

DB

新疆维吾尔自治区工程建设标准

J00000—2020

XJJ070—2020

蒸发冷却空调系统工程技术标准

Technical specification for evaporative cooling system

（征求意见稿）

2020-00-00 发布

2020-00-00 实施

新疆维吾尔自治区住房和城乡建设厅 发布

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	室内、外设计计算参数	6
4	蒸发冷却空调系统设计	7
	4.1 一般规定	7
	4.2 蒸发冷却空调机组	8
	4.3 间接蒸发冷水机组	9
	4.4 联合制冷设计选用及其能效	10
	4.5 蒸发冷却空调系统设计	11
	4.6 蒸发冷却新风机组的全年设计要求	12
	4.7 海拔高度对蒸发冷却设备性能的影响	14
	4.8 蒸发冷却制冷设备空气净化与水处理	15
	4.9 空调及其设备的消声与隔振	17
	4.10 蒸发冷却空调系统的自动控制	18
5	工业及其他领域蒸发冷却空调系统设计	22
	5.1 工业应用	22
	5.2 农业应用	24
	5.3 户外应用	25
	5.4 特殊建筑应用	25
6	设备与材料	28
	6.1 一般规定	28
	6.2 设备类型及要求	28
	6.3 材料要求	29
	6.4 风管、水管材料要求	31
7	施工安装	32

7.1 一般规定.....	32
7.2 空调风系统管道与设备安装.....	32
7.3 空调水系统管道与设备的安装.....	33
7.4 防腐与绝热.....	37
8 调试、验收、检验.....	40
8.1 一般规定.....	40
8.2 调试.....	40
8.3 竣工验收.....	43
8.4 现场检验.....	45
9 运行管理与维护.....	46
附录 A 室外空调设计参数.....	47
附录 B 工程质量检查表.....	53
本标准用词说明.....	57
引用标准名录.....	58

1 总 则

1.0.1 为规范蒸发冷却空调系统工程在新疆干热气候区的设计、施工安装、调试、验收和运行维护，确保健康舒适的生活、工作环境，满足工艺使用要求，做到技术先进、节能环保、安全可靠、经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、扩建和改建的民用、工业建筑及其他领域中采用蒸发冷却制冷技术的工程设计、施工安装、调试、验收和维护使用。

1.0.3 蒸发冷却空调系统工程的设计与施工安装，除应符合本标准外，尚应符合国家、行业和地方现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 干热气候区 dry climatic zone

1 4月至9月期间的降雨量为全年降雨70%及以上时, $P < 20.0 \times (T+14)$;

2 4月至9月期间的降雨量为全年降雨量的30%到70%之间时, $P < 20.0 \times (T+7)$;

3 4月至9月期间的降雨量为全年降雨量30%及以下时, $P < 20.0 \times T$;

式中 P 为年降雨量, mm; T 为年平均温度, °C。夏季气象参数符合以上1、2、3条款者, 均为干热气候区。

2.0.2 直接蒸发冷却器 direct evaporative cooler

利用水的蒸发对空气冷却, 被处理空气与水直接接触后, 空气被加湿降温的装置。

2.0.3 直接蒸发冷却效率 (η_Z) direct evaporative cooling efficiency

水直接蒸发冷却器的进风(口)空气和出风(口)空气干球温度差与进口空气干、湿球温度差的百分比比值。

$$\eta_Z = \frac{t_{id} - t_{od}}{t_{id} - t_{iw}} \times 100\%$$

式中: t_{id} 、 t_{iw} ——直接蒸发冷却器进风(口)空气的干、湿球温度(°C);

t_{od} ——直接蒸发冷却器出风(口)空气的干球温度(°C);

2.0.4 间接蒸发冷却器 indirect evaporative cooler

空气经过表面式换热器与经蒸发冷却的水或空气进行热交换而被冷却。

2.0.5 间接蒸发冷却效率 (η_J) indirect evaporative cooling efficiency

间接蒸发冷却段为空气-空气间接蒸发冷却器，一次空气与二次空气在一定风量比下，间接蒸发冷却器一次空气进、出口空气干球温度差值，与一次空气进口空气干球温度和二次空气进口空气湿球温度差值的百分比比值；一次空气一般为室外新风，作为送风使用；二次空气一般为室内回风或室外空气，不做送风使用。

$$\eta_J = \frac{t_{id1} - t_{od1}}{t_{id1} - t_{iw2}} \times 100\%$$

式中： t_{id1} —— 一次空气进口空气干球温度（℃）；

t_{od1} —— 一次空气出口空气干球温度（℃）；

t_{iw2} —— 二次空气进口空气湿球温度（℃）。

当间接蒸发冷却段为空气-表冷器间接蒸发冷却器，不同一次空气与表冷器水流量比下，空气进、出口干球温度差值与进风的干球温度和进水温度之差的比值。

2.0.6 蒸发冷却空调机组 evaporative cooling air handling unit

以直接蒸发冷却器、间接蒸发冷却器或两者组合对被处理空气进行蒸发冷却的空调机组，通常有直接蒸发冷却空调机组、间接蒸发冷却空调机组、复合式蒸发冷却空调机组。

2.0.7 蒸发冷却新风机组 evaporative cooling outdoor air handling unit

采用间接、直接蒸发冷却处理新风的蒸发冷却空调机组。

2.0.8 联合机械制冷的蒸发冷却空调机组 composite of mechanical refrigeration evaporative cooling air handling unit

内部设有机械制冷功能段的蒸发冷却空调机组。

2.0.9 间接蒸发冷水机组 indirect evaporative water chiller

以不饱和空气中蕴含的干空气能作为驱动势，在空气和水直

接接触进行蒸发冷却过程之前，先对空气进行等湿降温从而制取冷水的机组。冷却产生的冷水的极限温度为空气露点温度。

2.0.10 蒸发冷却空调系统 evaporative cooling system

在空调工程中，冷源或空气处理设备部分或全部采用蒸发冷却制冷技术的空调系统，称为蒸发冷却空调系统。

2.0.11 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散湿量的空调系统。

2.0.12 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间接蒸发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散湿量的空调系统。

2.0.13 蒸发冷却通风系统 evaporative cooling ventilating system

采用蒸发冷却技术对空气进行降温的通风系统。

2.0.14 间接蒸发冷水机组和机械制冷联合的空调系统 combined evaporative cooling with refrigeration air conditioning system

按照不同的气象时间段、不同的室内负荷特性，分别或同时开启间接蒸发冷水机组和机械制冷冷水机组承担空调区室内冷、湿负荷的空调系统。

2.0.15 蒸发冷却和机械制冷联合的双温冷水系统 combined refrigerated water system from dual temperatures

由间接蒸发冷水机组与机械制冷冷水机组联合运行，为末端提供两种温度冷水的系统。

2.0.16 蒸发冷却空调系统的能效比（EER） energy efficiency ratio of evaporative cooling system

设计工况下，蒸发冷却系统的总制冷量与总输入能量的比值。

2.0.17 蒸发水量 (Q_e) evaporation water quality

单位时间内水分经蒸发而散布到空气中的水量，单位为 m^3/h 。

$$Q_e = \frac{G \cdot (d_w - d_o)}{1000 \cdot \rho}$$

式中： d_w 、 d_o ——进风、出风空气的含湿量 (g/kg 干空气)；
 G ——进入蒸发冷却设备的干空气量 (kg/h)；
 ρ ——进风空气的密度 (kg/m^3)。

2.0.18 飘水量 (Q_d) drift and blow-out loss water quality

由于气流裹挟作用带走水滴造成的耗水量，单位为 m^3/h 。

2.0.19 排污水量 (Q_p) purge loss water quality

从蒸发冷却循环水系统中排放一定的水量以维持确定的循环水浓缩倍率，由此造成的循环水损失量，单位为 m^3/h 。

2.0.20 循环水浓缩倍率 (N) concentration cycle of recirculating water

循环水含盐量与补充水含盐量的比。

$$N = \frac{C_r}{C_m}$$

式中： C_r ——循环冷水的含盐量 (mg/L)；
 C_m ——补充水的含盐量 (mg/L)。

3 室内、外设计计算参数

3.0.1 空调区空气设计参数的推荐值见表 3.0.1 的规定。

表 3.0.1 舒适性空调区空气设计参数

参数	冬季	夏季
温度 (°C)	20 ~ 24	24 ~ 28
相对湿度 (%)	≥30	40 ~ 70
风速 (m/s)	≤0.20	≤0.5

注：1 工程项目的室内设计参数值，应依据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 和建筑功能使用的要求，采用具体的温度、相对湿度及风速数值。

2 空调区采用辐射供冷方式时，其空气设计温度宜提高 0.5°C ~ 1.5°C。

3 工艺区应满足使用要求。

3.0.2 夏季空调室外空气的新风量计算除应满足现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定外，室外空气计算含湿量小于室内空气的含湿量时，宜优先采用新风消除室内余湿。

3.0.3 室外空气计算参数宜按本标准附录 A 选用。

4 蒸发冷却空调系统设计

4.1 一般规定

4.1.1 建筑室内环境的保证应优先通过提高围护结构的保温隔热性能、外遮阳、就地蒸发冷却、自然通风等免费供冷技术措施来实现。

4.1.2 新疆属于干热气候区，一般采用蒸发冷却技术供冷即可满足室内热舒适性和生产工艺的要求；当上述措施达不到要求时，才采用蒸发冷却空调及高温冷源的机械制冷系统。

4.1.3 施工图设计时，应对空调区和空调系统的冬季热负荷、夏季逐时冷负荷以及散湿量分别进行计算，不应将潜热冷负荷统计到冷水机组负荷中。

4.1.4 蒸发冷却空调系统的选用应符合下列规定：

1 应根据建筑物的用途、规模、使用特点，夏季空调室外计算湿球温度(或露点温度)，空调区显热负荷、散湿量和水资源条件，以及能耗状况等综合确定；

2 干热气候区的空气冷却处理过程应经技术经济比较合理采用以下蒸发冷却技术：

- 1) 高大空间或人员密集场所（商场、剧院、展厅、运动场馆等）宜采用蒸发冷却全空气空调系统；
- 2) 空调区较多，建筑层高较低且各区温度要求独立控制（办公楼、宾馆客房、医院等）时，宜采用蒸发冷却空气-水空调系统；干工况末端可采用干式风机盘管、毛细管网辐射吊顶、地板辐射供冷、冷梁等；
- 3) 蒸发冷却空气-水空调系统宜采用温度湿度独立控制空调系统；

4.1.5 蒸发冷却空调系统应同时保证送风与排风的气流组织，满足室内温湿度的设计要求；宜采用上部排风的方式。

- 4.1.6 蒸发冷却空调系统进风口的设置应远离排风口、冷却塔和间接蒸发冷水机组。
- 4.1.7 蒸发冷却制冷空调设备和系统应预留维修通道和检修空间。
- 4.1.8 蒸发冷却空调系统的补水量应单独计量。
- 4.1.9 蒸发冷却空调系统设计应符合现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981 的相关规定。
- 4.1.10 蒸发冷却空调系统工程施工图设计文件深度应符合国家现行有关规定的要求。

4.2 蒸发冷却空调机组

- 4.2.1 蒸发冷却空调机组的选用应根据建筑场所、负荷特性、机组性能和空气处理过程经分析计算确定。
- 4.2.2 直接蒸发冷却空调机组供冷时机组迎风面风速不宜大于 2.5 m/s。
- 4.2.3 直接蒸发冷却器的选用应按设计要求给出冷却加湿装置的相应规格与性能，并符合以下条件：
 - 1 机组的直接蒸发冷却器效率在 60%~95%范围内；
 - 2 喷水应保证均匀的淋湿整个蒸发冷却器，宜设布水装置；
 - 3 填料式直接蒸发冷却器的防火性能不应低于现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中 B1 级标准。
- 4.2.4 间接蒸发冷却器的选用应按设计要求给出间接冷却装置的相应规格与性能，并符合以下条件：
 - 1 机组间接蒸发冷却器的显热效率应大于 60%；
 - 2 间接蒸发冷却空调机组应采用室内回风或室外新风与一次空气换热，一次空气与二次空气风量比值宜为 1~1.5，一次空气流速宜为 2m/s~5m/s；

- 3 机组内一次空气与二次空气不应出现短路现象。
- 4.2.5 复合式蒸发冷却空调机组可以提供更低温度的送风，提高蒸发冷却空调的室内热舒适性，扩大使用范围，其选用应符合下列规定：
- 1 间接-直接蒸发冷却器串联使用时迎风面风速不宜超过 2.5 m/s；
 - 2 在间接、直接蒸发冷却器联合运行时，间接蒸发冷却器的冷却效率和性能应满足第 4.2.4 条要求，直接蒸发冷却器冷却效率和性能应满足 4.2.3 条要求。
- 4.2.6 蒸发冷却空调机组、间接蒸发冷水机组的集水槽及其管道、配件应符合防腐要求。
- 4.2.7 蒸发冷却空调机组输送湿空气的风机电机机壳应有防水防腐保护措施。

4.3 间接蒸发冷水机组

- 4.3.1 间接蒸发冷水机组的出水温度应根据使用地区的室外计算参数、建筑特性与功能、空调系统要求、产品特性、能耗指标等因素设计计算确定。
- 4.3.2 间接蒸发冷水机组的规格大小应依据其承担的室内显热负荷和新风显热冷负荷的总和进行冷水流量计算选型。
- 4.3.3 间接蒸发冷水机组的设计选用应给出工程所在地、制冷量、冷水流量、供水温度、供回水温差、系统阻力和水泵、风机的功率等主要性能参数。
- 4.3.4 间接蒸发冷水机组的冷水系统宜采用闭式；当系统为开式时，应将间接蒸发冷水机组安装在水系统最高处。
- 4.3.5 间接蒸发冷水机组提供的冷水除用于风机盘管、地板辐射等末端装置外，还可同时串联或并联用于空气处理机组的表冷盘管，对送风进行等湿降温。

4.3.6 间接蒸发冷水机组宜安装在室外地面或屋面，室外无条件安装的可安装在空调机房，安装条件应符合下列规定：

- 1 确保进风与排风通畅，排出空气与吸入空气之间不发生明显的气流短路；
- 2 避免受污浊空气、潮湿气流影响；
- 3 噪声符合周围环境要求；
- 4 应有排水及地面防水设施；
- 5 机组应有防冻措施，避免冬季冻结隐患；

4.4 联合制冷设计选用及其能效

4.4.1 采用间接蒸发冷水机组和机械制冷联合的空调系统，应根据供冷期室外计算参数变化分布特点和建筑冷负荷进行动态分析计算，机械制冷冷源设备选型应依据房间设计冷负荷扣除蒸发冷却承担的设计冷负荷后计算确定。蒸发冷却空调冷源设备的供冷期空调能耗不应小于空调冷源总能耗的 50%。

4.4.2 当建筑冷负荷较大、室内参数要求严格、设计条件受限时可采用联合机械制冷的蒸发冷却空调机组，选用符合下列规定：

- 1 机组内的风冷式制冷装置的蒸发器与一次空气对应、冷凝器与二次空气对应，应以此确定设计工况及其配置；
- 2 集中式全空气系统采用联合机械制冷的蒸发冷却空调机组时，宜加大送风温差，减小系统送风量；
- 3 机械制冷冷源的空气冷却器可承担室内湿负荷和显热负荷，其制冷量不宜大于空调设计冷负荷的 30%；
- 4 室外湿球温度较高的地区可由机械制冷盘管除湿，以保证室内湿度要求。

4.4.3 对于干热气候区负荷较大或在湿球温度较高的地区，当采用间接蒸发冷水机组难以满足系统制冷量的要求时，宜采用与

机械制冷联合的冷水系统。

4.4.4 蒸发冷却和机械制冷联合的冷水系统的设计应综合考虑建筑特性、冷负荷大小、空调系统形式等因素；蒸发冷却和机械制冷联合的双温冷水系统中，间接蒸发冷水机组制取的高温冷水宜满足建筑高温末端或新风需求，机械制冷冷水机组制取的低温冷水宜满足建筑低温末端需求。

4.4.5 采用间接蒸发和机械制冷联合运行时，应考虑在非设计工况下尽可能长时间单独使用蒸发冷却空调供冷，实现空调运行过程中的经济节能运行。

4.4.6 蒸发冷却和机械制冷联合的冷水系统中，机械制冷冷水机组的冷却水宜由间接蒸发冷水机组提供，不另设冷却塔，且宜采用高温末端供冷后的回水作为冷却水。

4.4.7 夏季设计工况时，蒸发冷却空调系统的能效比（EER）不应小于 8。

4.5 蒸发冷却空调系统设计

4.5.1 干热气候区新建、改建的大中型建筑不宜选用风冷式制冷机组。

4.5.2 采用天然冷水水源或高温冷水机组作为冷源的空调末端，宜用干式风机盘管或地面辐射供冷，来消除室内显热冷负荷，采用干式风机盘管无需设置冷凝排水系统。

4.5.3 采用间接蒸发冷水机组作为空调冷源时，空调供水温度和供回水温差应符合下列规定：

1 供水温度应根据当地气象条件和末端设备的性能合理确定；

2 当采用强制对流末端设备时，供回水温差不宜小于 4℃；当采用辐射供冷末端设备时，供回水温差不应小于 2℃。

4.5.4 直接蒸发冷却空调机组的送风管道尽量短且直接送至人

员所在区域。

4.5.5 蒸发冷却空调系统与室外相连接的新风进风口、排风口处应设置的严密关闭的风阀，与送、排风机连锁启闭。

4.5.6 仅夏季使用且设有室内温控器的空调水系统应采用变流量控制，其冷水供、回水管道的干管水流速不应大于表 4.5.5 限值。

表 4.5.6 冷冻水系统干管的最大水流速 (m/s)

公称直径	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	>DN 300
最大流速	2.9	3.2	4.2	3.2	3.9	3.4	3.2	3.2	4.0

4.5.7 冬季采用热水地面辐射供暖系统时，宜同时承担夏季冷水地面辐射供冷；地面辐射供暖、供冷水系统的辐射盘管间距应根据夏季供冷工况及传热特性设计计算确定。

4.6 蒸发冷却新风机组的全年设计要求

4.6.1 为保证全年室内空气品质和热舒适性的要求，干热、严寒寒冷地区蒸发冷却空调系统应按全年运行设计，并应符合下列规定：

1 新风系统设计应采用可变新风比措施，应满足夏季、过渡季、冬季对新风量的需求；

2 蒸发冷却空调机组功能段的选择应分别对冬季、夏季二种工况进行焓湿图分析计算，加湿量宜同时满足冬季、夏季的加湿需求。

4.6.2 全年运行的蒸发冷却空调系统宜用间接蒸发冷却器作为冬季或过渡季的空气-空气能量回收装置。应对能量回收装置的冬季排风侧是否出现结霜或结露现象进行核算，当出现结霜或结露时，应对室外新风采取预热措施，新风预热后的温度不应低于 5℃。此外，机组与系统设计还应满足以下要求：

- 1 能量回收装置应以冬季换热效率高为优先选择依据；
- 2 能量回收装置的二次风排风宜采用室内回风，且系统的排风机与二次风机应共用一套；
- 3 能量回收装置宜选用全热回收，机组全热效率不应小于 50%，显热效率不应小于 60%；
- 4 在过渡季节可直接采用室外新风供冷，应设有电动密闭旁通风阀，当室外温度 16~24℃时旁通即可；
- 5 机组应设室内 CO₂ 浓度自动检测装置，系统机组应可自动启闭；
- 6 在有防止病菌或污染物交叉感染要求的建筑中，能量回收装置采用室内回风时应选用不会造成漏风而引起交叉感染的装置。

表 4.6.2 各类能量回收装置的显热效率 (%)

换热类型		冷却塔到盘管	板式	热管式	转轮式	循环回路式
能量回 收效率	夏季	40~60	60~85	65~75	60~70	35~50
	冬季	/	40~50	50~60	70~80	40~60
排风泄漏量		0	0~5	0~1	0.5~10	0

