

团 体 标 准

T/DZJN 10-2020

数据中心蒸发冷却空调技术规范

Code For Evaporative Air-Conditioning Technology Of Data Centers

2020-02-01 发布

2020-05-01 实施

中国电子节能技术协会 发布

目次

| | |
|------------------------------|-----|
| 前 言..... | III |
| 数据中心蒸发冷却空调技术规范..... | 1 |
| 1. 范围..... | 1 |
| 2. 规范性引用文件..... | 1 |
| 3. 术语..... | 2 |
| 4. 总则..... | 4 |
| 5. 系统设计..... | 4 |
| 5.1. 一般规定..... | 4 |
| 5.2. 直接蒸发冷却全空气空调系统..... | 7 |
| 5.3. 间接蒸发冷却全空气空调系统..... | 7 |
| 5.4. 蒸发冷却与机械制冷联合全空气空调系统..... | 8 |
| 5.5. 蒸发冷却空气-水空调系统..... | 9 |
| 5.6. 蒸发冷凝式散热空调系统..... | 10 |
| 5.7. 其他蒸发冷却空调系统..... | 12 |
| 5.8. 气流组织..... | 12 |
| 5.9. 设备与材料配置..... | 13 |
| 5.10. 消音与隔振..... | 14 |
| 6. 过滤及水处理..... | 16 |
| 6.1. 一般规定..... | 16 |
| 6.2. 空气过滤..... | 16 |
| 6.3. 水处理..... | 17 |
| 6.4. 耗水量与补水..... | 20 |
| 7. 监测与控制..... | 20 |
| 7.1. 一般规定..... | 20 |
| 7.2. 系统控制..... | 21 |
| 7.3. 系统监控与指标参数..... | 21 |
| 8. 施工安装..... | 23 |
| 8.1. 一般规定..... | 23 |
| 8.2. 空调风系统管道与设备安装..... | 23 |
| 8.3. 空调水系统管道与设备安装..... | 24 |
| 8.4. 防腐与绝热处理..... | 26 |
| 9. 验收..... | 26 |
| 9.1. 一般规定..... | 26 |
| 9.2. 调试..... | 26 |
| 9.3. 竣工验收..... | 27 |
| 9.4. 综合效果检验..... | 28 |
| 附 录 A..... | 30 |
| 附 录 A..... | 31 |
| 附 录 B..... | 32 |
| 附 录 E..... | 35 |
| 附 录 F..... | 38 |

全国团体标准信息平台

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国电子节能技术协会数据中心节能技术委员会提出。

本标准由中国电子节能技术协会归口。

本标准主要起草单位：中国电子节能技术协会数据中心节能技术委员会、西安工程大学、深圳市艾特网能技术有限公司、广东工业大学、广东申菱环境系统股份有限公司、广东省电信规划设计院有限公司、中国中元国际工程有限公司、中国建筑标准设计研究院有限公司、中国建筑标准设计研究院有限公司、中国建筑科学研究院有限公司、中国信息通信研究院、中国航空规划设计研究总院有限公司、中国移动通信集团设计院有限公司山东分公司、中通服咨询设计研究院有限公司、华为技术有限公司、江苏联众联胜空调设备有限公司、麦克维尔中央空调有限公司、昆山台佳机电有限公司、易事特集团股份有限公司、依米康科技集团股份有限公司、南京佳力图机房环境技术股份有限公司、拜铂流体设备（上海）有限公司、信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司、益冷和众科技（北京）有限公司、烟台冰轮换热技术有限公司、深圳易信科技股份有限公司、新疆华奕新能源科技有限公司、新疆绿色使者空气环境技术有限公司、澳蓝（福建）实业有限公司。

本标准主要起草人：黄翔、吴冬青、吕天文、彭少华、徐方成、王众彪、王桂坤、王爱华、王超、牛琳、尹文锋、田俊、田振武、白本通、吕正新、吕继祥、劳逸民、李马林、李本强、李国强、李晓萍、李得利、李猛、杨晚生、吴晓晖、何华明、余钦、张学海、张瑾、陈亚男、金洋帆、周理、赵春晓、赵磊、袁洪、郭彦玲、黄生云、韩钊、温晓军、廖运发、黎柏伟、戴新强。

本标准主要审查人：胡建丽、罗海亮、马德、王颖、吴学渊。

数据中心蒸发冷却空调技术规范

1. 范围

本标准规定了数据中心蒸发冷却空调系统工程设计标准和技术要求。

本标准适用于采用空调系统技术的新改建和扩建的数据中心。

2. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3096 《声环境质量标准》

GB 5030 《建筑电气工程施工质量验收规范》

GB 8624 《建筑材料及制品燃烧性能分级》

GB10070 《城市区域环境振动标准》

GB/T 12220 《通用阀门标志》

GB 12348 《工业企业厂界环境噪声排放标准》

GB/T 14294 《组合式空调机组》

GB/T 14295 《空气过滤器》

GB 50016 《建筑设计防火规范》

GB 50019 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》

GB/T 50087 《工业企业噪声控制设计规范》

GB 50118 《民用建筑隔声设计规范》

GB 50174 《数据中心设计规范》

GB 50242 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》

GB50243 《通风与空调工程施工质量验收规范》

GB 50300 《建筑工程施工质量验收统一标准》

GB 50328 《建设工程文件归档规范》

GB 50726 《工业大设备及管道防腐蚀工程施工规范》

T/DZJN 10-2020

GB 50727 《工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范》

GB 50736 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》

GB 50738 《通风与空调工程施工规范》

JB/T 7658.5 《氨制冷装置辅助设备—蒸发式冷凝器》

JGJ 141 《通风管道技术规程》

3. 术语

下列术语适用于本文件。

3.1.

干燥地区 dry area

夏季空气调节室外计算湿球温度小于 23℃ 的地区。

3.2.

中等湿度地区 medium humidity area

夏季空气调节室外计算湿球温度大于 23℃、小于 28℃ 的地区。

3.3.

高湿度地区 high humidity area

夏季空气调节室外计算湿球温度大于 28℃ 的地区。

3.4.

亚湿球温度 sub wet bulb temperature

蒸发冷却设备出风（出水）温度介于室外空气的湿球温度与露点温度之间，把这种状态的温度定义为亚湿球温度。

3.5.

直接蒸发冷却 (DEC) direct evaporative cooling

空气和水直接接触，因水蒸发吸收汽化潜热而使空气温度下降。

3.6.

一次空气 primary air

被冷却后送入机房供冷的空气，也称为产出空气。

3.7.

二次空气 secondary air

与水接触使其蒸发从而降低换热器表面温度以冷却一次空气的辅助空气，也称为工作空气。

3.8.

间接蒸发冷却 (IEC) indirect evaporative cooling

二次空气与水直接接触，通过热湿交换降低二次空气干球温度，一次空气通过间接蒸发冷却器被二次空气冷却的过程。

3.9.

复合式蒸发冷却 composite evaporative cooling

一次空气经过直接蒸发冷却和间接蒸发冷却的复合过程而被冷却。

3.10.

蒸发式冷凝 evaporative condenser

利用空气强制循环和喷淋冷却水的蒸发将制冷剂凝结热带走，此过程称为蒸发冷凝。

3.11.

直接蒸发冷却效率 direct evaporative cooling efficiency

水直接蒸发冷却器（段）在试验工况下，进口空气和出口空气干球温度差与进口空气干、湿球温度差的百分比。

3.12.

间接蒸发冷却效率 indirect evaporative cooling efficiency

根据间接蒸发冷却器（段）中制冷介质的不同，间接蒸发冷却效率如下：

——当间接蒸发冷却段为空气-空气间接蒸发冷却器，在试验工况、不同一次空气与二次空气风量比下，回风和一次空气送风干球温度差值与回风干球温度和二次空气湿球温度差值的百分比，

——当间接蒸发冷却段为空气-表冷器间接蒸发冷却器，在试验工况、不同一次空气风量和表冷器水流量比下，空气进出口干球温度差值与制冷表冷器的二次空气干、湿球温度差值的百分比。

3.13.

亚湿球效率 sub wet bulb efficiency

间接蒸发冷却器（段）在试验工况下，室外空气湿球温度和出风湿球温度差值与室外空气湿球、露点温度差值的百分比。

3.14.

蒸发冷却全空气空调系统 evaporative cooling all-air air conditioning system

用蒸发冷却空调机组处理后的空气承担对应空调区全部显热负荷和湿负荷的空调系统。

3.15.

蒸发冷却空气—水空调系统 evaporative cooling air-water air conditioning system

用蒸发冷却空调机组处理后的空气与蒸发冷却冷水机组提供的冷水,通过空调区末端装置共同承担对应空调区全部显热负荷和湿负荷的空调系统。

3.16.

蒸发冷凝式散热空调系统 evaporative condensation heat dissipation air conditioning system

用蒸发冷却技术给冷水机组的冷凝器散热,制取的冷水通过空调区末端装置来承担空调区热负荷和湿负荷的空调系统。

3.17.

制冷耗水比 rated water consumption ratio of cooling

在额定工况下,机组额定制冷量与额定耗水量的比值,单位: kW / (h · kg)。

3.18.

间接蒸发冷却风量比 air volume ratio of indirect evaporative cooling

间接蒸发冷却器中,二次空气风量与一次空气风量的比值。

4. 总则

4.1 为规范数据中心蒸发冷却空调系统设计,确保水资源利用、设备与材料选择、监测与控制、施工安装等方面安全适用、节能环保、经济合理,制定本规范。

4.2 数据中心采用蒸发冷却技术时,应根据气象参数、自然资源、空气质量、机房等级等要求,合理确定系统形式及运行方式。

4.3 数据中心蒸发冷却空调系统的设计除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

5. 系统设计

5.1. 一般规定

5.1.1. 室内外设计参数

a) 数据中心蒸发冷却空调技术规范室外空气计算参数可按照现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 和《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736 选取；

b) 数据中心蒸发冷却空调技术规范室内设计参数可按照现行国家标准《数据中心设计规范》GB 50174 选取；

c) 室内所需新风量应满足《数据中心设计规范》GB 50174 中数据中心对新风量的要求；

d) 根据室外气象参数可把全国分为以下三种不同类型的地区：

1) A 类地区为湿球温度 $t_s < 23^\circ\text{C}$ 的干燥地区；

2) B 类地区为湿球温度 $23^\circ\text{C} \leq t_s < 28^\circ\text{C}$ 的中等湿度地；

3) C 类地区为湿球温度 $t_s \geq 28^\circ\text{C}$ 的高湿度地区。

5.1.2. 空气处理方式

a) 数据中心蒸发冷却空调空气处理方式应遵循以下原则：

1) A 类地区（干燥地区）宜采用间接蒸发冷却，空气质量、气象条件、机房环境允许的情况可采用直接蒸发冷却；

2) B 类地区（中等湿度地区）宜优先采用间接蒸发冷却+直接蒸发冷却；

3) C 类地区（高湿度地区）宜优先采用间接蒸发冷却+机械制冷。

b) 在设计工况下，不同地区蒸发冷却效率宜不小于表 1 的值。

表 1 不同区域蒸发冷却效率推荐表

| 区域划分 | 湿球温度 | DEC 效率 | IEC 效率 |
|--------|--|--------|--------|
| 干燥地区 | $t_s < 23^\circ\text{C}$ | 85% | 65% |
| 中等湿度地区 | $23^\circ\text{C} \leq t_s < 28^\circ\text{C}$ | 80% | 60% |
| 高湿度地区 | $t_s \geq 28^\circ\text{C}$ | 75% | 55% |

