱乐场所，应利用灯光营造快乐气氛，可采用激光结合城市之光、空中玫瑰、大功率电脑探照灯共同组合烘托景区氛围。在冰体地面可采用 LED 塑管灯组成图形，变换灯光组合。

当景区占地面积较大、冰景之间距离较远时，应考虑增设道路或庭园等功能性照明设施，也可结合广告灯箱及地理 LED 等多种布灯方案，增加景区照明。

4.6.5 选择光源时，应合理确定各种光电参数，选用寒冷条件下具有良好启动特性的灯具。

冰景内置灯选择的光源及灯具应满足寒冷条件下的使用要求。

大规模冰雪景观，因场地条件限制，升降设备无法靠近，灯具的质量要严格控制。

园区灯光的整体设计需要组织好各景观之间的亮度分配，避免灯光颜色、亮度反差过大。冰雪景观立面投光（泛光）照明要确定好被照物立面各部位的照度或亮度，使照明层次感强，不宜把整个景物均匀照亮，但也不能在同一照明区内出现明显光斑、暗区和扭曲现象。

4.6.6 目前大型冰景观建筑内大量采用荧光灯，拆除时不作回收处理，随景观一同拆除，灯管粉碎后，其玻璃碎片、汞及有害物质融入冰中，造成环境污染。应提倡采用绿色环保、有利回收、可重复使用的光源，推广 LED 光源取代荧光灯。

4.6.7 承办重大活动的景区，应相对提高供电负荷等级。

三相负荷应尽量均衡，各相电压偏差不得差别过大。

重要的照明负荷应采用两个专用回路（两个电源）各带一半照明负荷，有利于简化系统，减少自动投切层次。

一般照明负荷主要为单相设备，如采用三相断路器，其中一

相发生故障，会三相跳闸，停电影响范围较大。

主要考虑照明负荷使用的不平衡性以及气体放电灯线路的非线性所产生的高次谐波，使中性导体也会流过 3 的奇次倍谐波电流，此电流可达相电流的数值，因此作出了相关规定。

普通断路器（含微型断路器）产品适合在温度高于 5℃ 条件下使用，寒冷地区选择产品应在温度低于 -30℃ 以下保持正常工作。

从人身安全保护角度设置单相接地故障保护。

针对室外安装的柜、箱，当电气元件发热，会导致落在壳体上的雪、冰融化进入柜、箱，应采取必要的防护措施。

4.6.8 冰景观内置灯光颜色要和谐，布置巧妙、新颖。目前推荐 T5 三基色灯管做冰景观内置灯，该灯管细，冰内预留槽小，宜施工。建议逐步推广 LED 塑管灯或其他效率高、光源寿命长、灯光穿透力强、无汞、耗电低、易维护的节能环保灯具。

采用新型节能、环保、高效、安全、耐低温、低成本的光源是冰雪景观建筑灯光的发展方向。目前我国 LED 灯产品的规格、标准尚不统一，没有健全的技术规范，产品在设计和使用中需要考虑影响因素。

4.6.9 根据设计对雪景立面的亮度要求，通过采用不同颜色的卤化物泛光灯、大功率 LED 泛光灯和灯光变幻等措施，从而突出雪景的层次感，并让静止的雪建筑“动”起来，营造一个美妙的冰雪世界。

4.7 智能化设计

4.7.1~4.7.4 通过互联网系统提高人性化服务和科学化管理水平，其他服务事项包括：为园区管理提供网络宣传、网络售票、区域监控、智能化系统。

5 冰雪景观建筑施工

5.1 一般规定

5.1.1 冰雪景观建筑技术交底包括设计交底和施工图会审两部分。技术交底内容为冰雪景观建筑的地基、基础、主体结构、非冰支撑结构、内置或外挂灯具、外部景观造型及施工图未表示的外部景观等设计要求。技术交底时应针对冰雪施工中的特殊事项进行重点强调，解决交底中遇到的问题。