注：1 表中能量回收效率是新风量与回风量相等情况下的能量回收效率。

2 循环回路式能量回收装置是指分别在空调系统的回风侧和新风侧设置两组盘管，利用盘管中介质循环流动，吸收回风中热（冷）量用于给室外新风加热（降温），从而回收能量的装置。

4.6.3 蒸发冷却空调系统全年运行时，水系统管径宜按冬季工况设计选用，并对冬、夏季水泵性能分别进行设计计算。

4.6.4 严寒、寒冷地区的蒸发冷却空调系统加热盘管应满足如下规定：

1 空调机组内预热段设专用加热盘管，热媒中宜添加防冻剂；

2 加热盘管内热水流速在 0.6m/s~1.6m/s 范围内；风机停止运转或发生故障时，预热段加热盘管内热水应持续循环流动。

4.7 海拔高度对蒸发冷却设备性能的影响

4.7.1 蒸发冷却空调设备的性能是对应标准大气压下给出的，当工程项目位于高海拔地区时，应对其性能参数进行修正。

4.7.2 在系统送风量（体积流量）计算时，应根据工程所在实际地点的海拔对送风量（体积流量）进行修正，可按式（4.7.2-1~4.7.2-5）计算；其风管及设备的选型均应在此基础上计算选用。

$$P_B = 101.325(1 - 2.25577H \times 10^{-5})^{5.2559} \quad (4.7.2-1)$$

$$t_B = 15 - 0.0065H \quad (4.7.2-2)$$

$$\rho_B = 1.2 \times \frac{273.15+20}{273.15+t_B} \times \frac{P_B}{101.325} \quad (4.7.2-3)$$

$$Q = c \times G \times \Delta t \quad (4.7.2-4)$$

$$L = \frac{G}{\rho_B} \quad (4.7.2-5)$$

式中： P_B ——当地对应海拔下的大气压力(kPa)；

H ——当地海拔高度(m)；

t_B ——当地对应海拔下的温度(°C)。

ρ_B ——当地对应海拔下的空气密度(kg/m³)；

Q ——冷负荷(kW)；

c ——比热容[kJ/(kg·°C)]；

G ——送风量(kg/h)；

Δt ——送风温差(°C)；

L ——送风量(m³/h)。

4.7.3 在对风机进行选型时，应根据工程所在实际地点的海拔对风机功率进行修正，可按下式计算：

$$N = N_0 \times \frac{P_B}{P_{B0}} \times \frac{273.15+20}{273.15+t} \quad (4.7.3)$$

式中： N_0 、 P_{B0} ——标准状态或性能表中的功率、大气压(kW、

kPa) ;

N 、 P_B 、 t ——实际工作条件下的功率、大气压、温度
(kW、kPa、 $^{\circ}\text{C}$)。

4.7.4 在校核直接、间接蒸发冷却器的效率和压降时，应根据选择的直接、间接蒸发冷却器的性能曲线，按工程所在海拔下的实际送风量，计算实际换热效率和压降。

4.8 蒸发冷却制冷设备空气净化与水处理

4.8.1 蒸发冷却空调系统空气过滤器的设置应综合考虑使用地区室外空气质量、建筑特性与功能、用户要求等因素，并应符合下列规定：

1 过滤器效率和出口空气的清洁度应符合国家现行标准的有关规定；

2 机组填料前应设置空气过滤器，当采用初效过滤器不能满足要求时，应设置中效过滤器；对间接蒸发冷却器采用室内回风作为湿空气的机组入口处也应设初效过滤器；

3 空气过滤器的阻力应按终阻力计算。

4.8.2 蒸发冷却空调冷水为闭式系统时，宜在水泵入口侧设置过滤器或除污器；当系统为开式时，宜在冷水供水干管及机组入口处设置过滤器或除污器。

4.8.3 蒸发冷却空调系统的循环水水质应满足不同湿膜填料对补给水水质的要求。蒸发冷却空调机组的补给水水量等于蒸发水量与排污水量之和。

4.8.4 蒸发冷却空调机组的蒸发水量按下式计算：

$$Q_e = \frac{G \cdot (d_2 - d_1)}{1000 \cdot \rho} \quad (4.8.4)$$

式中： Q_e ——蒸发冷却空调机组的蒸发水量 (m^3/h)；
 G ——进入蒸发冷却设备的干空气量 (kg/h)；
 ρ ——进风空气的密度 (kg/m^3)；

d_1 、 d_2 ——分别为送风和进风空气的含湿量（g/kg. 干空气）。

直接蒸发冷却器和间接蒸发冷却器按照上式可得不同功能段的蒸发水量，附加 10%~20%的设计裕量。

4.8.5 蒸发冷却空调设备的补水不应使用软化水，应有排污系统，定期排放污水。排污水量的大小取决于补水的水质，如蒸发速度、水的酸碱度（PH 值）以及水中钙离子和碳酸离子（ Ca^{2+} — HCO_3^- — CO_3^{2-} ）的浓缩程度。

4.8.6 间接蒸发冷水机组的补水量等于蒸发水量、飘水量和排污水量之和。

1 间接蒸发冷水机组的蒸发水量可按下式计算

$$Q_e = K \cdot \Delta t \cdot Q \cdot \rho \quad (4.8.6-1)$$

式中： Q_e ——间接蒸发冷水机组的蒸发水量（ m^3/h ）；

Δt ——间接蒸发冷水机组的进出水温差（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

Q ——循环水量（ m^3/h ）；

ρ ——进风空气的密度（ kg/m^3 ）；

K ——系数（ $1/^{\circ}\text{C}$ ）。

表 4.8.6 K 值

气温（ $^{\circ}\text{C}$ ）	-10	0	10	20	30	40
K（ $1/^{\circ}\text{C}$ ）	0.0008	0.001	0.0012	0.0014	0.0015	0.0016

注：温度在区间内可通过插值法进行计算。

2 对有除水器的间接蒸发冷水机组，飘水量为（0.2%~0.3%） Q 。

3 间接蒸发冷水机组的排污水量应根据对循环水质的要求计算确定，可按下式计算：

$$Q_p = \frac{Q_e - (N-1) \cdot Q_d}{N-1} \quad (4.8.6-2)$$

式中： Q_p ——排污水量（ m^3/h ）；

Q_e ——蒸发水量（ m^3/h ）；

Q_d —— 飘水量 (m^3/h) ;

N —— 循环水浓缩倍率。一般情况下循环水浓缩倍率在 2~4 倍之间, 最高不超过 6。

4.8.7 蒸发冷却空调系统的排水应设置水封。

4.9 空调及其设备的消声与隔振

4.9.1 蒸发冷却空调机组所产生的噪声和振动传播至空调房间及设备周围环境的噪声级和振动级, 应符合现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的有关规定。

4.9.2 蒸发冷却空调机组、间接蒸发冷水机组以及制冷设备的风机、水泵等, 当自然衰减不能达标时, 应采取减振隔振措施, 并应满足现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的其他有关规定; 蒸发冷却通风与空调系统的风管内空气流速宜按表 4.9.2 选用。

表 4.9.2 风管内的空气流速 (m/s)

室内允许噪声级 dB (A)	主管风速	支管风速
25~35	3~4	≤ 2
35~50	4~7	2~3

注: 通风机与消声装置之间的风管, 其风速可采用 $8 \text{ m}/\text{s} \sim 10 \text{ m}/\text{s}$ 。

4.9.3 直接加湿填料应对倍频带中心频率为 $4000 \sim 8000 \text{ Hz}$ 的高频噪声有降噪效果; 对于空气流速为 $2.8 \text{ m}/\text{s}$, 厚度为 300 mm 刚性介质的消音量见表 4.9.3。

表 4.9.3 空气流速为 $2.8 \text{ m}/\text{s}$, 厚度为 300 mm 刚性介质的消音量 (dB)

介质位置	倍频带中心频率 (HZ)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
干燥、顺流	2	1	2	5	4	5	10	14
干燥、逆流	4	1	2	4	5	4	9	13
湿润、顺流	1	0	3	3	3	4	6	9
湿润、逆流	3	1	3	3	3	3	4	8

4.10 蒸发冷却空调系统的自动控制

4.10.1

蒸发冷却空调系统应设置检测和监控系统，检测和监控系统宜包括参数检测、参数与设备运行状态显示，自动调节与控制、工况转换、运行连锁与自动保护、能量计量及中央监控与管理等；

空调区域内的蒸发冷却空调监控系统宜采用就地控制、集中管理方式，宜具有远程/就地控制功能，运行状态、主要参数等宜接入整个暖通空调控制系统，可在集中控制室内进行运行管理；其他区域的蒸发冷却通风空调监控系统宜采用就地控制方式，运行状态、主要参数等宜就近接入设备控制室内；

1 蒸发冷却空调系统的主要参数应在便于观察的地点设置现场仪表；

2 调节装置宜采用电动执行机构；

3 对于设有消防报警和控制的工艺车间，空调系统的风机和防火阀应与消防系统联动控制。当火灾报警时，应自动切断通风、空调设备的电源，防火阀关闭，同时向消防控制中心反馈信号；

4 监控系统测量元件的安装位置应符合下列要求：

1) 就地测量仪表应安装在易观察检修和操作处；

2) 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；

3) 测量管道系统运行参数的测量元件应安装在直管段上；

4) 测量元件设在风管内时，应装设在气流稳定段的截面中心。

5 安装在易燃易爆区域内的测量元件应采用防爆型。

4.10.2 蒸发冷却空调系统的检测与控制：

- 1 室内、外空气温度，湿度；
- 2 送风，回风，新风、回风混合点的温度和湿度；
- 3 加热介质参数；
- 4 冷却介质的进、出口温度、压力；
- 5 空气过滤器压差；
- 6 风机、水泵设备运行状态，风阀开度；
- 7 补水装置运行状态、补水量；
- 8 空调控制系统宜包括以下功能：
 - 1) 由于蒸发冷却空调机组在实际运行中在全年中气温变化幅度较大，本着实用、节能的目的，可将空调机组运行模式分为三种：过渡季节控制模式；夏季控制模式；冬季控制模式。
 - 2) 运行设备故障时，发出报警信号，备用设备自动投入运行；
 - 3) 空气过滤器超限报警；
 - 4) 严寒及寒冷地区，用于防冻保护的风阀与对应的空调机组连锁启闭；
 - 5) 空调机组运行工况切换；
 - 6) 全年运行的空调系统，过渡季节加大新风比；
 - 7) 空调机组顺序启停；
 - 8) 排风设备联动开启；
 - 9) 淋水装置水位报警。

4.10.3 蒸发冷却冷水集中制冷站的检测与控制

- 1 间接蒸发冷水机组、循环水泵补水装置运行状态；
- 2 控制阀门开度；
- 3 间接蒸发冷水机组进水温度、出水温度；
- 4 空气过滤器压差；
- 5 冷水循环泵的进、出口压力、流量；

- 6 补水量;
- 7 蒸发冷却冷水集中制冷站控制系统宜包含以下功能:
 - 1) 设备故障时, 发出报警信号备用设备自动投入运行;
 - 2) 根据空调负荷变化, 自动调节冷水供水温度调整冷水机组和冷水循环泵的运行台数;
 - 3) 过滤器压差超限报警;
 - 4) 制冷系统远程启停;
 - 5) 冷水机组顺序启停。

4.10.4 水质监测

1 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;

2 水质监测参数宜根据蒸发冷却通风、空调系统使用性质确定, 水质监测参数包含以下内容:

- 1) pH 值控制在 7~9 范围内;
- 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^- 离子(以 Cl^- 负离子计);
- 7) 总铁(以 Fe 计);
- 8) 硫酸根离子;
- 9) 氨氮;
- 10) COD;
- 11) 直接蒸发冷却空调机组增加菌落总数;
- 12) 间接蒸发冷却空调机组增加异氧菌总数、磷酸盐(以 P 计)、有机磷。

4.10.5 严寒寒冷地区全年运行的蒸发冷却空调机组宜在机组新风、排风侧分别设置温度传感器, 可根据新风、排风侧温度自动

启动预热装置，新风预热后温度不应低于 5℃。

5 工业及其他领域蒸发冷却空调系统设计

5.1 工业应用

5.1.1 在工业领域应广泛采用蒸发冷却空调系统，尤其是以下场所：

1 工业建筑一般空间高大，空调区较大，且只需对有人员的区域进行通风、降温处理；

2 在生产工艺过程中产生大量室内得热的工厂或车间（如炼钢厂、电厂、数据中心等），但散湿量较小或无散湿量，且全年需要以降温为主的高温车间；

3 在湿度要求较高或湿度无严格限制的生产车间（如烟草厂、纺织厂、洗衣房等场所）；

4 生产工艺过程中产生或存在大量的有毒气体，对人员的身体健康造成影响的工业车间。

5.1.2 蒸发冷却空调系统应根据气象条件和使用要求合理设计，全年性空调系统应按照一次回风系统设计，通风系统应选用直接蒸发冷却，当直接蒸发冷却送风不满足时可采用多级蒸发冷却。

5.1.3 当工作岗位不固定或不集中时，宜采用全面冷却送风。送风风口距离人员的高度不宜高于 3.0m，工作人员可自动或手动调节送风量和送风方向。

5.1.4 当工作岗位固定时，应采用岗位冷却送风。送风风口距离人员的高度应小于 3.0m 或者采用下送风，距离工作岗位宜 1.2~3.0m，送风速度宜为 1.0~20.0m/s，工人应可自动或手动调节送风量和送风方向。

5.1.5 在工业建筑中，宜提高通风换气次数，增大室内空气流速，蒸发冷却通风空调的等效温度将得到改善。

5.1.6 室内大型电机应采用直接蒸发冷却通风降温，以有效保

证电机的正常运行。

5.1.7 发电厂蒸发冷却空调系统的选用应符合以下规定：

1 干热气候区发电厂的辅助房间，宜采用蒸发冷却全空气空调系统；

2 发电厂的化学试验楼、生产办公楼及厂前建筑宜采用蒸发冷却空气-水空调系统；

3 蒸发冷却通风、降温空调系统在发电厂的应用应符合行业标准《发电厂采暖采暖通风与空气调节设计规范》DL/T 5035 及《发电厂蒸发冷却通风空调系统设计规程》DL/T 5515 的规定。

5.1.8 炼钢厂蒸发冷却空调系统的选用应符合以下规定：

1 钢铁厂冷轧车间在夏季应选择蒸发冷却全新风运行模式，冬季为避免送风温度过低应采用组合式空调机组将室外新风预加热后送入空调区，或采用循环送风已达到节能的目的；

2 炼钢厂磨辊间空气质量差，应使用直流式蒸发冷却空调系统形式，室外新风经蒸发冷却空调机组降温后送入磨辊间消除室内余热，由天窗或排风口排出。

5.1.9 家具、木材加工、纸张印刷及制鞋厂车间因含有大量的甲醛、甲苯、灰尘等浓度较高的有害气体，宜选用蒸发冷却空调系统进行通风加湿降温，并应符合下列规定：

1 可选用蒸发式冷气机或直接蒸发冷却空调机组，夏季在制冷工况下运行，过渡季节和冬季在通风加湿工况下运行；

2 车间应设置有效的排风措施，以实现降温并排除有害气体，维持空气洁净度，保证人员身体健康；

3 木材加工和造纸厂的蒸发冷却空调应设有效的空气净化措施，避免木屑等污染物进入循环水集水槽内并考虑恰当的防腐措施。

5.2 农业应用

5.2.1 温室大棚的显热负荷大，需要良好的通风降温及湿度环境，采用自然或机械通风降温时宜采用高压喷雾式蒸发冷却装置或直接蒸发冷却新风机组。

5.2.2 温室大棚内的热负荷等于夏季最热月 50% 的平均太阳辐射，宜采用直接蒸发冷却承担全部负荷降温，为了获到最佳降温效果，填料层应安装在迎风侧。其送风量一般为 $144.0\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ，具体应依据海拔高度、室内最大光照强度、风机与湿帘之间的温差修正；通过直接蒸发冷却湿帘的面风速宜为 $1.25\sim 1.75\text{m/s}$ ；直接蒸发冷却湿帘的设置应远离排风，排（送）风机与湿帘的距离宜在 $30\sim 53\text{m}$ 之间，当距离小于 30m 时，须按照风速调整系数修正其风量。

5.2.3 直接蒸发冷却常用于存储蔬菜（土豆、番茄、红薯、洋葱、生姜、苦瓜等）、水果（香蕉、荔枝、芒果、菠萝）等要求室内温度较高，湿度较大的场所。

5.2.4 机组停用前或夏季停机后应用遮挡板对湿帘密封；定期排水并在水中添加杀菌剂。

5.2.5 温室大棚的风机、湿帘是广泛应用于农业建筑的夏季通风降温设施装置，湿帘降温装置的材质可参照执行《湿帘降温装置》JB/T 10294。

5.2.6 各类动物的房舍室内环境应满足动物全年或某几个月的改善要求；空调系统与设备的选择应考虑动物繁衍量及动物自身的散热量、散湿量，和房舍内饲养动物处于出生、生长及繁殖等不同状况。

5.2.7 夏季动物房舍的室温不宜高于 27°C （高度不大于 3.0m ），相对湿度宜为 $40\sim 80\%$ ；换气次数 $60\sim 30$ 次/h（禽舍风量宜增加 30% ）。

采用直接蒸发冷却降温通风的负压房舍，应保证该房舍建筑

的气密性，以保证室外新风 100%流经填料湿帘，蒸发冷却效率在 75~85%之间，流过湿帘的面风速应在 1.0~1.4m/s 之间。

5.2.8 在采用自然通风，有粪便堆积的禽舍中，宜采用高压喷雾加湿降温或直接喷水滴到猪等动物身上。

5.3 户外应用

5.3.1 有人员活动的户外开放空间、固定场所（如演出、餐饮、等候区、休闲区、徒步步行区等），宜采用蒸发冷却降温技术措施；被动蒸发冷却在户外应用时，应考虑到具体的地理位置及环境因素，确定适用于各地区的被动蒸发冷却方式。

5.3.2 高压喷雾式蒸发冷却管路或直接蒸发降温冷气机应布置在靠近人可接受的位置；为避免喷嘴堵塞应设置高效过滤器，供水水压和水质应满足喷嘴的技术性能要求。

5.3.3 在户外值班岗亭采用直接蒸发冷却技术可有效改善岗位热舒适性，其送风应按需求调节风量、送风方向。

5.4 特殊建筑应用

5.4.1 为满足电子信息设备运行环境的要求，应优先选用蒸发冷却空调系统或蒸发冷却与机械制冷联合的空调系统。

5.4.2 数据中心的室外气象参数、室内电子信息设备环境参数应按照《数据中心制冷与空调设计标准》T/CECS 487 的要求选择；机房内其他环境参数应满足《数据中心设计规范》GB/T 50174 的要求。

5.4.3 数据中心应用蒸发冷却空调系统应符合下列规定：

1 采用蒸发冷却空调系统设计满足《数据中心设计规范》GB/T 50174 要求。

2 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、机房内温湿度及洁净度等

选择合适的蒸发冷却设备及蒸发冷却空调系统。

3 蒸发冷却空调技术应用于数据中心，可采用以下制冷形式：

- 1) 间接蒸发冷水机组为冷源形式；
- 2) 蒸发冷却空调机组冷却回风形式；
- 3) 蒸发冷却空调机组冷却新风形式；

4 数据中心采用间接蒸发冷水机组为冷源形式应符合下列规定：

- 1) 采用间接蒸发冷水机组为冷源时，无法完全满足夏季制冷需求时，应配置机械制冷；
- 2) 采用机械补充制冷时，机械制冷应为水冷机械制冷机组，由间接蒸发冷水机组提供冷却水；
- 3) 采用间接蒸发冷水机组为冷源空调系统，在满足电子信息设备的散热要求的前提下，宜提高冷冻水系统的供水温度，加大供回水温差。
- 4) 采用间接蒸发冷水机组为冷源空调系统，应满足蒸发冷却对水质的要求。
- 5) 间接蒸发冷水机组冬季供冷时，机组与系统应具有防冻安全保护措施；

