

第8章 空调水系统

- 空调水系统的作用，就是以水作为介质在空调建筑物之间和建筑物内部传递冷量或热量。
- 水系统中除了冷水机组、管道和末端设备外，还有：
循环泵、膨胀水箱、分水器和集水器、自动排气阀、除污器、水过滤器、水量调节阀及控制仪表等。

空调水系统

冷热水系统

7/12°C

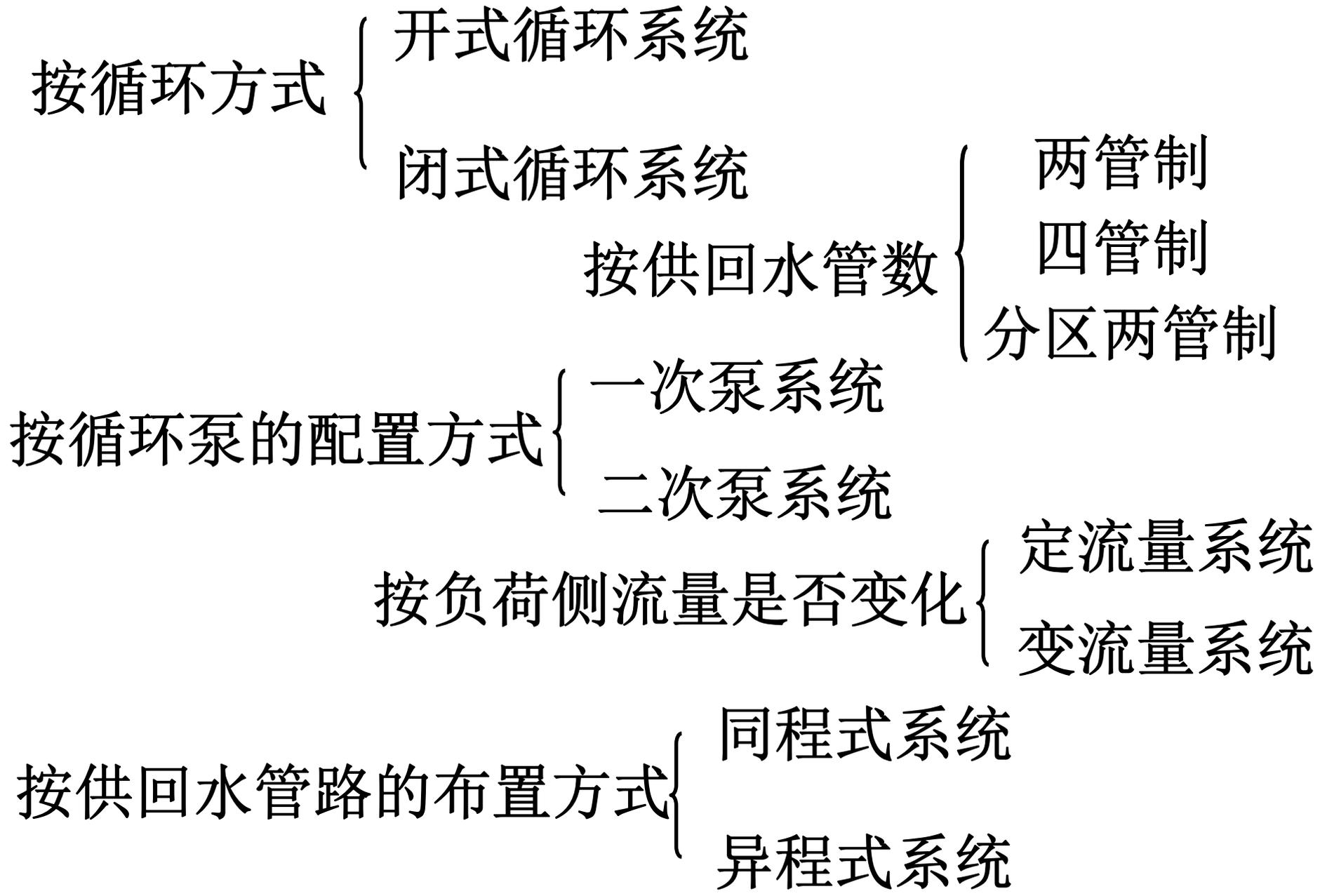
60/50°C

冷却水系统

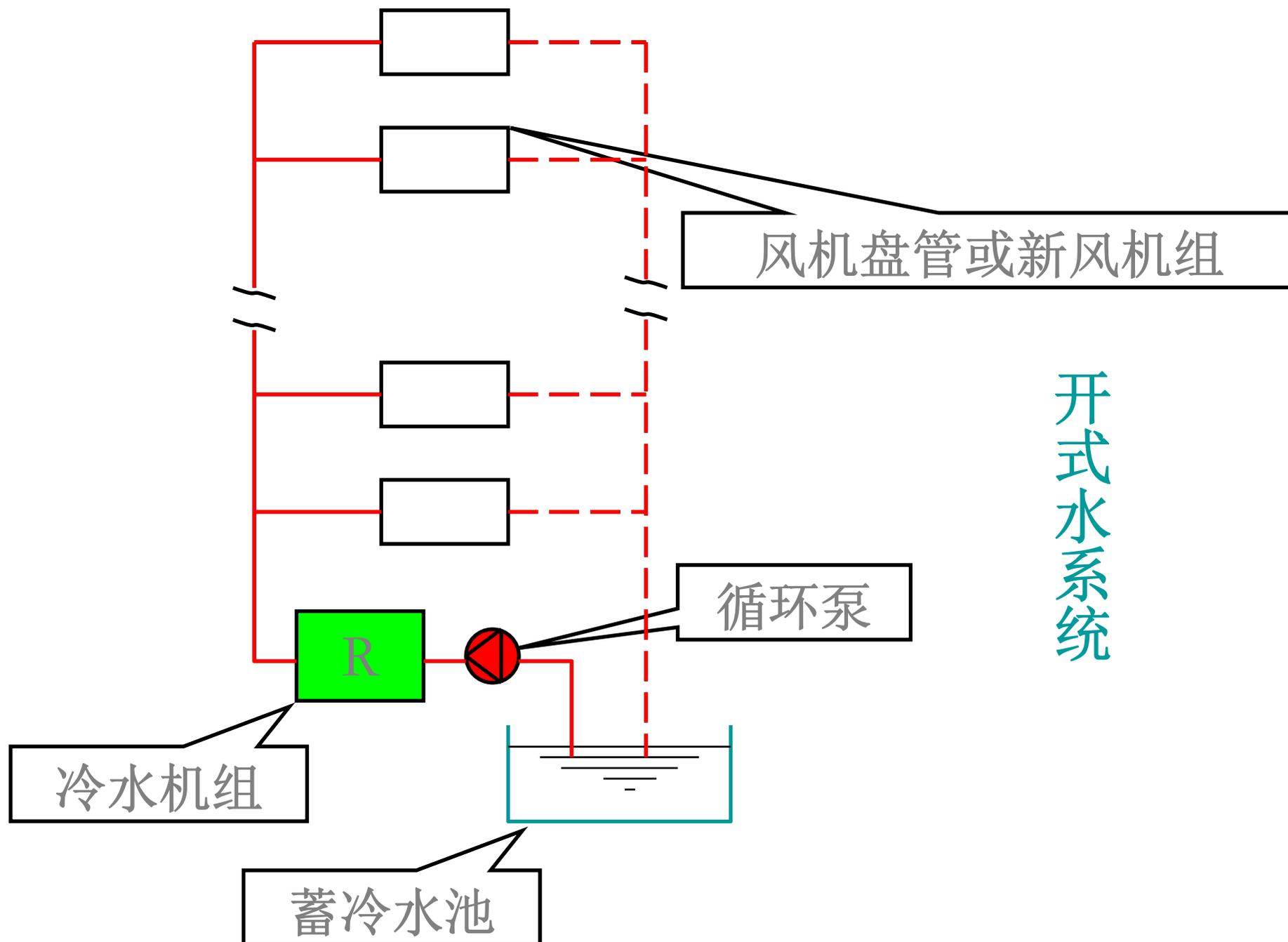
冷凝水系统



8.1 空调冷热水系统的形式

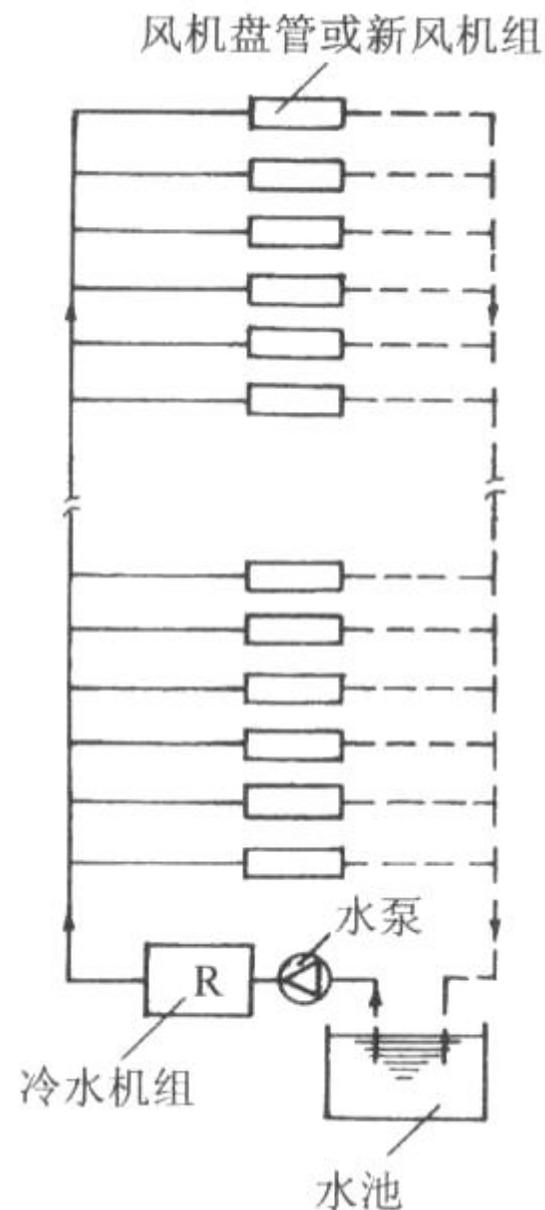


8.1.1 开式循环系统和闭式循环系统

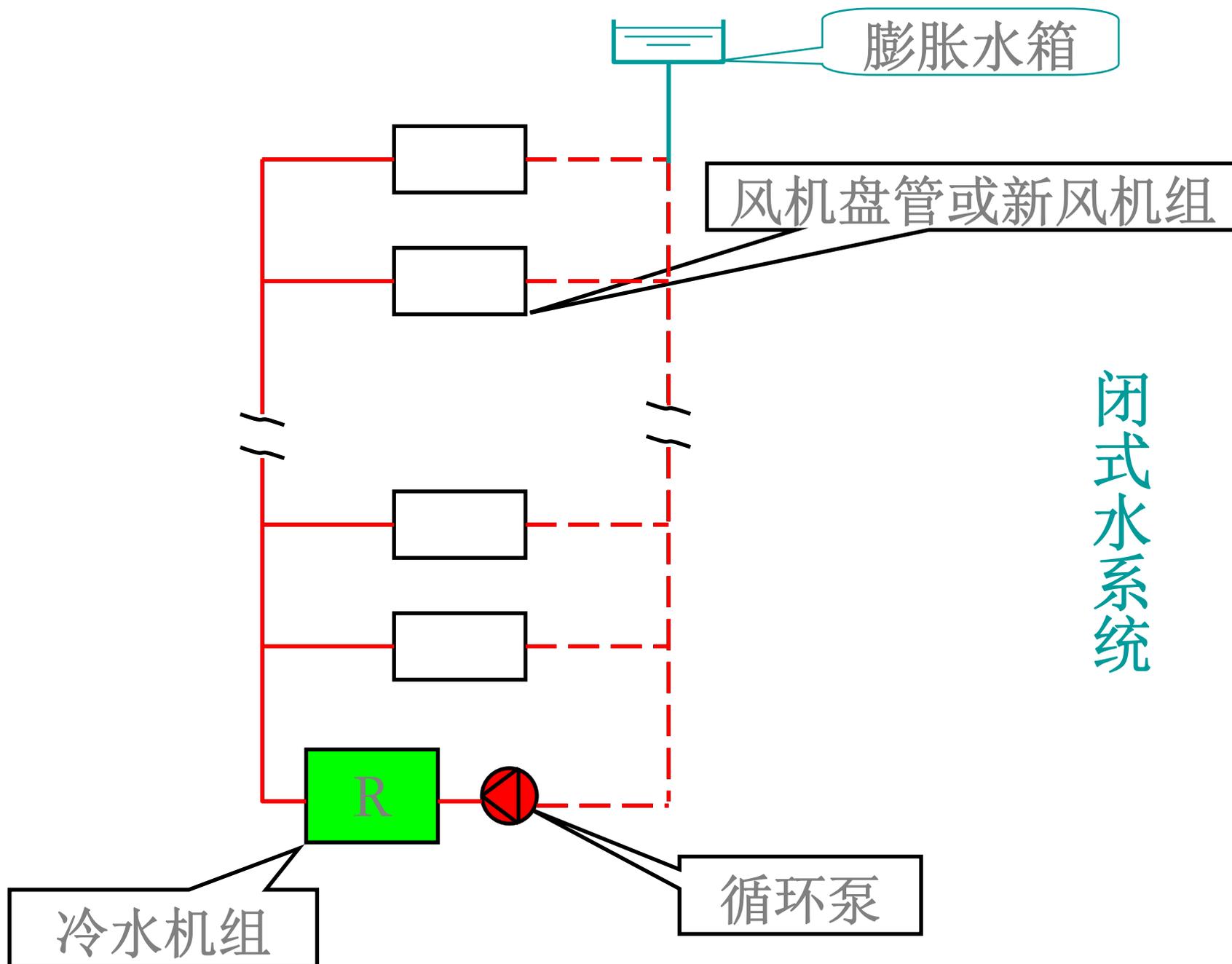


开式循环系统的特点是：

- ①水泵扬程高（除克服环路阻力外，还要提供几何提升高度和末端资用压头），输送耗电量大；
- ②循环水易受污染，水中总含氧量高，管路和设备易受腐蚀；
- ③管路容易引起水锤现象；
- ④该系统与蓄冷水池连接比较简单（当然蓄冷水池本身存在无效耗冷量）。

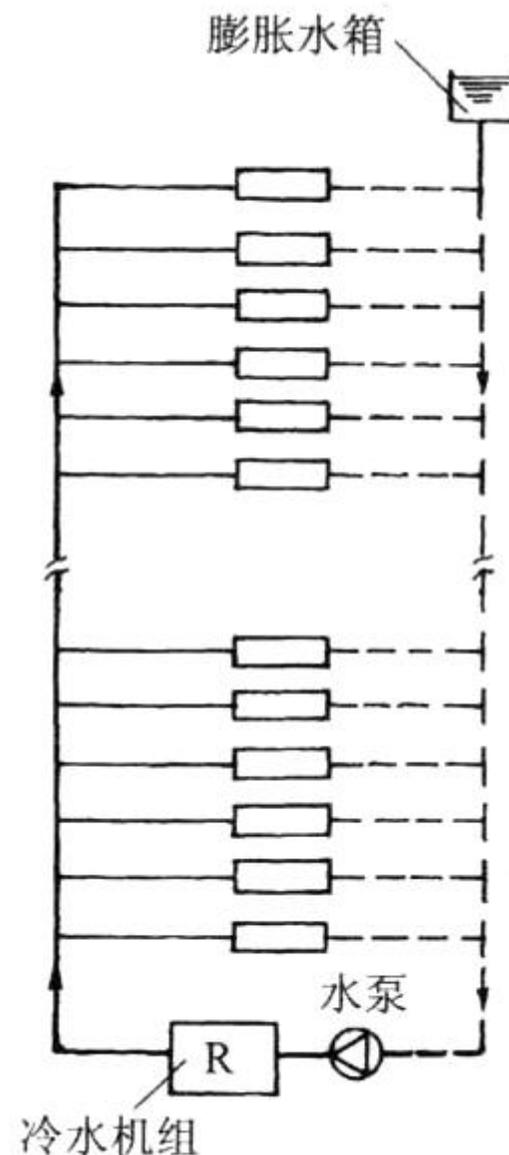


8.1.1 开式循环系统和闭式循环系统



闭式循环系统的特点是：

- ①水泵扬程低，仅需克服环路阻力，与建筑物总高度无关，故输送耗电量小；
- ②循环水不易受污染，管路腐蚀程度轻；
- ③不用设回水池，制冷机房占地面积减小，但需设膨胀水箱
- ④系统本身几乎不具备蓄冷能力，若与蓄冷水池连接，则系统比较复杂。