5.1.2 本条是指在技术交底的基础上，施工单位应对结构施工方案及施工方法进行选优，编制施工组织设计（方案）并按规定报审。

5.1.3 超过 30m 的冰建筑和超过 20m 的雪体建筑，在冰雪景区中属于重点监控建筑，其结构较为复杂，对地基基础和整体刚度要求较为严格，为避免气候影响而产生构造性变化，除设计和施工过程中强化管理外，在使用过程中必须进行沉降和变形不间断观测，如发现冰砌体、雪体沉降开裂或严重变形，应采取加固、局部封闭等安全措施，设定安全距离，非施工人员不得进入危险区。本条不仅涉及施工期间安全，同样也涉及投入使用后的安全。本条为强制性条文，必须严格执行。

5.1.4 为保证结构安全和使用功能，对重要材料和主要设备进行进场检验非常必要，设置本条的目的在于防止因时间紧、任务重而忽视检验把关。

5.1.5 冰景、雪景的表面经处理，有利于提升观赏效果和减缓融蚀。

5.3 采冰与制雪

5.3.1 本条主要针对冰量需要较大且具备供冰条件的区域。

根据材料试验和实践经验,当天然冰厚度小于 200mm 时,强度较低,冰面无法承受作业重量,易发生事故;此时冰容易开裂,不易加工成型冰。

毛冰从水中采出后,冰晶体内含有大量水分,“冰”的形成过程尚未完成,在寒冷状态下,需要搁置一段时间使其“冻透”,以达到设计要求的强度。“毛冰”经切割后形成规格的、砌筑面平整的砌筑用冰。

提出砌筑用冰块的几何尺寸规格,目的在于规范冰砌体设计并使之标准化。天然毛冰的几何尺寸是总结多年来施工实践,以方便现场加工,同时减少废冰。

5.4 冰景观建筑基础施工

5.4.3 为了保证冰景观建筑的结构安全和稳定,墙体必须用规格冰块砌筑并坐落在实体地基上,尤其是内部填充碎冰的大体量冰景观建筑和冰平台,其上部外墙冰砌体必须从地基上组砌到顶,严禁将冰墙、柱砌筑在填充的碎冰、积雪和松散土层上。

5.5 冰砌体施工

5.5.2 为了保证冰砌体景观整洁,应采用洁净的天然水或自来水灌注冰缝。

5.5.5 施工期间,砌体温度随环境温度的变化而变化,为了控制砌体温度,对已施工的砌体要随时进行温度监测,当砌体温度高于 -5°C 时(冰砌体设计温度值)应停止施工,并采取相应措施,以保证施工安全。本条为强制性条文,必须严格执行。

5.5.7 施工中应按本条要求进行组砌,考虑到冰缝过大注入的粘结水易流淌的实际情况,所以冰缝不大于 2mm。

5.5.9 大体量冰景观建筑施工中应用砌筑冰块组砌,设计规定允许填充碎冰时,应满足本条的相关要求。

5.5.12 本条规定灯具孔洞距冰砌体外表面距离不应大于350mm，且不应少于150mm，主要考虑了冰砌体透光度的影响，冰砌体内置灯具摆放，气温升高、太阳直射、风蚀产生的冰融化损失。获得灯具距冰砌体外表面距离最佳位置，灯具摆放密度、照度，应根据冰的透光度和设计效果要求，通过实际试验结果确定。

5.5.15 建筑施工脚手架与垂直运输设备严禁搭设在冰景观建筑上且不得与其接触，防止冰砌体受外力破坏和保持外表面完整。在施工过程中应采取架体稳定的相应措施，应采用封闭式双排钢管脚手架，将冰景观建筑置于架体中间，同时实现架体间拉结。

5.6 冰砌体内钢结构施工

5.6.1~5.6.3 采取措施保证冰砌体内钢筋或钢结构与冰块间紧密的连接，应采用碎冰和水拌合的混合物注入连接处冻实。埋入槽内的水平箍筋不得高出冰面，满足砌筑施工要求。