5 数据中心采用蒸发冷却空调机组冷却回风的形式应符合下列规定：

- 1) 无法完全满足夏季制冷需求时，应配置机械制冷作为补充，且机械冷源应满足实时启动及按需变容量调节功能。
- 2) 冬季使用间接蒸发冷却器进行换热时，应具有防结露措施；
- 3) 蒸发冷却空调机组冬季供冷时，机组与系统应具有防冻安全保护措施。
- 4) 应避免蒸发冷却空调机组进风与排风之间发生气流短

路。

6 数据中心采用蒸发冷却空调机组冷却新风的形式应符合下列规定：

- 1) 机房采用新风供冷时，应对室外新风的状态进行实时监测，应对送风的温度、湿度、洁净度进行自动控制 and 调节；
- 2) 机房采用全新风供冷或新风与回风混合供冷时，送风状态不满足电子信息设备环境要求时，系统应配置可切换的其他空调系统；
- 3) 机房采用新风供冷时，应设置机械排风系统；

5.4.4 间接蒸发冷却技术在数据中心得到广泛应用，其气流组织形式一般为闭式循环系统，采用下送上回的送风形式或应结合机房建筑结构特色设置独特的冷热风通道以对数据机房形成合理的、节能的降温散热气流组织形式。

5.4.5 对于地下的地铁站厅、站台，其空间较大，空调区广，具有人员流动性大，短时间停留等特点，夏季通风室外计算参数应按照《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 选取。

5.4.6 地下车站应按蒸发冷却通风空调工艺要求设置进风亭、排风亭和活塞风亭。在满足功能的前提下，根据地面建筑的现状或规划要求，风亭可集中或分散布置，风亭宜与地面建筑结合设置，但被结合建筑应满足地铁风亭的技术要求。

5.4.7 地铁站宜采用蒸发冷却通风空调系统，可采用的蒸发冷却空调机组有：单元式蒸发式冷气机、蒸发式冷风扇、直接蒸发冷却空调机组、复合式蒸发冷却通风空调机组、蒸发冷却与机械制冷联合通风空调机组。

6 设备与材料

6.1 一般规定

6.1.1 蒸发冷却空调系统工程中采用的设备与材料应符合国家现行标准的有关规定。

6.1.2 蒸发冷却空调系统工程中使用的设备与材料应经进场检查确认合格后，方可使用。

6.2 设备类型及要求

6.2.1 蒸发冷却制冷设备分为蒸发冷却空调机组、间接蒸发冷水机组两种类型。

6.2.2 蒸发冷却空调机组

蒸发冷却制冷空调机组包括：直接蒸发冷却空调机组；间接蒸发冷却空调机组；复合式蒸发冷却空调机组；联合机械制冷的蒸发冷却空调机组。

6.2.3 间接蒸发冷水机组

间接蒸发冷水机组包括：间接蒸发冷水机组；联合机械制冷的间接蒸发冷水机组。

6.2.4 蒸发冷却空调机组应符合下列规定：

1 室外布置的设备应采取防风、防渗雨、防冻措施；确保进风与排风通畅；

2 冬季停用时对风机和盘管应采取防护措施；

3 冬季运行时对制冷盘管应采取防护措施；

4 应设排水口、溢水口、定期排水、排污装置，排水、溢水应畅通，且应无渗漏及从水箱中直接溢水现象；应具备定时排水或连续排水的功能；

5 应设有检修平台或足够的检修维护空间。

6.2.5 蒸发冷却空调机组结构应该符合《水蒸发冷却空调机

组》GB/T 30192 的规定，并符合以下规定：

1 机组结构应牢固，整机应有防风、防雨、防渗水、防冻措施。

2 机组的框架和机组内与水接触的部分应作防腐蚀处理，同时满足运输、安装、使用的强度要求，无扭曲、变形现象。

3 各功能段连接应符合制造商规定的工艺顺序和要求。

4 各功能段之间的连接应严密。

5 机组安装应固定，并应留有检查门和检修空间。

6 机组应避免进风与排风短路。

6.2.6 蒸发冷却制冷空调设备外观要求应符合下列规定：

1 机组外观表面应无明显划伤和压痕。

2 机组外箱板表面光滑，喷涂层均匀，色调一致，无流痕、气泡和脱落。

3 机组内应清理干净，无污水杂物。

6.2.7 机组在额定电压和频率下正常启动和运转，零部件无松动、杂音和异常发热等现象。

6.3 材料要求

6.3.1 蒸发冷却制冷空调设备的箱体材料应符合如下规定：

1 应采用无毒、无腐蚀、无异味和不易吸水的绝热、隔声材料；

2 材料外露部分和箱体颜色宜选用浅色系；

3 机组外壳应作相应防腐处理，其他非金属材料应具有防雨、防老化的性能。

6.3.2 蒸发冷却制冷空调设备的填料应符合如下规定：

1 蒸发冷却制冷工程中采用的填料应按照经规定程序批准的图样和技术文件制造；

2 填料应具备良好的空间水均匀分布特性，宜具备较好的

亲水性，使用时在填料上不允许出现大面积干斑和表面汇流现象。

3 蒸发冷却制冷工程中采用的填料应具有耐腐蚀性，不会产生霉变，且在完全浸湿后不允许有材料塌陷、出现孔洞等缺陷；

4 蒸发冷却制冷工程中采用的填料性能应满足国家现行标准《蒸发冷却用填料》JB/T 11964 的要求；

5 蒸发冷却制冷工程中设备经振动试验后，填料不得有脱胶、撕裂、从箱体组件中移位或其他损坏。

6.3.3 蒸发冷却空调机组的空气冷却器应符合第 4.2.3、第 4.2.4 条及《空气冷却器与空气加热器性能试验方法》JG/T 21 的规定。

6.3.4 蒸发冷却空调机组的空气过滤器应符合如下规定：

1 机组应设置空气过滤装置，并应符合《空气过滤器》GB/T 14295 的规定；

2 空气过滤装置应采用易清理的过滤材料，便于拆卸清理；

3 进入填料前的空气宜达到中效过滤后的效果。

6.3.5 蒸发冷却空调机组内输配水管道配件应采用防腐材料，并应符合以下规定：

1 蒸发冷却空调系统工程供水、配水和回水管路中不允许出现渗漏和泄漏。

2 应在机组空气冷却器管路最高点处及可能积聚空气的高点处设置排气阀，在最低点应设置排水点及排水阀。

3 对连接机组的供、回水管路应采取保温措施。

6.3.6 蒸发冷却制冷空调设备的电气设备、线路应符合如下规定：

1 线路的连接应整齐、牢固，电线穿孔和接插头应采用绝缘套管或其他保护措施。

2 机组应有电气接线盒，室外机组应有防雨水措施，外露电线宜采用金属软管保护。

6.3.7 蒸发冷却制冷空调工程中保温（冷）材料应符合下列规定：

1 蒸发冷却制冷工程中保温（冷）材料应有制造厂的质量合格证书或国家认定资质的质监部门的检验报告，且其种类、规格、性能均应符合设计文件的要求；

2 蒸发冷却制冷工程中设备和管道的保温（冷）材料应符合设计文件要求。

6.4 风管、水管材料要求

6.4.1 蒸发冷却空调系统的水管应符合下列规定：

1 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；

2 补水、排水、溢水管材宜采用塑料管或热镀锌钢管。

6.4.2 蒸发冷却空调系统的风管应符合下列规定：

1 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；

2 制作安装应符合现行行业标准《通风管道技术规程》JGJ/T 141 的有关规定。

3 蒸发冷却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。

7 施工安装

7.1 一般规定

- 7.1.1 施工前应首先确认现场是否具备施工条件，并对施工人员进行施工技术交底；
- 7.1.2 现场施工时应按照现行施工规范以及相应施工依据进行施工，并应与其他专业相互协调。
- 7.1.3 蒸发冷却空调系统工程施工与安装质量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 和《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411 的相关规定。
- 7.1.4 电气系统的施工应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的有关规定。

7.2 空调风系统管道与设备安装

- 7.2.1 蒸发冷却空调系统的风系统管道施工应符合下列规定：
- 1 风管系统施工与安装应符合现行国家及行业标准《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/T 141 的有关规定；
 - 2 建筑土建送风、新风及回风竖井，土建风道内壁应光滑、平整、密封性能良好。风口与风管连接、风管安装时应注意保证系统气流组织顺畅，应使用阻力较小的管件，维护风系统平衡；
 - 3 风管与土建预留孔的间隙应有可靠的密封，与室外相连的封堵还应符合建筑节能设计标准的要求；
 - 4 风管阀门安装时周围需预留操作空间，并预留不宜小于 500 X 500mm 的检修口，方便后期调试和操作；
 - 5 系统消声应符合现行标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的有关规定；

6 同一区域同时有送风和排风（或回风）时应符合现行标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 中气流组织要求，进行合理布置。

7.2.2 蒸发冷却空调系统空调设备安装时应符合下列规定：

1 先检查现场运输道路、设备水平运输、设备垂直运输、设备基础、照明、设备安装部位的清理情况等是否符合施工条件，符合后方可进行安装；

2 机组功能符合设计要求并且外观应完整平直，无扭曲，无变形；

3 机组整体安装完成后不应出现漏风漏水，各功能段之间不应出现串风串水；

4 机组表冷器，加热器及管路最高点应设置排气阀，最低点应设置泄水阀；

5 机组安装完成后应注意成品保护；

6 其他专业有设施位于机组周围时施工时需要考虑为机组预留检修空间；

7 机房环境及与设备接驳的管线材质、连接方式应已设备厂家提供的技术文件为准；

8 设备安装完毕后需保持整体整洁，机组内部不应有残留安装配件及材料，设备所有接驳口进行标识并采用临时材料进行防护封堵；

9 现场组装的蒸发冷却空调机组应做漏风量检测，并应符合现行国家标准《组合式空调机组》GB/T14294 的有关规定。

7.3 空调水系统管道与设备的安装

7.3.1 空调水系统设备与附属设备的性能、技术参数，管道、管配件及阀门的类型、材质及连接形式应符合设计要求。空调水系统管道的制作与安装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 及《通风与空调工程施工规范》GB 50738 的有关规定。

7.3.2 管道与设备连接应在设备安装完毕后进行。水泵、间接蒸发冷水机组和蒸发冷却空调机组的连接管宜为柔性接管，与柔性短管连接的管道应设置独立支架。

7.3.3 镀锌钢管及带有防腐涂层的钢管不得采用焊接连接，应采用螺纹连接。当管径大于 DN100 时，可采用卡箍或法兰连接。采用螺纹连接或卡箍连接时，镀锌层破坏的表面及外露螺纹部分应进行防腐处理；采用焊接法兰连接时，对焊缝及热影响区域的表面应进行二次镀锌或防腐处理。

7.3.4 采用建筑塑料管道的空调水系统，管道材质及连接方法应符合设计和产品技术的要求。

7.3.5 固定在建筑结构上的管道支、吊架，不得影响结构体的安全。管道穿越墙体或楼板处应设钢制套管，钢制套管应与墙体饰面或楼板底部平齐，其顶部应高出装饰地面 20mm，设置在卫生间内的穿楼板套管，其顶部应高出装饰地面 50mm，且管道应设置在套管中心，套管不应作为管道支撑，管道接口不应设置在套管内。

7.3.6 金属管道的支、吊架的形式、位置、间距、标高应符合设计要求。当设计无要求时，应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 规定。

7.3.7 采用聚丙烯(PP-R)管道时，管道与金属支、吊架之间应采取隔绝措施，不宜直接接触，支、吊架的间距应符合设计要求。当设计无要求时，聚丙烯(PP-R)冷水管支、吊架的间距应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的规定，使用温度大于或等于 60℃热水管道应加宽支承面积。

7.3.8 管道与土建预留孔的间隙应有可靠的密封，与室外相连的封堵还应符合建筑节能设计标准的要求。保温管道与套管四周间隙应使用不燃绝热材料填塞紧密。

7.3.9 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。

7.3.10 阀门的安装应符合下列规定：

1 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；

2 安装在保温管道上的各类手动阀门，手柄均不得向下；

3 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 及在主干管上起到切断作用的阀门，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。

4 动态与静态平衡阀的工作压力应符合系统设计的要求，安装方向应正确。阀门在系统运行时，应按参数设计要求进行校核、调整。

5 电动阀门的执行机构应能全程控制阀门的开启与关闭。

7.3.11 水泵及附属设备的规格、型号、技术参数和产品性能应符合设计要求和产品性能指标。

7.3.12 冷却塔的技术参数和产品性能应符合设计要求和产品性能指标，其安装应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的规定。

7.3.13 水箱、集水缸、分水缸、储冷罐的满水试验或水压试验应符合设计要求。内外壁涂层的材质、涂抹质量、厚度应符合设计或产品技术文件要求。

7.3.14 现场安装的间接蒸发冷水机组应符合下列规定：

1 型号、规格和技术参数应符合厂家技术文件要求；

2 基础标高应符合设计要求，允许误差应为 $\pm 20\text{mm}$ ，且混凝土基础应满足《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的要求；型钢平台设备基础应满足设备厂家出具的技术文件要求；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；

3 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；

4 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，整体应平直；

5 机组的框架应进行耐腐蚀和防锈处理；

6 机组内过滤器(网)和换热部件应清洁、完好；

7 水箱及与水接触的材料应耐腐蚀，且应无扭曲、变形和渗漏；

8 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；

9 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；

10 设在建筑物屋面的间接蒸发冷水机组应考虑设备防风措施，满足单台间接蒸发冷水机组或机组群检修通道与检修空间的要求。设备冬季停用期间宜配置防护保护措施；

11 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；

12 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；

13 根据工艺要求，应在冷水机组的循环管路上安装除污器或过滤装置。

7.3.15 蒸发冷却空调机组、间接蒸发冷水机组集水槽的排水口应设置在水槽底部，排水坡度不宜小于 1%。

7.3.16 风机盘管机组及其他空调设备与管道的连接，应采用耐压值大于或等于 1.5 倍工作压力的金属或非金属柔性接管，其安装应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的规

定。

7.3.17 补偿器的补偿量和安装位置应符合设计文件的要求，其安装应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的规定。

7.3.18 除污器、自动排气装置等管道部件的材质、规格应符合设计要求，其安装应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的规定。

7.4 防腐与绝热

7.4.1 防腐与绝热材料符合环保及防火要求，进场检验合格。

7.4.2 风管和水管的防腐处理应按照建筑用途且符合现行国家标准《工业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、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 和《通风与空调工程施工规范》GB 50738 的有关规定。

7.4.3 风管和管道防腐涂料的品种及涂层层数应符合设计要求，涂料的底漆和面漆应配套。

7.4.4 防腐工程施工时，应采取防火、防冻、防雨等措施，且不应在潮湿或低于 5℃ 的环境下作业。绝热工程施工时，应采取防火、防雨等措施。

7.4.5 风管、管道的支、吊架应进行防腐处理，明装部分应刷面漆。

7.4.6 防腐涂料的涂层应均匀，不应有堆积、漏涂、皱纹、气泡、掺杂及混色等缺陷。

7.4.7 设备、部件、阀门的绝热和防腐涂层，不得遮盖铭牌标志和影响部件、阀门的操作功能；经常操作的部位应采用能单独拆卸的绝热结构。

7.4.8 蒸发冷却空调系统的风系统管道绝热工程施工应在风管

系统严密性检验合格和防腐处理结束后进行；蒸发冷却空调系统的水系统管道绝热工程的施工，应在管路系统强度和严密性检验合格和防腐处理结束后进行。

7.4.9 风管和水管的绝热层、绝热防潮层和保护层，应采用不燃或难燃材料，且材质、密度、规格与厚度应符合设计要求。当采用难燃材料时，应对其难燃性能进行检查，合格后方可使用。

7.4.10 绝热层应满铺，表面应平整，不应有裂缝、空隙等缺陷。当采用卷材或板材时，允许偏差应为5mm；当采用涂抹或其他方式时，允许偏差应为10mm。

7.4.11 橡塑绝热材料的施工应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243的规定。

7.4.12 风管绝热材料采用保温钉固定时，其安装应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243的规定。

7.4.13 管道采用玻璃棉或岩棉管壳保温时，管壳规格与管道外径应相匹配，管壳的纵向接缝应错开，管壳应采用金属丝、黏结带等捆扎，间距应为300mm~350mm，且每节至少应捆扎两道。

7.4.14 风管及管道的绝热防潮层(包括绝热层的端部)应完整，并应封闭良好。立管的防潮层环向搭接缝口应顺水流方向设置；水平管的纵向缝应位于管道的侧面，并应顺水流方向设置；带有防潮层绝热材料的拼接缝应采用粘胶带封严，缝两侧粘胶带黏结的宽度不应小于20mm。胶带应牢固地粘贴在防潮层面上，不得有胀裂和脱落。

7.4.15 绝热涂抹材料作绝热层时，应分层涂抹，厚度应均匀，不得有气泡和漏涂等缺陷，表面固化层应光滑牢固，不应有缝隙。

7.4.16 金属保护壳的施工应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243的规定。

7.4.17 防腐与绝热施工完成后，应按设计要求进行标识，当设计无要求时，应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB

50243 的规定。

7.4.18 下列场合应使用不燃绝热材料：

- 1 电加热器前后各 800mm 范围内的风管和绝热层；
- 2 穿越防火隔墙两侧各 2m 范围内的风管、管道和绝热层。

8 调试、验收、检验

8.1 一般规定

8.1.1 通风与空调工程的系统调试，应由施工单位负责，设计与建设单位参与和配合。系统调试可由施工企业或委托具有调试能力的其他单位进行。

8.1.2 系统调试前应编制调试方案，并应报送专业工程师审核批准。系统调试应由专业施工和技术人员实施，调试结束后，应提供完整的调试资料和报告。

8.1.3 系统调试所使用的测试仪器应在使用合格检定或校准合格有效期内，精度等级及最小分度值应能满足工程性能测定的要求。

8.2 调试

8.2.1 系统安装完毕后应进行系统调试，系统调试应包括下列内容：

- 1 设备单机试运转及调试；
- 2 系统无生产负荷联合试运转及调试。

8.2.2 空调系统无生产负荷条件下的联合试运转及调试，应在设备单机试运转合格后进行。系统性能参数的测定应符合《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的规定。

8.2.3 设备单机试运转及调试应符合下列规定：

- 1 通风机、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℃；

- 2 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℃；

3 间接蒸发冷水机组、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；

4 机组补水、泄水、排污水阀的操作应灵活、可靠，信号输出应正确；

5 电动调节阀、电动防火阀、防排烟风阀(口)的手动、电动操作应灵活可靠，信号输出应正确；

6 蒸发冷却空调机组直接和间接蒸发冷却器应无明显的带水、溅水现象，喷嘴应能将水均布且无堵塞；

7 冷却塔风机与冷却水系统循环试运行不应小于 2h，运行应无异常。冷却塔本体应稳固、无异常振动。冷却塔中风机的试运转尚应符合本条第 1 款的规定。

8 风机盘管机组的调速、温控阀的动作应正确，并与机组运行状态相对应，中档风量的实测值应符合设计要求。

9 风机、蒸发冷却空调机组、风机盘管机组等设备运行时，产生的噪声不应大于设计及设备技术文件的要求。

10 水泵运行时壳体密封处不得渗漏，紧固连接部位不应松动，轴封的温升应正常，普通填料密封的泄漏水量不应大于 60mL/h，机械密封的泄漏水量不应大于 5mL/h。

11 间接蒸发冷水机组运行产生的噪声不应大于设计及设备技术文件的规定值，水流量应符合设计要求。间接蒸发冷水机组的自动补水阀应动作灵活，试运转工作结束后，水箱应清洗干净。

8.2.4 系统无生产负荷联合试运转及调试应符合下列规定：

1 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；

2 系统总风量调试结果与设计风量的偏差不应大于 10%，

各风口风量与设计风量的偏差不应大于 15%；

3 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%；

4 房间内空气的温湿度、噪声应符合设计要求；

5 各种自动计量检测元件和执行机构应工作正常，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；

6 多台间接蒸发冷水机组运行时，各机组水箱水位应达到均衡一致；

7 空调水系统应排除管道系统中的空气，系统连续运行应正常平稳，水泵的流量、压差和水泵电机的电流不应出现 10% 以上的波动；

8 水系统平衡调整后，定流量系统的各空调机组的水流量应符合设计要求，允许偏差应为 15%；变流量系统的各空气处理机组的水流量应符合设计要求，允许偏差应为 10%；