注：1 表中湿球温度为夏季空气调节室外计算湿球温度；
注：2 表中直接、间接蒸发冷却效率为推荐值。

c) 蒸发冷却定风量空调系统宜采用机器露点温度送风，不宜在蒸发冷却器后设置再热调节装置对空气做升温处理。

d) 空气冷却装置的选择，应符合下列规定：

1) 采用循环水蒸发冷却或天然冷源时,宜采用直接蒸发冷却器、间接蒸发冷却器或其他空气冷却器;

2) 采用人工冷源时,宜采用表面式空气冷却器或直接膨胀式空气冷却器;

3) 采用循环水蒸发冷却或天然冷源时,水质应符合本规范 4.3 之要求。

5.1.3. 系统运行要求

a) 蒸发冷却空调系统应用于数据中心时,应根据当地气象条件、自然资源条件、空气污染条件选择蒸发冷却冷水机组提供高温(中温)冷水的形式或蒸发冷却空调机组提供冷却空气的形式。

b) 蒸发冷却技术应用于数据中心,可采用以下方式:

1) 直接蒸发冷却空调机组;

2) 间接蒸发冷却空调机组;

3) 间接—直接多级蒸发冷却空调机组;

4) 间接蒸发冷却+机械制冷(直接膨胀式冷却辅助);

5) 间接蒸发冷却+机械制冷(外接冷冻水冷却辅助)。

a) 采用蒸发冷却技术为末端供冷设备使用时,宜以间接蒸发冷却空调机组为主,干燥地区且室外空气质量条件较好的情况下,可采用直接蒸发冷却空调机组或复合式蒸发冷却空调机组;若仅采用间接及直接蒸发冷却空调机组无法满足全年供冷需求时,应采用间接蒸发+机械制冷。全年系统运行方式包括:干工况运行模式、湿工况运行模式、湿工况+机械制冷补充运行模式。

b) 采用蒸发冷却技术为冷源设备使用时,当冷源设备无法保障夏季使用要求时,应补充机械供冷措施,全年系统运行方式包括蒸发冷却冷源独立供冷运行、蒸发冷却冷源与机械冷源串联或并联运行。当冷源设备无法保障冬季使用要求时,应考虑系统防冻措施,包括乙二醇自然冷却、氟泵自然冷却等方式。

c) 当采用直接蒸发冷却、间接蒸发冷却或复合式蒸发冷却方式仍不能满足空气处理要求时,应采用机械制冷盘管进行二级冷却,且机械冷源应满足实时启动及按需变容量调节功能。

d) 蒸发冷却空调系统应满足数据中心连续供冷需求。

5.1.4. 数据中心采用蒸发冷却方式的空调系统时,应充分考虑蒸发冷却系统特征,提前预留蒸发冷却设备及管道布局(风、水)空间。

5.1.5. 设有新风系统的主机房,在保证室内外一定压差的情况下,送排风应保持平衡,严寒及寒冷地区宜采用保温风阀,并保证风阀的严密性;严寒和寒冷地区采用直接蒸发冷却全空气空调系统,新风入口侧应采取有效的防冻措施。

- 5.1.6. 室外集中布置的间接蒸发冷却空气系统，需合理布置，避免热岛效应。
- 5.1.7. 蒸发冷却空调系统设计应符合现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019、《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 及《数据中心设计规范》GB 50174 的有关规定。
- 5.1.8. 采用蒸发冷却空调技术的数据中心，建筑、结构、消防等专业的设计除符合本规范外，尚应符合国家现行规范的有关标准规定。

5.2. 直接蒸发冷却全空气空调系统

- 5.2.1. 直接蒸发冷却全空气空调系统设计，应根据典型气象年全年室外空气状态参数、空气质量、送风状态参数、数据中心加（除）湿量等要求，进行技术经济比较分析。
- 5.2.2. 夏季空气调节室外计算湿球温度较低的干燥地区，在空气质量、送风状态参数满足要求时，空气处理宜采用直接蒸发冷却方式。
- 5.2.3. 蒸发冷却空调送风控制系统宜根据室外气象参数、室内空气状态点、送回风温度等来控制，空调系统送风温度应至少大于室内露点温度 2℃。
- 5.2.4. 直接蒸发冷却全空气空调系统在进行热工计量时应符合附录 B 的规定，并应符合以下规定：
- a) 直接蒸发冷却段填料厚度应根据直接蒸发冷却效率、入口干湿球温度、迎面风速等经计算确定；
 - b) 蒸发冷却器的迎风面风速宜采用 2-3m/s；
 - c) 直接蒸发冷却设备的效率不宜小于 70%；
 - d) 填料式蒸发冷却器填料厚度和填料比面积宜为 400 m²/m³-500 m²/m³；
 - e) 直接蒸发冷却装置的填料及喷嘴数量宜附加 15%-20%的裕量。
- 5.2.5. 直接蒸发冷却空调系统应做湿量平衡计算，喷淋系统应配合机房加湿系统合理规划，减少湿度变化带来的能量消耗。
- 5.2.6. 直接蒸发冷却全空气空调系统应对新风温度、相对湿度、有害物浓度、空气含尘浓度等参数进行监测和控制。
- 5.2.7. 直接蒸发冷却全空气空调系统应具有可靠的过滤功能，应设置粗效过滤器和中效过滤器，必要时可设置亚高效空气过滤器或化学过滤装置。

5.3. 间接蒸发冷却全空气空调系统

- 5.3.1. 夏季空气调节室外计算露点温度较低的地区，宜采用间接蒸发冷却空调系统。在严寒地区、寒冷地区宜优先选用间接蒸发冷却全空气空调系统。
- 5.3.2. 采用间接蒸发冷却空调的数据中心可根据机房 IT 设备负荷的分布特点调整数据中心内气流组

织形式，模块化配置间接蒸发冷却空调设备，可采用屋顶式安装、四周式安装等方式。

5.3.3. 间接蒸发冷却全空气空调系统在进行热工计量时应符合附录 C 的规定，并应符合以下规定：

a) 间接蒸发冷却空调机组可采用管式间接蒸发冷却器、板翅式间接蒸发冷却器、动力热管式间接蒸发冷却器等形式；

b) 采用管式间接蒸发冷却器时，换热管内空气流速宜按 $8\text{m/s}\sim 10\text{m/s}$ 取值；

c) 机组结构应稳定、安全可靠，具有可靠的防雷设计；

d) 蒸发冷却器在设计过程中应考虑因结垢等因素带来的冷量衰减；

e) 机组应有良好的气密性，漏风率不应大于 1%。

5.3.4. 间接蒸发冷却空调机组应根据室外空气的湿球温度以及干球温度的变化，切换运行模式，节约能源。

5.3.5. 间接蒸发冷却空调机组的布置应符合下列规定：

a) 在机房内布置时，应设置二次空气排风管并引出机房；

b) 在室外布置时，应避免一、二次空气短路。

5.3.6. 间接蒸发冷却空调机组一次空气和二次空气进风风机应具备变频调节和故障备份功能，并宜选用多点矩阵式离心风机。

5.3.7. 间接蒸发冷却空调机组宜采用模块化设计，具备可拆分（组合）功能，单个独立模块高度宜不超过 4.2m。

5.4. 蒸发冷却与机械制冷联合全空气空调系统

5.4.1. 采用蒸发冷却全空气空调系统的数据中心，符合下列条件时，宜采用蒸发冷却与机械制冷联合的空调系统：

a) 间接蒸发冷却和直接蒸发冷却处理后的送风空气状态参数不能满足设计要求值；

b) 经技术经济性分析之后，蒸发冷却与机械制冷联合的空调系统优于蒸发冷却全年运行的空调系统。

5.4.2. 蒸发冷却与机械制冷联合的空调系统，机械制冷宜采用内置压缩机风冷直膨式一体化系统以便于灵活部署及数据中心扩容需求；经技术经济综合分析，有条件的项目可采用外接式机械制冷冷冻水作为补充冷源。

5.4.3. 采用蒸发冷却与机械制冷联合的全空气空调系统时，空气处理功能段的配置应满足夏季和过渡季节空气处理的需要，并应符合以下规定：

a) 蒸发冷却段宜按适应当地过渡季节气候特征配置；

- b) 当设有集中制冷站时,空气处理机组内应配置低温冷水空气冷却器对空气进行热湿处理;
- c) 当未设置集中制冷站时,空气处理机组应配置制冷剂直接膨胀式空气冷却器对空气进行热湿处理。

5.4.4. 当采用蒸发冷却与机械制冷联合全空气空调系统时,经空气处理过程分析后,机械制冷补冷容量应根据 20 年极端气象条件进行计算配置,并经技术经济性综合分析后做出合理选择。

5.4.5. 一体化蒸发冷却与机械制冷结合的空调机组选配压缩机宜采用变频和定频涡旋压缩机组合设计,风机选配宜以高效低噪声为原则,控制系统宜具备单机控制、显示操作及群控功能。

5.4.6. 蒸发冷却与机械制冷结合的空调系统全年运行时间分布可参见规范附录 D 规定。

5.4.7. 蒸发冷却与机械制冷结合的空调系统辅助冷源配比可参见规范附录 E 及附录 F 规定。

5.5. 蒸发冷却空气—水空调系统

5.5.1. 应用于数据中心的蒸发冷却空气—水空调系统设备配置应符合以下要求:

- a) 当数据中心设有集中蒸发冷却冷水系统时,各机房空调末端设备由集中制冷站供冷,新风系统可采用蒸发冷却新风处理机组;

- b) 蒸发冷却新风处理机组宜配置空气冷却加湿段;

- c) 末端设备宜选用干式显热末端设备;

- d) 蒸发冷却冷水机组供水温度应满足设计要求;

- e) 应具备在线维护条件并满足日常运维需求。

5.5.2. 蒸发冷却空气—水空调系统的供回水温差应满足工艺设备供冷需求,并根据系统形式按以下原则确定:

- a) 蒸发冷却冷水机组仅对机房末端设备供冷,供回水温差宜综合当地湿球温度以及末端处理能力确定,一般供回水温差为 5℃;

- b) 蒸发冷却冷水机组对机房末端设备与新风机组空气冷却器串联供冷时,供回水温差不宜大于 10℃;