5.10 雪景观建筑施工

5.10.1 雪景观建筑宜采用人造雪是针对受到雪量限制的地区，人造雪的含水率与雪的密度、强度等级相关联，应在现场经试验后确认。

5.10.2 雪景观建筑外表应体现雪的洁净，本条为此提出了具体要求；雪坯制作，提出通过模板成型，分层夯实是为了确保雪的密度、强度。

5.10.4 本条是对雪景观建筑镶嵌物提出构造要求。

5.11 雪雕制作

5.11.1 强调密实度是为保证主体结构可靠。

5.11.2 雪坯规格大小是根据多年实践经验总结出来的，主要参考参赛人员数量、制作时限、工具使用、人员体力、环境影响等

综合因素。其他大中型雪雕毛坯尺寸视情况而定，但构造措施应符合本标准相关规定。

5.11.3~5.11.9 艺术上的要求，灯光的布局和色调上的调配等应综合考虑。

6 配电、照明施工

6.1 电力电缆施工

6.1.2 电力电缆芯数和截面选择考虑安全、合理。

6.1.3~6.1.5 提出电力电缆进场及运送要求，是为了确保电缆及施工质量、保障安全。

6.1.6、6.1.7 电缆敷设应优先保护电缆安全，同时兼顾经济性。

固定供电系统：一年四季电缆干线不动，冬季为冰雪景观供电，夏季兼顾其他用电。

临时供电系统：根据设计要求，冬季展示时临时敷设电缆，用后拆除。

6.2 照明施工

6.2.1 冰景观内灯光的安装，为避免拆冰返工应随冰的砌筑同步进行，并随机测试，随时检验用电设备是否能正常启动，是否有闪烁现象等。冰景观内置用电设施应采取防潮、防水措施，不得漏电，避免冰体融化，形成带电导体。

6.2.2 冰景观基础下的配线，管、线可同步进行敷设，以防冰块将管和线压坏，可选择耐低温铜芯橡皮线或铜芯氯丁橡皮线。

6.2.3 多个电感镇流器集中放置时，应注意散热。

6.2.4 设计和施工应当采取措施，方便使用后灯管和导线回收利用。

6.2.5 冰景观内采用一体化灯具时，应采用连接附件，便于安装，同时应注意电线连接处的防潮密封处理。

6.2.10 大体量冰景观建筑，应留有换灯检修口，在保证结构安全的前提下，检修口大小按需要留置。

6.2.13 投光灯（泛光灯）等气体放电光源，集中采用时，受功率因数偏低影响，可在较近配电箱内加电容器进行补偿。

6.2.14 大型冰雪景区照明可在配电室或值班室采用集中遥控系统，统一控制关闭和开启。利用景区中道路及庭院灯做值班看守照明，宜采用光控和时钟相结合的控制方式。

6.2.16 电气设备或导管接近裸露导体的接地（PE）牢固可靠，防止漏电造成伤害。接地支线与接地干线相连接时，不得串联连接，避免在维修和更换时，由于拆除其中一件，造成接地或接零失去电击保护作用。

电线外护层的颜色不同是为了区别其功能不同而设定的，方便识别、维护、检修。在任何情况下不得采用 PE 线作负荷线。同一景观内不同功能的电线绝缘层颜色应有区别。景观内照明回路应与配电箱回路标识相一致，并标明负荷名称，方便识别、维护、检修，防止因误操作引发触电事故。

随着冰雪景观建筑照明水平的不断提升，外投光的灯具种类也相对增多。灯具、支架安装在人员来往密集的场所极易被人触碰，因此要有严格的防灼伤和防触电的措施。

6.2.17 每个接线端子上的电线连接不超过 2 根，是为了连接紧密，不因通电后热胀冷缩发生松动。

采用 TN-S 系统，为使 PE 线和 N 线截然分开，在照明配电箱内要分设 PE 排和 N 排。

因照明配电箱额定容量有大小，小容量的回路较少，仅（2～3）条回路，可以用数个接线柱（如绝缘的多孔瓷或胶木接头）分别组合成 PE 和 N 接线排。两者不得混合连接。