9 间接蒸发冷水机组、冷却塔的供回水温差、出水温度应符合设计要求；多台间接蒸发冷水机组或冷却塔并联运行时，各台蒸发冷却冷水机组及冷却塔的水流量与设计流量的偏差不应大于 10%；

10 室内噪声应符合设计要求，测定结果可采用 N_c 或 $dB(A)$ 的表达方式；

11 环境噪声有要求的场所，空调设备机组应按现行国家标准《采暖通风与空气调节设备噪声声功率级的测定工程法》GB 9068 的有关规定进行测定；

12 压差有要求的房间、厅堂与其他相邻房间之间的气流流向应正确。

8.2.5 防排烟系统联合试运转与调试的结果（包括风量及正

压),应符合设计要求和现行国家标准的有关规定。

8.2.6 蒸发冷却系统、空调水系统与空调风系统的无生产负荷条件下的联合试运转及调试,正常运转不应少于8h。

8.2.7 空调工程通过系统调试后,监控设备与系统中的检测元件和执行机构应正常沟通,应正确显示系统运行的状态,并完成设备的连锁、自动调节和保护等功能。

8.3 竣工验收

8.3.1 蒸发冷却空调系统工程竣工验收前,应完成系统非设计满负荷条件下的联合试运转及调试,项目内容及质量要求应符合《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242及《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243的规定。

8.3.2 蒸发冷却空调系统工程竣工验收应由建设单位组织,施工、设计、监理等单位参加,验收合格后应办理竣工验收手续。

8.3.3 蒸发冷却空调系统工程竣工验收时,各设备及系统应完成调试,并可正常运行。

8.3.4 当空调系统竣工验收时因季节原因无法进行带冷或热负荷的试运转与调试时,可进行不带冷(热)源的试运转,建设、监理、设计、施工等单位应按工程具备竣工验收的时间给予办理竣工验收手续。带冷(热)源的试运转应待条件成熟后,再施行。

8.3.5 工程竣工验收观感质量检查应符合下列规定:

1 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。

2 各类阀门安装位置应正确牢固,调节应灵活,操作应方便。

3 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。

4 制冷给水管道系统的管道、阀门及仪表安装位置应正

确，系统不应有渗漏。

5 风管系统各类调节装置安装应正确牢固，调节灵活，操作方便。防火及排烟阀等关闭应严密，动作可靠；

6 风管、部件及管道的支、吊架形式、位置及间距应符合现行国家标准的有关规定。

7 风管、管道的软性接管位置应符合设计要求，接管正确、牢固，气流顺畅。

8 水管的管道、阀门及仪表的安装位置应正确，系统无渗漏。

9 蒸发冷却设备、风机、水泵等输配设备的安装应正确牢固。

10 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。

11 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。

12 消声器安装方向应正确，外表面应平整、无损坏。

13 测试孔开孔位置应正确，不应有遗漏。

8.3.6 工程竣工验收资料宜包括下列文件：

1 图纸会审记录、设计变更通知书和竣工图；

2 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；

3 隐蔽工程检查验收记录；

4 工程设备、风管系统、管道系统安装及检验记录。

5 管道系统压力试验记录。

6 系统无生产负荷联合试运转记录。

7 设备单机试运转记录；

8 观感质量检查记录；

9 安全和功能检验资料的核查记录。

8.4 现场检验

8.4.1 现场检验应具备以下条件：

- 1 蒸发冷却空调系统已经正常运行并已经调试合格；
- 2 检验时室外气候条件达到或者接近设计条件，室内负荷达到或接近设计条件；
- 3 现场具体测试时同一系统的测试数据应尽量在同一时间读取；
- 4 建设项目已经竣工验收、或空调系统达到运行条件、或已经投入运行。

8.4.2 现场检验仪表要求以及数据测试方法参考现行国家相关标准；现场具体检验内容如下：

- 1 室外空气温度和湿度，新风进风的温度和湿度；
- 2 机组空气出口温度、湿度和风量，进出水水温和水量；
- 3 机组及设备的电压、电流以及耗电功率；
- 4 室内末端风口的出风温度、湿度和风量；
- 5 室内末端风机盘管的进出风温度和湿度，进出水水温；
- 6 室内房间的环境温度和湿度；
- 7 噪声的测定。

9 运行管理与维护

- 9.0.1 蒸发冷却空调系统应定期对水系统输配管道、水箱和集水池进行检查和清洗，防止发生渗漏现象，并进行定期排污，且根据使用时间或过滤器前后的压差变化清洗过滤器。
- 9.0.2 定期检查维护蒸发冷却空调机组和间接蒸发冷水机组的送、排风机电机、传动皮带、轴承、水泵电机、阀门、电器线路、控制柜等核心部件的运行状态。
- 9.0.3 蒸发冷却空调机组和间接蒸发冷水机组在正常使用条件下，根据使用时间或过滤器前后的压差变化，清洁或更换空气过滤器。
- 9.0.4 蒸发冷却空调机组和间接蒸发冷水机组宜在水箱或集水池设置自动或手动排水装置，满足运行时定期排污和停机前机组排水的要求。
- 9.0.5 冬季或长时间停机前应当排空机组内水箱、集水盘和管路的水。
- 9.0.6 机组在停用一段时间或夏季开机前，应先清洁水箱或集水盘。
- 9.0.7 冬季使用的机组应采取必要的防冻结措施，包括辅助循环水泵、电加热器等。

附录 A 室外空调设计参数

表 A 室外空气计算参数

市/地区/自治州		乌鲁木齐市		克拉 玛依	吐鲁 番市
县市名称		乌鲁 木齐	达坂 城区		
台站 信息	北纬(° N)	43.82	43.35	45.6	42.95
	东经(° E)	87.62	88.3	84.87	89.17
	海拔(m)	918.7	/	445.6	-47.4
	统计年份	1995-2019			
室外 计算 温、 湿度	供暖室外计算温度(°C)	-18	-15.2	-21.7	-10.1
	冬季空气调节室外计算温度(°C)	-21.3	-18.6	-23.6	-11.3
	冬季空气调节室外相对湿度(%)	74	57	75	53
	夏季空气调节室外计算干球温度(°C)	33.2	32.1	35.8	43
	夏季空气调节室外计算湿球温度(°C)	17.1	16.8	18.5	21.6
	在同时耦合室外计算干球温度下的 平均湿球温度(°C)	16.4	16.8	18.1	20.5
风向 、风 速及 频率	夏季室外平均风速(m/s)	2.5	3.2	3	2.8
	夏季最多风向	S	W	NW	E
	夏季最多风向频率(%)	14.2	28.3	19.2	13.4
	冬季室外平均风速(m/s)	1.6	3.6	1.2	0.7
	冬季最多风向	ENE	SE	NNW	WNW
	冬季最多风向频率(%)	22.1	28.1	20.4	11.2
冬季日照百分率(%)		38.2	64.8	44	44.3
大气 压力	冬季室外大气压力(hPa)	920.8	900.2	981.2	1033.4
	夏季室外大气压力(hPa)	903.2	885.3	954.1	994.2
极端最高气温(°C)		40.8	36.9	44	49
极端最低气温(°C)		-29	-29.5	-31.7	-17.7
极端湿球温度(°C)		21.7	25.2	23.8	26.7

续表 A

哈密市	昌吉回族自治区		博尔塔拉蒙古自治州		巴音郭楞蒙古自治州
	昌吉	奇台	博乐	阿拉山口	库尔勒
42.83	44.02	44.02	44.9	45.17	41.77
93.52	87.3	89.58	82.07	82.56	86.15
737.9	579.3	794.2	532.9	286.4	932.7
1995-2019					
-14.6	-21	-24.1	-21.9	-21.4	-11.1
-16.3	-23.8	-27.4	-24.2	-23.1	-12.7
65	76	66	76	75	57
37.9	36	34.2	34.4	36.6	35.4
18.8	18.5	17.9	18.4	18.2	18.9
18.5	18.4	17.2	18.1	18	17.6
1.4	2	2.2	2.1	5.1	2.7
E	W	SSE	WNW	NW	ENE
12.1	12	17.1	19.9	40.7	24.2
1.1	0.9	1.9	1	2.9	1.7
NE	SSW	SSE	WNW	SSW	ENE
26	9.9	42.4	21	25.6	12
72.8	38.5	50.4	45	36.2	59.4
942.8	972.9	937.9	971.5	995.3	922.5
919.4	944.6	917.5	945.5	965.4	901
43	43.5	41.6	40.5	42.7	40.5
-28.9	-39	-39.6	-34.2	-31.7	-23.9
27.7	25.9	25.3	24.1	22.4	25.3

续表 A

市/地区/自治州		巴音郭楞蒙古 自治区	阿克苏地区		
县市名称		且末	阿克苏	库车	乌什
台站 信息	北纬(° N)	38.13	41.17	41.72	41.22
	东经(° E)	85.53	80.27	82.97	79.23
	海拔(m)	1248.4	1105.3	1082.9	1396.7
	统计年份	1995-2019			
室外 计算 温、 湿度	供暖室外计算温度(°C)	-11.2	-10.9	-11.4	-12.6
	冬季空气调节室外计算温度(°C)	-12.8	-12	-12.8	-14
	冬季空气调节室外相对湿度(%)	65	78	57	66
	夏季空气调节室外计算干球温度(°C)	36.7	34.6	34.1	31.7
	夏季空气调节室外计算湿球温度(°C)	17.6	17.4	18.6	17.6
	在同时耦合室外计算干球温度下 的平均湿球温度(°C)	17	17.4	18	17
风向 、风 速及 频率	夏季室外平均风速(m/s)	2.8	2.5	2.2	1.6
	夏季最多风向	NE	NNW	N	WSW
	夏季最多风向频率(%)	23.1	12.3	12.9	15.4
	冬季室外平均风速(m/s)	1.2	1.3	1.2	0.6
	冬季最多风向	NE	N	N	SSW
	冬季最多风向频率(%)	16.6	25.3	17.9	20
冬季日照百分率(%)		61.8	60.7	64	57.4
大气 压力	冬季室外大气压力(hPa)	883.6	900.3	901	866.9
	夏季室外大气压力(hPa)	867.6	883.2	885.8	855
极端最高气温(°C)		41.6	39.7	40.8	37.4
极端最低气温(°C)		-27.3	-22.9	-23.7	-27.3
极端湿球温度(°C)		22.9	23.9	24.4	24.5

续表 A

克孜勒苏克尔 克孜自治州	喀什地区		和田地区		伊犁哈萨 克自治州
	喀什	塔什库尔干	和田	于田	
阿图什					伊宁
39.72	39.47	37.77	37.12	36.85	43.92
76.17	75.98	75.23	79.92	81.67	81.32
1299.3	1290.7	3093.7	1374.7	1423.3	664.3
1995-2019					
-8.4	-8.8	-17.7	-7.8	-8.5	-14.2
-10	-10.4	-19.8	-9.5	-10.2	-17.4
74	72	79	75.9	63	75
35.3	33.9	25.8	35.4	35.3	34.2
18.2	17.6	12.2	17.2	18.4	19.1
17.3	16.9	11.8	17.2	17.5	18
1.7	2.9	2.4	2.4	1.4	1.6
SSW	WSW	E	SW	W	ENE
13	11.5	12.7	11.7	14.2	17.3
0.6	1.2	0.5	1.6	1	1.1
WSW	SW	E	WSW	WSW	ENE
13.3	13.9	10.4	7.6	10.5	16.7
49.4	55	58.7	59.5	68.5	53.1
877.4	878.5	701.9	866.3	862.6	949.7
862.8	857.7	700.4	853.8	850	931.8
41	39.4	32.5	41.4	40.6	39.2
-20.7	-22.3	-36.1	-21	-22.8	-29.9
22	22.8	18.3	23.1	25.5	24.2

续表A

市/地区/自治州		伊犁哈萨克自治州		塔城地区	
县市名称		奎屯	霍尔果斯	塔城	乌苏
台站 信息	北纬(° N)	44.42	44.2	46.75	44.43
	东经(° E)	84.9	80.41	82.98	84.68
	海拔(m)	479	774	536.6	478.3
	统计年份	1995-2019			
室外 计算 温、 湿度	供暖室外计算温度(°C)	-21.4	-12.3	-17.8	-20.9
	冬季空气调节室外计算温度(°C)	-23.7	-15.4	-22.1	-23.1
	冬季空气调节室外相对湿度(%)	72.4	78	56	72
	夏季空气调节室外计算干球温度(°C)	35.3	34.1	33.9	35.2
	夏季空气调节室外计算湿球温度(°C)	19.5	18.6	18.5	19.4
	在同时耦合室外计算干球温度下的 平均湿球温度(°C)	18.7	17.7	17.4	18.6
风向 、风 速及 频率	夏季室外平均风速(m/s)	1.9	2.5	2	1.9
	夏季最多风向	S	NE	NNW	NNW
	夏季最多风向频率(%)	9.7	18.1	12.4	9
	冬季室外平均风速(m/s)	1.1	1	1.7	1.2
	冬季最多风向	ESE	NNE	NE	S
	冬季最多风向频率(%)	9.1	14.4	17.4	15.4
冬季日照百分率(%)		34.6	56.8	52.9	33.9
大气 压力	冬季室外大气压力(hPa)	977.1	937.7	967.2	978.3
	夏季室外大气压力(hPa)	950.6	923.3	945.7	951.6
极端最高气温(°C)		41.2	41.2	41.6	41.1
极端最低气温(°C)		-32.4	-28.5	-33.6	-31.1
极端湿球温度(°C)		24.9	23.3	23	24.7

续表 A

阿勒泰地区			兵团第六师
阿勒泰	哈巴河	青河	五家渠
47.85	48.07	46.67	44.16
88.13	86.42	90.38	87.52
736.9	534	1220	1013
1995-2019			
-24.8	-24.3	-28.3	-25.4
-28.8	-28.1	-31.9	-28.1
61	63	66	69.7
31.4	32.4	30.2	36.9
18.6	19.8	16.1	18.9
17	17.9	15	18.4
2	1.9	1.8	2.1
W	W	WNW	WSW
12.1	22.5	15.8	9.8
1	2.6	0.2	1
N	E	ESE	ENE
9.2	39.7	10.4	10.6
59.1	55.2	64.5	38.8
944.5	970.8	885.9	980.7
923.1	945.3	873	952.7
39.5	41	38.4	44.3
-41.7	-38.1	-45	-41.6
26.7	27	20.8	23.6

附录 B 工程质量检查表

B. 0. 1 设备开箱检查内容应不少于表 B. 0. 1 的要求。

表 B. 0. 1 设备开箱检查记录

工程名称		分部(或单位)工程	
设备名称		型号、规格	
统编号		装箱单号	
设备检查	1、包装 2、设备外观 3、设备零部件 4、其它		
技术文件检查	1、装箱单 份 张 2、合格证 份 张 3、说明书 份 张 4、设备图 份 张 5、其它		
存在问题及处理意见			
(盖章) 监理(建设)单位: 签名: 年 月 日		(盖章) 安装单位: 签名: 年 月 日	

B.0.2 隐蔽工程验收记录内容应不少于表 B.0.2 的要求。

表 B.0.2 隐蔽工程验收记录

工程名称		工程地点			
隐蔽工程内容	序号	名称	安装部位/检查结果	安装质量检查结果	备注
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
验收意见	验收人员（签名）：				
（盖章） 监理（建设）单位： 签名： 年 月 日			（盖章） 安装单位： 签名： 年 月 日		

B. 0. 3 系统联合试运转记录内容应不少于表 B. 0. 3 的要求。

表 B. 0. 3 试运转记录

工程名称		分部（或单位）名称	
设备名称		试运转日期	年 月 日
试运转内容			
试运转结果			
评定意见			
试运转人员			
（盖章） 监理（建设）单位： 签名： 年 月 日		（盖章） 安装单位： 签名： 年 月 日	

B.0.4 系统施工验收记录内容应不少于表 B.0.4 的要求

B.0.4 系统施工验收记录

工程名称		分部（或单位）工程	
工程地点		开工日期	年 月 日
竣工日期		交验日期	年 月 日
工程内容			
验收资料			
验收评定意见			
（盖章） 监理（建设）单位： 签名： 年 月 日		（盖章） 安装单位： 签名： 年 月 日	

本标准用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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 《采暖通风与空气调节设备噪声声功率级的测定工程法》 GB 9068
- 2 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 3 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50019
- 4 《数据中心设计规范》 GB 50174
- 5 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》 GB 50242
- 6 《通风与空调工程施工质量验收规范》 GB 50243
- 7 《建筑电气工程施工质量验收规范》 GB 50303
- 8 《建筑节能工程施工质量验收标准》 GB 50411
- 9 《工业设备及管道防腐蚀工程施工规范》 GB 50726
- 10 《工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范》 GB 50727
- 11 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50736
- 12 《通风与空调工程施工规范》 GB 50738
- 13 《设备及管道绝热技术通则》 GB/T 4272
- 14 《通用阀门标志》 GB/T 12220
- 15 《空气过滤器》 GB/T 14295
- 16 《采暖空调系统水质》 GB/T 29044
- 17 《水蒸发冷却空调机组》 GB/T 30192
- 18 《发电厂采暖通风与空气调节设计规范》 DL/T 5035
- 19 《发电厂蒸发冷却通风空调系统设计规程》 DL/T 5515
- 20 《湿帘降温装置》 JB/T 10294
- 21 《蒸发冷却用填料》 JB/T 11964
- 22 《空气冷却器与空气加热器性能试验方法》 JG/T 21

- 23 《通风管道技术规程》 JGJ/T 141
- 24 《蒸发冷却制冷系统工程技术规程》 JGJ 342
- 25 《数据中心制冷与空调设计标准》 T / CECS 487
- 26 《温湿度独立控制空调系统工程技术规程》 T / CECS
500
- 27 建筑能耗标准(不包括低层住宅建筑) ANSI/ASHRAE/IES
Standard 90.1-2016 (Energy Standard for Buildings
Except Low-Rise Residential Buildings)

新疆维吾尔自治区地方标准

蒸发冷却空调系统工程技术标准

Technical specification for evaporative cooling system

条文说明

目 次

1	总 则.....	64
2	术 语.....	65
3	室内、外设计计算参数.....	68
4	蒸发冷却空调系统设计.....	70
	4.1 一般规定.....	70
	4.2 蒸发冷却空调机组.....	73
	4.3 间接蒸发冷水机组.....	75
	4.4 联合制冷设计选用及其能效.....	76
	4.5 蒸发冷却空调系统设计.....	78
	4.6 蒸发冷却新风机组的全年设计要求.....	80
	4.7 海拔高度对蒸发冷却性能的影响.....	85
	4.8 蒸发冷却制冷设备空气净化与水处理.....	86
	4.9 空调及其设备的消声与隔振.....	89
	4.10 蒸发冷却空调系统的自动控制.....	90
5	工业及其他重要领域蒸发冷却空调系统设计.....	91
	5.1 工业应用.....	91
	5.2 农业应用.....	93
	5.3 户外应用.....	97
6	设备与材料.....	98
	6.1 一般规定.....	98
	6.2 设备类型及要求.....	98
	6.3 材料要求.....	99
	6.4 风管、水管材料要求.....	100
7	施工安装.....	101
	7.1 一般规定.....	101
	7.2 空调风系统管道与设备安装.....	101

7.3	空调水系统管道与设备的安装	102
7.4	防腐与绝热	107
8	调试、验收、检验	110
8.1	一般规定	110
8.2	调试	111
8.4	现场检验	112

1 总 则

1.0.1 随着间接蒸发冷却技术和设备的发展，蒸发冷却制冷空调技术新疆干热气候区得到广泛应用。作为一种利用“干空气能”供冷的空调技术，通过制定专项工程技术标准，规范新疆蒸发冷却空调系统工程的设计、施工安装、调试、验收及运行维护，满足工艺使用要求，做到技术先进、节能环保、安全可靠、经济合理。