8.1.2 两管制、四管制及分区两管制水系统

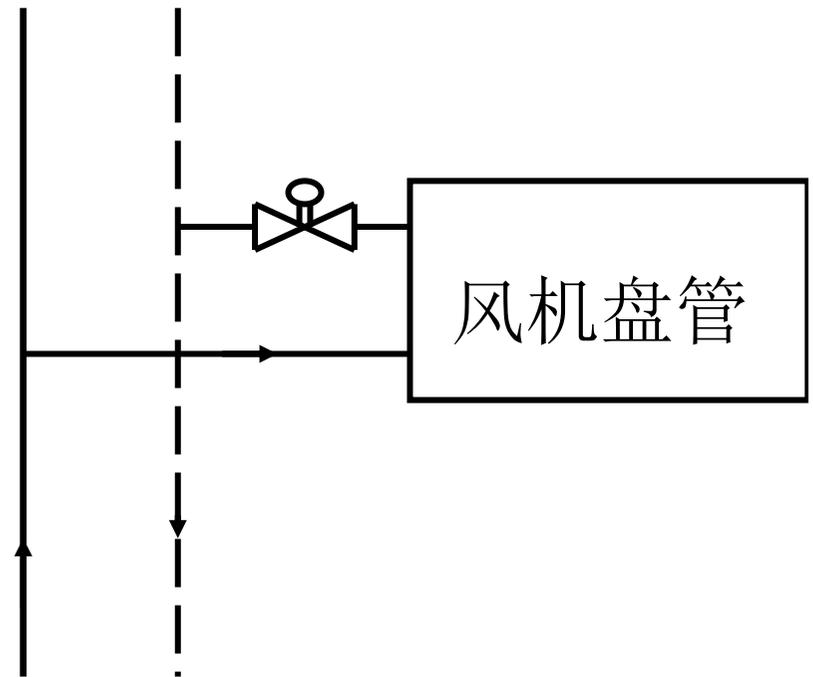
两管制水系统是指仅有一套供水管路和一套回水管路的水系统，供水管路夏季供冷水，冬季供热水。

《公共建筑节能设计标准》

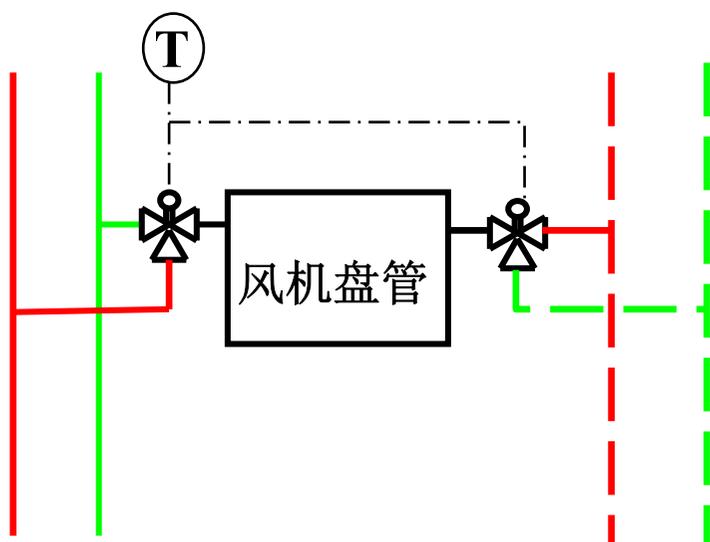
(GB 50189—2015)

当建筑所有区域只要求按季节同时进行供冷和供热转换时，应采用两管制空调水系统。

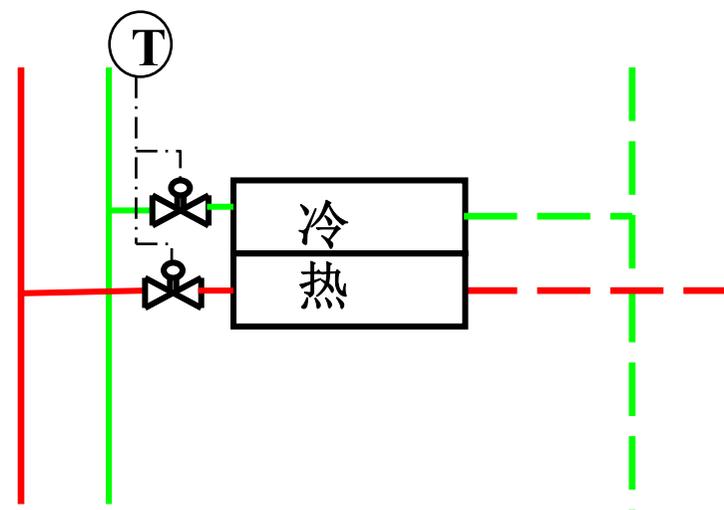
从我国的国情出发，两管制系统能满足绝大部分旅馆的空调要求，同时也是多层或高层民用建筑广泛采用的空调水系统方式。



四管制水系统是指冷水和热水的供回水管路全部分开设置的水系统。就末端设备而言，有单一盘管和冷热盘管分开的两种形式。



单一盘管



冷热盘管分开

优点：①各末端设备可随时自由选择供热或供冷的运行模式，相互没有干扰，所服务的空调区域均能独立控制温度等参数；②节省能量，系统中所有能耗均可按末端的要求提供，不像三管制系统那样存在冷、热抵消的问题。

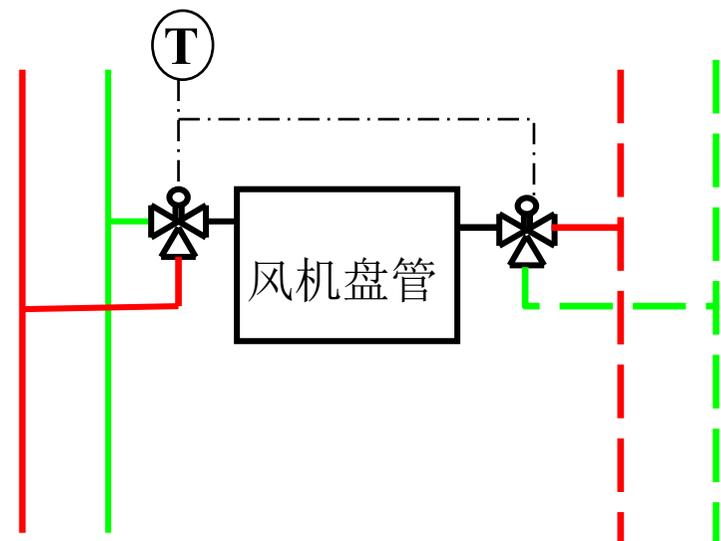
缺点：①投资较大，运行管理相对复杂②由于管路较多，系统设计变得较为复杂，管道占用空间较大。

《公共建筑节能设计标准》

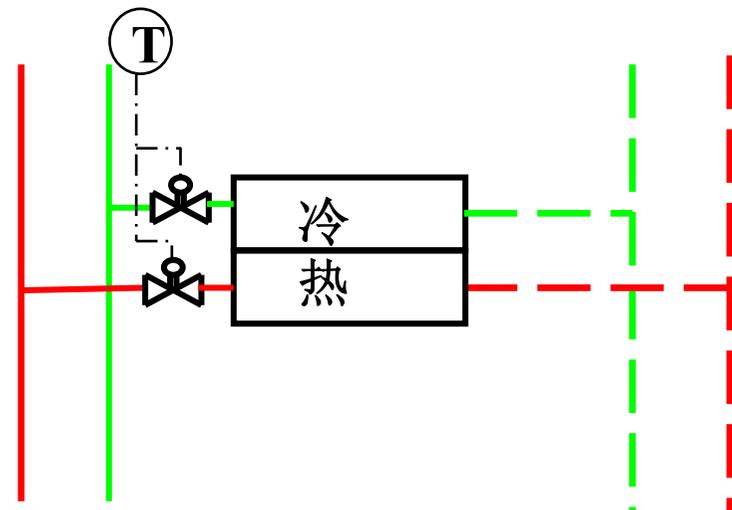
(GB 50189—2015)

当空调水系统的供冷和供热工况转换频繁或需同时使用时，宜采用四管制空调水系统。

适合于内区较大，或建筑空调使用标准较高且投资允许的建筑中。



单一盘管



冷热盘管分开

两管制系统
调节功能不足

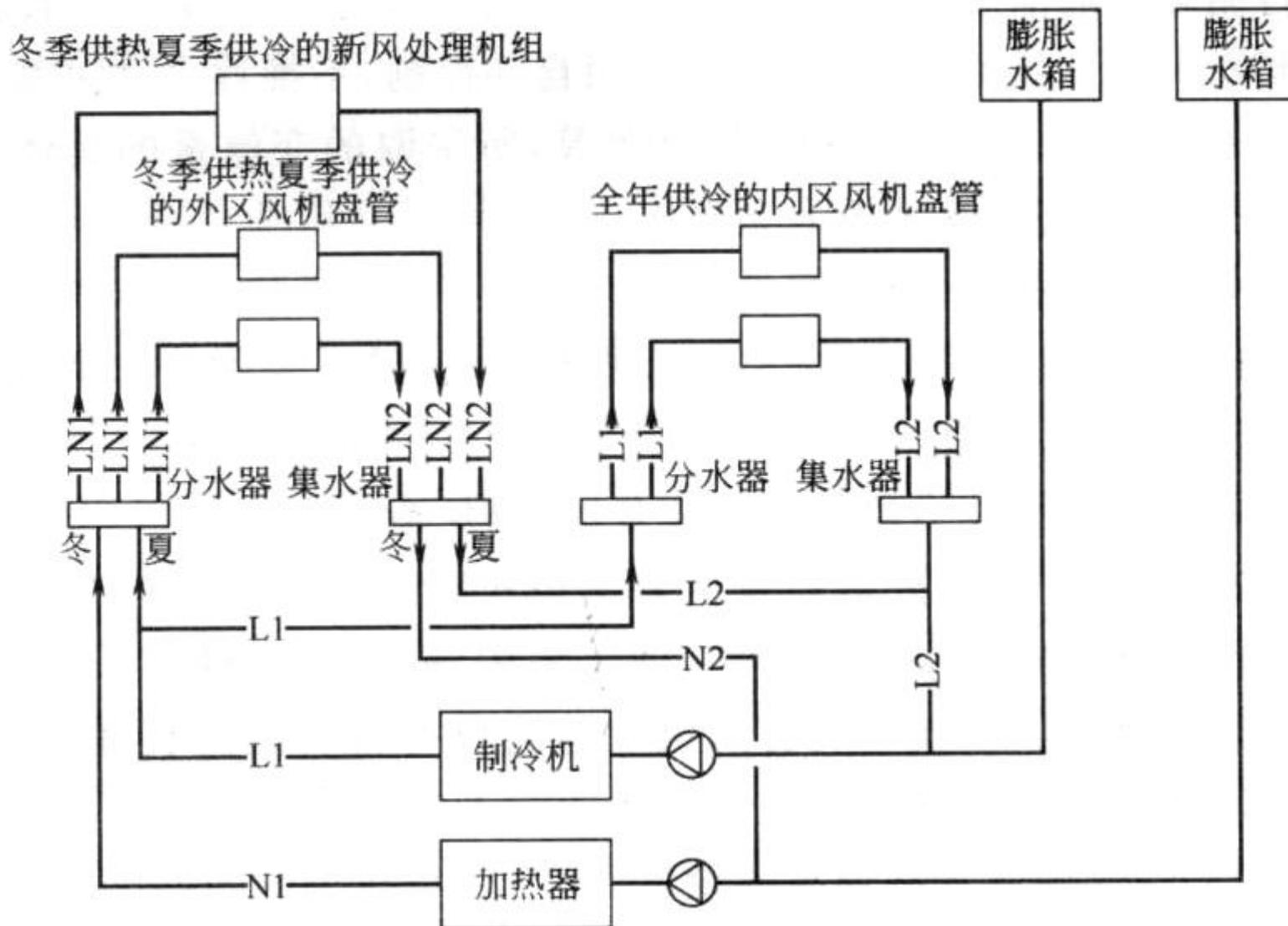
四管制系统
增加投资



分区两管制水系统

按建筑物的负荷特性将空气调节水路分为冷水和冷热水合用的两个两管制系统。需全年供冷区域的末端设备只供应冷水，其余区域末端设备根据季节转换，供应冷水或热水。

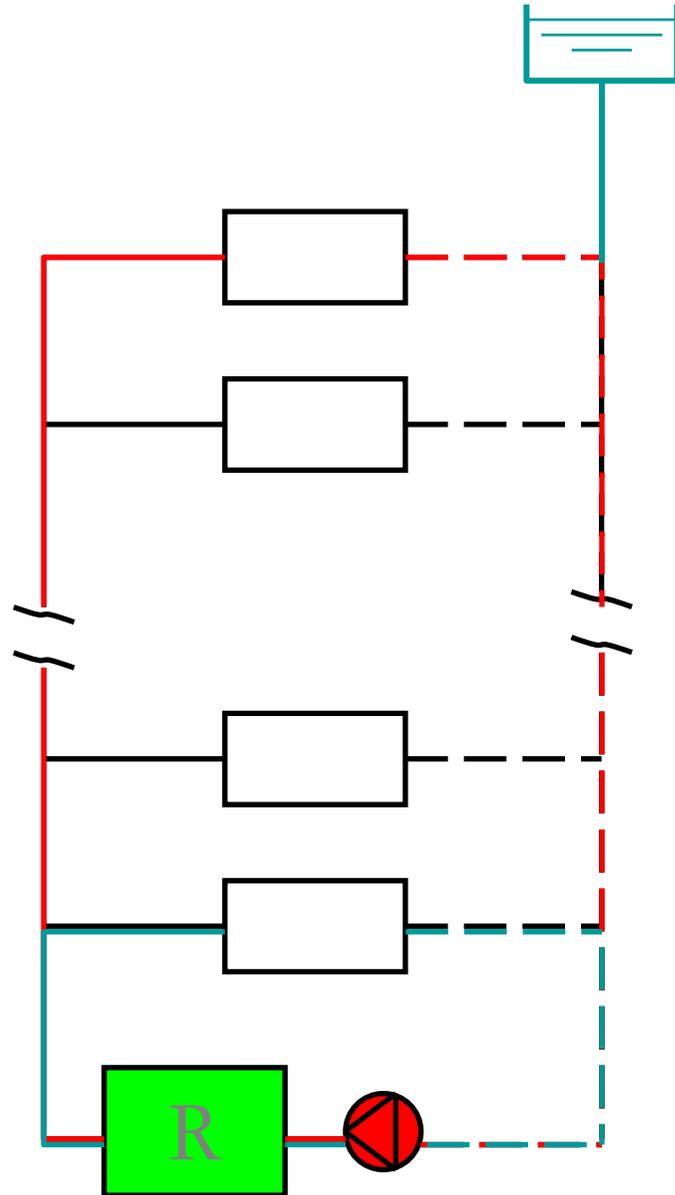
《公共建筑节能设计标准》（GB 50189—2015）规定：当建筑内一些区域的空调系统需全年供冷，其他区域仅要求按季节进行供冷和供热转换时，可采用分区两管制空调水系统。



分区两管制系统与现行两管制系统相比，其初投资和占用建筑空间与两管制系统相近，在分区合理的情况下调节性能与四管制系统相近，是一种既能有效提高空调标准，又不明显增加投资的方案，其设计与相关空调新技术相结合，可以使空调系统更加经济合理。