6.2.18 仪表的指示和信号是否准确，关系到正确判断运行状态以及预期的功能和安全要求，因此特别规定此条。

7 工程质量验收

7.1 一般规定

7.1.1 根据现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300，对冰雪景观建筑工程质量验收的划分为：单位（子单位）工程、分部工程、分项工程和检验批。

一是冰雪景区单位（子单位）工程可根据各不同功能分区的独立施工条件和独立观赏功能划分，其中具有独立观赏功能或独立景点单体工程可作为其子单位工程。在施工前由建设、监理、施工单位协商确定，并据此收集整理资料和验收。

分部工程应按专业性质、建筑部位确定。冰雪景观建筑分部工程可划分为地基与基础、冰砌体景观建筑主体结构、雪体景观建筑主体结构及配电照明；在主体结构分部工程中可分为冰砌体、钢结构、碎冰填充、模板、雪坯等子分部工程。在配电照明分部工程中可分为电缆敷设、内置灯具、外置灯具、配电接线、安全防护、配电箱（盘）安装等分项工程。

分项工程可由一个或若干检验批组成。检验批可根据施工质量控制及验收需要按施工段、变形缝等进行划分。冰砌体工程、雪体工程和冰砌体、雪体内钢（木）结构工程可按高度每 3m 作为一个检验批进行划分。

冰雪活动类设计、无障碍设计、安全设施设计、景区服务管理设计、配套设施设计（商服、供水、排水、供电、供热、环卫设施、标识）等，应按本标准和相关专业要求的验收标准进行，其中安全设施的施工质量验收应严格执行设计文件和相关标准要求。

凡属地基与基础工程，冰砌体、雪体内钢（木）结构工程，

冰砌体内置器材、电缆施工等隐蔽性工程，在隐蔽前应通知设计、监理和建设单位参加验收，并形成隐蔽验收文件。

二是冰雪景观建筑工程检验批（分项工程）质量验收是工程质量的关键环节，是保证工程质量的重要手段。验收前，施工单位应先填写“检验批和分项工程的质量验收记录”，并由项目专业质量检验员和项目专业技术负责人分别在检验批和分项工程质量检验记录中相关栏目上签字，然后由监理工程师组织，严格按照规定程序进行验收。

冰雪景观建筑分部工程验收实行总监理工程师（建设单位技术负责人）负责制，应组织施工单位项目负责人和技术、质量负责人等进行验收，由于地基与基础、主体结构技术性能、用电保护、照明运行调试关系到整个工程的安全，因此要求设计单位工程项目负责人参加相关分部工程质量验收，并对验收结果负责。

冰雪景观建筑，单位（子单位）工程完工后，施工单位首先要依据质量标准、设计图纸等组织有关人员进行自检，并对检查结果进行评定，符合要求后向建设单位提交工程验收报告和完整的相关质量资料，由建设单位组织验收。

单位工程质量验收应由建设单位或项目负责人组织设计、施工单位负责人或项目负责人及施工单位的技术质量负责人、监理单位的总监理工程师、经营管理单位技术负责人进行单位（子单位）工程验收。规定要求经营管理单位参加，是为了便于冰雪景观建筑在使用前修复有关缺陷及使用过程中维护管理。

三是冰雪景观建筑单位工程质量验收也称质量竣工验收，是建筑工程投入使用前的最后一次验收，也是最重要的一次验收。验收合格的条件除构成单位工程的各分部工程合格，并且有关的资料文件完整外，还须进行以下检查：

1 安全和使用功能的分部工程应进行检验资料的复查。不仅要全面检查其完整性（不得有漏检缺项），而且对分部工程验收时补充进行的见证抽样检验报告也要复核。这种强化验收的手段体现了对安全和主要使用功能的重视。

2 对主要使用功能还须进行抽查。使用功能的检查是对冰雪景观建筑工程和设备、灯具安装工程最终质量的综合检验。因此,在分项、分部工程验收合格的基础上,竣工验收时再作全面检查。抽查项目是在检查资料文件的基础上由参加验收的各方人员商定,并用计量、计数的抽样方法确定检查部位。检查按本标准的要求进行。