1.0.3 由于本规程为蒸发冷却空调系统工程的专业性技术规程，根据国家主管部门有关编制和修订工程建设标准、规范等的统一规定，为了精简规程内容，凡其他全国性标准、规范等已有明确规定的内容，除确有必要者以外，本规程均不再设具体条文。本条文的目的是在强调执行本规程的同时，还应贯彻执行其他相关标准、规范等的有关规定。

2 术 语

2.0.1 根据干热气候区的定义，根据美国 2013 ASHRAE Handbook Fundamentals 提供的新疆 34 个气象站点计算可知，新疆除和静县巴音布鲁克镇不属于干热气候区以外，新疆其他县市均属于干热气候区，见图 2.0.1 所示。

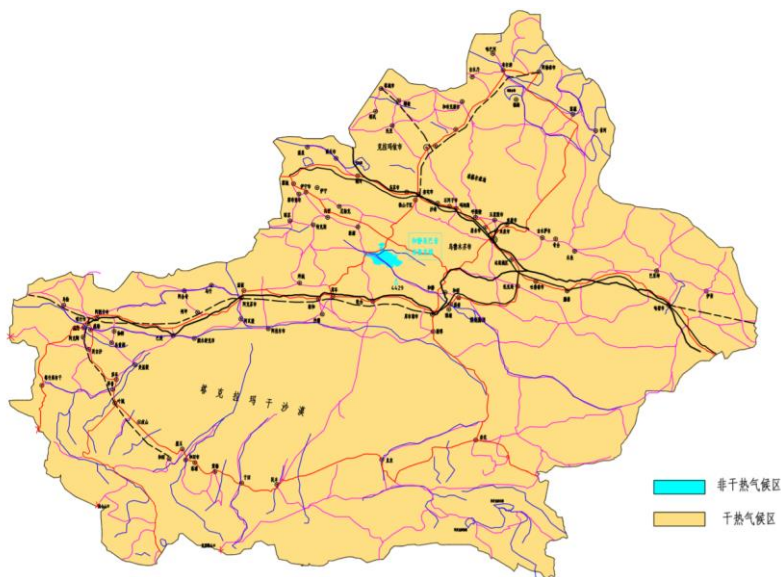


图 2.0.1 新疆干热气候区分布图

2.0.12 蒸发冷却空气-水系统由新风+干工况末端构成，常见的干工况末端形式包括干工况风机盘管、地板辐射盘管以及两者组合（风机盘管+地板供冷），此系统由新风承担室内全部潜热负荷和少部分显热负荷，干工况末端承担室内绝大部分显热负荷。

2.0.15 蒸发冷却和机械制冷联合的双温冷水系统是一种新型冷水系统形式，其典型流程是间接蒸发冷水机组制备的高温冷水依次串联通入空调机组和机械制冷冷水机组的冷凝器，高温冷水为

空调机组提供冷量，同时为机械制冷冷水机组冷凝器提供冷却水；机械制冷冷水机组制备的较低温度的冷水为风机盘管提供冷量。

2.0.16 蒸发冷却空调系统的能效比（EER）是蒸发冷却空调系统单位耗电量所产出的冷量，反映了蒸发冷却空调系统能效的高低。

蒸发冷却空调系统的能效比（EER）可按下列方法计算：

$$EER = \frac{Q_c}{E_e} \quad (2.0.16)$$

式中： Q_c ——间接蒸发冷水机组、蒸发冷却空调机组的制冷量（kW）；

E_e ——系统耗电功率（kW）。

对于间接蒸发冷水机组、蒸发冷却空调机组， E_e 包括间接蒸发冷水机组、冷水循环泵及空气处理机组的耗电功率；对于蒸发冷却空调机组 E_e 包括水泵和风机消耗的电功率。

2.0.20 新疆属于典型的干热气候区，蕴含着丰富的干空气能，适宜采用蒸发冷却技术，另一方面，该区域也是水资源相对匮乏的地区，因此科学合理的利用水资源，采用高浓缩倍数循环、循序、分质供水、雨水利用、中水回用等水资源高效利用非常必要，是区域实现可持续发展的必由之路。

开式蒸发冷却设备在运行过程中，宜采用自动或手动方式对冷却水系统进行加药，防止冷却水系统结垢、细菌滋生、管壁淤泥附着。

一般情况下，循环水浓缩倍率在 2~4 倍之间，最高不超过 6。

有条件的应用场所，应积极探索使用雨水利用和中水回用的蒸发冷却技术。

加药的同时必须要配合冷却水的排污来控制冷却水浓缩倍数。

3 室内、外设计计算参数

3.0.1 舒适性空调的室内参数，与人体对周围环境温度、相对湿度和风速要求等相互关联，考虑到蒸发冷却空调系统的特点，根据现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 及蒸发冷却空调系统的相关研究成果，规范中适当提高了空调区域的夏季最大风速要求；另外，根据人体热舒适度水平，当空调区的风速较高时，其空调区的夏季室内空气设计干球温度也可适当提高。这样在保证舒适度条件下，可以合理降低蒸发冷却空调系统的送风量及减少送风末端装置的数量或负荷，以达到降低系统造价和节能的目的。

当蒸发冷却制冷空调的末端采用辐射供冷方式时，按现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 规定，其室内设计温度可适当提高。

室内设计计算参数按照蒸发冷却空调系统特性与热舒适区关系（等效温度 Effective Temperature）给出推荐值。

3.0.2 由于干热气候区室外空气的焓值相对较小，甚至小于室内空气设计状态点的焓值，所以设计时可增大新风量，甚至采用全新风（《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 第 7.3.18 --1 条规定）；其含湿量往往小于室内空气的含湿量，所以可优先使用室外空气来除湿，因此，这类地区不需要使用常规冷源（7~12℃冷冻水），采用高温冷源即可满足室内等湿降温的要求，如间接蒸发冷水机组。

3.0.3 我国建筑行业高速发展是在 2000~2020 年，约 2/3 的建筑在此时期修建，大规模的城镇化导致近年来城市热岛效应、温室效应越来越严重，各地室外气温上升，本标准给出 1995~2019 年统计期的室外空气计算参数更符合实际情况。

本标准附录 A 列出的新疆维吾尔自治区部分县级行政机构所在地室外空气计算参数是按照《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 中各参数的定义,对新疆 28 个县市 25 年(1995-2019 年)室外气象数据进行分析计算,得到附录 A 室外空气计算参数;同时附录 A 中新增“在同时耦合室外计算干球温度下的平均湿球温度”,蒸发冷却空调系统设计时推荐采用“在同时耦合室外计算干球温度下的平均湿球温度”。

设计人员可参照《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 和本标准的附录 A 室外空气计算参数进行暖通空调系统设计。

4 蒸发冷却空调系统设计

4.1 一般规定

4.1.1 新疆地处亚欧大陆腹地，属于典型的干热、严寒寒冷气候区，夏季空气干燥、昼夜温差较大，因此，新疆大部分地区夏季空调度日数较小，通过加强建筑自身的节能，以及采用免费供冷技术（free cooling or economizer），如采用新风热回收、自然通风、有效遮阳、就地蒸发冷却等措施，使用非机械制冷冷源的空调系统或设备也可维持室内温度在较为舒适的温度范围（24~26℃）内。

4.1.2 与潮湿气候区不同，我国西部地区常年降雨量少，夏季室外空气炎热干燥，水份在干燥空气中更容易从皮肤蒸发，使人感到凉爽。室外干燥空气会使室内空气一样干燥，室内环境的干燥会给人们的工作、生活与健康带来困扰和损失。研究表明，当房间相对湿度保持在 35%到 55%之间时，人们一般会感到最舒适，因此室内通风空调的任务不仅是降温，还要保证一定的湿度，在干燥地区，还需给室内加湿。

蒸发冷却的工作原理是当空气与水接触时，水蒸发将从空气中吸收热量，近似绝热加湿过程，循环水水温也接近空气的湿球温度；另一方面，在热湿交换过程中，空气中的水蒸气增加即湿度加大，同时空气的干球温度降低。在干热气候区，夏季室外空气的湿球温度相对较低，加湿降温后的空气温度更低，将此低温空气送入室内可改善室内人们的生活、工作舒适性。蒸发冷却技术因其节能、环保、高效等特性，在不同气候条件下，在工业、农业、商业、民用和居住等建筑场所中，蒸发冷却空调应用广泛，它不仅能很好满足人们和生产工艺的需求，还具有非常显著

的节能、环保和经济的特性。

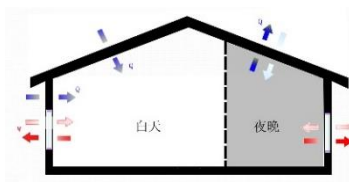
室内冷负荷较大、室内设计参数要求较高 ($t_n \leq 24^\circ\text{C}$, $\phi = 40 \sim 50\%$)、设计条件受限 (建筑的空调输配风管、机组安装有困难的场所) 或室外空气湿度较大的地区, 在夏季绝大部分时间内启用蒸发冷却空调的冷源都能满足室内热舒适性要求, 只有当高峰负荷的少数时段时, 才启用机械制冷冷源与蒸发冷却空调冷源联合工作, 以满足室内热舒适性要求。

4.1.3 干热气候区夏季热湿传递特征如下:

1) 双向传热: 白天由室外向室内传热, 晚上室内则会向室外传热;

2) 湿量传递方向相反: 在乌鲁木齐等地, 室内空气的含湿量 (即水蒸汽分压力) 总是大于室外, 水蒸汽向室外扩散; 整个夏季除湿都很容易, 做好排风系统即可, 甚至开窗户自然通风也能除湿, 除湿所需能耗为零, 这与典型的潮湿气候完全不同。

2 在计算室内冷负荷时, 很多设计人员将包括人员在内的潜热负荷与显热负荷一起计入到设备冷负荷中, 这不符合干热气候区特性。干热气候区选择高温冷水机组或间接蒸发冷水机组, 冷水机组并不除湿, 如果计入将会增加制冷设备初投资, 造成浪费。



蓝线表示室内外传热特性, 深蓝色代表干热气候, 浅蓝色代表湿热气候; 红线表示室内外湿量传递特性, 深红色代表干热气候, 浅红色代表湿热气候;

图 4.1.3-1 热湿传递过程图

3 新风系统+风机盘管或地面辐射供冷系统水系统末端：新风 W 经等湿降温处理到 M 点，由间接蒸发冷却器承担的冷负荷为： $Q_1 = G_{\text{新}}(t_w - t_M)$ ；再经绝热加湿降温至 O 点，由此新风承担室内全部湿负荷（即潜热负荷）： $W = G_{\text{新}}(d_N - d_0)$ ，并承担室内部分显热负荷 $Q_2 = G_{\text{新}}(t_N - t_0)$ 。如果高温冷水系统的空调末端（干式风机盘管、地板辐射、冷梁等）承担另一部分显热冷负荷，即室内回风经盘管由 N 点等湿降温处理至 P 点，其承担的显热负荷： $Q_3 = G_{\text{回}}(t_N - t_P)$ 。这里有二种情形：

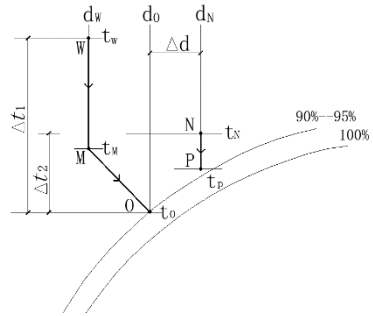


图 4. 1. 3-2 空气处理过程图

1) 新风 W 经等湿降温 and 绝热加湿处理到 O 点是由间、直接蒸发冷却设备承担，此情况仅 Q_1 这部分负荷由间接蒸发冷水机组承担。

2) 回风 N 经等湿降温处理到 P 点也是有冷水机组承担，此时两部分显热负荷 ($Q_1 + Q_3$) 均由间接蒸发冷水机组承担。

4. 1. 4 蒸发冷却空调系统的形式与传统空调一样，可分为蒸发冷却全空气空调系统和蒸发冷却空气-水空调系统两种形式。对建筑空间高大、人员较密集场所，如商场、剧院、展厅、体育馆等，应优选蒸发冷却全空气空调系统，即通过蒸发冷却处理后的空气，承担空调区的全部显热负荷和散湿量；对空间较矮、空调区较多的建筑，如办公、宾馆、医院建筑等，空调系统应优选蒸发冷却空气-水空调系统；考虑到系统的节能以及高温冷水的应用，蒸发冷却空气-水空调系统优选温湿度独立控制空调形式，即通过蒸发冷却处理后的室外空气承担空调区的全部散湿量，而

显热负荷主要由冷水系统承担，其冷水系统的末端设备可选用辐射板、干式风机盘管机组等。

对蒸发冷却全空气空调系统而言，根据空气的冷却处理要求，系统可采用直接蒸发冷却、间接蒸发冷却和复合式蒸发冷却（间接蒸发冷却与直接蒸发冷却的组合）技术等；同样，蒸发冷却空气-水空调系统中冷水的制备，也可采用以上技术。

4.1.5、4.1.6 为避免进、排风口气流短路，以及避免进风受冷却塔、间接蒸发冷却冷水机组排风高湿球温度的不利影响，应尽可能远离设置；采用蒸发冷却空调系统供冷时，随着送风量的增加，室内正压增加，空气含湿量不断增加，最终无法达到降温效果，且影响室内的热舒适性。因此，使用蒸发冷却空调系统必须要设置可靠的排风，否则，送风达不到设计值；或直接采用开窗排风，且上排风可最大程度带走室内多余热量。

4.1.8 蒸发冷却空调设备是利用“干空气能”，通过水分蒸发带走空气或水中的热量，为建筑室内提供低温空气或高温冷水，设备的能效较高；但同时消耗的水量比常规空调系统多，因此蒸发冷却空调设备的耗水量也是需要关注的重点，建议对蒸发冷却空调系统的补水量进行单独计量。

4.1.10 为规范蒸发冷却空调系统工程的施工图设计，根据《建筑工程设计文件编制深度规定》（2016年版）的有关要求，规定工程系统设计图纸的目录和设计深度要求。施工图设计文件除施工图外还应包括图纸目录、设计施工说明、主要设备表、系统图、平面图及详图等内容。

4.2 蒸发冷却空调机组

4.2.1 系统的送风量不应采用换气次数的简单方式计算确定，这是因为送风状态点与室外气象参数、设备的性能密切相关，只

有依据系统的显热负荷、潜热负荷，通过焓湿图的分析计算才能准确给出空调机组的送风量，设置机组完善的功能段或确定系统末端的设备规格大小。

4.2.2 直接蒸发冷却空调机组的迎风面风速宜为 2.5m/s；最大迎风面风速不得超过 3.0m/s，且应设挡水器。

4.2.3 目前，常用的直接蒸发冷却器的类型包括填料型、喷水室、高压喷雾型等；直接蒸发冷却器效率应在 60%~95%范围内，以保证直接蒸发冷却空调机组的制冷量；直接蒸发冷却器空气阻力小，可减少送风机静压，降低机组能耗。机组应采用循环水喷淋，淋水装置应能均匀布水，保证淋湿整个蒸发冷却器。

4.2.4 间接蒸发冷却器的类型多种多样，目前常用的间接蒸发冷却器的形式包括板翅式、管式、露点式，间接蒸发冷却器换热效率与换热器类型、材料传热性能、气水比、一次空气量与二次空气量的比值等因素均有关，其效率须大于 60%。一次空气与二次空气的比值越小，间接蒸发冷却器换热效率越低，因此应保证其比值在 1~1.5 范围内。机组的喷水量越大，气水比越高，换热器效率越高，但当气水比到达一定数值后，换热器效率将基本恒定。

间接蒸发空调机组冬夏季均可采用室内回风与一次空气换热；仅夏季使用时，只有当室外空气的湿球温度低于室内的湿球温度时用室外新风作为二次空气。

被冷却空气侧压降应在 50 Pa~375 Pa 范围内，湿空气侧压降应在 125 Pa~375 Pa 范围内变化。

机组内一、二次空气发生短路后，一次空气会受到二次空气（高湿球温度）的不利影响，最终无法达到降温效果，且影响室内的热舒适性。

4.2.5 复合式蒸发冷却空调机组无除湿功能，室内湿负荷由室外新风承担，该系统对室内湿度的控制能力较差，因此可用于湿

度控制要求不高的场所。复合式蒸发冷却空调机组的送风温度更低，送风温差较大，系统的送风量小，设备和系统的占用空间也减小，由此扩大了蒸发冷却空调的应用范围。

4.2.7 设置风机电机机壳是为了防止机组内空气流速较高将水滴带入到风机电机，损坏风机。

4.3 间接蒸发冷水机组

4.3.1 纠正间接蒸发冷水机组出水温度越低越好的理念，贯彻实事求是、分类适用的方针。

间接蒸发冷水机组的水温的极限为进风温度的露点温度，温度越低，所花费的代价越大，因此合理的选出水温度非常重要。

如办公建筑，采用干工况风机盘管+新风空调系统，为降低室内风机盘管的型号，可选择较低的间接蒸发冷水机组出水温度，水系统采用先过风机盘管换热，再经新风表冷器换热的串联系统。

数据机房则不必追求间接蒸发冷水机组较低的出水温度，因为在当今节能降耗的大背景下，对于数据中心等耗电大户，室内冷通道的温度已经大幅调高至 25~32℃，用低温水处理显然是对能源和投资的巨大浪费。

4.3.2 间接蒸发冷水机组的选型应根据其所承担的室内显热负荷和新风负荷来确定。蒸发冷却空调系统冷负荷由间接蒸发冷水机组和复合式蒸发冷却空调机组直冷段共同承担。因此，对于全空气系统，间接蒸发冷水机组应按扣除直接段供冷量后计算冷水流量选型；对于串联式空气—水系统，系统需要的水量为显冷末端所需总冷水量与多级蒸发冷却空调所需总冷水流量的最大值；对于并联式空气—水系统，系统需要的水量为显冷末端所需总冷

水流量与复合式蒸发冷却空调机组所需总冷水流量之和。

4.3.3 本条要求是保证空调水系统冷源的关键，需要强调的是进入表冷盘管的水量也需要明确。

4.3.4 间接蒸发冷水机组为直接给空调末端供应冷水的开式系统，如果不设置隔断装置，系统的冷水将从间接蒸发冷水机组内溢出，使得水系统无法保证正常的静水位。

4.3.5 蒸发冷却空调机组采用间接蒸发冷水机组的冷水通入表冷器对空气进行等湿降温，废除了机组内间接蒸发冷却段，利于空调机组在空间困难的场所设置。

4.3.6 1 蒸发冷却制冷设备在空调机房或室外机群布置时，考虑主导风向、风压对机组的影响，机组布置时避免产生热岛效应，保证进、排风的顺畅，避免进风与排风短路；应考虑设备运维检修方便，避免后期运行期间因没有空间无法检修维护。室外机群布置时，进风侧间距应不小于 1500mm，检修空间应不小于 600mm。同时，应控制进风气流速度，进风气流速度宜控制在 $1.5\text{m/s} \sim 2\text{m/s}$ ，排风口的排气速度不宜小于 7m/s 。

2 间接蒸发冷水机组除了要避免自身气流短路外，还应避免其他外部含有热量、潮湿空气、腐蚀性污浊及有无微粒等排放气体的影响，如厨房油烟排气和其他室外机的排风等。

3 机组运行时会对周围环境产生噪声影响，因此应与周围建筑物保持一定的距离，以保障噪声自然衰减。对周围建筑物产生噪声干扰，应符合国家现行标准《声环境质量标准》GB 3096 的要求。