8.1.3 同程式与异程式系统

异程式水系统



异程式水系统中，水流经每个末端设备的路程是不相同的。

优点：

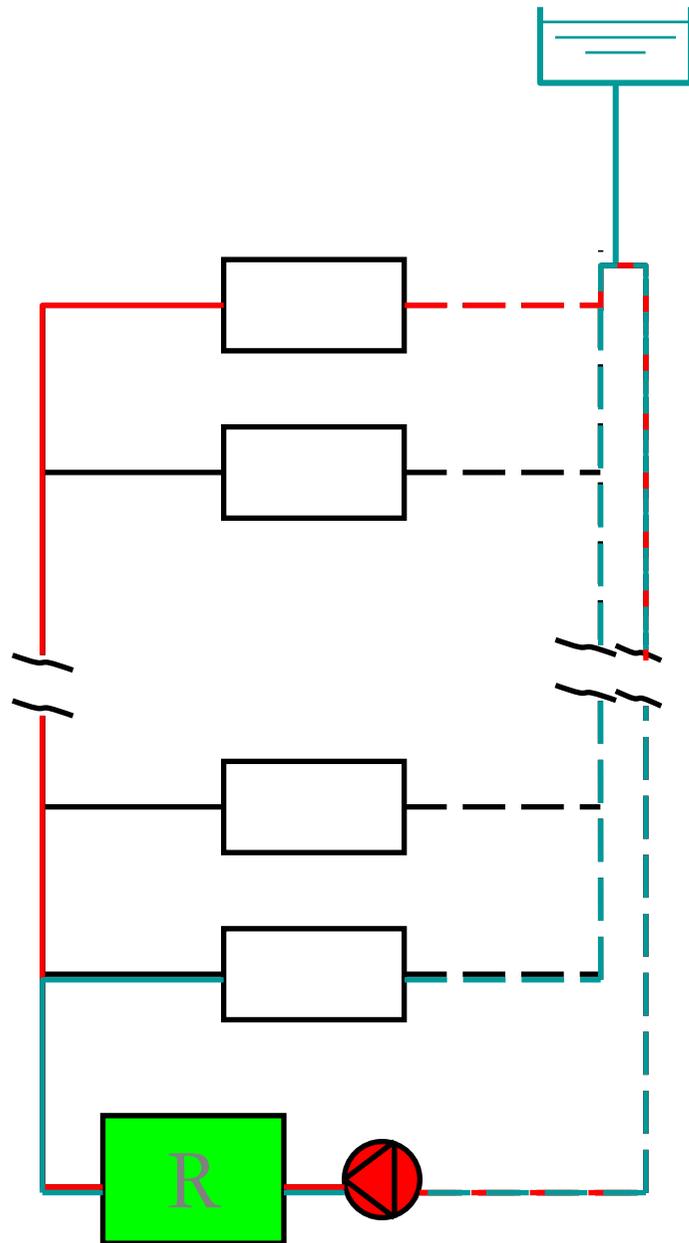
管路配置简单，管路长度短，初投资低。

缺点：

各环路阻力不平衡，流量分配不均匀可能性大。

8.1.3 同程式与异程式系统

同程式水系统



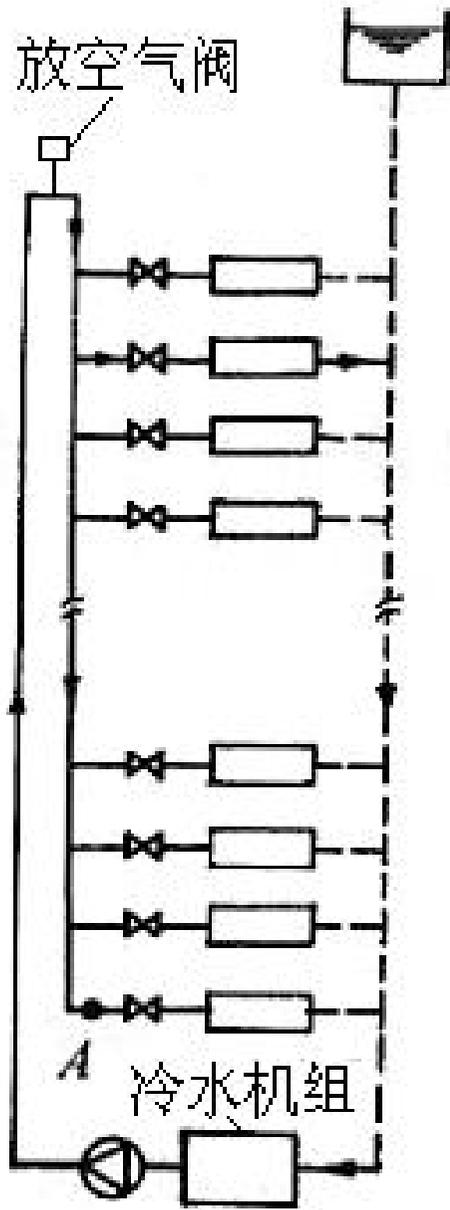
同程式水系统中，水流经每个末端设备的路程是相同的。

优点：

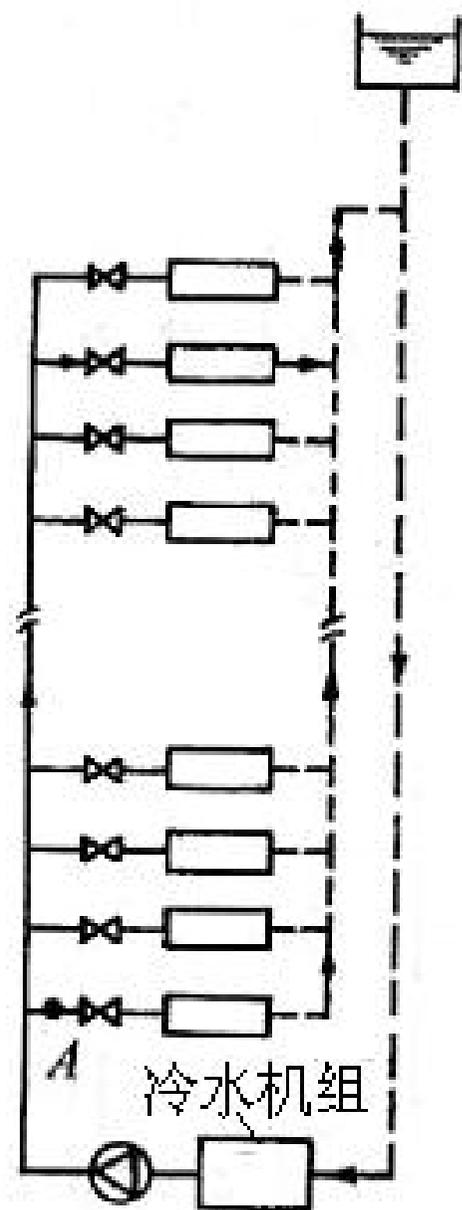
各末端环路的水流阻力较为接近，有利于水力平衡，流量分配均匀。

缺点：

管路布置较复杂，管路长，初投资相对较大。



(a)



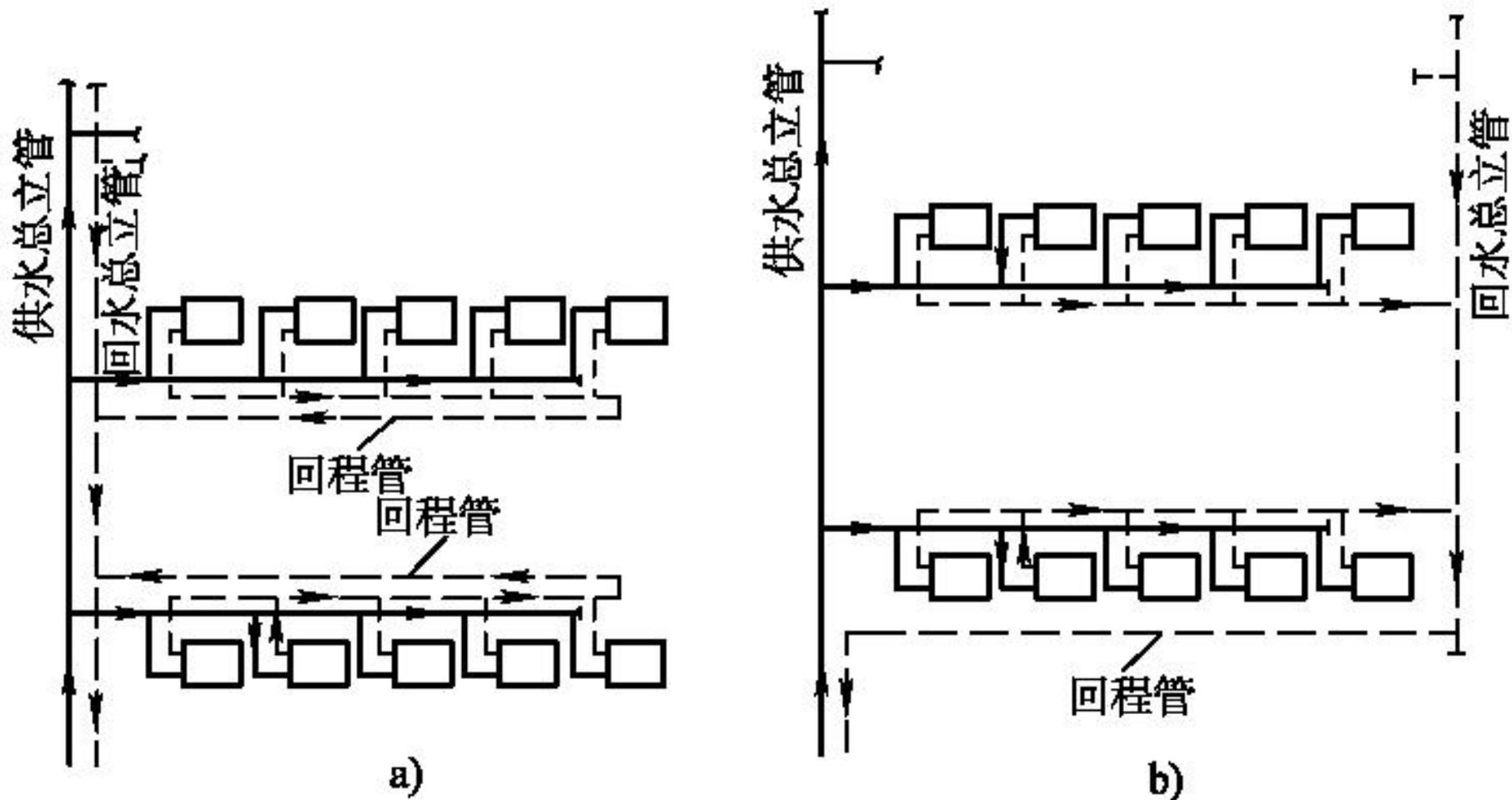
(b)

选择题

从底层末端设备
所承受的水压看

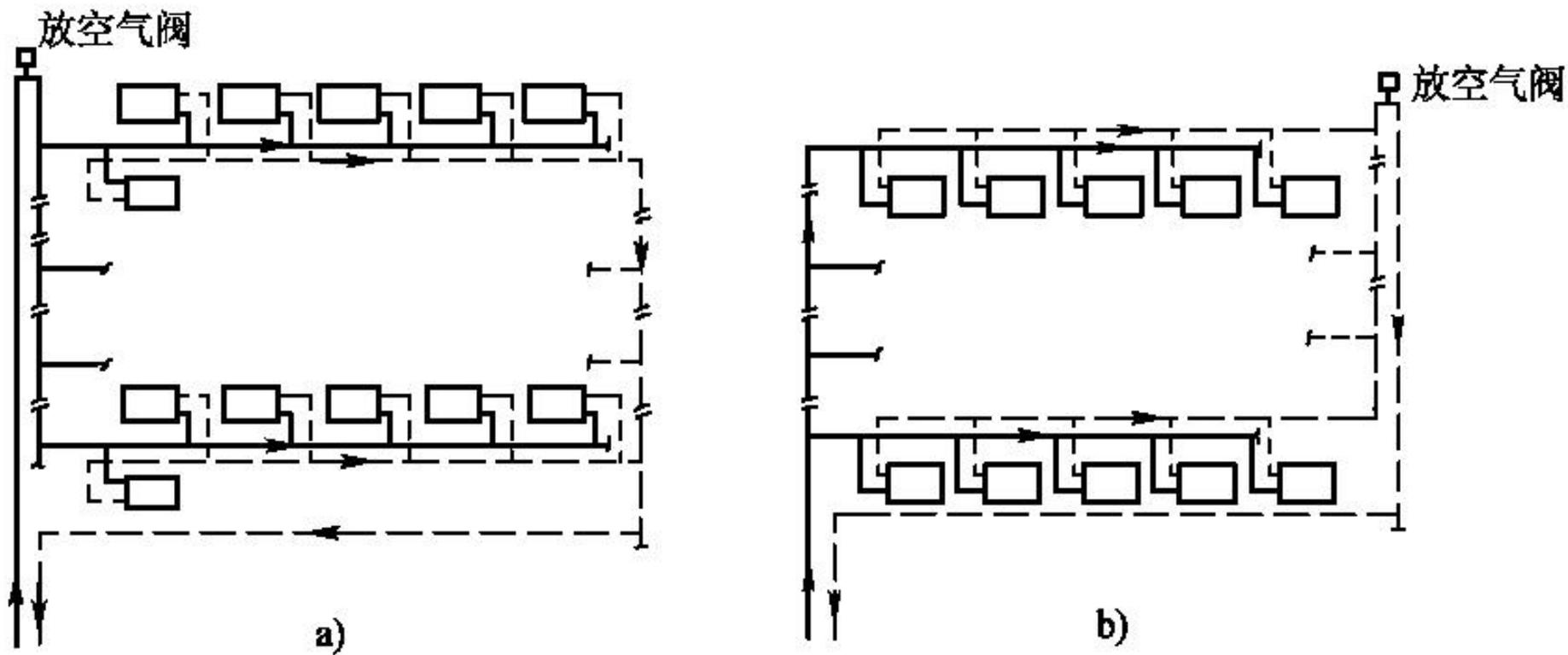
1. a的布置优于b
2. b的布置优于a

垂直（竖向）同程的管路布置



水平同程的管路布置

若水平管路较长，宜采用方式（ b ）



垂直同程和水平同程的管路布置

当建筑物总高度高，水系统的静压大时，工程上优先采用 **a** 方案

- 垂直（竖向）同程主要解决各个楼层之间的末端设备环路的阻力平衡问题。
- 水平同程则解决由每一组末端设备之间环路的阻力平衡问题。
- 如果受土建竖井尺寸的影响，按垂直同程总立管布置不下，总立管也可不用垂直同程，但必须人为地将总立管的管径型号放大，以求得各楼层之间的水力平衡。
- 当管路系统较小，支管环路上末端设备的阻力大，其阻力占负荷侧干管环路阻力的 $\frac{2}{3}$ — $\frac{4}{5}$ 时，可采用异程式系统。

8.1.4 定流量和变流量系统

- ✓ 整个冷水循环管路可分为冷源侧环路和负荷侧环路两部分
- ✓ 冷源侧应保持定流量运行，原因：
 - 保证冷水机组蒸发器的传热效率
 - 避免蒸发器因缺水而冻裂
 - 保持冷水机组工作稳定
- ✓ 空调水系统是按定流量还是按变流量运行均指负荷侧环路而言