- c) 分别对机房末端设备与新风机组空气冷却器并联供冷时,供回水温差不宜大于 5℃。

5.5.3. 蒸发冷却空气—水空调系统应设置一次管网系统和二次管网系统,且二次管网系统宜采用变流量系统。

5.5.4. 间歇运行的蒸发冷却冷水机组的集水盘或下部设置的集水箱,其有效存水容积,应大于湿润冷水填料等部件所需水量,以及停泵时靠重力流入管道内的水容量。

5.5.5. 当多台开式蒸发冷却冷水机组与冷却水泵之间通过共用集管连接时,应使各台冷水机组并联环

路的压力损失大致相同,同时蒸发冷却冷水机组,供水水箱之间宜设平衡管或在各台冷水机组底部设置共用集水盘。

5.5.6. 当蒸发冷却空气—水空调系统无法满足数据中心全年运行的要求时,应配置其他辅助冷源,辅助冷源的形式经技术经济比较确定。

5.5.7. 蒸发冷却空气—水空调系统的冷水流量应按照机房末端设备和蒸发冷却新风机组承担的机房负荷需要确定。

5.5.8. 位于中等湿度和高湿度地区的数据中心采用蒸发冷却空气—水空调系统时,新风系统宜采用蒸发冷却与机械制冷相结合的空气处理方式,水系统宜采用蒸发冷却冷水机组与机械制冷联合制取的冷水作为机房末端设备和新风机组的冷源。

5.5.9. 蒸发冷却新风机组应根据使用地区室外空气品质以及室内环境标准确定空气过滤器的设置级别。

5.5.10. 采用蒸发冷却新风机组对机房供冷时,应对新风的温度、相对湿度、空气含尘浓度等参数进行检测和控制。

5.5.11. 寒冷和严寒地区采用蒸发冷却空气—水空调系统时,冬季应对水系统采取防冻措施,且保证机房不结露。

5.5.12. 蒸发冷却空气—水空调系统中的冷水可供给到数据中心房间级空调末端、列间级空调末端、机架级空调末端中。

5.5.13. 采用蒸发冷却冷水机组作为蒸发冷却空气—水空调系统的冷源时,应考虑不间断供冷需求,其补水箱(池)的容量宜按照不低于12小时配置。

5.5.14. 蒸发冷却空气—水空调系统的补水量应根据蒸发损失、飘逸损失、排污泄露损失之和确定,且补水量应单独计量并计入数据中心水资源消耗量中。

5.6. 蒸发冷凝式散热空调系统

5.6.1. 蒸发冷凝式散热空调系统应符合下列规定:

- a) 应结合数据中心建筑结构特点、技术可靠性及经济性综合分析做出合理设计;
- b) 蒸发冷凝式散热空调系统可包括蒸发冷凝式空调机组或蒸发冷凝式冷水机组;
- c) 冬季,为防止系统结冰,蒸发冷凝式散热空调系统中的冷却水应全部排出,蒸发冷凝式空调机组或冷水机组可切换成风冷式。

5.6.2. 蒸发式冷凝器的选择应符合下列规定:

- a) 蒸发式冷凝器在设计选型时,要充分考虑当地水质、环境对其产生的影响,计算时要根据设备的结构及材质考虑必要的污垢系数;

b) 蒸发式冷凝器的类型、构造、材质应与空调系统的使用要求相适应,当选用钢管或不锈钢板作为换热材料时,板厚不能小于 2.0mm;

c) 应选择效率高、结构紧凑、使用寿命长、便于维护的产品;

d) 应充分考虑防结垢措施,且应定期对其进行除垢清洗;

e) 宜在排风口处设置挡水板,且应符合本规范 7.3.4 的规定;

f) 设计时应预留维修空间,宜设置成模块化的产品;

g) 寒冷和严寒地区应对蒸发式冷凝器采取防冻措施。

5.6.3. 除使用地表水外,蒸发冷凝式散热空调系统中的冷却水应循环使用,且水质应符合本规范 4.3.2 之规定。

5.6.4. 蒸发式冷凝器的热工计算应符合以下规定:

a) 蒸发式冷凝器的散热量可按公式 (1) 计算:

$$Q_Z = \frac{m(h_{g1} - h_{g2})}{3600} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Q_Z —— 冷凝器散热量 (kW);

m —— 制冷剂流量 (kg/h);

h_{g1} —— 换热盘管入口处制冷剂焓 (kJ/kg);

h_{g2} —— 换热盘管出口处制冷剂焓 (kJ/kg)。

b) 板翅式、管式蒸发式冷凝器热工计算表可参考规范附录 G 规定。

c) 蒸发式冷凝器的散热量测试方法:

1) 按照《氨制冷装置辅助设备—蒸发式冷凝器》JB/T7658.5 中的规定,蒸发式冷凝器性能试验方法可采用工业运行试验,测定冷凝器的散热量。

2) 测量蒸发式冷凝器进口空气的质量流量和空气通过冷凝器的焓差值,按公式 (2) 进行计算:

$$Q_Z = G(h_2 - h_1) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

G —— 空气质量流量 kg/s;

h_1 —— 冷凝器入口空气焓值 (kJ/kg);

h_2 ——冷凝器出口空气焓值 (kJ/kg)。

3) 蒸发式冷凝器的耗水量可根据室外空气蒸发水损失、风吹损失和排污损失计算确定；在工程应用中可按一般水冷式冷凝器耗水量的 5%~10%进行估算。

5.7. 其他蒸发冷却空调系统

5.7.1. 利用建筑结构作为风道的蒸发冷却空调系统设施应满足以下要求：

- a) 新风进风口应装设能严密关闭的阀门，新风阀与建筑连接牢固且密封；
- b) 直接蒸发冷却器布水形式宜根据建筑特点，可采用滴水填料式或喷淋式直接蒸发冷却；
- c) 间接蒸发冷却器与风道连接处应密封；
- d) 风道内可单独装设风量调节装置，风道表面应选用不燃级材料，表面应作隔气、保温处理；

5.7.2. 与空气直接接触的建筑墙体宜光滑。

5.7.3. 利用建筑结构作为风道的蒸发冷却空调系统，其换热部件可包含直接蒸发冷却器、间接蒸发冷却器、机械制冷换热部件等设施。

5.7.4. 蒸发冷却相关设备不应作为建筑承重部件。

5.7.5. 空调设备的空气过滤器、换热器应便于清洗和更换，设计时应为空调设备预留维修空间。

5.7.6. 空调区和主机房区之间应隔离，可能发生水患的部位应设置防水、漏水报警、排水设施。

5.7.7. 采用蒸发冷却空调技术的数据中心，在土建施工前应充分考虑蒸发冷却设备与数据中心土建结构的结合，合理预留土建条件。建筑平面和设备空间布局应具有合理性、灵活性，应满足数据中心的工艺要求，为数据中心的发展，扩容预留必要的条件，保证进、排风的通畅性，满足机组的维护和更换的便利性。

5.7.8. 蒸发冷却空调设备可安装在靠近机房的专用空调区，也可以安装在室外。当露天布置空调设备时，蒸发冷却设备应有安全可靠、结构稳定的放置空间，宜布置在建筑背阴且通风良好处。

5.7.9. 室外布置蒸发冷却设备时，与建筑结构本体连接处应做好防水、防风、防火、防冻等有效措施。

5.7.10. 蒸发冷却空调设备应预留维修通道和检修空间。

5.7.11. 蒸发冷却设备基础不应影响屋面排水，设备的布局不应影响建筑本身及其他设备的维护。

5.7.12. 对于改造的数据中心，其配置蒸发冷却设备时，应综合考虑建筑物的层高及楼板承重问题。

5.8. 气流组织

5.8.1. 主机房空调系统的气流组织形式，应结合蒸发冷却空调的制冷形式，根据电子信息设备本身的冷却方式、设备布置方式、设备散热量、室内风速、防尘和建筑条件等综合确定，并宜采用计算流体力学对主机房气流组织及室外全年气象参数进行模拟和验证。

5.8.2. 采用蒸发冷却全空气空调系统的数据中心，宜采用地板下送风或弥漫式送风方式，采用活动地板下送风时，地板的高度应根据送风量确定，地板下送风送风横截面风速不宜大于 3m/s，送风距离不宜大于 15 米，且满足近端机柜的供冷要求。

5.8.3. 采用蒸发冷却空调系统的数据中心应进行排风系统设计和风量平衡计算，在保证室内外一定压差的情况下，送排风应保持平衡。主机房应维持正压，主机房与其他房间、走廊的压差不宜小于 5 Pa，与室外静压差不宜小于 10 Pa。

5.8.4. 数据中心蒸发冷却空调系统的新风进风口与排风口处应设置能与外界隔绝的风阀。

5.8.5. 数据中心蒸发冷却空调系统排风宜通过风道排出室外，且排风与新风不应形成短路。

5.8.6. 主机房内机柜发热量不均匀时，宜采取区域风量可调的气流组织形式，必要时将冷通道分区隔断或引导。

5.8.7. 数据中心采用全空气蒸发冷却空调系统宜采用“低处进风，高处排风”，建筑结构形式可采用以下几种形式：

- a) 宜将蒸发冷却系统与数据中心分层布置；
- b) “鸡舍”风格设计，从建筑侧面进风，再由建筑顶部出风。

5.9. 设备与材料配置

5.9.1. 蒸发冷却空调机组应符合下列规定：

- a) 室外布置的机组应采取防风、防渗雨、防冻、防腐蚀措施；
- b) 蒸发冷却空调机组和蒸发冷却冷水机组的二次排风处宜设置挡水板，且不应有明显漂水、带水现象；
- c) 应设排水口、溢水口，排水、溢水应畅通，且应无渗漏和从水箱中直接溢水现象；
- d) 水箱排水管应定期排水；
- e) 排风应顺畅，内部一、二次空气不应出现短路现象。

5.9.2. 单独安装的直接蒸发冷却段应符合下列规定：

- a) 水泵压力应根据布水高度确定；
- b) 直接蒸发冷却填料的安装宜满足清洗、更换的需要；
- c) 水箱内应设有双水位自动控制器，保证箱内的水位，水箱应防止漏水和渗水；
- d) 填料厚度应根据蒸发冷却效率、直接蒸发冷却段进口干湿球温度、迎面风速等确定；
- e) 直接蒸发冷却段可采用不锈钢及铝箔或树脂浸渍纸材料。