4.4 联合制冷设计选用及其能效

4.4.1 由于间接蒸发冷水机组的性能与室外气象参数密切相关，当处于高峰负荷时，间接蒸发冷水机组的供冷能力下降，此

时需要同时开启机械制冷冷源，仅作为高峰负荷时的调峰冷源，共同承担室内冷负荷，因此机械制冷冷源设备选型应扣除蒸发冷却承担的冷负荷，已减少空调设备的初投资。

干热气候区夏季绝大部分时间内启用蒸发冷却空调的冷源都能满足室内热舒适性要求，因此供冷期蒸发冷却空调能耗不应小于空调冷源总能耗的 50%，以确保系统运行的经济性。

4.4.2 1 机组内的机械制冷装置采用风冷式制冷装置时，二次空气需与冷凝器充分换热（见图 4.4.2），以确保蒸发器对一次空气的降温效果。

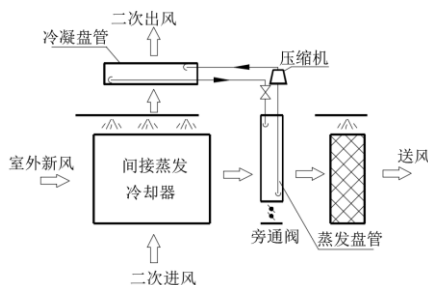


图 4.4.2 带直膨机的蒸发冷却空调机组

3 研究表明，干热气候区各地供冷季较

短，建筑每日逐时冷负荷变化较大，因此，大部分时间启动机组的蒸发冷却器即可满足供冷量需求，仅小部分时段同时开启机械制冷冷源进行联合供冷。考虑到设计系统的经济性，机械制冷冷源的供冷量不宜大于空调设计冷负荷的 30%。

4.4.3 在干热气候区建筑负荷较大、湿度控制要求较高的工程，或在湿球温度较高的地区，仅采用间接蒸发冷水机组难以满足整个供冷季各时段供冷量需求或无法满足湿度控制要求。针对这种情况，可将蒸发制冷技术与传统的机械制冷技术相结合。当蒸发制冷能够完全满足空调要求时，间接蒸发冷水机组工作，制取高温冷水，满足建筑供冷要求，而机械制冷机组停止工作。当蒸发制冷不能完全满足空调要求时，蒸发制冷冷水机组与机械制冷冷水机组联合工作，共同满足对室内温湿度控制要求。

4.4.4 当空调系统需要两种不同温度的冷水时，可采用蒸发冷

却与机械制冷耦合的双温冷水机组，机组制备的高温冷水供给高温末端或空调机组的间冷盘管，制取的低温冷水供给低温末端（风机盘管），以增加系统的供冷量，提高室内温湿度保证率，减小空调系统设备的尺寸。

4.4.6 空调系统末端设备及机械制冷冷却水所需水温不同，设计可基于冷量梯级利用、分级匹配的原则，高温机组回水可作为低温机组的冷却水，吸收冷凝器排出的热量，提高低温机组的制冷性能，最终系统排热量由间接蒸发冷水机组带走，实现能源的“分级利用、优化匹配”。

4.4.7 蒸发冷却空调设备的能效比较高，但由于蒸发冷却空调系统通常风量大、水量大，使得风系统、水系统输配能耗大，因此需综合分析蒸发冷却空调系统的性能。

4.5 蒸发冷却空调系统设计

4.5.1 除非在水资源极为紧张，没有可用水的情况下，新建、改建的大中型建筑不宜采用各类风冷式冷水机组或变频多联机。由于干热气候区的空气湿球温度较低（ $t_s < 23^\circ\text{C}$ ），对应的冷却水出水温度低，机械制冷冷水机组的冷凝温度也低。以某地为例，当冷却水供回水温度 $24\sim 29^\circ\text{C}$ ，在此情况下冷水机组的制冷量、输入功率相对于标准工况的变化：

表 4.5.1 某冷水机组性能变化

主要参数	制冷量	输入功率	COP
机组性能变化 (%)	109	83.4	130

干热气候区的制冷设备实际制冷量大于标准额定工况，系统的一次投资减少；且机组的电耗降低 $10\sim 30\%$ ，运行费用降低；机组效

4.5.2 干式风机盘管一般有 3-4 排加热盘管，水流程与被处理空气构成准逆流，其制冷能力较传统风机盘管可提高 $20\sim 30\%$ ；设

计上应在接水盘的排水口设密封盖。干式风机盘管进水温度高于室内露点温度，风机盘管在干工况下运行，只提供显热冷量，选型时不能简单依据风盘厂家样本中的全热或显热选取，应加以修正。干式风机盘管仅承担室内部分显热冷负荷，另一部分显热冷负荷由新风承担，新风承担得越多盘管选型就越小，可使初投资减少，室内卫生环境改善。

目前，节能建筑使得空调负荷减小，空调系统采用高温冷源等因素构成了在干热气候条件下，采用地面辐射供冷的独特优势。一般规定室内地表面温度 $\leq 18^{\circ}\text{C}$ ，从结露方面，在干热地区室外露点温度低，地表面温度即使达到 16°C 地面也不会结露，所以，地面辐射供冷的能力可以相对提高；在有太阳光直射的地面（如体育场、飞机场的大厅），最大供冷能力可以超过 $100\text{W}/\text{m}^2$ 。地面辐射供冷与供热公用一套系统，则可节省一次投资降低运行费用，节省建筑空间。

4.5.3 对于干热气候区而言，当夏季空调室外设计露点温度较低时，空调冷源可采用蒸发冷却方式制取用于空调系统的冷水，以减少人工制冷的能耗。一般当室外空气的露点温度低于 $14^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 时，可采用间接蒸发冷却方式生产接近 16°C 的空调冷水，以作为空调系统的独立高温冷源。另外，根据是否与其他空调系统相结合，还有一类联合供冷系统。

根据现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 规定，采用蒸发冷却方式制取空调冷水时，考虑不同气候区的气候特征，其空调水温差可以适当减少。根据对空调系统的综合能耗的研究， 4°C 的冷水温差对于供水温度 $16^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ 左右的冷水系统并采用现有的末端产品，是能够满足要求和得到能耗的均衡。当然，对专用干工况末端设备，以及某些露点温度较低而能够通过蒸发冷却得到更低冷水温度（例如 $12^{\circ}\text{C}\sim 14^{\circ}\text{C}$ ）的地区，将上述冷水温差可以进一步加大，以利于空调水

输配系统的节能。

4.5.4 由于直接蒸发冷却空调机组的送风温差较小，供冷能力有限，因此输配管道尽量短，且应直接输送至人员所在区域，以减少输配过程中的冷量损失。

4.5.5 蒸发冷却空调系统停止运行时，冬季冷空气会从与室外相连接的新风进风口、排风口侵入，造成室温降低，甚至会有加热排管冻结现象的发生。所以规定在严寒、寒冷地区可设置保温密闭风阀，并与送、排风机连锁启闭等措施。

4.5.6 新疆干热气候区大部分地区空调供冷季仅2个月（7~8月），总共冷时长约为750h，和田、喀什、哈密、吐鲁番等个别地区供冷季为3~4个月（6~9月），总共冷时长约为1104h~1464h。仅夏季供冷且室内设置温控器的空调系统，由于供冷时长较短，空调冷冻水系统宜设置为变流量系统，根据室内冷负荷变化调节冷冻水流量，节约输配系统能耗。

4.5.7 由于干热气候区特性，采用地板辐射供冷不会产生结露现象，不会对室内卫生状况产生影响，因此可采用天然冷源（间接蒸发冷水机组）给地板辐射供应高温冷水，以降低室内温度，是典型的温湿度独立控制系统的应用；采用地板辐射供冷可以承担部分室内冷负荷，减少空调风系统的投资。当冬夏季合用系统时，冬夏季负荷、供回水温差差别较大，应根据夏季供冷工况、实际使用条件、造价综合判定盘管的敷设间距。

4.6 蒸发冷却新风机组的全年设计要求

4.6.1 严寒、寒冷地区夏季可以通过增加新风量改善室内空气质量，从而达到GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》的要求。严寒与寒冷地区冬季使用通风空调系统时，因常发生机组盘管冻裂、过滤器维护管理、运行经济性等问题，空调系统几乎都

不送新风。但随着建筑气密性的提高，窗户等部位漏风量日渐减少，室内空气长期不流通，空气中 CO₂、PM_{2.5}、PM₁₀、甲醛、有机挥发性化合物等指标超标，相对湿度偏低，都严重污染室内空气品质。因此，全年向建筑提供高品质新风是保证人们身心健康的基本需求。

通过对新疆典型城市乌鲁木齐连续 3 年冬夏季室外空气质量指标进行统计发现，冬季室外空气质量多为中度污染，各类污染物指标平均值为夏季指标的 2~6 倍，如表 4.6.1 所示。

表 4.6.1 乌鲁木齐 2016—2019 年室外空气质量指标平均值

季节	PM _{2.5} / ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ / ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ / ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ / ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO/ (mg/m^3)	O ₃ / ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	空气质量指 数(AQI)	质量 等级
夏季 (7—9月)	24	76	9	37	0.74	66	65	优-良
冬季 (12—2月)	145	188	16	67	2.40	26	188	中度污染

注：室外空气质量指标的基础数据摘自天气后报网

<http://www.tianqihoubao.com/lishi/wulumuqi.html>。

冬季若直接把室外(不达标的)空气通过开窗引入室内，会增加通风能耗，污染室内空气，因此，送入室内的空气必须经空气处理机组对其过滤、净化、加热、加湿处理，同时需对排风进行热回收，后有组织地送入建筑内各房间，以保证室内健康的空气品质。

1 采用蒸发冷却空气-水蒸发冷却空调系统形式时，由于夏季焓值小，可加大新风量来承担潜热负荷，改善室内空气品质；而冬季仅需提供人员所需新风量，因此造成空调区冬夏季新风量的需求不同，二者相差较大，因此对新风机组的送风量提出要求，设计时，可通过调节风机的送风量来实现此要求。但若冬夏季新风量相差较大，势必存在某一季节空调机组风机低效运行，不节能；由于新疆属于严寒、寒冷地区，冬季供暖时长远大于夏季供冷时长，因此，全年运行的蒸发冷却空调机组因优先按冬季

最小新风量工况选用高效变频风机。

2 新疆大部分地区夏季炎热干燥，室外空气含湿量小，采用蒸发冷却空调系统不仅能大大降低空调系统能耗，降低室内温度，同时还能为室内加湿，改善室内干燥的环境，提高舒适性。然而，新疆大部分地区冬季室外空气更干燥，其含湿量 ≤ 1.0 g/kg，冬季所需加湿量大于夏季，因此新风机组宜满足不同季节时系统加湿量的要求。

4.6.2 1 严寒、寒冷地区城市冬季供暖期时长远大于夏季供冷期时长；且其供暖度日数远大于供冷度日数。由此可知，严寒、寒冷地区空调系统全年运行时，考虑其经济合理性，应优先考虑冬季送风量需求，且在冬季运行时风机处于高效运行状态。

表 4.6.2 新疆部分城市的度日数($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)

气候区	阿勒泰 严寒 B 区	乌鲁木齐 严寒 C 区	塔城 严寒 C 区	喀什 寒冷 A 区
HDD22	6329	5624	5395	4014
CDD25	24	57	39	55

夏季干热气候地区冬季多属严寒与寒冷气候，能量回收会有显著节能效果；当间接蒸发冷却空气换热器停止湿侧的水喷淋，即成为冬季显热回收装置，常见的能量回收装置如图 4.6.2 所示。根据美国 2015 ASHRAE Handbook - HVAC Applications 第 52 章所述可知，除冷却塔与盘管空气换热器不能冬季热回收，其它各类间接蒸发冷却空气换热器都能实现热回收，转轮式空气换热器是冬季热回收效率最高的。能量回收装置的送风、排风量一般是相等的。在新风入口前应设不低于 III 级的中效过滤器。

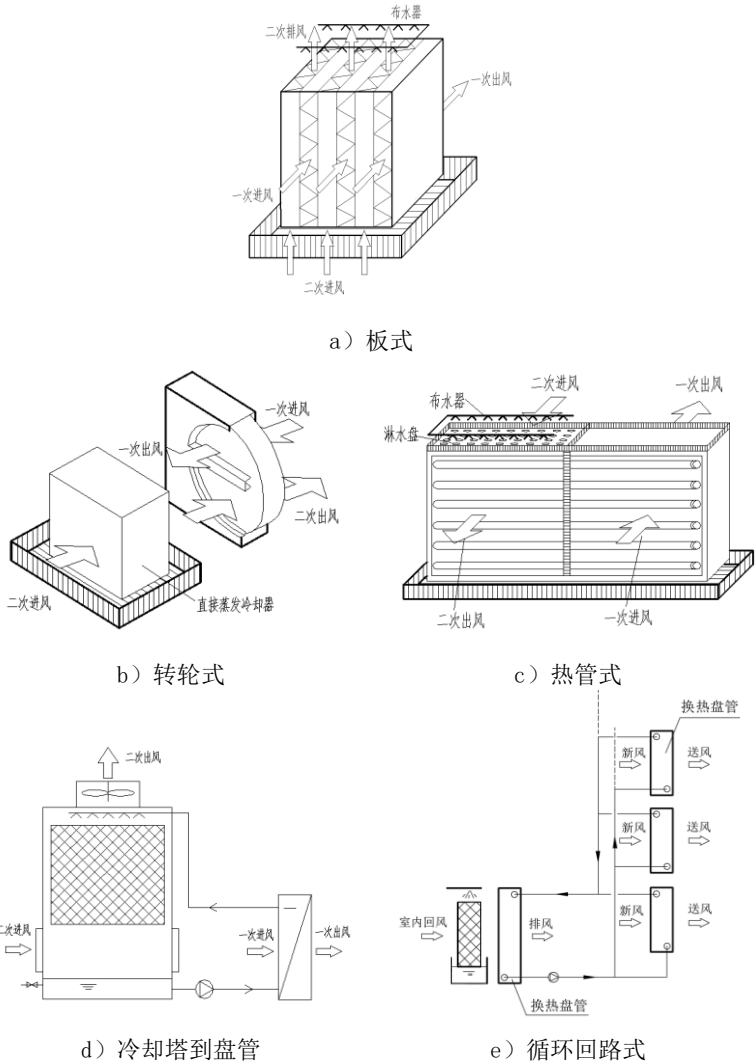


图 4.6.2 能量回收装置示意图

当室外温度低于 13°C ，可启动热回收；当室外新风温度低于 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ ，即换热表面温度低于室内排风的露点温度，湿排风将

在表面凝结、结露乃至结冰，阻塞排风通道，这时应启用防冻措施，如新风预热。

2 舒适性空调的建筑物回风，其湿球温度一般在 15.5~18.5℃，室外空气的湿球温度常常高于此温度范围，采用回风更有利于提高能效。而共用一套系统有利于降低设备投资、减少机房尺寸。严寒和寒冷地区的冬季使用要求相同，蒸发冷却设备必须符合防冻要求；在二次排风排出口位置应设电动隔断密闭风阀，密闭时漏风量在 1000Pa 时应小于 $0.1\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ，风阀应电动连锁。水槽与盘管内的水在不用时应能排空。间接蒸发冷却器在 VAV 系统，随着送风量减少，静压将按照平方量减小，但是风量减小，机组效率也将减小；但二次风的流量一般不变。二次风的风量不应小于机组规定值（不宜小于送风量的 70%）。

4 利用干热气候区夏季昼夜温差大，过渡季节温度较低的气候特性，直接采用室外凉爽新风供冷或增加室外新风量是最为节能的技术措施（free cooling or air economizer）；蒸发冷却空调机组内室外风不经过能量回收装置（减少空气阻力），直接流经电动密闭旁通风阀，还可实现机组节能；

6 除循环回路式能量回收装置没有发生空气交叉污染，其余几种均有交叉污染的可能；实验室、医院等建筑中因有污染物或病菌的产生，能量回收装置应避免新风受到排风的污染。

4.6.3 目前，大部分蒸发冷却空调系统夏季冷水供回水温差为 5℃，而冬季空调供暖热水供回水温度则为 60℃/50℃，供回水温差为 10℃，因此在相同比摩阻情形下，由于冷热水供回水温差不同，空调冷水管管径较热水管管径大 1.47 倍，由此，致使阀门配件、保温材料都会增大、增多。

美国 ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016 中限定了空调系统不同运行时间下空调水系统的最大设计流量，如表 4.6.3 所示。全年运行时间 $T_f \leq 2000\text{h}$ 的变流量水系统设计流速较大，

约为全年运行时间在 2000~4400 h 范围内的变流量水系统设计流速的 1.28~1.38 倍。

表 4.6.3 管道系统最大设计流量

管道公称直径 ^[1] /mm	流量 ^[1] /(L/s) /流速/(m/s)		流速比
	$T_r \leq 2\ 000\ \text{h}$	$2\ 000\ \text{h} < T_r \leq 4\ 400\ \text{h}$	
75	11 / 2.86	8 / 2.08	1.38
90	17 / 2.67	13 / 2.04	1.31
110	33 / 2.47	25 / 2.63	1.32
140	39 / 2.53	30 / 1.95	1.30
160	69 / 3.43	54 / 2.69	1.28
225	114 / 2.87	88 / 2.21	1.30
280	170 / 2.76	126 / 2.05	1.35
315	240 / 3.08	183 / 2.35	1.31
355~600	- / 4.00 ^[1]	- / 2.90 ^[1]	1.38

注：1 引自 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings: ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016

因此，严寒、寒冷地区全年运行的蒸发冷却空调系统，考虑到经济性及冬夏季空调运行时长，其冬夏共用的空调水管管径可优先按冬季情况设置，夏季空调水系统流速可略高于冬季，并对冬、夏季水泵性能分别进行设计计算。

4.7 海拔高度对蒸发冷却性能的影响

4.7.1 因海拔高度和大气密度的影响，海拔较高的地区的机组选型与标准状态下的区别很大。海拔对大气压、温度、空气密度的影响见式(4.7.2-1~3)，引自 2013 ASHRAE Handbook Fundamentals 第 1 章。常规的设备选型表及阻力计算图表等都是按标准状态下的空气体积流量编制的；而工程实际所在地的海拔

越高，空气密度越小，系统所需送风量（体积流量）就越大。而蒸发冷却空调设备的效率会随风量、风速、气水比的改变而改变，因此厂家应给出工程实际所在地海拔高度下的设备性能（即实际效率、功率、送风量等）。

4.7.2 按照当地室外设计计算参数，由式(4.7.2-4)可以得出质量流量送风量。工程所在的实际地点与所选用的室外设计计算参数相比，如果海拔相差较大的两个工程共用同一组室外设计计算参数，由于海拔升高造成空气密度的减小，相同质量流量的情况下，由式(4.7.2-4)、(4.7.2-5)可知，海拔每升高1km，宜在计算送风量（体积流量）的基础上增加10%，若不进行修正，会造成送风量不足的情况。

4.7.3 对于风机来说，若转速不变，则它的体积风量不变。由于密度不同，其全压和功率会发生变化。由于当全压发生变化时，管路系统的阻力也随之变化，因此，在实际工程设计中，当气体密度、温度及大气压发生变化时，对通风机的风量、全压和阻力等都无需修正，只对风机功率进行修正，修正公式

(4.7.3)引自《实用供热空调设计手册》(第二版)第12.2节。根据式(4.7.3)可得，海拔每上升1000m，电动机出力减小近10%。如果不经修正，采用标准工况下选择的风机可能无法在高海拔地区正常运行。

4.8 蒸发冷却制冷设备空气净化与水处理

4.8.1 空调区一般都有一定的清洁要求，因此，送入室内的空气都应通过必要的过滤处理。另一方面，为防止蒸发冷却器表面积尘后，严重影响热湿交换性能，进入空调区的空气也需预先进行过滤处理。使用的设备和达到的效果应满足《空气过滤器》GB/T 14295和《空调通风系统运行管理规范》GB 50365的有关规

定。

2 对于清洁度没有特别要求的空调区，只需对空气进行一般的过滤处理，设置一道粗效过滤器即可。粗效过滤器主要用于过滤 $10\ \mu\text{m}\sim 100\ \mu\text{m}$ 的灰尘；在个别情况下当要求控制空气中不大于 $10\ \mu\text{m}$ 含尘粒度时，可再增设一道中效过滤器，中效过滤器可过滤 $1\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 的灰尘。