8.1.4 定流量和变流量系统

定流量系统：

系统中循环水量保持不变，当空调负荷变化时，通过改变供、回水的温差来适应。

变流量系统：

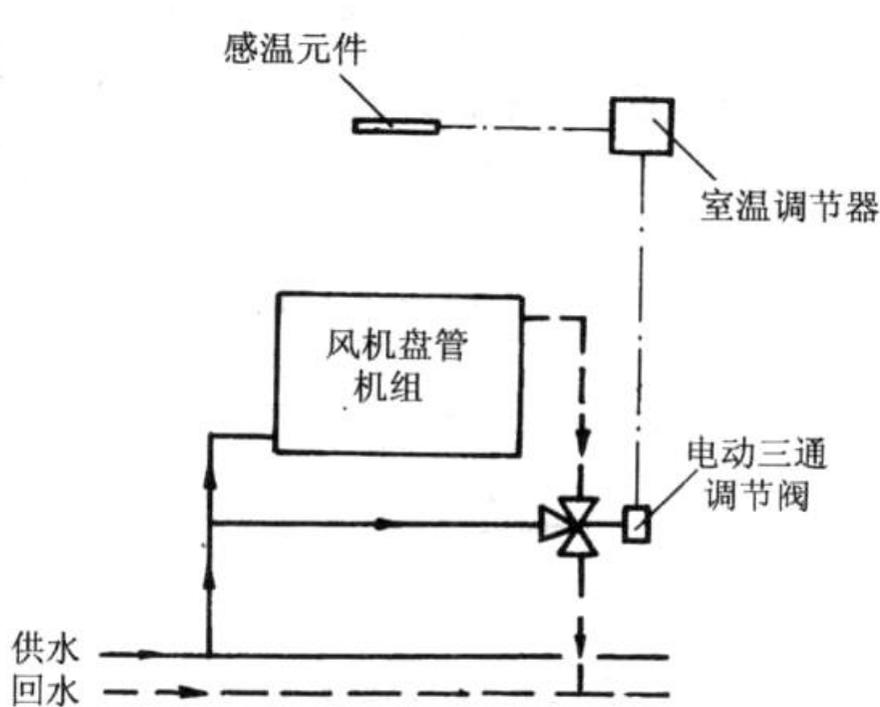
系统中供、回水温差保持不变，当空调负荷变化时，通过改变供水量来适应。

《民用建筑供暖通风与与空气调节设计规范》

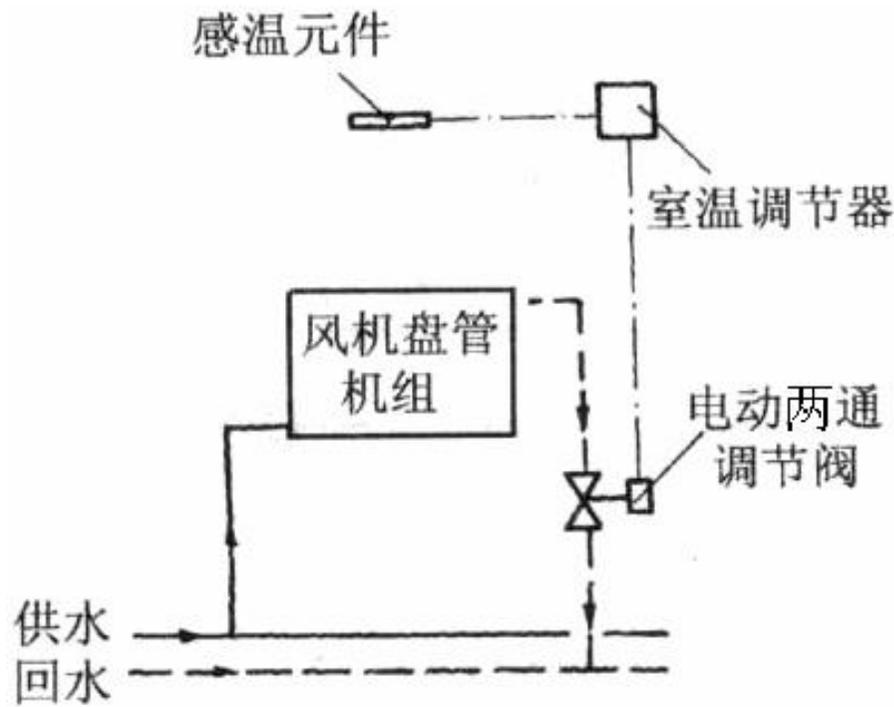
(GB 50736-2012)

冷水水温和供回水温差要求一致且各区域管路压力损失相差不大的中小型工程，宜采用变流量一级泵系统。

负荷侧空调末端设备的能量调节方法



利用电动三通阀进行
机组能量调节的原理图

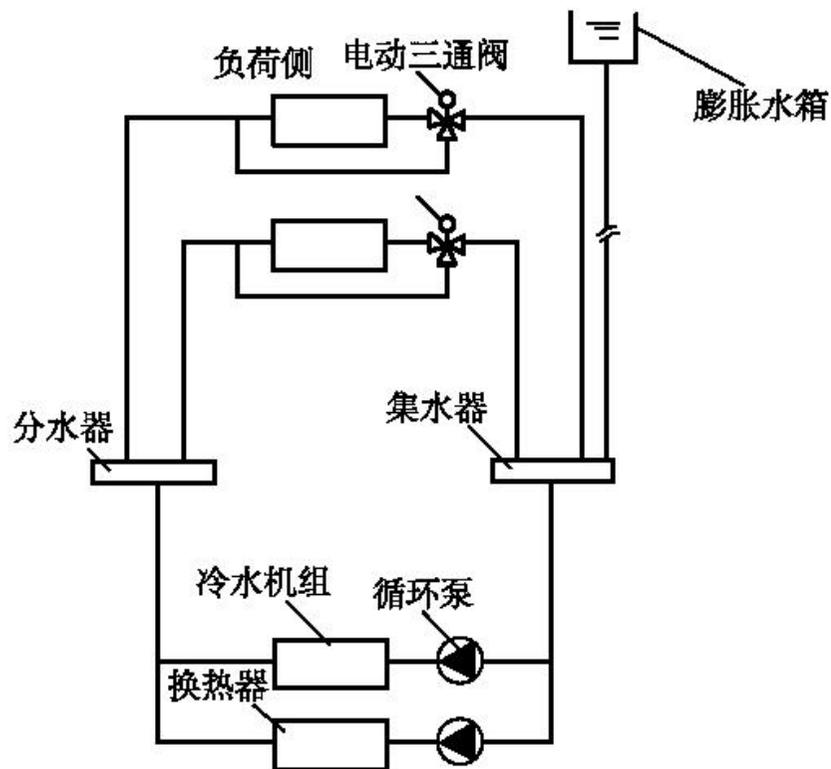


利用电动两通阀
进行机组能量调节的原理图

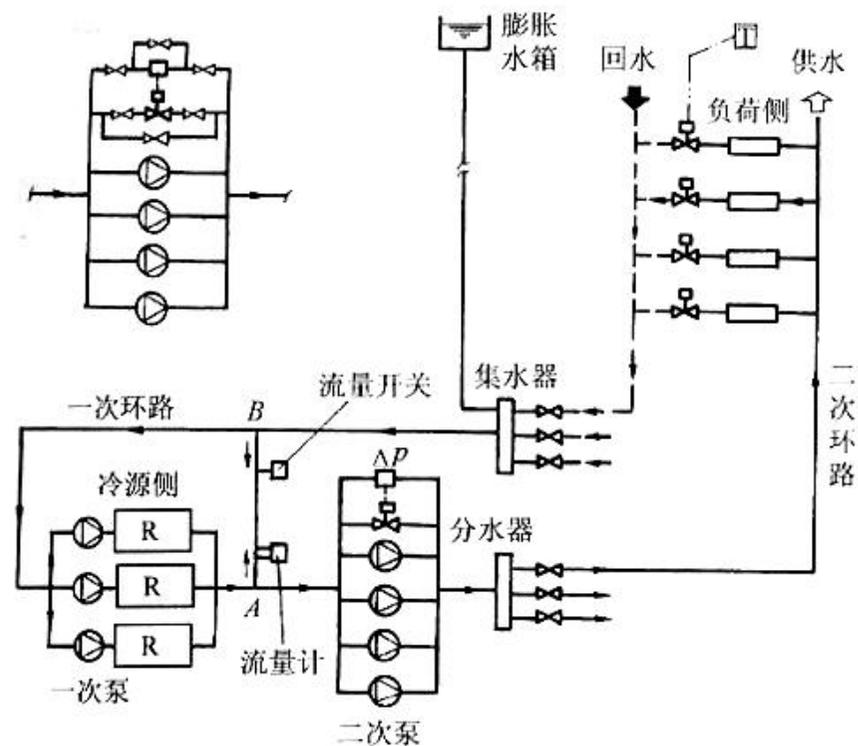
哪种方式水系统节能？

8.1.5 一次泵系统与二次泵系统

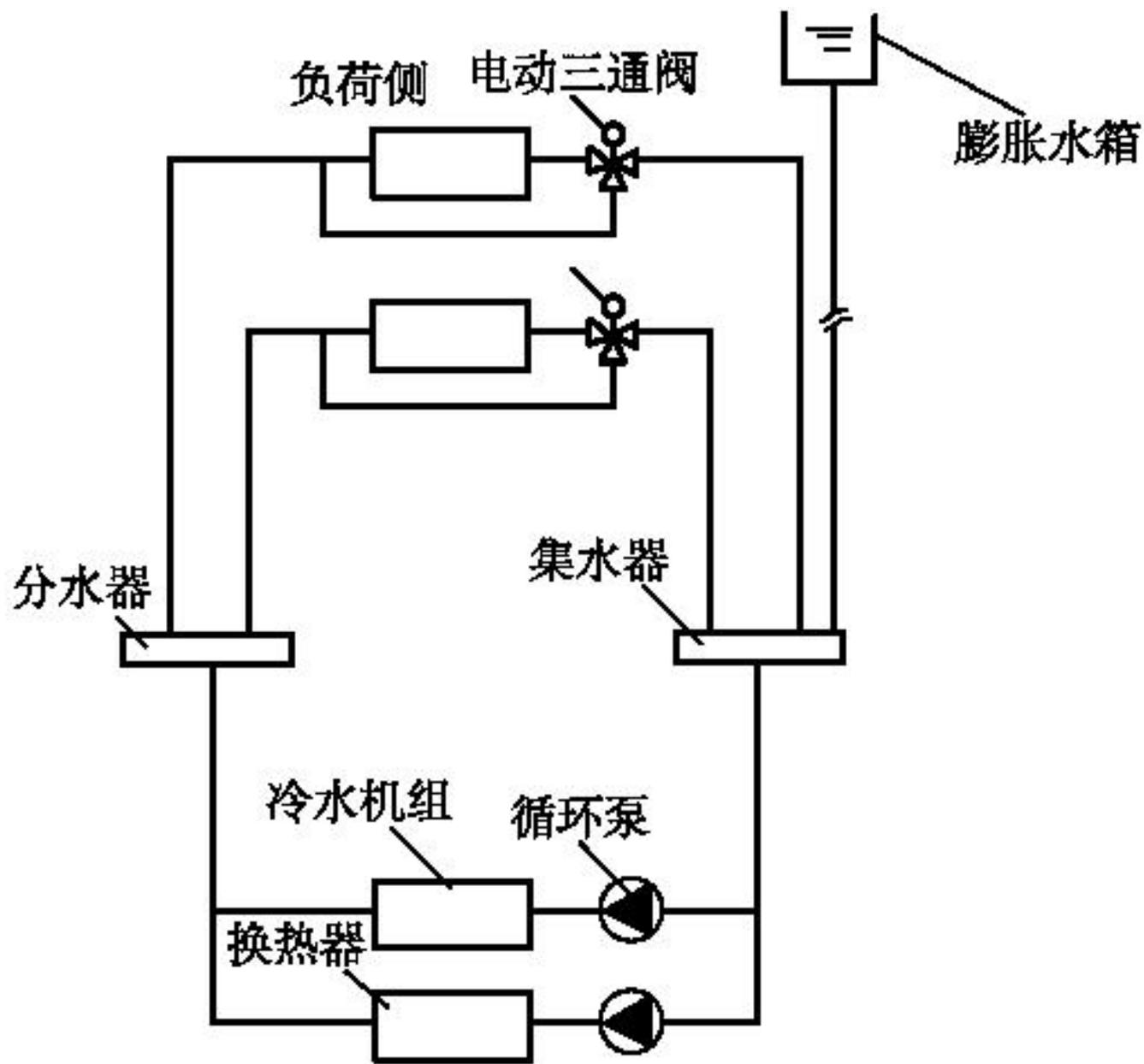
在冷源侧和负荷侧合用一组循环泵的称为一次泵（或称单式泵）系统，在冷源侧和负荷侧分别配置循环泵的称为二次泵（或称复式泵）系统。