5.9.3. 间接蒸发冷却机组相关配置应符合以下要求：

- a) 间接蒸发冷却机组可以设计自带风阀，风阀应进行技术经济性综合分析选择，必要时可选配防火阀；
 - b) 间接蒸发冷却机组电气线根据电流值大小来选择合适的线材；
 - c) 间接蒸发冷却机组应根据数据中心等级需求，可配置双路供电接口；
 - d) 间接蒸发冷却机组断路器电流小于 63A 时采用微型断路器，电流大于 63A 时采用塑壳断路器；
 - e) 间接蒸发冷却段二次空气出口处应设置挡水装置；
 - f) 间接蒸发冷却段材料应采用金属铝箔或高分子塑料材料。
- 5.9.4. 间接蒸发冷却冷水机组应符合下列规定：
- a) 应采取防风、防渗雨、防冻、防腐蚀措施；
 - b) 冬季停用时对风机和盘管应采取防护措施；
 - c) 应避免进风与排风短路；
 - d) 应设排水口、溢水口，排水、溢水应畅通，且应无渗漏和从水箱中直接溢水现象。
- 5.9.5. 蒸发冷却空调系统工程水管应符合下列规定：
- a) 管道和管件的材质、规格、型号以及焊接材料的选用，应根据设计文件确定；
 - b) 补水、排水、溢水管应具有防腐性能，宜采用塑料管或热镀锌钢管或不锈钢管。
- 5.9.6. 蒸发冷却制冷空调系统工程风管应符合下列规定：
- a) 防火要求应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定；
 - b) 制作安装应符合现行行业标准《通风管道技术规程》JGJ 141 的有关规定。
- 5.9.7. 蒸发冷却制冷空调系统工程保冷材料应具有质量合格证书或检验报告，且种类、规格、性能均应符合设计文件的规定。
- 5.9.8. 蒸发冷却制冷空调系统工程填料应符合下列规定：
- a) 应具有耐腐蚀性；
 - b) 完全浸湿后不应有材料塌陷、出现孔洞等缺陷；
 - c) 使用中，不应出现未被水流过的干带和填料内外表面有集中水流现象；
 - d) 经振动试验后，不得有脱胶、撕裂、从箱体组件移位或其他的损坏；
 - e) 金属填料表面应进行除锈、防腐和亲水性处理。

5.10. 消音与隔振

- 5.10.1. 蒸发冷却机组的噪声级应以设备资料为依据，蒸发冷却机组噪声控制和隔振应符合以下要求：
- a) 空调系统的消声与隔振设计计算应根据工艺和使用的要求、噪声和振动的大小、频率特性、传

播方式及噪声振动允许标准等确定。

b) 蒸发冷却空调系统设备,传播至使用空间和周围环境的噪声应符合现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087、《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348、《民用建筑隔声设计规范》GB 50118、《声环境质量标准》GB 3096的有关规定。

c) 蒸发冷却机组内的风机应采取减振措施。

d) 蒸发冷却设备的进、排风口宜采取消声处理。

e) 当自然衰减不能达到房间的允许噪声标准时,蒸发冷却空调系统产生的噪声应设置消声设备,消声设备的消声量应通过计算确定。

f) 蒸发冷却空调系统的消声设备应分别设置在送、回风主管道上;对噪声有要求的集中控制室、设备间,除主管设置消声器外,机组出风口或支路风管亦可设置消声器。

g) 数据中心用蒸发冷却空调系统风管内的空气流速宜按下表2选用。

表 2 蒸发冷却空调系统的风管内的空气流速推荐表

| 室内允许噪声级 dB(A) | 主管风速 (m/ s) | 支管风速 (m/ s) | 出风口 (m/ s) |
|---------------|-------------|-------------|------------|
| <35 | 3. 0~4. 0 | ≤2. 0 | 1. 2~1. 8 |
| 35~50 | 4. 0~7. 0 | 2. 0~3. 0 | 1. 5~2 |
| 50~65 | 6. 0 ~9. 0 | 3. 0~5. 0 | 2. 5~4 |

5.10.2. 蒸发冷却空调系统隔振要求应符合以下规定:

a) 蒸发冷却空调系统的振动传播至使用房间和周围环境的振动级,应满足国家现行《城市区域环境振动标准》GB 10070 等标准的要求。

b) 空调、制冷装置以及水泵等设备的振动靠自然衰减不能达标时,应设置隔振器或采取其他隔振措施。

c) 对不带有隔振装置的设备,当其转速小于或等于 1500r / min 时,宜选用弹簧隔振器;转速大于 1500r / min 时,根据环境需求和设备振动的大小,亦可选用橡胶等弹性材料的隔振垫块或橡胶隔振器。

d) 选择弹簧隔振器时,应符合下列规定:

1) 设备的运转频率与弹簧隔振器垂直方向的固有频率之比,应大于或等于 2.5,宜为 4~5;

- 2) 弹簧隔振器承受的载荷, 不应超过允许工作载荷;
- 3) 当共振振幅较大时, 宜与阻尼大的材料联合使用;
- 4) 弹簧隔振器与基础之间宜设置一定厚度的弹性隔振垫。
 - e) 选择橡胶振器时, 应符合下列要求:
 - 1) 应计入环境温度对隔振器压缩变形量的影响;
 - 2) 计算压缩变形量, 宜按照生产厂家提供的极限压缩量的 $1/3 \sim 1/2$ 采用;
 - 3) 设备的运转频率与橡胶隔振器垂直方向的固有频率之比, 应大于或等于 2.5, 宜为 4~5;
 - 4) 橡胶隔振器承受的荷载, 不应超过允许工作荷载;
 - 5) 橡胶隔振器与基础之间宜设置一定厚度的弹性隔振垫, 橡胶隔振器应避免太阳直接辐射或与油类接触。
 - f) 符合下列要求之一时, 宜加大隔振台座质量及尺寸:
 - 1) 设备重心偏高;
 - 2) 设备重心偏离中心较大, 且不易调整;
 - 3) 不符合严格隔振要求的。
 - g) 蒸发冷却空调机组、通风机等设备的进口、出口宜采用软管连接。水泵出口设止回阀时, 宜选用消锤式止回阀。
 - h) 受设备振动影响的管道应采用弹性支吊架。
 - i) 噪声要求严格的房间的楼层设置集中的空调机组设备时, 应采用浮筑双隔振台座。

6. 过滤及水处理

6.1. 一般规定

- 6.1.1. 直接蒸发冷却系统应还设置粗效或中效过滤器, 必要时可设置化学过滤器装置, 末级过滤装置宜设置在正压段。
- 6.1.2. 空气过滤器效率应符合现行国家标准《空气过滤器》GB/T 14295 的规定, 并宜选用低阻、高效、能清洗、难燃和容尘量大的滤料制作。
- 6.1.3. 空气过滤器的阻力应按终阻力计算, 过滤器应方便更换。
- 6.1.4. 水与被处理空气直接接触的蒸发冷却空气处理装置, 其水质应符合滤料的使用要求和卫生要求。

6.2. 空气过滤

6.2.1. 蒸发冷却通风、空调系统应按以下规定设置空气过滤器：

a) 蒸发冷却通风系统，由室外直接进风的蒸发冷却机组内宜设置粗效空气过滤器，必要时可设置中效或高效空气过滤器；

b) 蒸发冷却空调系统，新风应经粗效过滤器处理，新、回风混合后应经中效过滤器处理；

c) 蒸发冷却空调系统的新风粗效过滤器应满足全新风运行时的过滤风速和阻力要求。

6.2.2. 风沙较大、杨柳絮较多地区，全年运行的蒸发冷却通风、空调机组宜设置进气过滤装置防止换热器出现堵塞。

6.2.3. 直接蒸发冷却机组的空气过滤器选择应符合以下要求：

a) 防火性能不应小于现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中 B1 级标准；

b) 宜采用干式过滤器；

c) 过滤器应可清洗、可更换，拆装方便、清洗简单；

d) 过滤器前宜设置金属网格，网孔尺寸不宜大于 10mm×10mm。

6.2.4. 根据当地空气质量条件，当采用粗效空气过滤器不能满足要求时，应设置中效空气过滤器。

6.2.5. 空调系统应对空气过滤器进出口静压差的越限警报进行监测。

6.2.6. 主机房的空调送风系统，应设粗效、中效两级空气过滤器，中效空气过滤器计数效率应大于 80%，末级过滤装置宜设在正压端或送风口。

6.2.7. 空气过滤器的性能指标应符合现行国家标准《空气过滤器》GB/T 14295 的有关要求。

6.3. 水处理

6.3.1. 数据中心蒸发冷却循环水补充水系统的水源选择宜符合下列要求：

a) 开式循环水系统补水可采用工业水、生活水；

b) 闭式循环水系统补水可采用化学除盐水、软化水和生活水。

6.3.2. 蒸发冷却循环水及补充水水质应符合表 3 的规定。

表 3 蒸发冷却循环水及补充水水质要求

| 检测项 | 单位 | 直接蒸发 | | 间接蒸发 | |
|---|--------|---------|---------|---------|---------|
| | | 补充水 | 循环水 | 补充水 | 循环水 |
| pH(25℃) | — | 6.5~8.5 | 7.0~9.5 | 6.5~8.5 | 7.0~9.5 |
| 浊度 | NTU | ≤3 | ≤3 | ≤3 | ≤6 |
| 电导率(25℃) | μs/cm | ≤400 | ≤800 | ≤400 | ≤800 |
| 总硬度(以CaCO ₃ 计) | mg/L | ≤80 | ≤160 | ≤100 | ≤200 |
| 总碱度(以CaCO ₃ 计) | mg/L | ≤150 | ≤300 | ≤200 | ≤400 |
| Cl ⁻ | mg/L | ≤100 | ≤200 | ≤150 | ≤300 |
| 总铁 | mg/L | ≤0.3 | ≤1.0 | ≤0.3 | ≤1.0 |
| 硫酸根离子(以SO ₄ ²⁻ 计) | mg/L | ≤250 | ≤500 | ≤250 | ≤500 |
| NH ₃ -N | mg/L | ≤0.5 | ≤1.0 | ≤5 | ≤10 |
| COD _{Cr} | mg/L | ≤3 | ≤5 | ≤30 | ≤60 |
| 菌落总数 | CFU/mL | ≤100 | ≤100 | — | — |
| 异氧菌总数 | 个/mL | — | — | — | — |
| 有机磷(以P计) | mg/L | — | — | — | — |

6.3.3. 闭式冷水循环系统的水质应符合表 4 的规定。

表 4 闭式冷水循环系统水质要求

| 检测项 | 单位 | 补充水 | 循环水 |
|----------------------------|-------|---------|--------|
| pH(25℃) | —— | 7.0~9.5 | 7.6~10 |
| 浊度 | NTU | ≤5 | ≤10 |
| 电导率(25℃) | μs/cm | ≤600 | ≤2000 |
| Cl ⁻ | mg/L | ≤250 | ≤250 |
| 总铁 | mg/L | ≤0.3 | ≤1.0 |
| 钙硬度(以 CaCO ₃ 计) | mg/L | ≤300 | ≤300 |
| 总碱度(以 CaCO ₃ 计) | mg/L | ≤200 | ≤500 |
| 溶解氧 | mg/L | —— | ≤0.1 |
| 有机磷(以 P 计) | mg/L | —— | ≤0.5 |

6.3.4. 蒸发冷却空调系统在全年运行过程中, 蒸发冷却循环水及补充水水质不满足要求时, 应分别设置水质处理装置。

6.3.5. 蒸发冷却机组内的循环水系统宜采用以下防垢措施:

- a) 当循环水电导率超过本规范表 3 要求时, 及时排污;
- b) 定期加药, pH 值控制在 7.0~9.5 范围内。

6.3.6. 蒸发冷却冷水机组及蒸发式通风、空调机组宜定期检测污垢热阻, 控制阻垢剂投放量稳定循环水水质。蒸发冷却机组水箱应采取防锈、防腐措施。

6.3.7. 蒸发冷却循环水水处理应满足以下要求:

- a) 开式蒸发冷却循环水系统中应设置水处理装置, 且宜设置在循环水泵或蒸发冷却冷水机组的入口管道前端。
- b) 闭式蒸发冷却循环水系统, 应定期检测系统水质, 若不符合蒸发冷却循环水水质要求, 应采取水质处理措施。

6.3.8. 采用定期排污的蒸发冷却通风、空调机组, 其排水管应设电动阀。

6.3.9. 凡与被冷却空气直接接触的水质均应符合卫生要求。空气冷却采用天然冷源时, 应符合下列规定:

- a) 水的温度、硬度等符合使用要求;

- b) 地表水使用过后的回水予以再利用；
- c) 使用过后的地下水应全部回灌到同一含水层，并不得造成污染。

6.3.10. 蒸发冷却空调循环水处理的常用方法，主要分为三大类：物理法、化学加药法及臭氧法。针对各蒸发冷却设备系统，根据设备在数据中心现场运行的不同情况宜采取相应的水质处理方法和设置相应的循环水水质控制装置。

6.3.11. 蒸发冷却空调系统水质处理除了防止设备结垢、腐蚀及藻类物质的产生外，还应对已出现结垢的换热器进行清洗，清洗可分为物理清洗和化学清洗。

6.4. 耗水量与补水

6.4.1. 蒸发冷却空调系统耗水量应包括数据中心所有采用蒸发冷却技术的通风、空调系统的耗水量，并应按照全年运行时间分别计算年耗水量。蒸发冷却器多级设置时，应为各级耗水量之和。

6.4.2. 数据中心用蒸发冷却空调系统的年耗水量应根据全年气象参数计算，即为蒸发水量、补水量或风吹损失水量，以及冬季运行加湿水量之和。

6.4.3. 蒸发冷却空调系统的补水系统应按照设计工况下最大小时耗水量设计。

6.4.4. 蒸发冷却空调机组内设置自动水位控制器，补水装置应能快速自动补水。

7. 监测与控制

7.1. 一般规定

7.1.1. 蒸发冷却空调系统宜设置监测和控制系统，内容应包括参数检测、参数与设备状态显示、自动调节与控制、工况转换、设备连锁与自动保护、能量计量以及中央监控与管理等。具体内容和方式应考虑项目的功能与要求、系统类型、设备运行时间以及管理的要求等因素，通过技术经济比较确定。

7.1.2. 蒸发冷却空调系统规模大、设备台数多且相关联部分相距较远时，应采用集中监控系统。

7.1.3. 反映设备和管道系统在启停、运行及事故处理过程中的安全和经济运行的参数，应进行监测。

7.1.4. 用于设备和系统主要性能计算和经济分析所需要的参数，宜进行监测。

7.1.5. 监测仪表的选择和设置应与报警、自动控制和计算机监视等内容综合考虑，不宜重复设置，就地监测仪表应设在便于观察的地点。

7.1.6. 监控系统测量元件的安装位置应符合下列要求：

- a) 就地测量仪表应安装在易观察、检修和操作处；
- b) 测量室内参数的测量元件应设在不受局部热源影响、空气流通的地点，避免装设在经常开启

的门旁；

- c) 测量管道系统运行参数的测量元件应安装在直管段上；
- d) 测量元件设在风管内时，应装设在气流稳定段的截面中心；
- e) 安装在易燃易爆区域内的测量元件应采用防爆型。

7.1.7. 设备监控系统设计应符合下列规定：

- a) 设备监控系统应支持开放式系统技术，宜建立分布式控制网络；
- b) 应选择先进、成熟和实用的技术和设备，符合技术发展的方向，并容易扩展、维护和升级；
- c) 自动控制的软件应是可扩展可编辑调整的；
- d) 选择的第三方子系统或产品应具备开放性和互操作性；
- e) 应从硬件和软件两方面充分确定系统的可集成性；
- f) 根据系统的功能、重要性等确定采取冗余、容错等技术。

7.1.8. 设计设备监控系统时，应根据监控功能需求设置监控点，设备监控系统的服务功能应与管理模式相适应。

7.1.9. 设备监控系统，应具备系统自诊断和故障报警功能。

7.1.10. 当工程有智能建筑集成要求时，监控系统应提供通信接口构成建筑设备管理系统。

7.2. 系统控制

7.2.1. 蒸发冷却空调系统宜对以下参数进行监测：

- a) 室内外空气温度、相对湿度；
- b) 介质的进出口温度、压力；
- c) 空气过滤器压差；
- d) 风机、水泵设备运行状态及风阀开度；
- e) 补水装置运行状态；
- f) 喷淋水水位、水质。

7.2.2. 蒸发冷却控制系统宜包括以下功能：

- a) 室内风机、水泵，室外风机、水泵，压缩机纳入控制系统；
- b) 控制系统应采用自动控制。

7.2.3. 控制系统宜纳入设备监控系统，通信协议应满足设备监控系统的要求。

7.2.4. 控制系统应根据数据中心的等级要求配置不间断电源系统。

7.3. 系统监控与指标参数

7.3.1. 控制网络层应完成对主控项目的开环控制和闭环控制、监控点逻辑开关表控制和监控点时间表控制。

7.3.2. 控制网络层应有通信总线和控制器组成，通信总线的通信协议宜采用 TCP/IP、Modbus、BACnet 等国际标准。

7.3.3. 每台控制器的监控点数（硬件点），应留有余量，不宜小于 10%。

7.3.4. 蒸发冷却空调系统宜对以下参数进行监测：

- a) 室内外空气温度、相对湿度；
- b) 送风，回风，新风、回风混合点的温度和相对湿度；
- c) 加热介质参数，
- d) 冷却介质的进出口温度、压力；
- e) 空气过滤器进出口压差及越限报警；
- f) 风机、水泵，热交换器、加湿器等设备运行状态及风阀开度；
- g) 补水装置运行状态、水流量；
- h) 多工况运行的系统监控；
- i) 调节阀的阀位；
- j) 故障报警装置；
- k) 如有补充制冷，压缩机冷却系统应符合相关标准的监测要求。

7.3.5. 蒸发冷却空调系统中对于水质监测应符合下列规定：

- a) 蒸发冷却循环水系统应设置水质监测取样装置，定期对循环水的水质进行化验分析。
- b) 水质监测参数宜根据蒸发冷却空调系统使用性质，水质监测参数包含以下内容：
 - 1) pH 值；
 - 2) 浊度；
 - 3) 电导率（25℃）；
 - 4) 总硬度（以 CaCO_3 计）；
 - 5) 总碱度（以 CaCO_3 计）；
 - 6) Cl^- （以 Cl^- 计）；
 - 7) 总铁（以 Fe）；
 - 8) SO_4^{2-} （以 SO_4^{2-} 计）；
 - 9) 氨氮；

- 10) COD;
- 11) 直接蒸发机组增加菌落总数;
- 12) 间接蒸发机组增加异氧菌总数, 磷酸盐(以P计)、有机磷。

8. 施工安装

8.1. 一般规定

- 8.1.1. 工程施工应符合设计要求。招标采购的设备必须满足设计文件及招标文件的主要技术要求, 包括设备的形式、主要参数。当不相符时, 必须征得设计单位、招标技术文件编制方及业主的同意。严禁使用未经确认的、不符合技术文件要求的设备进行安装。
- 8.1.2. 工程使用的主要材料和设备, 应经进场验收和质量记录。
- 8.1.3. 相关的土建施工完毕后, 应进行会检。隐蔽工程应在隐蔽前进行验收。安装工程开始前, 应对工程条件进行检查。
- 8.1.4. 电气系统的安装应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 5030 的有关规定。
- 8.1.5. 工程的施工, 除应执行本规范外, 尚应符合现行国家标准《通风与空调工程施工规范》GB 50738、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 与《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的有关规定。

8.2. 空调风系统管道与设备安装

- 8.2.1. 应当将蒸发冷却设备作为一个整体进行安装, 配套的风管系统应满足《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 和《通风管道技术规程》JGJ 141 的有关规定。
- 8.2.2. 空调设备安装前, 应根据设计要求, 完成空调设备基座的制作与安装。
- 8.2.3. 空调设备的安装位置应符合设计要求, 还应满足冷却风循环空间的要求。
- 8.2.4. 蒸发冷却设备进、排风口应配防护网或其他安全措施, 可由设备整体配套或由现场配套, 当由现场配套时, 风口规格、位置及方向应满足设备进风或排风的需求, 不得造成进、排风气流短路, 当需要配套风管时, 其安装位置、支撑位置应符合设备的安装要求和通风管道安装规定。
- 8.2.5. 安装在室外的设备及风管应根据工程所在地气候条件采取保温、防冻、隔热或防雨、防紫外线措施。
- 8.2.6. 现场装配式蒸发冷却设备安装时应符合下列要求:
 - a) 安装前应按部件清单校核组件的型号、规格、参数;

- b) 确认现场基础尺寸、预埋件等条件符合安装要求;
- c) 安装时应保障气流、水流方向正确,各功能段应按顺序组装并连接牢固可靠。
- d) 固定风管时,不宜在风管连接处、风阀安装处及传感器的安装点设置固定支架;
- e) 风管机相关部件安装应牢固可靠,安装完成后应进行相关工序检验;
- f) 各功能段的组装应符合设计规定的顺序和要求,且各功能段之间的连接应严密,整体应平直;
- g) 机组的框架应具有耐腐蚀及防镑能力,且无扭曲、变形现象;
- h) 应符合产品安装说明的规定;
- i) 喷水管和喷嘴的排列、规格、填料等直接蒸发冷却器部件的安装位置、间距、角度及方向应符合产品安装说明的要求,且连接应牢固紧密;
- j) 1 水箱及与水接触的材料应具有耐腐蚀性,且应无扭曲、变形和渗漏;
- k) 1 间接换热器内部之间通道的密封应严密,不应出现串风及串水的现象;
- l) 空气过滤器应清洁,安装应平整牢固,方向正确,过滤器与框架、框架与围护结构之间应严密且无穿透缝;
- m) 机组表冷式换热器、加热器及管路应在最高点处及所有可能积聚空气的高点处设置排气阀,在最低点处应设置排水点及排水阀;
- n) 机组安装完毕应做漏风量检测,漏风量应符合现行国家标准《组合式空调机组》GB/T 14294 的有关规定。