回风也应设置过滤器，减少或避免室内建筑装饰材料、办公用品、人员活动产生的污染物进入风道，污染其他房间或影响间接蒸发冷却器热湿交换性能。

3 过滤器的滤料应选用效率高、阻力低和容量大的材料。过滤器的阻力会随着积尘量的增大而增大。为防止因系统阻力增加而风量减少，过滤器的阻力，应按过滤器的终阻力计算。

4.8.2 蒸发冷却空调水系统为开式系统时，机组直接蒸发冷却器与室外空气直接接触，直接蒸发冷却器本身就对空气有清洁洗涤作用，制备的冷水集水盘中有很多杂质淤泥，因此须在机组内部水槽设置过滤装置，冷水供水干管上设置过滤器，以避免换热器堵塞，水泵损坏；闭式系统也会在系统运行时也会产生机械磨损、水锈等杂质，因此须在供水干管及机组入口处设置过滤器。

4.8.3 由于补水的水质和系统内的机械杂质等因素，造成水质不稳定，产生和积累大量水垢、污垢、微生物等，使传热效率降低，水流阻力增加，卫生环境恶化，对设备造成腐蚀。因此，需根据不同湿膜填料对补给水水质要求，蒸发冷却循环水系统循环水及补充水水质标准（参考表 4.8.2）的要求进行控制。

表 4.8.2 蒸发冷却循环水系统循环水及补充水水质标准

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		6.5~8.5	7.0~9.0	6.5~8.5	7.0~9.0
浊度	NTU	≤3	≤3	≤3	≤5

电导率(25℃)	μS/cm	≤400	≤1000	≤800	≤1600
总硬度(以CaCO ₃ 计)	mg/L	≤200	≤400	≤300	≤600
总碱度(以CaCO ₃ 计)	mg/L	≤200	≤500	≤200	≤600
Cl ⁻ (以Cl ⁻ 计)	mg/L	≤100	≤200	≤150	≤300
总铁(以Fe计)	mg/L	≤0.3	≤1.0	≤0.3	≤1.0
SO ₄ ²⁻ (以SO ₄ ²⁻ 计)	mg/L	≤250	≤500	≤250	≤500
氨氮	mg/L	≤0.5	≤1.0	≤5	≤10
COD	mg/L	≤3	≤5	≤30	≤100
菌落总数	CFU/ML	≤100	≤200	-	-
异氧菌总数	个/mL	-	-	-	≤1X10 ⁵
磷酸盐(以P计)	mg/L	-	-	-	≤1.0
有机磷	mg/L	-	-	-	≤0.5

4.8.3 蒸发冷却空调机组一般设置在空调机房内，空气处理过程在机组内，且当面风速大于3.0 m/s时会设置挡水板，仅有少量水会随着气流吹出。因此在补水水质满足相应规范要求的情况下，蒸发冷却空调机组的补水量主要由蒸发水量、排污水量组成，其计算可根据产品生产厂家的数据确定或估算。蒸发冷却空调机组蒸发水量计算公式引自《工业循环水冷却设计规范》GB/T 50102-2014。

4.8.5 蒸发冷却空调设备是空气和水直接接触，从空调区空气质量及卫生防疫要求看，应重视系统水质。在缺乏给水水质资料时，一般建议排污水量按蒸发水量的40%~60%计算；对于碳酸根、钙镁离子浓度过大，排污水量(L/min)与蒸发水量(kg/s)的比值大于2.0时，则不宜使用循环水，应直接采用给水直流或对给水进行去矿物质化学处理；使用滤去矿物质的水，其排污水量等于5%的蒸发水量。

4.8.6 在补水水质满足相应规范要求的情况下，间接蒸发冷水机组的补水量主要由蒸发水量、排污水量及飘水量三部分组成，

其计算可根据产品生产厂家的数据确定或估算。本标准所列蒸发水量、排污水量计算公式（4.8.6-1~2）引自《循环冷却水》第6章。

4.9 空调及其设备的消声与隔振

4.9.2 《蒸发冷却制冷系统工程技术规程》JGJ342-2014 第3.4.5条规定，隔振设计应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736的有关规定。

蒸发冷却冷水机组一般设置在室外，其机组对建筑物的振动影响较小，主要影响是机组内部的风机以及水泵产生的振动传递给机组框架结构，从而产生次生噪音。因此主要需要规定的是风机以及水泵与机组框架之间的隔振处理。

通风机与消声装置之间的风管，其风管无特殊要求时，可按经济流速采用即可，根据国内外有关资料介绍，经济流速 $6\text{m/s}\sim 13\text{m/s}$ ，本条推荐采用的 $8\text{m/s}\sim 10\text{m/s}$ 在经济流速范围内。

消声装置与房间之间的风管，其空气流速不宜过大，因为风速增大，会引起系统内气流噪声和管壁振动加大，风速增加到一定值后，产生的气流再生噪声甚至会超过消声装置后的计算声压级；风管内的风速也不宜过小，否则会使风管的截面积增大，既耗费材料又占用较大的建筑空间，这是不合理的。因此，本条给出了适应四种室内允许噪声级的主管和支管的风速范围。

4.9.3 直接蒸发冷却的加湿填料具有一定的消声功能。消声能力的大小与填料的干湿，声音与气流流动方向等均有密切关系。干燥填料的降噪效果比湿润填料好；声音传播方向与气流流动方向相同时，填料的消声效果较好。

4.10 蒸发冷却空调系统的自动控制

4.10.1 设有消防报警和控制的区域发生火灾报警时，相应的通风空调系统要求立即停止运行，防火阀关闭，切断空气流动，避免火灾扩大和蔓延，因此，通风空调系统的风机和防火阀也要与消防系统联动。

4.10.4 1 蒸发冷却机组循环水的水质直接影响设备的正常运行，应设置水质监测取样装置，且定期对循环水的水质进行化验分析并及时排污，有条件的空调系统可设置在线水质监测装置。

2 应用于空调系统的直接蒸发冷却机组的循环水质直接影响空调房间内的空气质量，因此要求对菌落总数等传播细菌、危害人身健康的指标进行监测、化验。

5 工业及其他重要领域蒸发冷却空调系统设计

5.1 工业应用

5.1.1 蒸发冷却空调系统是利用室外空气中的干、湿球温度差所具有的“天然冷却能力”，通过水与空气之间的热湿交换，对被处理的空气或水进行降温处理，以满足室内温湿度要求的空调系统。

对于工业建筑中高温车间，如铸造车间、熔炼车间、动力发电厂汽机房、变频机房等，由于生产和使用过程散热量较大，但散湿量较小或无散湿量，且空调区全年需要以降温为主，这时，采用蒸发冷却空调系统，或蒸发冷却与机械制冷联合的空调系统，与传统压缩式空调机相比，耗电量只有其 1/8~1/10。全年中过渡季节可使用蒸发冷却空调系统，夏季部分高温高湿季节蒸发冷却与机械制冷联合使用，以有利于空调系统的节能。

对湿度无严格要求的洗衣房，其会产生大量的热量和水蒸气，采用直接蒸发冷却空调通风仍可使室内温度比室外温度降低 6℃，可改善工人的工作环境，熨烫区域采用岗位送风效果更好。

5.1.3、5.1.4 对于化工厂、压铸车间、玻璃加热炉、钢锭融化炉、钢铁压铸铸造车间、洗衣房等，其生产工艺产生的内热较大，因此为提高工作人员舒适度，减少能耗，仅给人员活动区降温，保证冷风有效送至工作场所需求，工人可调送风风量、风向是为避免冷风直接吹向工人头部，满足不同季节变化的需求。根据美国 2015 ASHRAE Handbook -HVAC Applications 第 52 章蒸发冷却所述，当对工人工作场所采取局部冷却时，送风量取决于空气射流的喷射量、工作人员的活动量以及必须克服的热量。每

个工人的送风量在 324~8640 m³/h 的范围内，风速在 1~20m/s 之间。

5.1.5 空调房间内的热舒适度通常是基于在室内不通风的情况下，提供人们认为舒适的温度和相对湿度。根据美国 2015 ASHRAE Handbook -HVAC Applications 第 52 章蒸发冷却所述，室内空气流动和直接蒸发冷却均与空调等效温度 (Effective Temperature) 相关。选择干球温度 34.4℃和湿球温度 21℃的条件作为初始状态，通过直接蒸发使其降低 12.1℃(34.4℃-22.3℃=12.1℃)；在风速为 0.1m/s 时可提供 4.8℃(26.5℃-21.7℃=4.8℃) 的有效温降，而在风速为 3.5m/s 时可提供 8.2℃(24.5℃-16.3℃=8.2℃) 的有效温降，增加了 3.4℃，如图 5.1.5 所示。

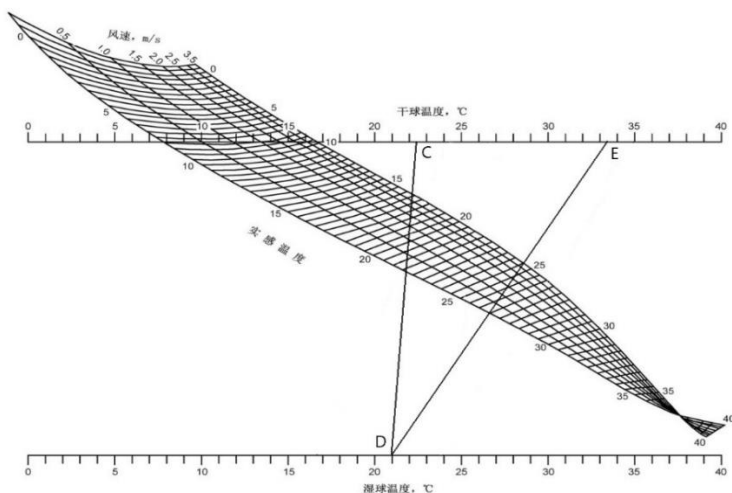


图 5.1.5 实效温度图

由此可知，增大室内空气流速，可降低室内空气的等效温度，提高室内人员热舒适性。

5.1.6 电机工作的环境温度一般不允许超过 40℃，否则会导致荷载下降等故障；直接蒸发冷却送风可直接送入电机线圈处或机房中。须注意的是在电机启动前，未发热时，不应将冷却湿空气直接送入电机；此外，当冷却空气送入多台电机时，应避免冷空气送入停止运行的电机中。

5.2 农业应用

5.2.1 夏季照射到大棚上的太阳辐射，相当一部分通过叶片产生水蒸气，成为汽化潜热，另有 50%的热量会形成显热，使大棚内空气温度不断升高，影响植物正常生长；因此，常采用遮阳、自然通风、机械通风、蒸发冷却等方式消除余热进行降温，蒸发冷却是最为有效保证室内温度湿度的技术措施。

高压喷雾的喷嘴水压 5.5~7.0MPa，水滴直径小于 40 μm，需要安装高效水过滤器，以最大程度降低喷嘴堵塞的风险。喷嘴管线设在进气口上部，进入的空气被冷却到接近室外湿球温度，在温室中吸收空气热量进行冷却降温。高压喷雾的冷却降温效果可满足要求，其所需风机风量小于风机-湿帘冷却系统的风量，排风量满足温室的通风换气次数即可。

整体式蒸发冷却器将填料层、水泵、接水盘和风机当做一个整体，主要用于带隔间的小温室，每隔 4.5~6m 在侧壁上安装，直接将冷风吹入温室，该冷却器可冷却降温的最远距离达 15m。排风口宜设置在冷却器对面侧壁的上中部。为了得到良好的气流组织，与设备同侧的屋顶通风口也可以稍微开启。严禁在另一侧的屋顶设通风口开启，空气会造成短路，直接从风口排出，不能冷却对面的地面植物。

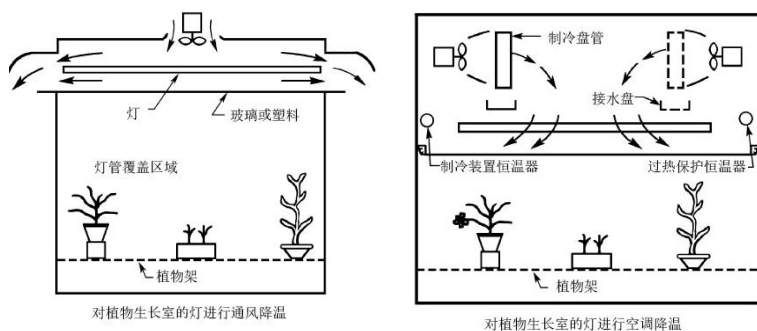


图 5.2.1 对植物生长室内的灯降温

5.2.2 温室送风量应考虑海拔、最大光照强度和湿帘-风机之间的允许温升等因素，可按公式(5.2.2)对温室总送风量进行修正：

$$F_h = F_e \cdot F_l \cdot F_t \quad (5.2.2)$$

式中： F_e —— 海拔修正系数，见表 5.2.2-1；
 F_l —— 室内最大光照强度修正系数，见表 5.2.2-1；
 F_t —— 风机湿帘系统温升修正系数，见表 5.2.2-1。

表 5.2.2-1 风机—湿帘冷却的风量修正系数表

海拔(海平面上)		室内最大光照强度		风机—湿帘系统温升	
m	F_e	klx	F_l	℃	F_t
<300	1.00	40	0.74	5.5	0.71
300	1.03	45	0.84	5.0	0.78
600	1.08	50	0.93	4.5	0.87
900	1.12	55	1.02	4.0	0.98
1200	1.16	60	1.12	3.5	1.12
1500	1.20	65	1.21	3.0	1.31
1800	1.25	70	1.30	2.5	1.58

2100	1.29	75	1.39		
2400	1.33	80	1.49		
2700	1.37	85	1.58		

风机与湿帘间距较短时，风量将减少，空气流速会降低，即使产生了降温效果，也会有潮湿和闷热感。表 5.2.2-2 中列出了当距离小于 30m 时的速度修正系数 F_v 。对于小于 30m，将 F_v 与 F_h 进行比较，相比之下能达到最大风速的参数作为修正系数。距离大于 30m，则可以不考虑修正。

表 5.2.2-2 风机—湿帘冷却的风量的速度修正系数表

风机—湿帘系统的长度(m)	F_v	风机—湿帘系统的长度(m)	F_v
6	2.26	20	1.23
8	1.96	22	1.17
10	1.75	24	1.13
12	1.60	26	1.08
14	1.46	28	1.04
16	1.38	30	1.00
18	1.30		

此外，排(送)风机之间的距离应在 7.5m 之内。排风机吹向相邻大棚的填料层的间距应大于 15m。如果相邻大棚之间的风机相向吹风，彼此之间间距应大于 5.0m。

5.2.3 土豆、苹果、柑橘等蔬菜水果的储存温、湿度分别为 13~18℃、85~95%。直接蒸发冷却是经济、高效的冷却加湿降温的技术措施，通过合理送风和良好的气流组织可有效延长仓储周期。根据气候的不同，直接蒸发冷却效率在 90~95% 的范围内。在干热气候区建议使用效率为 95% 的介质。用于储存橘子、柚子和柠檬时，直接蒸发冷却还起着特殊的作用。在装有直接蒸发冷却器的房间里，通过蒸发水分的过程实现水果颜色的变化

(使水果脱绿变黄)。相对湿度较高且温度适中的空气在设备运行过程中不断循环，同时乙烯气体被送入室内（其浓度取决于水果表皮绿色色素的种类和浓度）。直接和间接蒸发冷却也被用作柑橘类水果贮藏的辅助冷藏手段。柑橘在夏季储藏时需要冷藏，但在室外湿球温度较低的秋季、冬季和春季，通常可以使用蒸发冷却来满足所需的室内条件。

5.2.4 空气中灰尘和其他颗粒物会侵入填料造成堵塞，影响湿膜效率和寿命；天冷时，遮挡板可防止有灰尘的空气进入湿帘填料内部。

5.2.6 对于各类动物房舍而言，夏季使用 100% 的直接蒸发冷却新风系统是理想的降温方式，新鲜空气能去除异味并减少氨气等有害气体的影响。在夜间、春季和秋季，直接蒸发冷却也可用于通风。直接蒸发冷却新风系统增加空气流动有助于蒸发冷却降温和对流换热，防止因室温过高导致动物的体能下降、死亡以及繁殖能力下降，可大幅降低禽类死亡率，提高家禽孵化率，并提高其生长速度，以及增加产蛋品质、数量。直接蒸发冷却技术在美国牛、羊、猪的养殖场也应用十分广泛。与其他类型的冷却系统相比，蒸发冷却系统的初始成本、运行和维护费用都相对较低。在干热气候区动物房舍采用直接蒸发冷却系统效果最好。

5.2.7 设计时风机应放置在房屋的一端或中间，在另一端设置直接蒸发冷却器，室内风速为 1.5~2.5m/s。风机的总压降为 30Pa，这意味着直接蒸发冷却介质的压降不能超过 20Pa，设计者必须仔细选择所选设备的大小。另外，可移动局部冷却器也可改善动物房舍的空气环境。

5.2.8 采用水压为 3.5MPa 的高压雾化(除非特殊情况，在禽舍中不建议采用低压水系统)会产生细小的气溶胶，使堆积物小颗粒都得以加湿润湿，比湿帘加湿冷却效率(高)和安装费用更为可取。采用定时器和(或)恒温器控制冷却时间和程度。在炎热

天气下，用喷水雾或小水滴的喷嘴直接给动物身体表面加湿降温，目前首选喷射较大水滴，能直接润湿动物皮肤的喷淋系统。定期按 15~20min 开启，每次开启 2~3min，节约用水。

5.3 户外应用

5.3.1 户外外遮阳和蒸发冷却降温（温）是人们在盛夏活动时常用的抵御曝晒技术措施，高压水喷雾、可移动蒸发冷却机、“倒烟囱”等蒸发冷却设施的采用可有效满足人们的需求，国内外普遍采用。

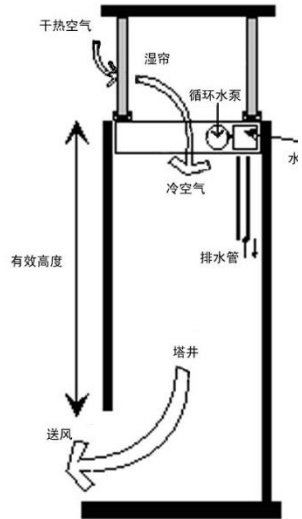


图 5.3.1 “倒烟囱”示意图

6 设备与材料

6.1 一般规定

6.1.1 蒸发冷却制冷技术工程中采用的以风为载冷介质的直接蒸发冷却空调机组、间接蒸发冷却空调机组、复合式蒸发冷却空调机组、联合机械制冷的蒸发冷却空调机组和以水为载冷介质的冷却塔与间接蒸发冷水机组和风机、水泵等以及工程中涉及的材料均应符合国家现行相关产品标准的规定。

6.1.2 蒸发冷却制冷工程中使用的设备与材料在进场时应有产品合格证明书和产品性能检验报告，并经确认满足设计要求。

6.2 设备类型及要求

6.2.1 直接蒸发冷却空调机组是只有水蒸发冷却制冷段的蒸发冷却空调机组；

间接蒸发冷却空调机组分内冷型间接蒸发冷却空调机组和外冷型间接蒸发冷却空调机组。内冷型间接蒸发冷却空调机组的工作原理是空气冷却器利用干燥的二次空气与水进行热湿交换对一次空气进行冷却处理，一般情况二次空气采用室外空气，要求机组排风应顺畅，否则二次空气排风会重新作为一次空气和二次空气被利用，影响蒸发冷却空调机组效果。外冷型间接蒸发冷却空调机组，其中间接蒸发冷却工作原理：空气-水换热器是表冷器，预冷处理室外新风；冷水是由间接蒸发冷水机组提供；预冷后的新风经过直接蒸发制冷段进行热质交换；降低送风温度。

联合机械制冷的蒸发冷却空调机组是在间接蒸发冷却空调机组内增加机械压缩制冷的换热设备，有结合风冷热泵机组蒸发器

和结合水环式热泵机组两种形式；都是将空气冷却器或空气-水换热器预冷后的新风再次冷却后送出。

6.2.2 间接蒸发冷水机组分空气冷却器换热和空气、水换热器制冷原理两种；其中空气冷却器是空气冷却器利用干燥的二次空气与水进行热湿交换对一次空气进行冷却处理，冷却处理后的一次空气与循环水在冷水机组换热填料进行热湿交换，水由液态变为气态，吸收大量热，由湿空气带走排到室外，制取温度较低的冷水；而空气-水换热器通入低温或低温循环水对室外空气进行冷却处理，冷却处理后的室外空气与循环水在冷水机组换热填料进行热湿交换，水由液态变为气态，吸收大量热，由湿空气带走排到室外，制取温度较低的冷水；