一次泵系统



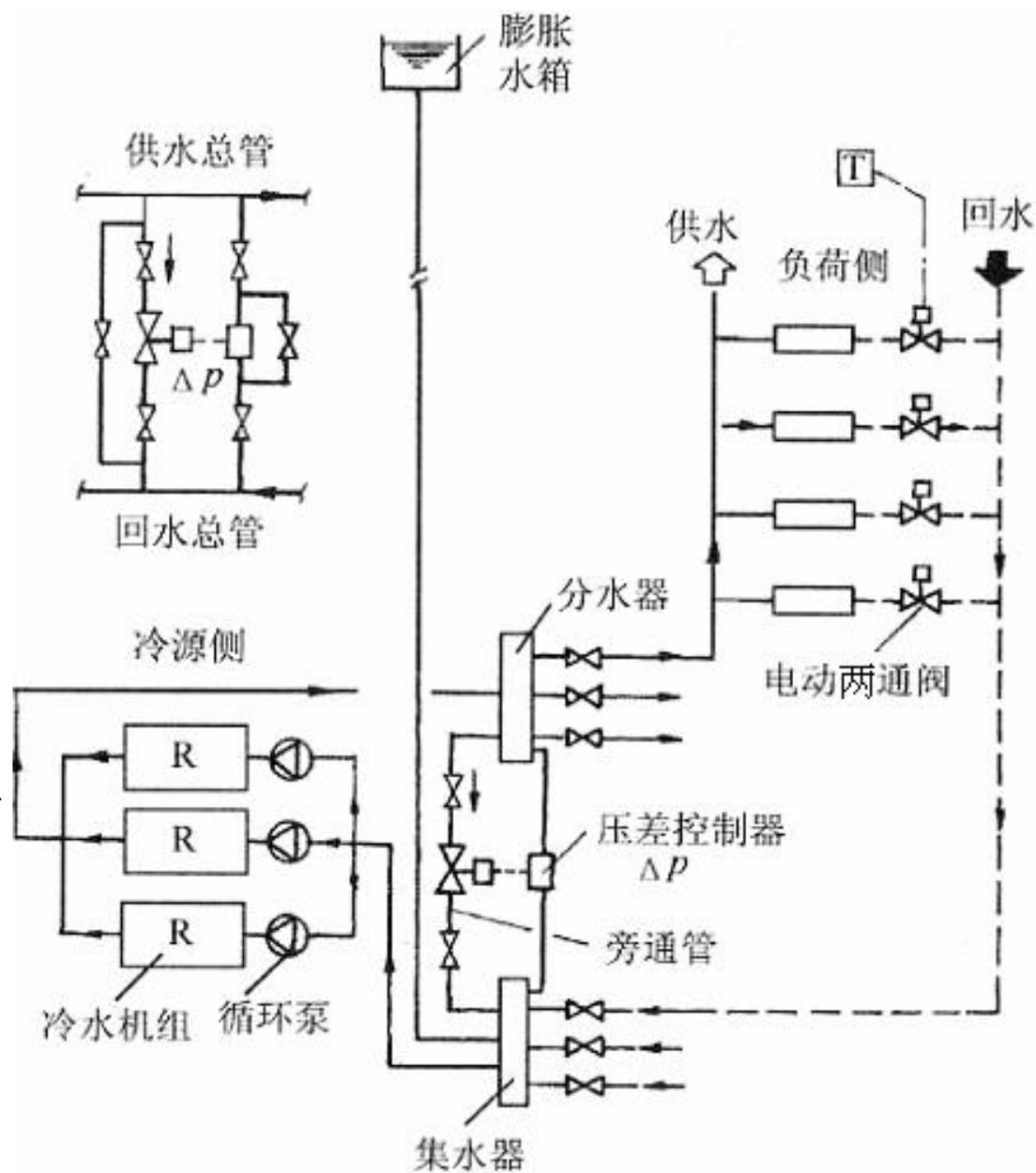
二次泵系统



一次泵定流量系统

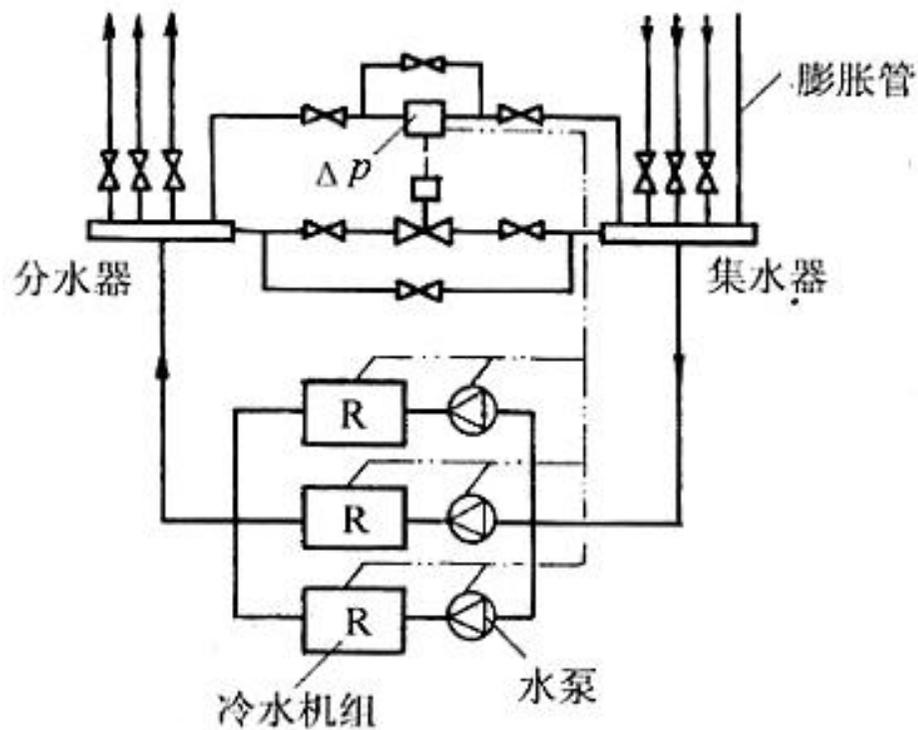
几个问题

- 压差旁通阀
(由压差控制器控制的电动二通阀)
- 旁通管管径确定
- 水泵与冷水机组一一连接或独立并联
- 压出式或吸入式

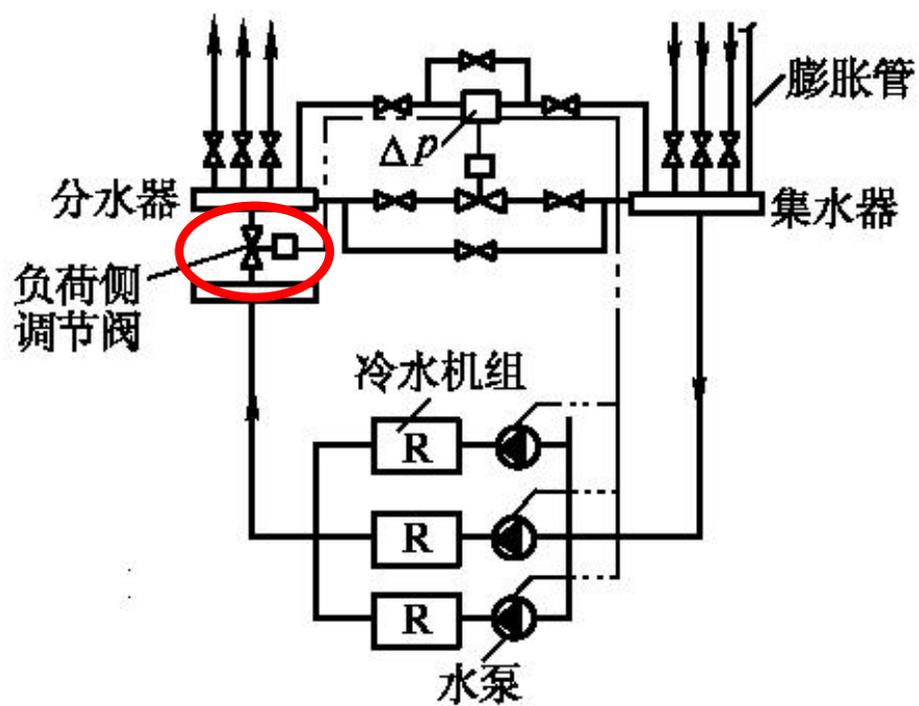


一次泵变流量系统

一次泵变流量系统的控制方法



压差旁通控制法



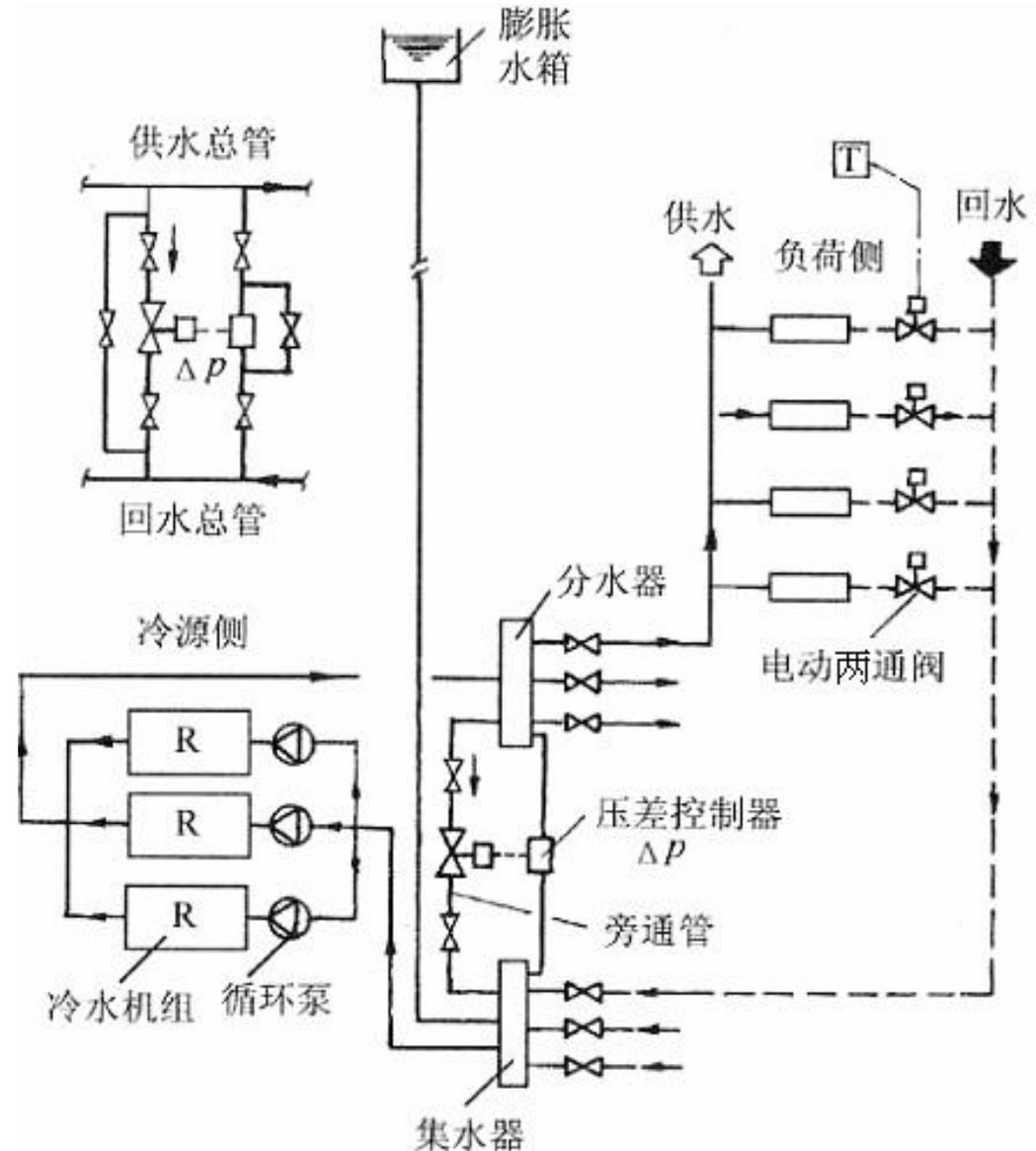
恒定用户处两通阀前后压差的旁通控制法

一次泵变流量系统的特点及应用场合

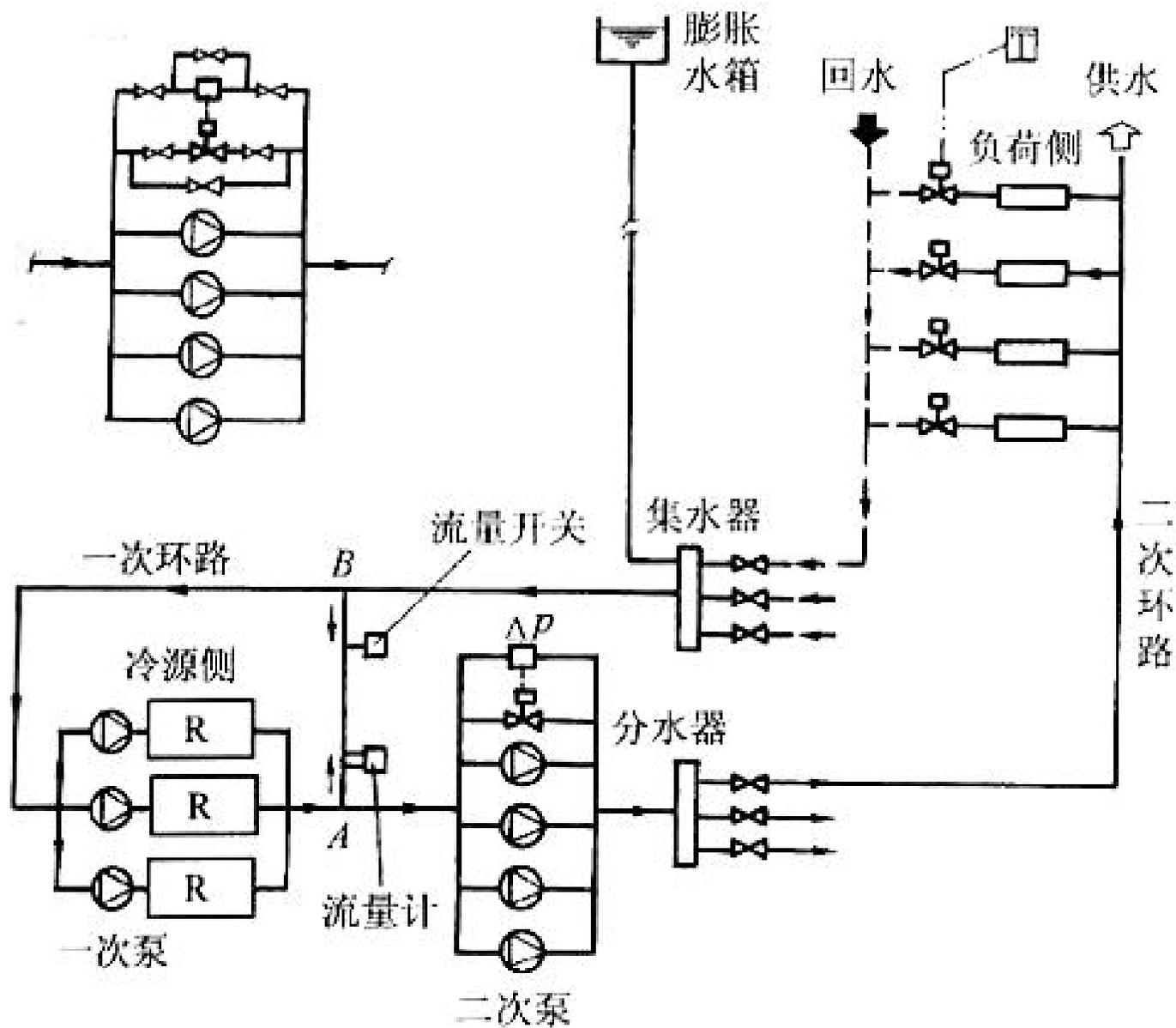
优点：一次泵变流量系统简单，自控装置少，初投资较低，管理方便，目前应用广泛

缺点：不能调节水泵的流量，难以节省输送能耗，特别是当各供水分区压力损失相差较为悬殊时，系统无法适应

对于系统较小或各环路压力损失相差不大的中小型工程，宜采用一次泵系统



二次泵变流量系统



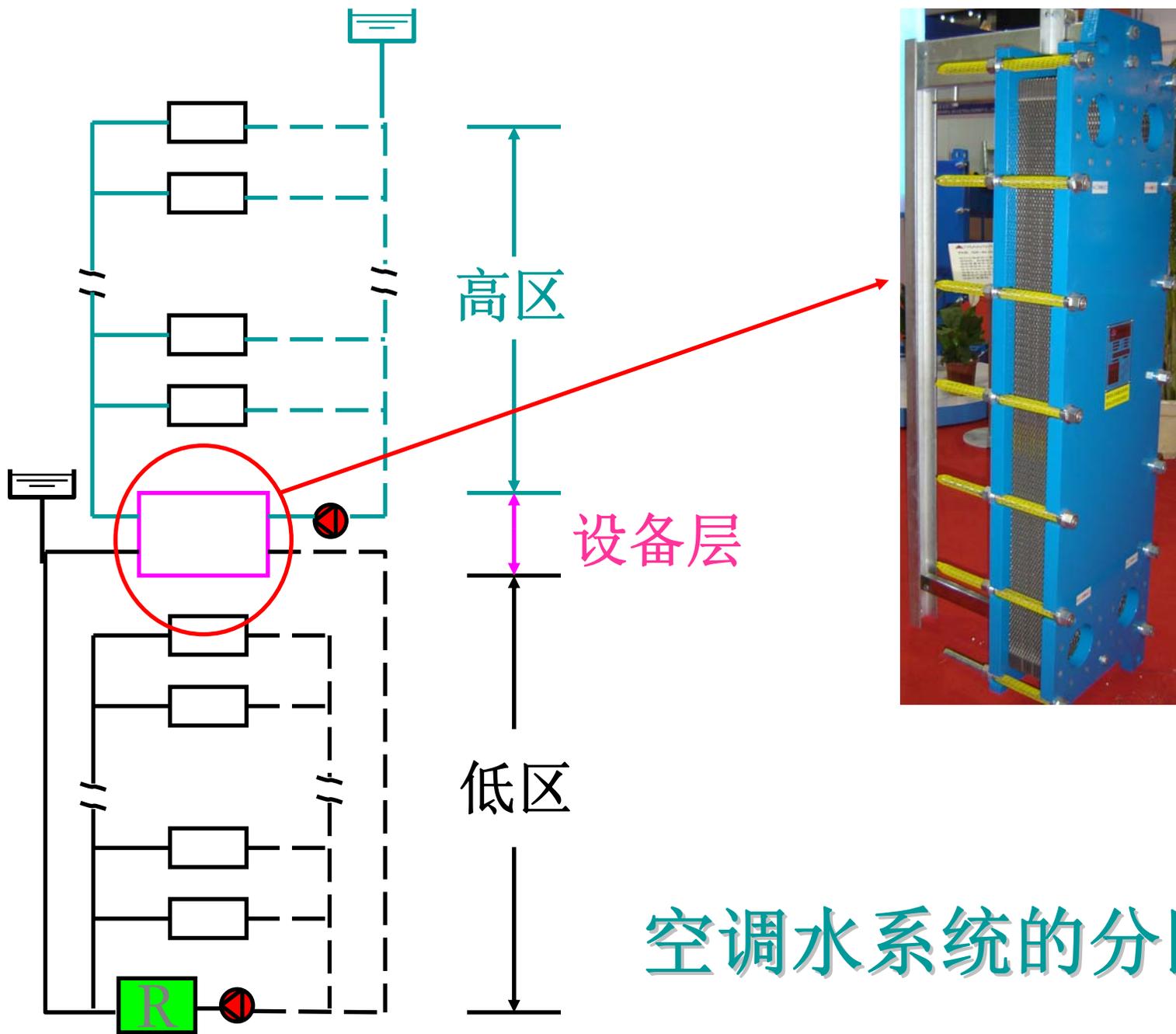
8.2 空调水系统的分区及定压

8.2.1 空调水系统的分区

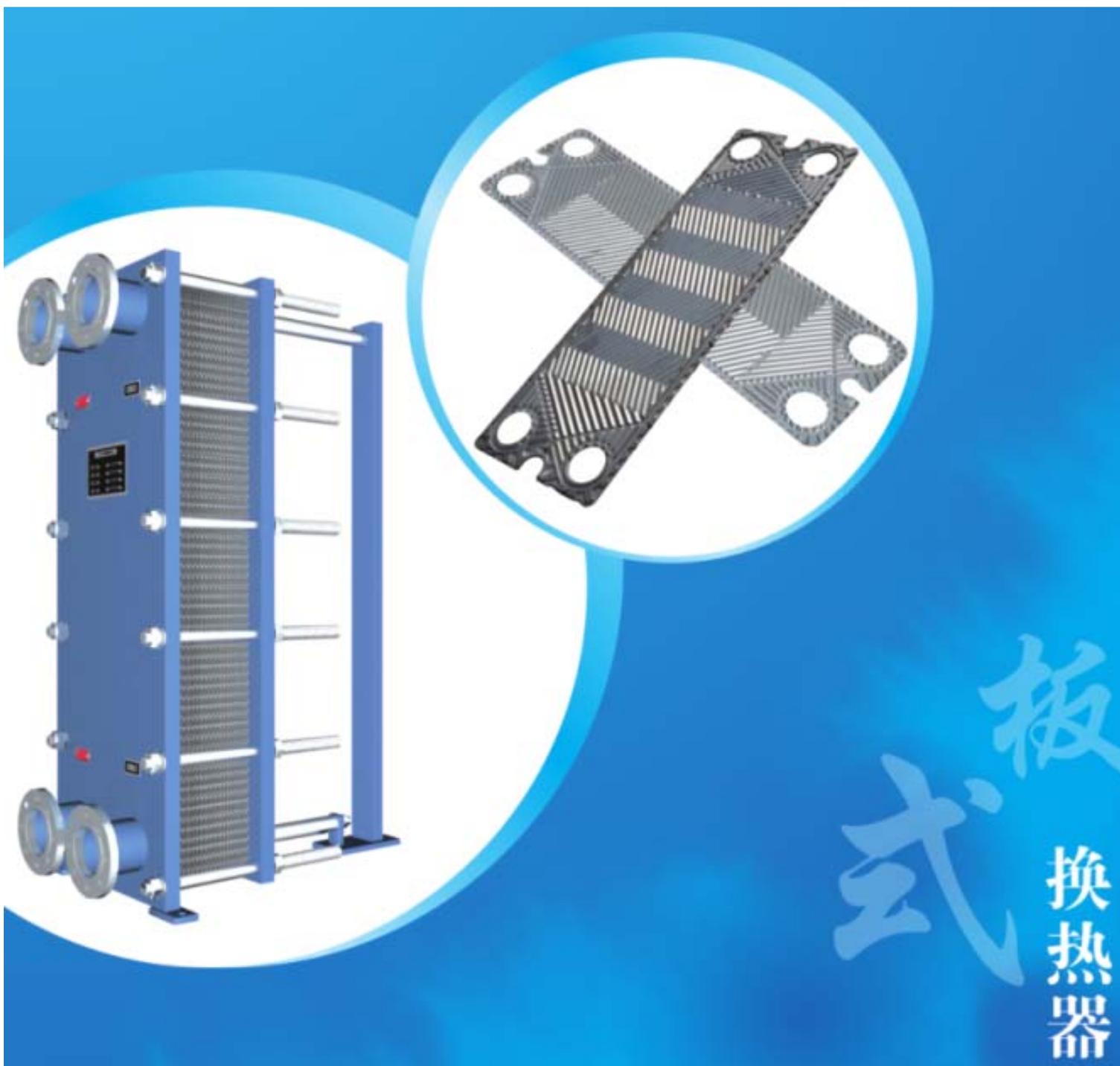
{ 按承压能力分区
{ 按负荷特性分区

水系统竖向要不要分区应根据承压能力来确定
分区的目的是为了避免因压力过大造成系统泄漏

标准型冷水机组	1.0MPa
高压型冷水机组	1.7MPa
高压型冷水机组	2.0MPa

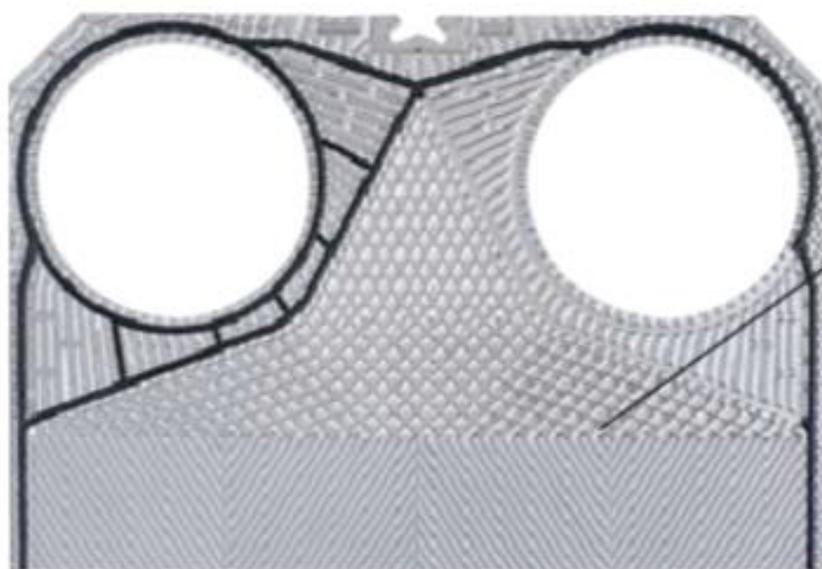


空调水系统的分区



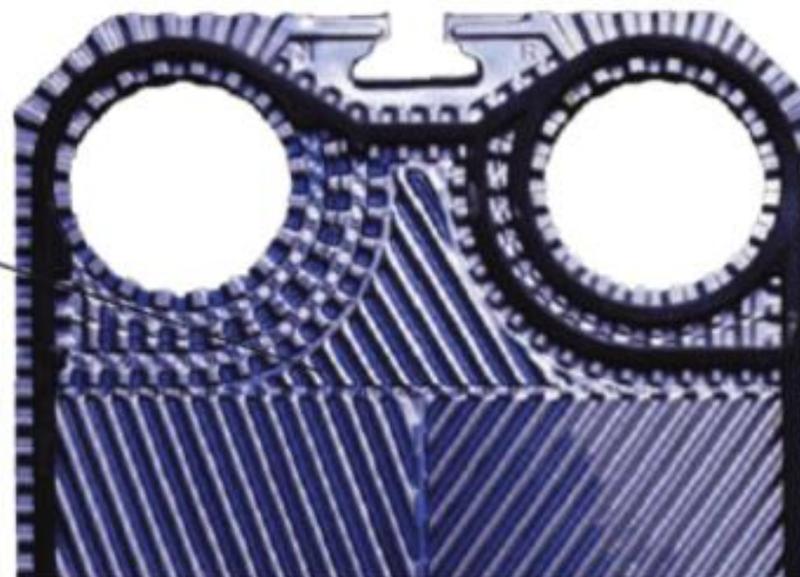