8.3. 空调水系统管道与设备安装

- 8.3.1. 空调设备安装前,应根据设计要求,完成空调设备基座的制作与安装。
- 8.3.2. 设备与管道连接处应采取防漏和防结露措施。
- 8.3.3. 设备与管道连接应为柔性接管,与柔性短管连接的管道应设置独立支架。
- 8.3.4. 当热镀锌钢管管径小于或等于 DN100 时,应采用螺纹连接;当管径大于 DN100 时,可采用卡箍式、法兰或焊接连接,应对其表面进行防腐处理,焊接钢管、热镀锌钢管不得采用热煨弯。
- 8.3.5. 安装在机柜附近的管道,避免有接口,如无法避免,连接方式应采用焊接、粘接或熔接,不得采用法兰连接、丝接、卡套连接。
- 8.3.6. 管道系统安装完毕且外观检查合格后,应按设计要求进行水压试验。试验压力当设计无规定时,按下列规定试压:
 - a) 冷水系统的试验压力,当工作压力小于等于 1.0MPa 时,为 1.5 倍工作压力,但最低不小于 0.6MPa; 当工作压力大于 1.0MPa ,为工作压力加 0.5MPa;

b) 考虑非金属管道的强度，随着温度的上升而下降，试验工作压力的压力值，各类耐压塑料管的强度试验压力为 1.5 倍工作压力，严密性工作压力为 1.15 倍的设计工作压力；

c) 水系统应在冲洗、排污合格，再循环试运行 2 h 以上，且水质正常后才能与间接蒸发冷却冷水机组、空调设备相贯通。

8.3.7. 阀门的安装应符合下列规定：

a) 阀门的安装位置、高度、进出口方向应符合设计要求，连接应牢固紧密；

b) 安装在保温管道上的各类手动阀门，手柄均不得向下；

c) 阀门安装前应进行外观检查，阀门的铭牌应符合现行国家标准《通用阀门标志》GB/T 12220 的有关规定。对于工作压力大于 1.0MPa 及在主干管上起到关闭作用的阀门，应进行强度和严密性试验，合格后方可使用。其他阀门可不单独进行试验。

8.3.8. 现场安装的间接蒸发冷却冷水机组应符合下列规定：

a) 型号、规格和技术参数应符合设计要求；

b) 基础标高应符合设计要求，允许误差应为 $\pm 20\text{mm}$ ；地脚螺栓与预埋件的连接或固定应牢固，各连接部件应采用热镀锌或不锈钢螺栓，且紧固力应均匀一致；

c) 机组安装应水平，单台机组安装水平度和垂直度允许偏差应为 2%，多台机组安装时，各台机组的水平高度应一致，高差不应大于 30mm；

d) 蒸发冷却冷水机组的安装位置应符合设计要求，进风侧距建筑物应大于 1000mm，当需布置多台机组时，应考虑其气流对机组性能的影响。

e) 各功能段的组装应符合设计规定的顺序和要求；各功能段之间的连接应严密，机组整体应平直；

f) 机组的框架应进行耐腐蚀和防锈处理；

g) 机组内过滤器（网）和换热部件应清洁、完好；水箱及与水接触的材料应耐腐蚀，避免大范围使用密封胶，减少长期运行漏水风险且应无扭曲、变形和渗漏；

h) 检查门不应漏水，喷水管和喷嘴的排列、规格应符合设计要求；

i) 喷水管和喷嘴的排列、规格、填料等直接蒸发冷却器部件安装位置、间距、角度及方向应符合产品安装说明的要求，且连接应紧密牢固；

j) 风筒组装时应保证风筒的圆度；

k) 空气过滤器应清洁，安装应平整牢固，方向正确，过滤器与框架、框架与围护结构之间应严密且无穿透缝；

l) 机组表冷式换热器、加热器及管路应在最高点处及所有可能积聚空气的高点处设置排气阀，在

最低点处应设置排水点及排水阀；

- m) 管道与冷水机组连接的进、出水管路应安装除污器或过滤器；
- n) 冷凝水排水管道的坡度，应符合设计的规定，并应坡向排泄方向。

8.4. 防腐与绝热处理

- 8.4.1. 室外设备、管道、阀门附件等应根据有防腐、绝热、防紫外线及其他必要的保护措施。
- 8.4.2. 当采用电伴热防冻措施时，应配套具有超温报警功能及实时状态监测功能的监控设施。
- 8.4.3. 室外型设备的防腐绝热材料应采用难燃材质，且应优先采用闭孔材料。
- 8.4.4. 风管、水管的防腐处理应按《工业大设备及管道防腐蚀工程施工规范》GB 50726 和《工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范》GB 50727 的有关规定执行。

9. 验收

9.1. 一般规定

- 9.1.1. 系统调试前，应编制调试方案，并应报送专业监理单位审核；试运行与调试应做好记录，调试结束后应提供完整的调试资料和报告。
- 9.1.2. 系统调试所使用的测试仪器和仪表的精度等级应满足测试的要求。
- 9.1.3. 按照本规范的规定完成综合测试工作，测试结果应符合设计文件的要求。
- 9.1.4. 系统调试及验收内容，除应执行本规范外，尚应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的有关规定。

9.2. 调试

- 9.2.1. 系统调试应在设备安装调试合格后进行。先进行空调系统设备单机调试，单机调试完毕后应根据设计指标进行联合试运转及系统调试。
- 9.2.2. 空调系统调试前应先对系统进行渗漏检查。试验标准参考现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的规定要求。
- 9.2.3. 调试内容包括：温度、相对湿度、风量、风压、冗余备份功能的调试，满足参数要求。
- 9.2.4. 设备单机试运转及调试应符合下列规定：

- a) 空调机组中的风机叶轮旋转应方向正确、运转平稳、无异常振动与声响，电机功率应符合设备技术文件的规定。在额定转速下连续运行 2h，滑动轴承外壳最高温度不得超过 70℃，滚动轴承不得超

过 80℃；

b) 水泵叶轮旋转应方向正确,无异常振动与声响,紧固连接件无松动,电机功率应符合设备技术文件的规定。在额定转速下连续运行 2h,滑动轴承外壳最高温度不得超过 70℃,滚动轴承不得超过 75℃；

c) 间接蒸发冷却冷水机组、蒸发冷却空调机组试运行不应小于 2h,运行应稳定、无异常振动,噪声应符合设备技术文件的规定；

d) 机组补水、泄水、排污水阀的操作应灵活、可靠,信号输出应准确；

e) 蒸发冷却空调机组直接段和冷水机组应无明显的带水、溅水现象,喷嘴应能将水均布且无堵塞；

f) 蒸发冷却空调机组、冷水机组运行应稳定、无异常振动,噪声应符合设备技术文件的规定。

9.2.5. 系统联合试运转及调试应符合下列规定：

a) 设备与主要部件的联动应符合设计要求,动作应正确,且无异常现象；

b) 空调设备各风口风量与设计风量的偏差不应大于 15%；

c) 水系统应冲洗干净,不含杂物,并应排除管道系统中的空气,系统连续运行应正常、平稳；水泵的压力和水泵电机的电流不应出现大幅波动,空调冷水的总流量、主干管冷水流量测试结果与设计流量的偏差不应大于 10%；

d) 房间内空气的温湿度、噪声应符合设计要求；

e) 各种自动计量检测元件和执行机构应运作正常,且应正确显示系统的工作状态,设置连锁、自动调节、自动保护应能正确动作；

f) 多台间接蒸发冷却冷水机组运行时,各机组制冷量与水流量应达到均衡一致。

9.3. 竣工验收

9.3.1. 工程竣工验收,应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 中的有关规定。其中,各部分的质量验收均应合格,质量控制资料、有关安全和功能的检测资料应完整。

9.3.2. 交接验收应由施工单位、建设单位或监理单位共同进行,并应在验收记录上签字。

9.3.3. 竣工验收整理的归档及移交文件应符合现行国家标准《建设工程文件归档规范》GB/T 50328 的有关规定。

9.3.4. 工程竣工验收观感质量检查应符合下列规定：

a) 风管的表面应平整、无损坏,风管间、风管与设备或调节装置的连接应无明显缺陷；

b) 风口表面应平整,颜色一致,安装位置应正确,风口可调部件应能正常动作；

c) 系统各类调节装置安装应正确牢固,调节灵活,操作方便；

d) 蒸发冷却设备连接的管道、阀门及仪表安装位置正确,系统无渗漏；

- e) 蒸发冷却设备的软性接管位置应符合设计要求, 接管正确、牢固, 气流顺畅;
- f) 蒸发冷却设备机组外表平整光滑、接缝严密、组装顺序正确, 喷淋蒸发系统无泄漏;
- g) 蒸发冷却设备、风机、水泵等输配设备的安装应正确牢固;
- h) 风管、部件、管道及支架的油漆附着应牢固, 漆膜厚度应均匀, 油漆颜色与标志应符合设计要求;
- i) 绝热层的材质、厚度应符合设计要求, 表面应平整、无断裂和脱落, 室外防潮层或保护壳应顺水搭接、无渗漏;
- a) 蒸发冷却设备不应有水从设备机体内流出。

9.3.5. 工程竣工验收资料宜包括下列文件:

- a) 图纸会审记录、设计变更通知书和竣工图;
- b) 主要材料、设备、成品、半成品和仪表的出厂合格证明及进场检(试)验报告;
- c) 隐蔽工程检查验收记录;
- d) 设备单机试运转记录;
- e) 系统无生产负荷联合试运转记录;
- f) 观感质量检查记录;
- g) 安全和功能检验资料的核查记录。

9.4. 综合效果检验

9.4.1. 工程综合效果检验条件应符合下列要求:

- a) 测试区域所含的各分部、分项工程及设备质量均应自检合格;
- b) 检验前应对空调系统进行清洁处理, 空调系统连续运行不应少于 24h。

9.4.2. 工程交工前, 应进行系统带负荷综合效果检验。

9.4.3. 工程应在满足接近设计文件中规定的室外气候条件下进行综合效果检验。

9.4.4. 空调系统的技术指标及性能和功能的测试应符合设计文件、技术文件和本规范的要求。

9.4.5. 测试温度、相对湿度的仪表精度等级不应低于 2 级。

9.4.6. 综合效果检验可包括下列内容:

- a) 送、回风口空气温度、相对湿度和风量的测定;
- b) 机组空调温度、相对湿度、风量、水温、水量的测定;
- c) 室内空调温度、相对湿度的测定;
- d) 室内噪声的测定;

- e) 室外空气温度、相对湿度的测定；
- f) 蒸发冷却设备各功能段性能的测定；
- g) 各设备电压、电流、耗电功率的测定。

全国团体标准信息平台

附 录 A
(资料性附录)