蒸发冷却和机械制冷联合的双温冷水系统是将传统机械制冷与间接蒸发冷水机组多元化、有效的结合，制取高温、低温两种温度的冷水；而高温水先供给末端换热器或高温换热器后，回水则作为机械压缩制冷机组的冷却水。

6.2.3 蒸发冷却制冷设备应设排水口、溢水口，排水、溢水应畅通，在使用过程中定期和不定期通过排水、溢水稀释钙离子、碳酸根离子的浓度，避免直接蒸发冷却填料结水垢，从而保证蒸发冷却效率。蒸发制冷循环水长期运行时，空气中的微生物会在集水箱内沉淀，水长时间循环会产生异味；应设定期排水、排污装置。

蒸发冷却制冷设备布置在室外时，冬季停机时应将设备及管道中的水排空；冬季设备制热运行时，应对制冷换热设备内（的）水排空，且考虑防冻措施。

6.3 材料要求

6.3.2 4 对于非金属材质的填料应满足国家现行标准《蒸发冷

却用填料》JB/T 11964 的要求，其它应用和其它材质的填料不应参照此标准执行。

6.4 风管、水管材料要求

6.4.2 国家现行标准 JGJ/T 141-2017《通风管道技术规程》对风管的安装工程从通用规定、制作、安装、检验几方面提出了具体的规定，是制冷工程风管和设备安装的通用要求。

7 施工安装

7.1 一般规定

7.1.1 施工条件具体应包括以下几方面：

1 现场条件：现场环境(实时气候，交通运输条件等)适合进行施工。

2 工程条件：相关专业的配合施工(土建基础，预留预埋设施，给排水，设备电气等)已经具备进场施工条件(按图施工并已经验收合格)。

3 安全条件：现场具有相应的安全保护措施。

7.1.2 施工依据主要包括签订的合同，被批准的施工文件，设计图纸，以及相关变更，甲方认可的签证等。随着我国建筑业的进一步发展，通风与空调工程的施工单位常参与到工程施工图的深化设计，这可以充分利用施工企业的经验，有利于工程施工中管线综合等诸多矛盾的合理解决。但是为了保证工程质量，规定该深化设计图应得到工程设计单位的认可，纳入工程施工图的管理范围。

7.2 空调风系统管道与设备安装

7.2.1 实际施工中为满足内装造型要求，现场有时需要对风口位置进行调整，但应避免影响使用效果，风管末端与风口偏移距离过大即使连接风口使用时也会出现窝风情况，严重影响后期制冷效果，应保证至少有效面积不低于风口面积的80%。

7.3 空调水系统管道与设备的安装

7.3.1 本条规定了空调水系统的设备与附属设备、管道、管道部件和阀门的材质、型号和规格，必须符合设计的基本规定。

7.3.2 挠性橡胶接头安装应保证和水泵进、出口同心，安装完毕后橡胶软接头不应有变形、曲挠、位移等状况；水泵入口前的直管段长度应大于水泵入口直径的3倍，管路内部不应有窝气的地方。水泵连接应为柔性和无应力状态，将有利于系统与设备的正常运行。另外，当水泵安装在减振台座时，应留有泵运行时减振台座下沉的余量。

7.3.3 镀锌钢管表面的镀锌层是管道防腐的主要保护层，为不破坏镀锌层，故提倡采用螺纹连接，并强调镀锌层破坏的表面及外露螺纹部分应进行防腐处理。根据国内工程施工的情况，当管径大于DN100时，螺纹的加工与连接质量不太稳定，采用法兰、沟槽式或其他连接方法更为合适。

7.3.5 支、吊架的安装应平整牢固，与管道接触紧密；管道与设备连接处，应设独立支、吊架；

冷水系统管道总、干管的支、吊架应采用承重防晃管架；与设备连接的管道管架宜有减振措施。当水平支管的管架采用单杆吊架时，应在管道起始点、阀门、三通、弯头及长度每隔15m设置承重防晃支、吊架；

无热位移的管道吊架，其吊杆应垂直安装；有热位移的，其吊杆应向热膨胀(或冷收缩)的反方向偏移安装，偏移量按计算确定；

滑动支架的滑动面应清洁、平整，其安装位置应从支承面中心向位移反方向偏移1/2位移值或符合设计文件规定；

竖井内的立管，每隔2~3层应设导向支架。

7.3.6 本条对空调水系统金属管道支、吊架安装的基本质量要

求做了规定。这个规定已经通过了多年的工程应用，证明可行有效。本条规定的金属管道的支、吊架的最大跨距，是以工作压力不大于 2.0MPa，现在工程常用的绝热材料和管道的口径为条件的。支、吊架的最大口径为 DN300mm，保温管道的间距为 9.5m。对于大于 DN300mm 的管道口径也按这个间距执行。这是因为空调水系统的管道，绝大多数为室内管道，更长的支、吊架距离不符合施工现场的条件。

沟槽式连接管道的支、吊架距离不宜执行本条的规定，宜根据《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的规定固定。水平安装管道支、吊架的间距可参考表 7.3.6 的规定设置。

表 7.3.6 钢管道支、吊架的最大间距

公称直径 (mm)		15	20	25	32	40	50	70	80
支架的最大 间距 (m)	L ₁	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0
	L ₂	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	6.0
公称直径 (mm)		100	125	150	200	250	300	>300	
支架的最大 间距 (m)	L ₁	5.0	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	参考 300(mm) 管道	
	L ₂	6.5	7.5	7.5	9.0	9.5	10.5		

注：1 适用于工作压力不大于 2.0MPa，不保温或保温材料密度不大于 200kg/m³ 的管道系统；

2 L₁用于保温管道，L₂用于不保温管道。

7.3.7 本条对空调水系统的聚丙烯(PP-R)管道支、吊架安装的基本质量要求做了规定。热水系统的聚丙烯(PP-R)管道，其强度与温度成反比，故要求增加其支、吊架支承面的面积，一般宜加倍。

7.3.8 本条规定在于防止建筑物内的高温烟气和火势穿过防火隔墙、楼板和防火墙上的开口和孔隙等蔓延扩散，以保证防火分区的防火安全。如管道因条件限制必须穿过防火隔墙、楼板和防火墙时，要用弹性较好的不燃材料或防火封堵材料将管道周围的

缝隙紧密填塞。对于采用塑料等遇高温或火焰易收缩变形或烧蚀的材质的管道，要采取措施使该类管道在受火后能被封闭，如设置热膨胀型阻火圈或者设置在具有耐火性能的管道井内等，以防止火势和烟气穿过防火分隔体。

7.3.9 空调工程管道水系统安装后必须进行水压试验，试验压力以最低点的压力为准，但最低点的压力不得超过管道与组成件的承受压力。试验压力根据工程系统的设计工作压力分类。

一般建筑的空调工程，绝大部分建筑高度不会很高，空调水系统的工作压力大多不会大于 1.0MPa。符合常规的压力试验条件，即试验压力为 1.5 倍的工作压力，并不得小于 0.6MPa，稳压 10min，压降不大于 0.02MPa，然后降至工作压力做外观检查，外观检查无渗漏为合格。

对于大型或高层建筑垂直位差较大的冷水管道系统宜采用分区、分层试压和系统试压相结合的方法。

分区、分层试压：对相对独立的局部区域的管道进行试压。在试验压力下，稳压 10min，压力不得下降，再将系统压力降至工作压力，在 60min 内压力不得下降、外观检查无渗漏为合格。

对于大型或高层建筑的空调水系统，其系统下部受静水压力的影响，工作压力往往很高，采用常规 1.5 倍工作压力试验方法极易造成设备和零部件损坏。因此，对于工作压力大于 1.0MPa 的空调水系统，规定试验压力为工作压力加上 0.5MPa。这是因为现在空调水系统绝大多数采用闭式循环系统，目的是为了节约水泵的运行能耗，这也就决定了因各种原因造成管道内压力上升不会大于 0.5MPa。这种试压方法在国内高层建筑工程中试用过，效果良好，符合工程实际情况。

以最低处的压力为准。这是因为，如果以系统最高处压力试压，那么系统最低处的试验压力等于 1.5 倍的工作压力再加上高度差引起的静压差值，这在高层建筑中最低处压力将远远超出了

管配件的承压能力。所以，取点为最高处是不合适的。此外，在系统设计时，计算系统最高压力也是在系统最低处，随着管道位置的提高，内部的压力也逐步降低。在系统实际运行时，高度-压力变化关系同样是这样。因此一个系统只要最低处的试验压力比工作压力高出一个 ΔP ，那么系统管道任意处的试验压力也比该处的工作压力同样高出一个 ΔP ，也就是说系统管道的任意处都是有安全保证的，所以条文明确了这一点。

试验压力当设计无规定时，按下列规定试压：

1 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；

2 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；

3 水系统应在冲洗、排污合格，再循环试运行 2h 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。

7.3.10 空调水系统中的阀门质量，是系统工程质量验收的一个重要项目，要求阀门安装前必须进行外观检查，其外表应无损伤、阀体无锈蚀，阀体的铭牌应符合现行国家标准《通用阀门标志》GB/T 12220 的规定。管道阀门的强度试验根据各种阀门的不同要求予以区别对待。

强度试验时，试验压力为公称压力的 1.5 倍，持续时间不少于 5min，阀门的壳体、填料应无渗漏。严密性试验时，试验压力为公称压力的 1.1 倍；试验压力在试验持续的时间内应保持不变，时间可参照表 7.3.10 的规定，以阀瓣密封面无渗漏为合格。

表 7.3.10 阀门压力持续时间

公称直径(mm)	最短试验持续时间(s)	
	严密性试验	
	金属密封	非金属密封
≤ 50	15	15
65 ~ 200	30	15
250 ~ 450	60	30
≥ 500	120	60

注：压力试验的介质为纯净水。用于不锈钢阀门的试验水，氯离子含量不得高于 25mg/L。

当离心式水泵的扬程大于 20m 或有两台以上的水泵并联时，应在每台水泵的出口管路上设止回阀。

7.3.11 本条规定了空调水系统中水泵及附属设备的安装必须遵守的内容。

7.3.12 本条主要对空调系统应用的冷却塔及附属设备安装的基本质量要求做了规定。

7.3.13 本条规定了空调水系统其他附属设备安装必须遵守的内容。

7.3.14 由于间接蒸发冷却冷水机组现场组装的情况较多，除了注意条文中的要求，在多机组风筒组装时应保证喉部尺寸、齿轮箱及电机底座安装前校平。风机安装后风机的叶片角度、叶片端部与风筒壁的间隙应均匀，管道与冷水机组连接的除污器或过滤器方向正确且便于清污和拆装、清洗。过滤器滤网的材质、规格和包扎方法应符合设计要求。多台冷水机组共同运行时，建议单独为其建立一个水池或机组之间的水箱设置连通管将其连接，以更好地保证机组之间的平衡。间接蒸发冷却冷水机组建议安装于系统最高点，如无条件实施时，系统应采用 U 形弯的设计理念，同时在机组回水管路上设置电动阀与水泵联动，保证系统的安装运行。

7.3.16 本条规定了风机盘管及其他空调设备安装必须遵守的内

容。

7.3.17 本条规定了管道补偿器安装必须遵守的内容。安装后管道补偿器的补偿(预拉伸或预压缩)量、方向和固定支架的设置应满足设计要求。

7.3.18 本条对空调水系统管道部件安装的基本质量要求做了规定。

7.4 防腐与绝热

7.4.3 本条除规定防腐涂料的品种与涂层层数必须符合设计要求外,还规定涂料的底漆和面漆应能相互兼容,涂料底漆和面漆尽量采用同一厂家的产品,以保证防腐工程的质量。

7.4.4 为了提高防腐涂料的使用安全,保障工程质量,故作此规定。

7.4.5 油漆可分为底漆和面漆。底漆以附着和防锈蚀的性能为主,面漆以保护底漆、增加抗老化性能和调节表面色泽为主。非隐蔽明装部分的支、吊架,如不刷面漆会使防腐底漆很快老化失效,且不美观。

7.4.6 本条对空调工程中防腐涂料、油漆涂层施工的基本质量要求做了规定。

7.4.7 空调工程施工中,一些空调设备或风管与管道的部件,需要进行油漆修补或重新涂刷。在此类操作中应注意对设备标志的保护与对风口等的转动轴、叶片活动面的防护,以免造成标志无法辨认或叶片粘连影响正常使用等问题。本条还提议对管道系统中的法兰、阀门及Y形水过滤器等部位的绝热施工,应采用单独可拆卸的结构。

7.4.8 规定了绝热工程施工的前提条件,管道的绝热施工是管道安装工程的后道工序,只有当前道工序完成,并在系统强度与

严密性试验合格后才能进行。风管系统的严密性检验，是指对风管系统所进行的外观质量与漏风量的检验。

7.4.9 本条文规定了空调工程系统风管和水管道使用的绝热材料必须是不燃或难燃材料，其外包的防潮层和保护层也必须是不燃或难燃材料，不得为可燃材料。从防火的角度出发，绝热材料应尽量采用不燃的材料。但是，从绝热的使用效果、性能等诸条件来对比，难燃材料还有其相对的长处，在工程中还占有一定的比例。难燃材料一般用易燃材料作基材，采用添加阻燃剂或浸涂阻燃材料而制成。它们的外形与易燃材料差异不大，很易混淆。无论是国内还是国外，都发生过空调工程中绝热材料被引燃后造成恶果的现象。为此，条文明确规定，当工程绝热材料为难燃材料时，必须对其难燃性能进行验证，合格后方准使用。

常用的绝热材料包括下列类型：

1 板材：岩棉板、铝箔岩棉板、超细玻璃棉毡、铝箔超细玻璃棉板、自熄性聚苯乙烯泡沫塑料板、阻燃聚氨酯泡沫塑料板、发泡橡塑板、铝镁质隔热板等。

2 管壳制品：岩棉、矿渣棉、玻璃棉、硬聚氨酯泡沫塑料管壳、铝箔超细玻璃棉管壳、发泡橡塑管壳、聚苯乙烯泡沫塑料管壳、预制瓦块（泡沫混凝土、珍珠岩、蛭石）等。

3 卷材：聚苯乙烯泡沫塑料、岩棉、发泡橡塑、铝箔超细玻璃棉等。

常用的防潮层材料有：树脂玻璃布、聚乙烯薄膜、夹筋铝箔（兼保护层）等。

常用的保护层材料有：镀锌钢丝网、玻璃丝布、铝板、镀锌铁板、不锈钢板、铝箔纸等。

其他材料有：铝箔胶带、胶粘剂、防火涂料、保温钉等。

7.4.10 本条对风管部件绝热施工的基本质量要求做了规定。绝热层应满铺无遗漏，其厚度应保证在允许公差范围之内。

7.4.11 本条对空调工程中采用橡塑绝热材料施工的基本质量要求做了规定。

7.4.12 本条对空调风管绝热层采用保温钉进行固定连接施工的基本质量要求做了规定。

7.4.13 本条对空调水系统管道采用玻璃棉或岩棉管壳绝热材料施工的基本质量要求做了规定。

7.4.14 本条对绝热防潮层和带有防潮层绝热材料施工的基本质量要求做了规定。

7.4.15 绝热涂料是一种新型的不燃绝热材料，施工时直接涂抹在风管、管道或设备的表面，经干燥固化后即形成绝热层。该材料的施工，主要是涂抹性的湿作业，故规定要涂层均匀，不应有气泡和漏涂等缺陷。当涂层较厚时，应分层施工。

对于采用直接喷涂聚氨脂发泡材料的绝热施工时，其涂层均匀是关键。

7.4.16 本条对绝热层金属保护壳安装的基本质量要求做了规定。金属保护壳一是起到保护绝热层的作用，二是起到提高绝热管道感观和清洁的作用。前者强调接口的连接严密、顺水不渗漏，后者强调的是外表应平整、美观。

7.4.17 对于空调各管路系统，应根据设计要求，进行色标的标识，以方便工程的运行和维修管理。

7.4.18 规定了电加热器前后各 800mm 和防火墙两侧 2m 范围内风管的绝热材料，必须为不燃材料。这主要是为了防止电加热器可能引起绝热材料的自燃和杜绝邻室火灾通过风管或管道绝热材料传递的通道。

8 调试、验收、检验

8.1 一般规定

8.1.1 本条明确规定通风与空调工程完工后竣工验收的系统调试，应以施工企业为主，设计单位、建设单位参与配合。

8.1.2 本条对通风与空调工程的调试，做了应编制调试方案的规定。

8.1.3 本条对系统调所用的仪器、仪表性能和溯源要求进行了规定，同时按照计量器具检定规程的要求在开展调试工作前送计量部门鉴定或校准实验室校准，仪器精度可参见表 8.1.3。

表 8.1.3 试验仪表

测量参数	测量仪表	测量项目	仪表精度
温度	水银温度计、干湿球温度计、电阻温度计、热电偶温度计	空气进出口干湿球温度、水温、换热设备进出口温度	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
压力	微压计(倾斜式、补偿式可自动传感式)	空气静压和动压	$\pm 1\text{Pa}$
	水压表	表冷段、水系统压力	$\pm 2\%$
	大气压力计	大气压力	$\pm 2\text{ hPa}$
水流量	流量计、重量式或容量式液体定量计	水流量	1%
风量	皮托管	机组风量和风压	GB/T1236
风速	风速仪	断面风速均匀度等	0.25m/s
电压	电压表	电参数	0.5 级
电流	电流表		
功率	功率表		
噪声	声级计	机组噪声	1dB(A)

时间	秒表	水量等	0.1s
长度	卷尺	框架误差	1mm
重量	天平	飘水率	0.1g

注：1 %指被测量值的百分数。

8.2 调试

8.2.1 空调系统、设备单机试运转和无生产负荷的联动试运转及调试涉及的一般项目质量要求做出了规定，它包括设备的单机试运转和调试及无生产负荷条件下的联合试运转及调试两大内容。这是必须进行的工艺过程，其中，系统无生产负荷条件下的联合试运转及调试，还可分为单个或多个子分部工程系统的联合试运转与调试，及整个分部工程系统的联合试运转与平衡调整。

8.2.2 本条对通风与空调系统对无生产负荷条件下的联合试运转及调试，其无故障正常运转的时间要求做了规定。设计满负荷工况条件是指在建筑室内设备与人和室外自然环境都处于最大负荷的条件，在现实工程建设交工验收阶段很难实现。即使在工程已经投入使用，还需要有室外气象条件的配合，故条文做了规定。空调工程涉及的系统较多且复杂，规定的正常的联合试运转的时间为8h。通风工程相对较单一，定为2h。

8.2.3 本条规定了蒸发冷却冷水系统的单机试运转应达到的要求。

8.2.4 本条规定了系统无生产负荷条件下的联动试运转及调试，应达到的要求。

调试前应与设计沟通，明确各个风系统的设计风量值。对于空调系统来说，都有一个空气过滤器在使用后由于积尘会增加系统的阻力的特性，因此系统调试的初始风量应大于或等于设计风量，为正偏差。

对于蒸发冷却冷水机组和冷却塔系统运行在无生产负荷的条件下，系统对设备要求的供冷量多低于设计的最大需求量，因此蒸发冷却冷水机组的供、回水的温度和冷却塔的出水温度应完全能满足设计要求，并应有富裕。

8.2.5 防排烟系统是建筑内的安全保障设备系统，必须符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251 的相关规定。

8.2.6 本条规定了系统无生产负荷条件下的联动试运转的时间规定。

8.2.7 本条对空调工程的控制和监测设备，与系统的检测元件和执行机构的沟通，以及整个自控系统正常运行的基本质量要求做了规定。

8.4 现场检验

8.4.2 1 由于测试环境的不同，不同位置的新风进风温度、湿度有可能存在数据差异，所以测试时注意对应测试系统和相应数据。