板式
换热器

分流区域

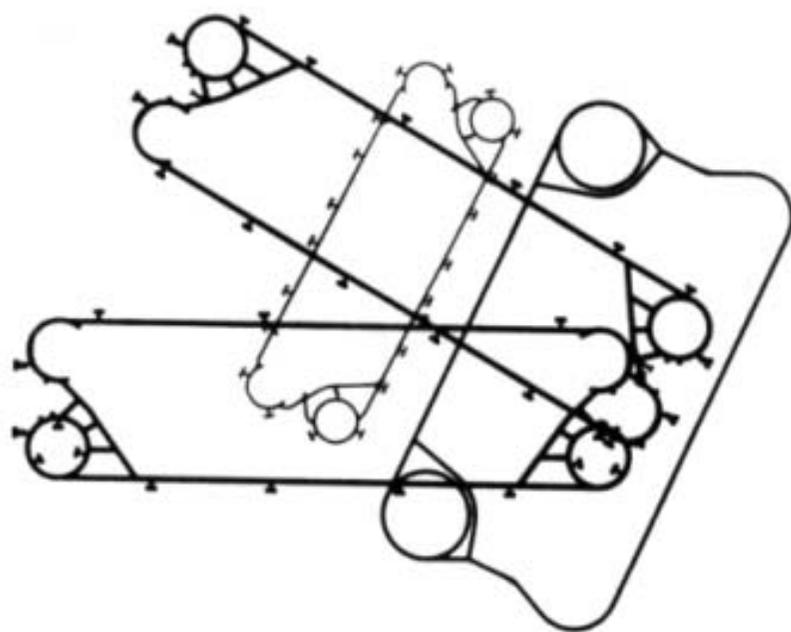


阿法拉伐板片

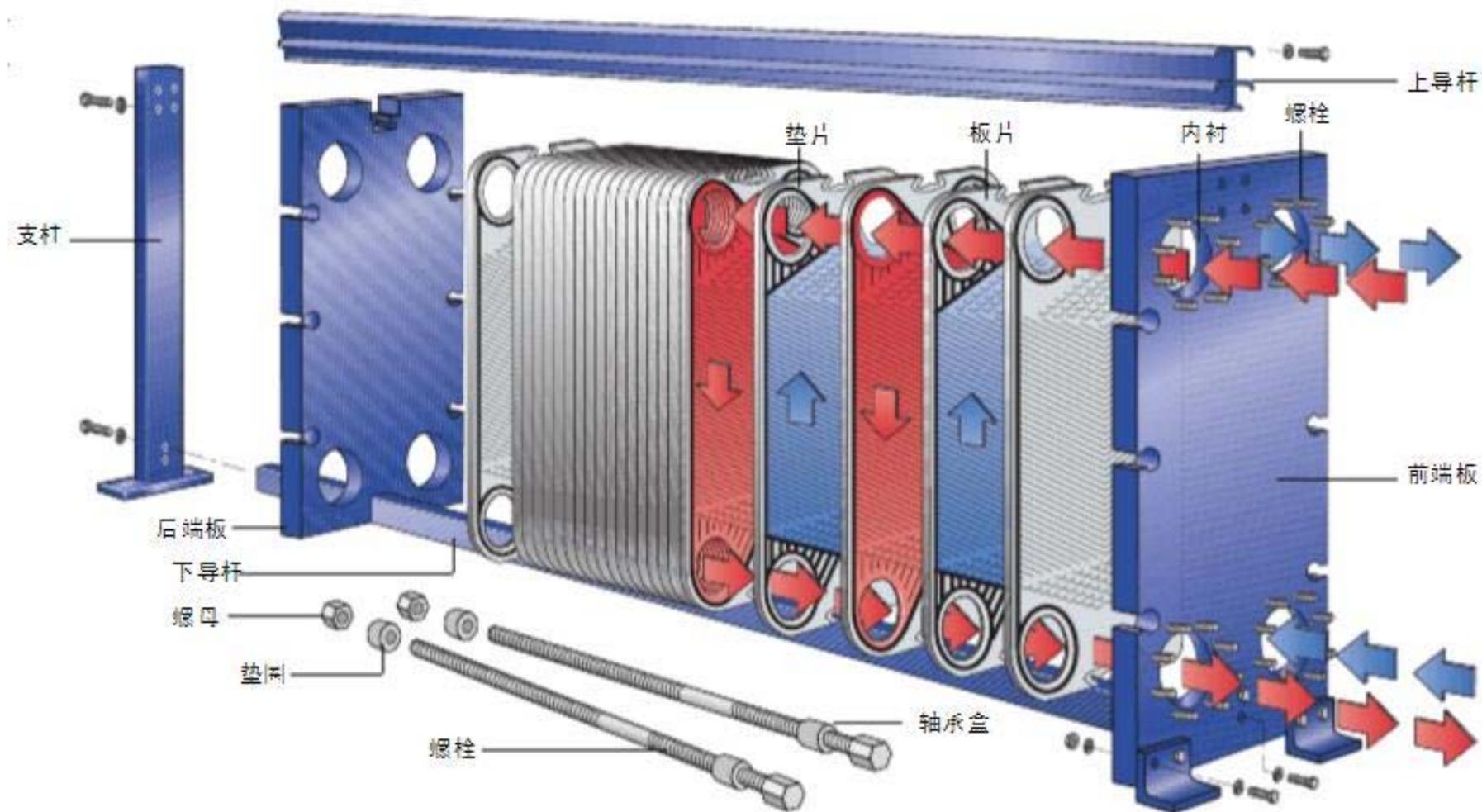
分流区域



其它制造商板片

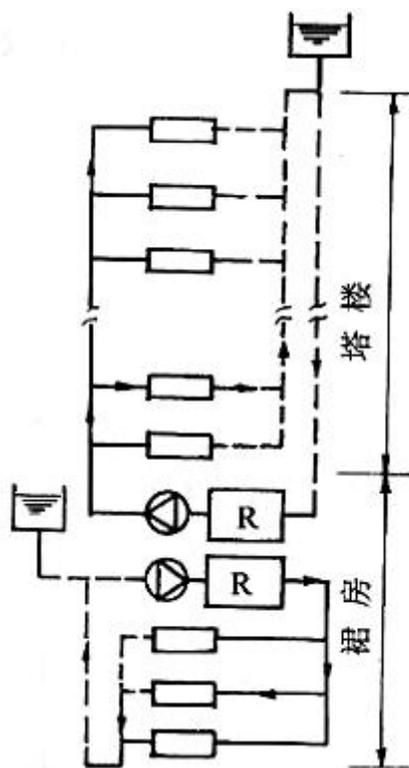


板片密封胶垫

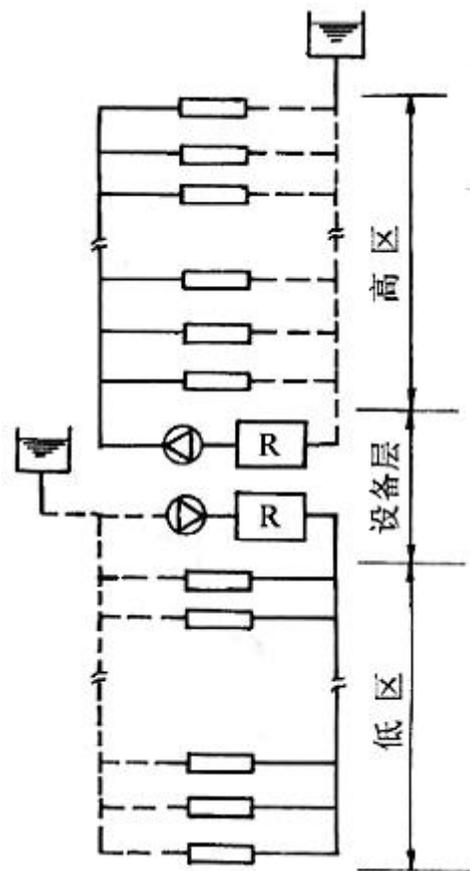


板式换热器结构

冷水机组的可能布置方式

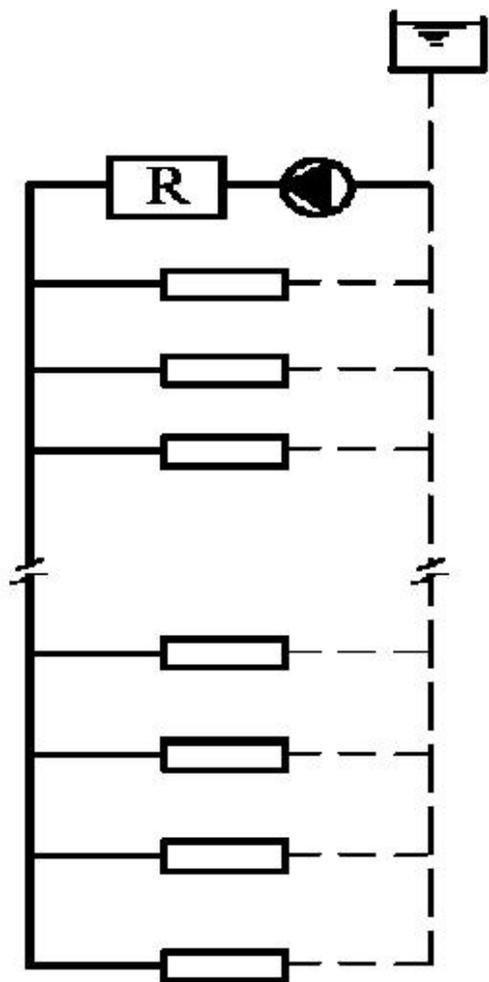


冷水机组设置在裙房的顶层

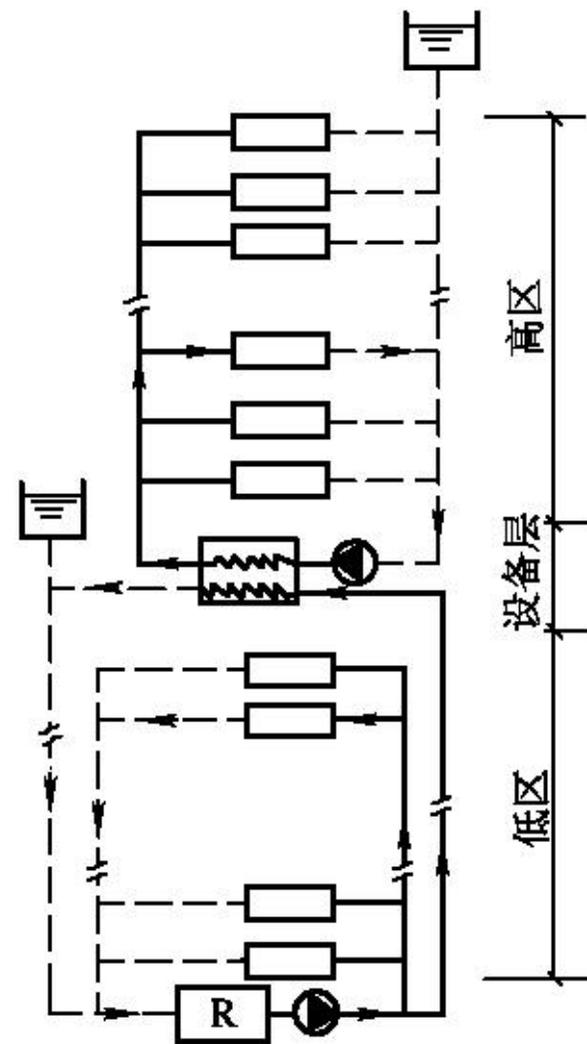


冷水机组设置在塔楼中部的设备层内

冷水机组的可能布置方式

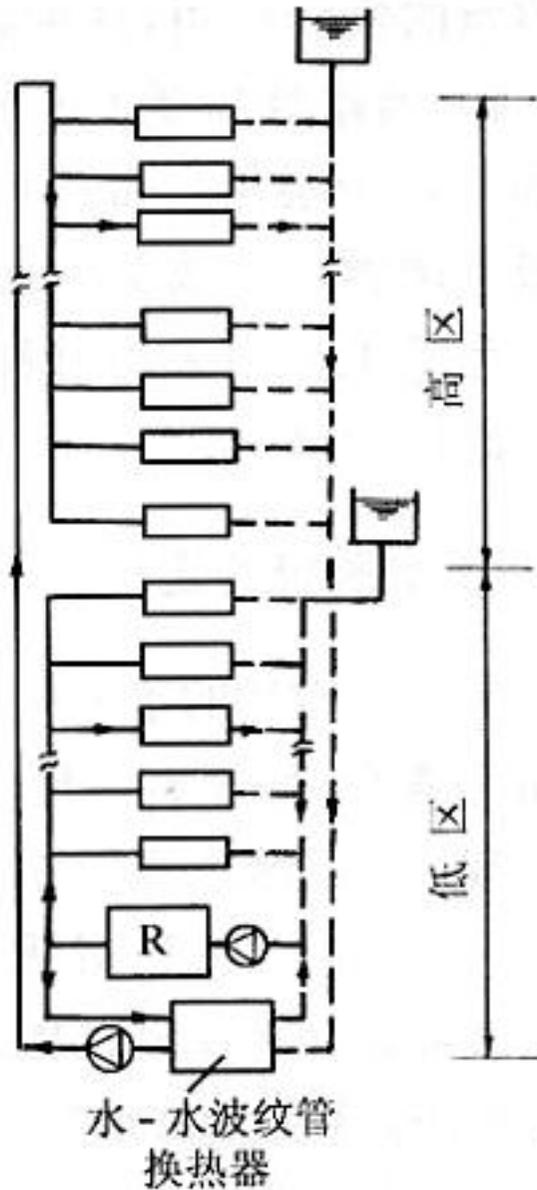


冷水机组设置在塔楼的顶层



冷水机组设在地下设备层，
在塔楼的技术设备层
设水—水板式换热器

冷水机组的可能布置方式



将高区用的水-水换热器和循环水泵移到地下设备层集中布置的方式



名称：平安国际金融中心

地点：深圳市

高度：597m

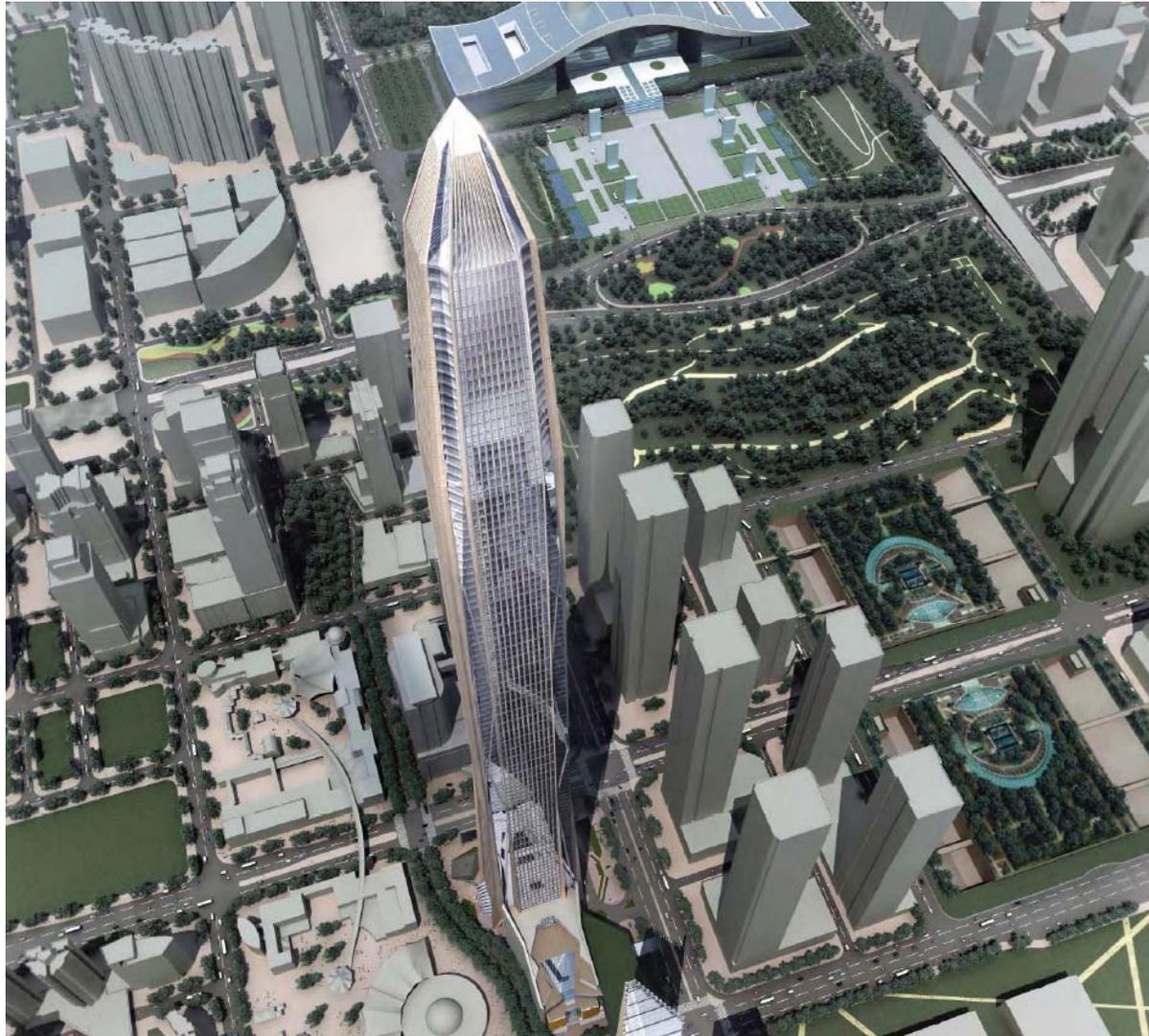
层数：115F

建筑面积：45.9万m²

车库面积：7.3万m²

商业面积：5.9万m²

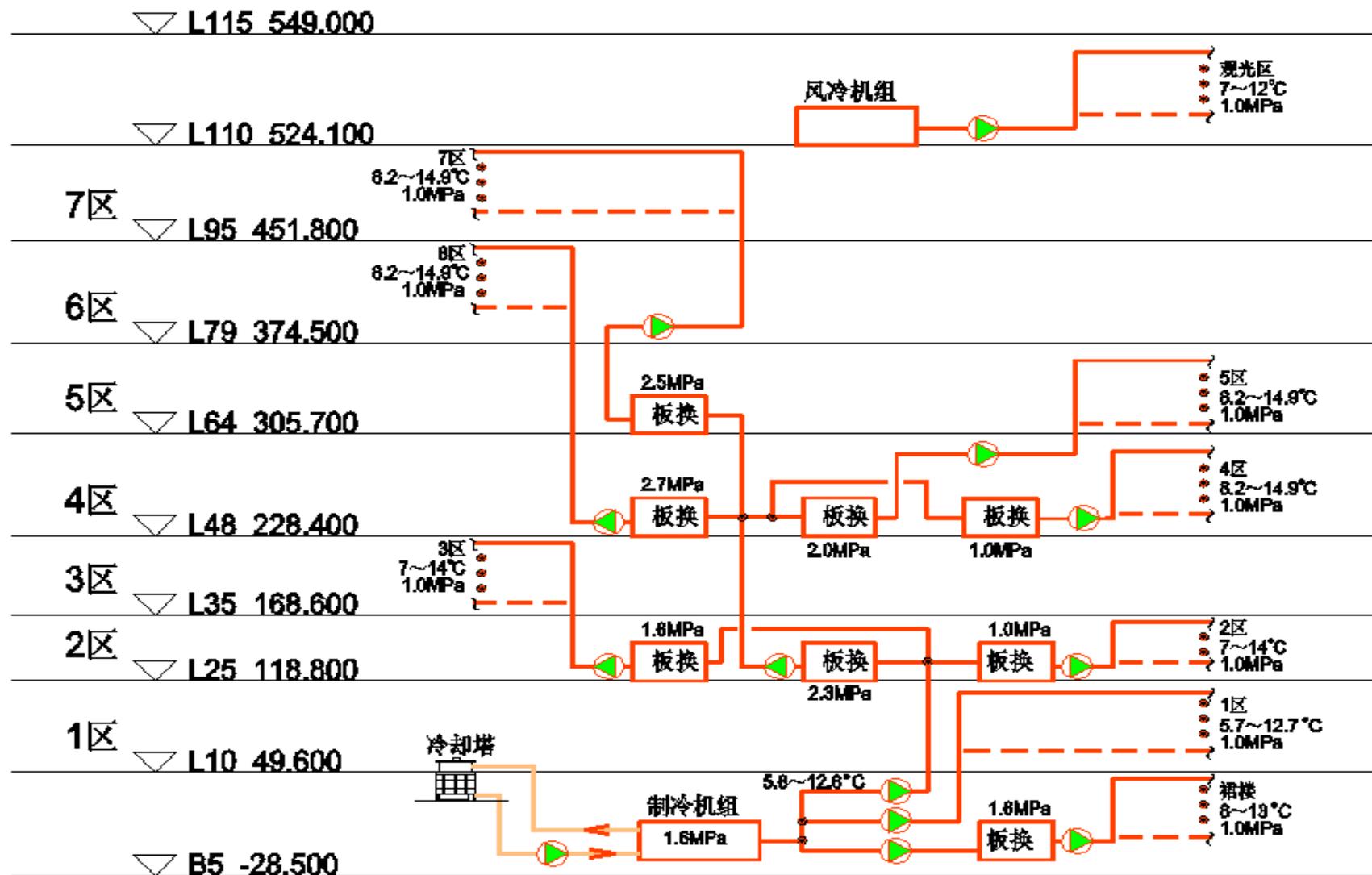
办公面积：32.7万m²



1.迪拜塔	828米	2009竣工
2.上海中心大厦	632 米	在建2014
3.俄罗斯大厦	612米	在建2011
4.韩国仁川大厦	610米	在建2012
5.芝加哥尖塔	609米	在建2010
6.平安国际金融中心	597米	在建2015