3 还须由参加验收的各方人员共同进行观感质量检查,这类检查往往难以定量,只能以观察、触摸或简单量测的方式进行,并由各个人的主观印象判断,检查结果并不给出“合格”或“不合格”的结论,而是综合给出质量评价。对于“差”的检查点应通过返修处理等补救。

四是通常工程的不合格现象一般都在检验批验收中发现并予以解决,体现边施工、边检验、边整改的原则。由于冰雪景观建筑施工工期极短的现实情况,所有质量隐患尽早在检验批的施工过程中消除。

当出现工程质量缺陷时应按下列要求进行处理:

1 在检验批验收时,结构项目不能满足要求或存在偏差,不符合规定时,应及时进行处理。其中,影响使用功能和安全的应予以拆除,重新进行建设;一般缺陷通过整修或更换设备予以解决,不影响使用功能的,允许施工单位在采取相应措施后重新进行验收,但只有在验收认定合格后的检验批才能进行下一个检验批的施工,不允许因施工期短而忽视质量安全;

2 对经检验未达到设计要求的检验批,需经原设计单位核算后认定,能满足结构安全和使用功能的,可予以验收;

3 存在严重缺陷,按照一定的技术方案进行处理后,能够满足安全使用的,造成改变结构外形尺寸,但不影响安全和主要使用功能,可以按技术方案和协商文件进行验收。

7.1.2 对于通过返修或加固处理仍不能满足安全条件、达不到使用要求的分部工程、单位工程,应坚决予以拆除,不可让“带病”的工程投入使用。

7.6 配电照明工程质量验收

7.6.2 主要设备、材料、成品、半成品进场检验工作是确保工程质量的关键，其工作过程、检验结论应有记录（包括有效的认定报告），并经各相关单位确认。采用新的电气设备、器具和材料进入现场前应按规定要求组织检查、检验，以保证投入使用后相关工作顺利展开。

7.6.3 有关条款的说明：

1 避免用电设备发生电气故障，使电气设备形成接近裸露导体带电体，造成触电事故，而加装漏电保护装置则能迅速切断电源，防止事故发生。漏电保护装置应作模拟动作试验，以保证其灵敏度和可靠性。

2 规定进行满负荷通电试验时间，是检验景区用电峰值期能否正常运行的有效措施。

3 所有照明灯具应逐一验收，保证灯具的完好率。

4 检验各种电气设备的稳定性。

5 各种用电设备对电压偏差都有一定要求。涉及用电设备端电压的电压偏差超过允许值，将导致用电设备的寿命降低或光通量降低。

8 维 护 管 理

8.1 监 测

8.1.1 冰雪景观建筑砌体温度和强度有直接关系，随着温度的变化，砌体强度会随之变化，为此提出对冰砌体、雪体进行测温并规定了测温的具体要求。

8.1.2 除了对冰雪砌体测温，还应同步进行使用过程的结构变形监测，因为冰雪景观建筑结构强度除了和设计温度相关外，还与地基、施工、风化、风蚀等因素密切相关。使用过程中冰雪景观结构产生变形，反映了相关因素综合作用的结果，对保证安全使用十分重要。

8.1.3 本条提出了当监测结果出现 3 种情况应采取的相应措施。

8.2 维 护

8.2.1 根据经验，在北纬 40° 以上地区和海拔较高区域，冰雪景观一般可以使用的期限：一是初期为 12 月末～1 月上旬，二是使用后期为 2 月末～3 月上旬，保证冰雪景观建筑使用功能的时限主要取决于温度变化的影响、冰雪景观建筑融化程度和对使用效果的评价，使用时限各地区应以当地自然条件、环境条件和设计要求作为主要参考依据。

8.3 拆 除

8.3.1 总结多年实践经验，通过对冰雪景观建筑实地测温和监测变形，规定了冰雪景观建筑拆除的具体要求。

8.3.2、8.3.3 要求对可重复使用的设备、材料应在拆除前进行回收，同时应采取措施满足环保要求。