干球温度小于等于送风温度小时数

表 A.1 干球温度小于等于送风温度小时数 (h)

| 送风温度 (°C) | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| 北京 | 5279 | 5504 | 5718 | 6002 | 6278 | 6596 | 6942 |
| 成都 | 4680 | 4969 | 5301 | 5622 | 5956 | 6353 | 6841 |
| 大连 | 5618 | 5861 | 6147 | 6443 | 6826 | 7237 | 7631 |
| 福州 | 4294 | 4720 | 5143 | 5574 | 5912 | 6280 | 6783 |
| 贵阳 | 4987 | 5389 | 5769 | 6305 | 6881 | 7384 | 7751 |
| 哈尔滨 | 6801 | 7049 | 7311 | 7564 | 7811 | 8023 | 8207 |
| 呼和浩特 | 6676 | 6908 | 7140 | 7422 | 7680 | 7882 | 8050 |
| 昆明 | 5222 | 6004 | 6648 | 7092 | 7523 | 7853 | 8162 |
| 兰州 | 6174 | 6517 | 6817 | 7095 | 7355 | 7607 | 7817 |
| 南昌 | 3964 | 4290 | 4601 | 4967 | 5406 | 5723 | 6053 |
| 南京 | 4570 | 4928 | 5235 | 5524 | 5822 | 6186 | 6559 |
| 青岛 | 5495 | 5745 | 6175 | 6479 | 6829 | 7159 | 7511 |
| 深圳 | 1700 | 2038 | 2327 | 2648 | 2988 | 3360 | 3887 |
| 太原 | 6006 | 6282 | 6524 | 6823 | 7116 | 7388 | 7641 |
| 天津 | 5120 | 5322 | 5543 | 5777 | 6026 | 6297 | 6606 |
| 乌鲁木齐 | 5920 | 6188 | 6492 | 6770 | 7053 | 7318 | 7563 |
| 武汉 | 4567 | 4827 | 5086 | 5353 | 5606 | 5876 | 6177 |
| 西安 | 4966 | 5222 | 5553 | 5838 | 6139 | 6481 | 6799 |
| 西宁 | 7714 | 7926 | 8116 | 8277 | 8415 | 8525 | 8604 |
| 银川 | 6032 | 6389 | 6735 | 7063 | 7349 | 7580 | 7797 |
| 重庆 | 4150 | 4419 | 4749 | 5027 | 5470 | 5888 | 6305 |

附 录 A
(资料性附录)
湿球温度小于等于送风温度小时数

表 A.2 湿球温度小于等于送风温度小时数 (h)

| 送风温度 (°C) | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| 北京 | 6466 | 6742 | 7075 | 7373 | 7653 | 7958 | 8229 |
| 成都 | 5352 | 5839 | 6284 | 6679 | 7065 | 7529 | 8067 |
| 大连 | 6555 | 6864 | 7182 | 7527 | 7906 | 8273 | 8543 |
| 福州 | 3283 | 3542 | 3860 | 4217 | 4696 | 5065 | 5481 |
| 贵阳 | 6221 | 6716 | 7397 | 8075 | 8523 | 8731 | 8760 |
| 哈尔滨 | 7770 | 7983 | 8206 | 8405 | 8560 | 8666 | 8717 |
| 呼和浩特 | 8459 | 8600 | 8682 | 8729 | 8742 | 8752 | 8758 |
| 昆明 | 8000 | 8566 | 8718 | 8757 | 8760 | 8760 | 8760 |
| 兰州 | 8444 | 8592 | 8696 | 8727 | 8755 | 8760 | 8760 |
| 南昌 | 4884 | 5252 | 5612 | 6001 | 6344 | 6628 | 7028 |
| 南京 | 5668 | 5953 | 6233 | 6459 | 6855 | 7263 | 7694 |
| 青岛 | 6554 | 6826 | 7101 | 7363 | 7645 | 7920 | 8249 |
| 深圳 | 2560 | 2921 | 3265 | 3658 | 4155 | 4758 | 5436 |
| 太原 | 7613 | 7881 | 8105 | 8335 | 8478 | 8605 | 8697 |
| 天津 | 6393 | 6647 | 6950 | 7253 | 7497 | 7757 | 8062 |
| 乌鲁木齐 | 8738 | 8760 | 8760 | 8760 | 8760 | 8760 | 8760 |
| 武汉 | 5438 | 5712 | 5956 | 6187 | 6503 | 6756 | 7103 |
| 西安 | 6462 | 6786 | 7114 | 7383 | 7678 | 7956 | 8240 |
| 西宁 | 8757 | 8760 | 8760 | 8760 | 8760 | 8760 | 8760 |
| 银川 | 8065 | 8423 | 8596 | 8690 | 8733 | 8760 | 8760 |
| 重庆 | 4918 | 5228 | 5578 | 6143 | 6765 | 7257 | 7697 |

附 录 B
(资料性附录)
直接蒸发冷却热工计算表

表 B 直接蒸发冷却热工计算表

| 序号 | 计算内容 | 计算公式或取值 |
|----|----------|--|
| 1 | 直接蒸发冷却效率 | $\eta_{DEC} = \frac{t_{g1} - t_{g2}}{t_{g1} - t_{s1}} \times 100\%$ |
| 2 | 耗水量 | $W = 1.1 \times \left(1 + \frac{1}{R-1}\right) \times \frac{3600Q_z}{r}$ |
| 3 | 填料的迎风断面积 | $F = \frac{L}{v}$ |
| 4 | 计算送风量 | $L = \frac{3600Q}{\rho c(t_n - t_o)}$ |
| 5 | 循环水量 | $W_x = A \times W$ |

式中符号：

η_{DEC} —直接蒸发冷却效率；

t_{g1} —直接蒸发冷却进口空气干球温度（℃）；

t_{g2} —直接蒸发冷却出口空气干球温度（℃）；

t_{s1} —直接蒸发冷却入口空气湿球温度（℃）；

Q —数据机房总冷负荷（kW）；

W —耗水量（kg/h）；

R —循环水的浓缩倍率，即循环水离子与补水离子浓度的比值，可按 2~4 取值；

Q_z —蒸发冷却机组的制冷量（kW）；

r —水的汽化潜热（kJ/kg），取 20℃时 r 值为 2454 kJ/kg；

F —填料的迎风面积（m²）；

v —填料的迎风面积（m²）；

L —直接蒸发冷却的送风量（m³/h）；

t_n —室内干球温度（℃）；

t_o —蒸发冷却送风干球温度（℃）；

A —循环水倍率，一般取 2 倍~4 倍；

W_x —循环水量（kg/h）。

附录 C
(资料性附录)
间接蒸发冷却热工计算表

表 C 间接蒸发冷却热工计算表

| 序号 | 计算内容 | 计算公式或取值 |
|----|--------------|---|
| 1 | 间接蒸发冷却效率 | $\eta_{IEC} = \frac{t_{wx} - t_{wlx}}{t_{wx} - t_{wxs}} \times 100\%$ |
| 2 | 计算一次风量 | $L' = \frac{Q}{\rho c(t_n - t_o)}$ |
| 3 | 计算二次风量 | $L'' = xL' \quad (x \geq 0.6)$ |
| 4 | 计算一、二次风道迎风面积 | $F' = \frac{L'}{v} \quad F'' = \frac{L''}{v}$ |

式中符号：

η_{IEC} —间接蒸发冷却效率；

t_{wx} —间接蒸发冷却回风干球温度（℃）；

t_{wlx} —间接蒸发冷却送风干球温度（℃）；

t_{wxs} —间接蒸发冷却二次空气进风（室外空气）湿球温度（℃）；

Q —数据机房总冷负荷（kW）；

L' 、 L'' —一次、二次送风量（m³/h）；

F' 、 F'' —一次、二次空气通道迎风面积（m²）；

v' 、 v'' —一次、二次空气通道内的空气流速（m/s）；

t_n —室内干球温度（℃）；

t_o —蒸发冷却送风干球温度（℃）；

c —空气比热容，取 1.01kJ/（kg·K）。

附 录 D
(资料性附录)

间接蒸发冷却+机械制冷全年运行时间参照表

表 D 间接蒸发冷却+机械制冷全年运行时间参照表

| 城市 | 空气-空气间接冷却 | 间接蒸发冷却 | 间接蒸发冷却+ 机械制冷 |
|------|-----------|--------|-----------------|
| | IC | IEC | IEC+DX |
| 西宁 | 88% | 11% | 1% |
| 拉萨 | 88% | 12% | 0% |
| 张北 | 86% | 12% | 2% |
| 呼和浩特 | 75% | 17% | 8% |
| 长春 | 74% | 11% | 15% |
| 兰州 | 72% | 21% | 7% |
| 乌鲁木齐 | 71% | 25% | 4% |
| 银川 | 70% | 17% | 13% |
| 阳泉 | 68% | 16% | 16% |
| 太原 | 68% | 16% | 16% |
| 北京 | 62% | 13% | 25% |
| 昆明 | 61% | 27% | 12% |
| 西安 | 60% | 10% | 30% |
| 保定 | 58% | 12% | 30% |
| 郑州 | 57% | 12% | 31% |
| 贵阳 | 56% | 12% | 32% |
| 济南 | 55% | 13% | 32% |
| 南京 | 54% | 8% | 38% |
| 成都 | 53% | 9% | 38% |
| 上海 | 51% | 8% | 41% |
| 合肥 | 51% | 7% | 42% |
| 武汉 | 50% | 8% | 42% |
| 杭州 | 49% | 8% | 43% |
| 重庆 | 48% | 7% | 45% |
| 南昌 | 48% | 7% | 45% |
| 桂林 | 43% | 10% | 47% |
| 福州 | 38% | 10% | 52% |
| 广州 | 27% | 10% | 63% |
| 深圳 | 26% | 10% | 64% |

注：图中时间比例基于送/回风温度 25℃/38℃， IC：空-空间接冷换热（无喷淋）， IEC：间接蒸发冷， IEC+DX：间接蒸发冷+压缩机补充制冷

附 录 E
(资料性附录)

按照 200KW 制冷量，50000CMH 风冷，温差换热效率 65%计算参考表

表 E.1 按照 200KW 制冷量，50000CMH 风冷，温差换热效率 65%计算参考表

| 城市 | 额定制冷量 | 室内送风温度 | 室内回风温度 | 机械制冷补充占比 | 间接蒸发冷却占比 |
|------|-------|--------|--------|----------|----------|
| | kW | ℃ | ℃ | % | % |
| 西宁 | 200 | 23 | 36 | 20% | 81% |
| | 200 | 25 | 38 | 10% | 91% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |
| 拉萨 | 200 | 23 | 36 | 3% | 97% |
| | 200 | 25 | 38 | 0% | 100% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |
| 张北 | 200 | 23 | 36 | 24% | 76% |
| | 200 | 25 | 38 | 14% | 86% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |
| 呼和浩特 | 200 | 23 | 36 | 34% | 67% |
| | 200 | 25 | 38 | 24% | 77% |
| | 200 | 29 | 42 | 3% | 97% |
| 长春 | 200 | 23 | 36 | 46% | 55% |
| | 200 | 25 | 38 | 36% | 65% |
| | 200 | 29 | 42 | 16% | 85% |
| 兰州 | 200 | 23 | 36 | 28% | 73% |
| | 200 | 25 | 38 | 18% | 83% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |
| 乌鲁木齐 | 200 | 23 | 36 | 31% | 69% |
| | 200 | 25 | 38 | 21% | 79% |
| | 200 | 29 | 42 | 1% | 99% |
| 银川 | 200 | 23 | 36 | 43% | 58% |
| | 200 | 25 | 38 | 33% | 68% |
| | 200 | 29 | 42 | 13% | 88% |
| 太原 | 200 | 23 | 36 | 48% | 53% |
| | 200 | 25 | 38 | 38% | 63% |
| | 200 | 29 | 42 | 18% | 83% |
| 北京 | 200 | 23 | 36 | 78% | 23% |
| | 200 | 25 | 38 | 68% | 33% |
| | 200 | 29 | 42 | 48% | 53% |
| 昆明 | 200 | 23 | 36 | 25% | 76% |
| | 200 | 25 | 38 | 15% | 86% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |

表 E (续 1)

| 城市 | 额定制冷量 | 室内送风温度 | 室内回风温度 | 机械制冷补充占比 | 间接蒸发冷却占比 |
|-------------|-------|--------|--------|----------|----------|
| | kW | ℃ | ℃ | % | % |
| 西安 | 200 | 23 | 36 | 58% | 42% |
| | 200 | 25 | 38 | 48% | 52% |
| | 200 | 29 | 42 | 28% | 72% |
| 石家庄 (保定) | 200 | 23 | 36 | 70% | 31% |
| | 200 | 25 | 38 | 60% | 41% |
| | 200 | 29 | 42 | 40% | 61% |
| 郑州 | 200 | 23 | 36 | 64% | 37% |
| | 200 | 25 | 38 | 54% | 47% |
| | 200 | 29 | 42 | 34% | 67% |
| 贵阳 | 200 | 23 | 36 | 41% | 59% |
| | 200 | 25 | 38 | 31% | 69% |
| | 200 | 29 | 42 | 11% | 89% |
| 济南 | 200 | 23 | 36 | 65% | 35% |
| | 200 | 25 | 38 | 55% | 45% |
| | 200 | 29 | 42 | 35% | 65% |
| 南京 | 200 | 23 | 36 | 65% | 35% |
| | 200 | 25 | 38 | 55% | 45% |
| | 200 | 29 | 42 | 35% | 65% |
| 成都 | 200 | 23 | 36 | 62% | 39% |
| | 200 | 25 | 38 | 52% | 49% |
| | 200 | 29 | 42 | 32% | 69% |
| 上海 | 200 | 23 | 36 | 71% | 29% |
| | 200 | 25 | 38 | 61% | 39% |
| | 200 | 29 | 42 | 41% | 59% |
| 合肥 | 200 | 23 | 36 | 75% | 25% |
| | 200 | 25 | 38 | 65% | 35% |
| | 200 | 29 | 42 | 45% | 55% |
| 武汉 | 200 | 23 | 36 | 80% | 21% |
| | 200 | 25 | 38 | 70% | 31% |
| | 200 | 29 | 42 | 50% | 51% |
| 杭州 | 200 | 23 | 36 | 63% | 37% |
| | 200 | 25 | 38 | 53% | 47% |
| | 200 | 29 | 42 | 33% | 67% |
| 重庆 | 200 | 23 | 36 | 71% | 29% |
| | 200 | 25 | 38 | 61% | 39% |
| | 200 | 29 | 42 | 41% | 59% |

表 E (续 2)

| 城市 | 额定制冷量 | 室内送风温度 | 室内回风温度 | 机械制冷补充占比 | 间接蒸发冷却占比 |
|----|-------|--------|--------|----------|----------|
| | kW | ℃ | ℃ | % | % |
| 南昌 | 200 | 23 | 36 | 83% | 18% |
| | 200 | 25 | 38 | 73% | 28% |
| | 200 | 29 | 42 | 53% | 48% |
| 桂林 | 200 | 23 | 36 | 61% | 40% |
| | 200 | 25 | 38 | 51% | 50% |
| | 200 | 29 | 42 | 31% | 70% |
| 福州 | 200 | 23 | 36 | 66% | 35% |
| | 200 | 25 | 38 | 56% | 45% |
| | 200 | 29 | 42 | 36% | 65% |
| 广州 | 200 | 23 | 36 | 73% | 27% |
| | 200 | 25 | 38 | 63% | 37% |
| | 200 | 29 | 42 | 43% | 57% |

附 录 F
(资料性附录)

按照 200KW 制冷量，50000CMH 风冷，温差换热效率 70%计算参考表

表 F 按照 200KW 制冷量，50000CMH 风冷，温差换热效率 70%计算参考表

| 城市 | 额定制冷量 | 室内送风温度 | 室内回风温度 | 机械制冷补充占比 | 间接蒸发冷却占比 |
|------|-------|--------|--------|----------|----------|
| | kW | ℃ | ℃ | % | % |
| 西宁 | 200 | 23 | 36 | 13% | 87% |
| | 200 | 25 | 38 | 3% | 97% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |
| 拉萨 | 200 | 23 | 36 | 0% | 100% |
| | 200 | 25 | 38 | 0% | 100% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |
| 张北 | 200 | 23 | 36 | 18% | 82% |
| | 200 | 25 | 38 | 7% | 93% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |
| 呼和浩特 | 200 | 23 | 36 | 28% | 72% |
| | 200 | 25 | 38 | 18% | 82% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |
| 长春 | 200 | 23 | 36 | 41% | 59% |
| | 200 | 25 | 38 | 31% | 69% |
| | 200 | 29 | 42 | 9% | 91% |
| 兰州 | 200 | 23 | 36 | 22% | 78% |
| | 200 | 25 | 38 | 11% | 89% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |
| 乌鲁木齐 | 200 | 23 | 36 | 26% | 74% |
| | 200 | 25 | 38 | 15% | 85% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |
| 银川 | 200 | 23 | 36 | 38% | 62% |
| | 200 | 25 | 38 | 27% | 73% |
| | 200 | 29 | 42 | 6% | 94% |

表 F (续 1)

| 城市 | 额定制冷量 | 室内送风温度 | 室内回风温度 | 机械制冷补充占比 | 间接蒸发冷却占比 |
|-------------|-------|--------|--------|----------|----------|
| | kW | ℃ | ℃ | % | % |
| 太原 | 200 | 23 | 36 | 43% | 57% |
| | 200 | 25 | 38 | 33% | 67% |
| | 200 | 29 | 42 | 11% | 89% |
| 北京 | 200 | 23 | 36 | 76% | 24% |
| | 200 | 25 | 38 | 65% | 35% |
| | 200 | 29 | 42 | 43% | 57% |
| 昆明 | 200 | 23 | 36 | 19% | 81% |
| | 200 | 25 | 38 | 8% | 92% |
| | 200 | 29 | 42 | 0% | 100% |
| 西安 | 200 | 23 | 36 | 55% | 45% |
| | 200 | 25 | 38 | 44% | 56% |
| | 200 | 29 | 42 | 22% | 78% |
| 石家庄 (保定) | 200 | 23 | 36 | 67% | 33% |
| | 200 | 25 | 38 | 56% | 44% |
| | 200 | 29 | 42 | 35% | 65% |
| 郑州 | 200 | 23 | 36 | 61% | 39% |
| | 200 | 25 | 38 | 50% | 50% |
| | 200 | 29 | 42 | 28% | 72% |
| 贵阳 | 200 | 23 | 36 | 36% | 64% |
| | 200 | 25 | 38 | 26% | 74% |
| | 200 | 29 | 42 | 4% | 96% |
| 济南 | 200 | 23 | 36 | 62% | 38% |
| | 200 | 25 | 38 | 52% | 48% |
| | 200 | 29 | 42 | 30% | 70% |
| 南京 | 200 | 23 | 36 | 62% | 38% |
| | 200 | 25 | 38 | 52% | 48% |
| | 200 | 29 | 42 | 30% | 70% |

表 F (续 2)

| 城市 | 额定制冷量 | 室内送风温度 | 室内回风温度 | 机械制冷补充占比 | 间接蒸发冷却占比 |
|----|-------|--------|--------|----------|----------|
| | kW | ℃ | ℃ | % | % |
| 成都 | 200 | 23 | 36 | 59% | 41% |
| | 200 | 25 | 38 | 48% | 52% |
| | 200 | 29 | 42 | 26% | 74% |
| 上海 | 200 | 23 | 36 | 69% | 31% |
| | 200 | 25 | 38 | 58% | 42% |
| | 200 | 29 | 42 | 36% | 64% |
| 合肥 | 200 | 23 | 36 | 73% | 27% |
| | 200 | 25 | 38 | 62% | 38% |
| | 200 | 29 | 42 | 41% | 59% |
| 武汉 | 200 | 23 | 36 | 78% | 22% |
| | 200 | 25 | 38 | 67% | 33% |
| | 200 | 29 | 42 | 46% | 54% |
| 杭州 | 200 | 23 | 36 | 60% | 40% |
| | 200 | 25 | 38 | 49% | 51% |
| | 200 | 29 | 42 | 28% | 72% |
| 重庆 | 200 | 23 | 36 | 69% | 31% |
| | 200 | 25 | 38 | 58% | 42% |
| | 200 | 29 | 42 | 36% | 64% |
| 南昌 | 200 | 23 | 36 | 81% | 19% |
| | 200 | 25 | 38 | 70% | 30% |
| | 200 | 29 | 42 | 49% | 51% |
| 桂林 | 200 | 23 | 36 | 57% | 43% |
| | 200 | 25 | 38 | 47% | 53% |
| | 200 | 29 | 42 | 25% | 75% |
| 福州 | 200 | 23 | 36 | 63% | 37% |
| | 200 | 25 | 38 | 52% | 48% |
| | 200 | 29 | 42 | 31% | 69% |

表 F (续 3)

| 城市 | 额定制冷量 | 室内送风温度 | 室内回风温度 | 机械制冷补充占比 | 间接蒸发冷却占比 |
|----|-------|--------|--------|----------|----------|
| | kW | ℃ | ℃ | % | % |
| 广州 | 200 | 23 | 36 | 71% | 29% |
| | 200 | 25 | 38 | 60% | 40% |
| | 200 | 29 | 42 | 39% | 61% |

附 录 G
(资料性附录)
板翅式、管式蒸发式冷凝器热工计算表

表 G 板翅式、管式蒸发式冷凝器热工计算表

| 序号 | 热工参数 | 计算公式 |
|----|-----------------|--|
| 1 | 换热效率 | $\eta_{IEC} = \frac{t_{g1} - t_{g2}}{t_{g1} - t'_{a1}} \times 100\%$ |
| 2 | 计算换热盘管出口处制冷剂的温度 | $t_{g2} = t_{g1} - \eta_{IEC}(t_{g1} - t'_{a1})$ |
| 3 | 计算制冷剂流量 | $L' = \frac{Q}{\rho c(t_{g1} - t_{g2})}$ |
| 4 | 计算室外空气风量 | $L'' = A_r G$ |
| 5 | 换热盘管管径 | $F' = \frac{G}{v'}$ |
| 6 | 室外空气风道迎风面积 | $F'' = \frac{L''}{v''}$ |

式中符号：

η_{IEC} — 蒸发式冷凝器的换热效率；

t_{g1} — 换热盘管入口处制冷剂的温度（℃）；

t_{g2} — 换热盘管出口处制冷剂的温度（℃）；

t'_{a1} — 室外空气入口处的湿球温度（℃）；

G — 制冷剂流量（kg/h）；

L'' — 室外空气量（m³/h）；

c — 制冷剂的定压比热容[kJ/(kg·K)]；

A_r — 室外空气与制冷剂的比例；

v' — 制冷剂在换热盘管中的流速（m/s）；

v'' — 室外空气在空气通道内的流速（m/s）。