7.沙特阿拉伯 麦加	577米	2009竣工
8.天津117大厦	570米	在建2012
9.纽约世贸中心自由塔	541米	在建2012

1. 建筑概况
2. 高度与建筑物空调负荷的关系
3. 中央冷源的选择
4. 压力分区的确定
5. 网络机房空调方案的确定
6. 空调末端形式的选择
7. 水系统后备水管的设置
8. 柴油发电机水冷方式的应用
9. LEED
10. 其他

a.设计采用方案:



b.方案确定的原则:

保证末端空调设备承压不超过1.0MPa, 板换、水泵局部承受高压, 最高达2.7MPa。

形成过程:

三次换热: 低区 (B3~25F) 5/10°C、中区 (26F~47F) 6/11°C、次高区 (48F~78F) 7/12°C、高区 (79F~115F) 8/13°C ----→

二次换热: 低区 (B3~25F) 6/11°C、中区 (26F~69F) 7/12°C、高区 (70F~115F) 8/13°C ----→

二次换热+风冷热泵机组 (现使用方案)

	▽ L110 524.100
7区	▽ L95 451.800
6区	▽ L79 374.500
5区	▽ L64 305.700
4区	▽ L48 228.400
3区	▽ L35 168.600
2区	▽ L25 118.800
1区	▽ L10 49.600
	▽ B5 -28.500

c.理解与思考:

- 顶部观光层采用风冷热泵机组: 运行灵活、可以采暖运行、有效降低水系统承压;

对超高层建筑, 顶部一般为高端客户, 使用多联机或风冷热泵机组等单独系统比较合理;

- 裙楼冷冻水加板换的合理性:

优点: 所有的空调末端都是常规, 有利与租户设备的采购和安全运行;

缺点: 裙楼冷负荷3785RT、 7/12°C 流量2288m³/h、水泵效70%、
输送功率254kW;

板换、水泵的初投资等;

8.2.2 空调水系统的定压

对水系统进行定压的作用在于：

防止倒空、汽化

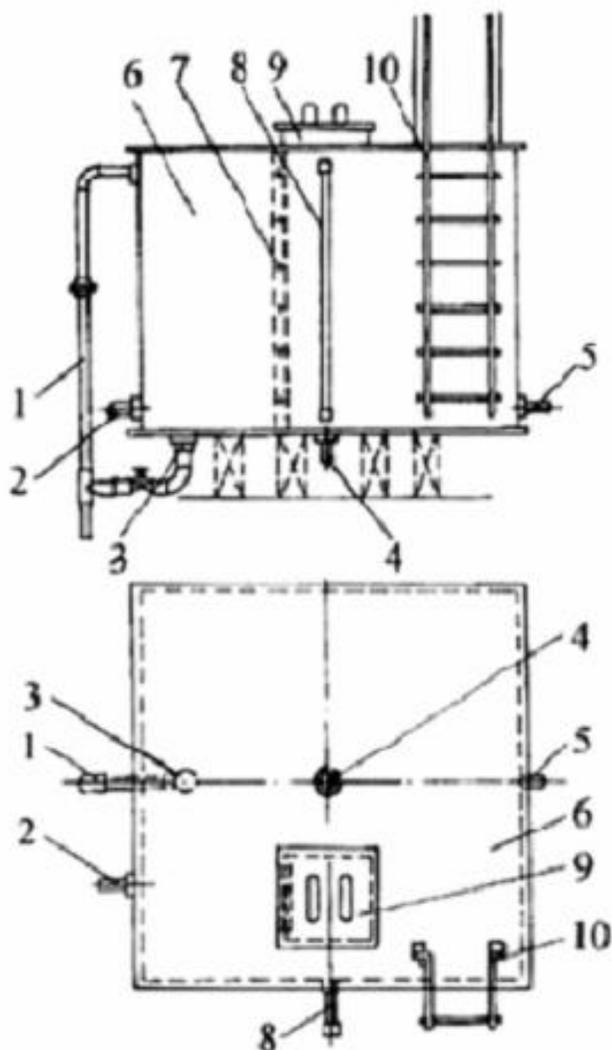
目前空调水系统定压的方式有3种：

高位开式膨胀水箱定压

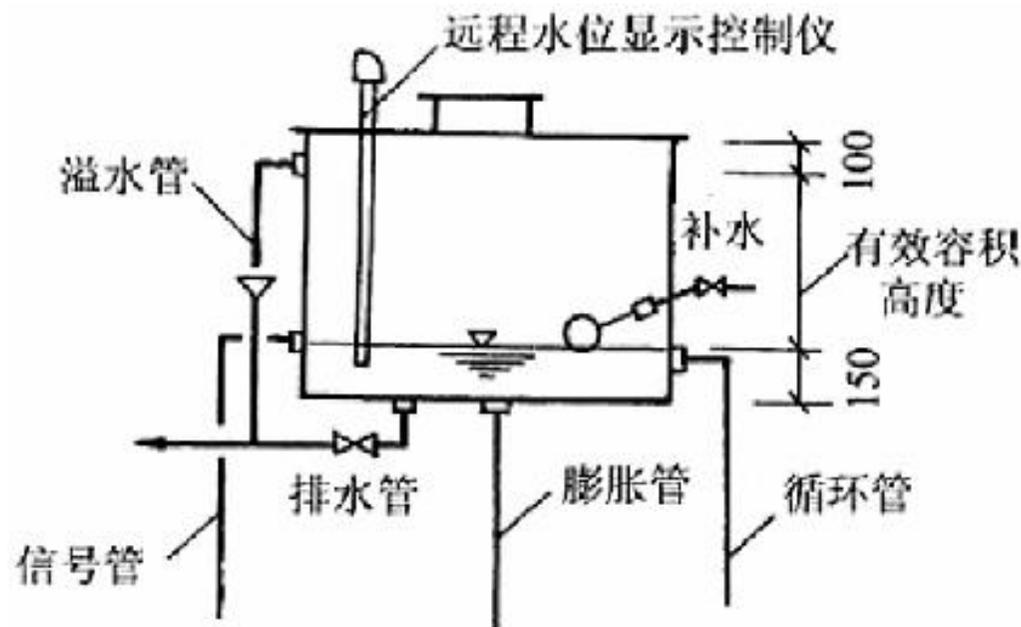
隔膜式气压罐定压

补给水泵定压

1. 高位开式膨胀水箱定压



方形膨胀水箱外形图

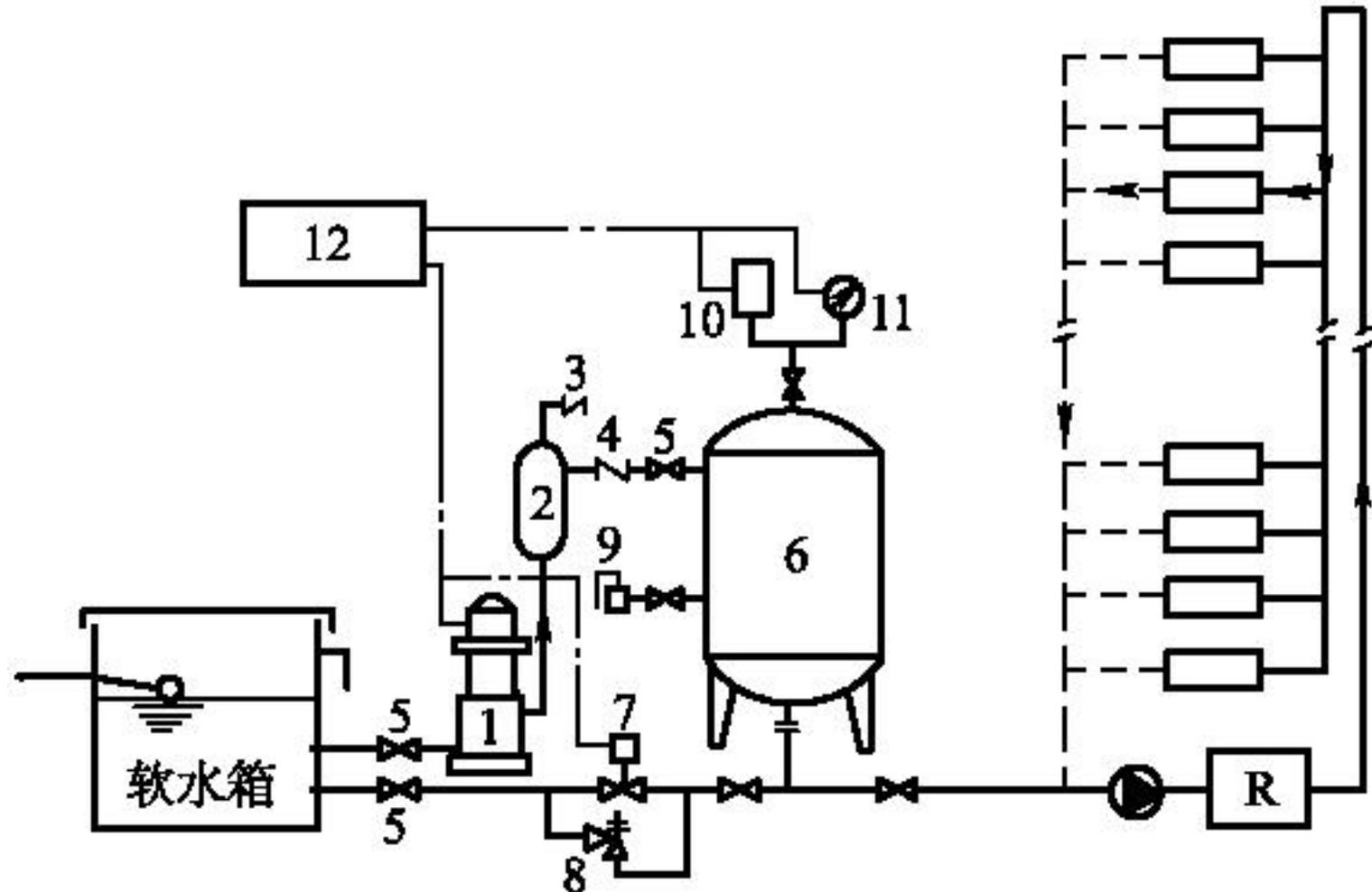


膨胀水箱配管示意图

膨胀水箱

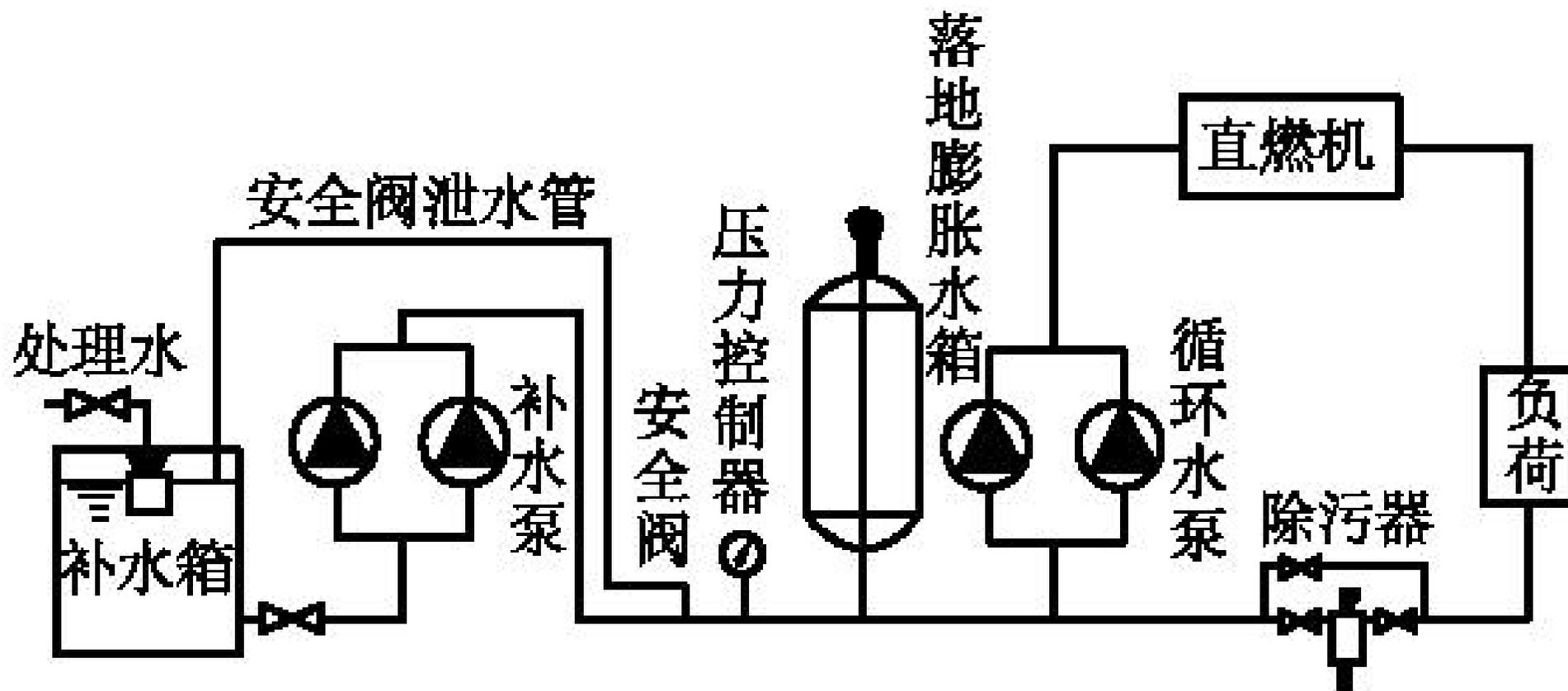
- 1、作用
- 2、安装要求
- 3、容积计算

2. 气压罐定压



气压罐方式定压的空调水系统工作原理图

3. 补给水泵定压



补给水泵的定压方式

8.3 空调冷热水系统的设计

8.3.1 冷热水循环泵的配置

1. 冷热水循环泵是否分开设置的问题

按照现行《采暖通风和空气调节设计规范》的规定，宜分别设置冷水循环泵和热水循环泵。

如果冬夏两季合用循环水泵，工程上一般是按系统的供冷运行工况来选择循环泵，供热运行时系统和水泵工况不相吻合，往往使得水泵不在高效率区运行，或者系统的运行成为小温差大流量，造成电能的浪费，因此，不宜合用。

8.3 空调冷热水系统的设计

8.3.1 冷热水循环泵的配置

2. 循环泵的台数

(1) 一次冷水泵的台数

采取“一泵对一机”

(2) 二次冷水泵的台数

按系统的分区和每个分区的流量调节方式来确定

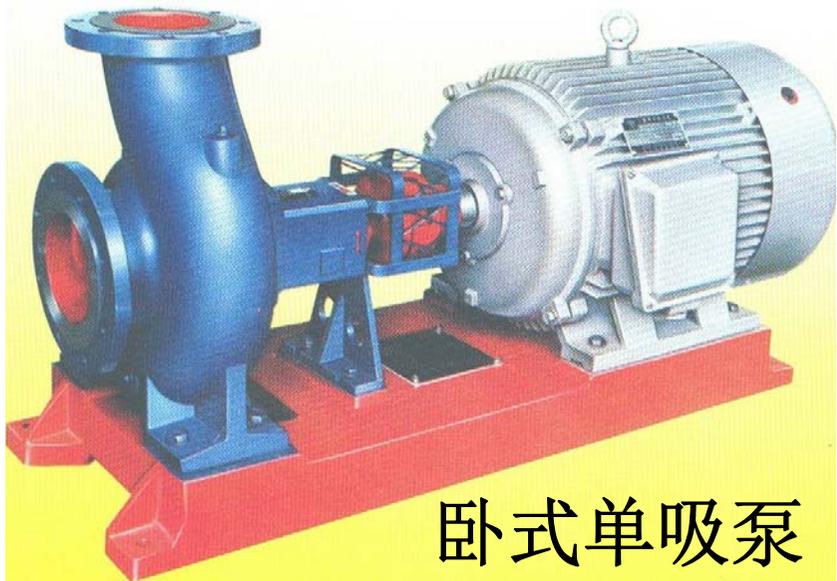
(3) 热水泵的台数

根据供热系统规模和运行调节方式确定。

8.3 空调冷热水系统的设计

8.3.2 循环泵的流量、扬程及水泵的选型

对于大多数多层和高层建筑来说，空调冷（热）水系统主要为**闭式循环系统**，冷水泵的流量较大，但扬程不会太高。据统计，一般情况下，**20层以下的建筑物**，空调冷水系统的冷水泵扬程大多在16~28m水柱（157~274kPa）之间，乘上1.1的安全系数后最大也就是**30m水柱**（294kPa）。所以，在选择冷水泵时，一定要选择水泵制造厂专为空调、制冷行业设计制造的单级离心泵。**一般选用单吸泵**，当流量**大于500m³/h**时宜选用**双吸泵**。同时，在设计高层建筑空调水系统时，应明确提出对水泵的承压要求。为了**降低噪声**，一般选用转速为**1450r/min**的水泵。



卧式单吸泵



卧式双吸（水平进）泵



卧式双吸（垂直进）泵



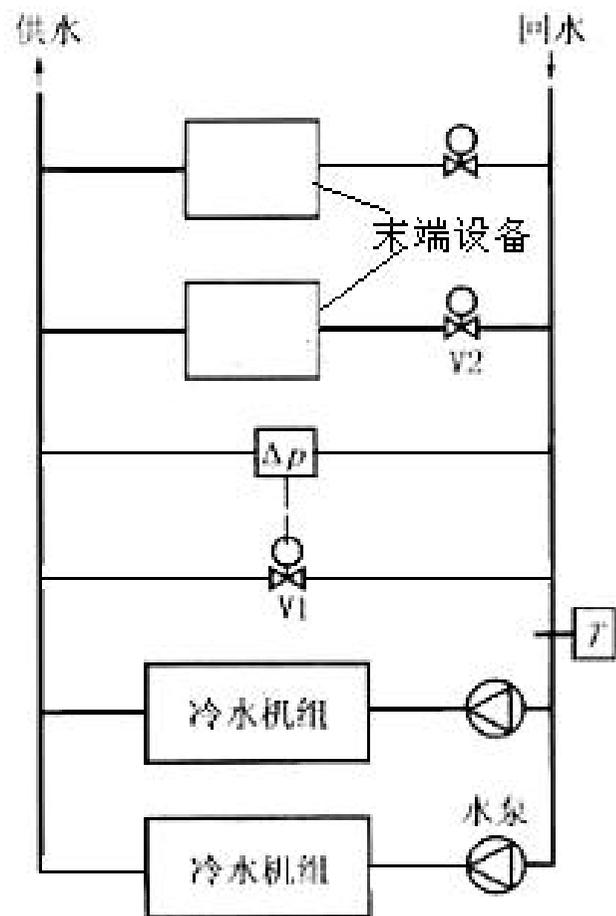
立式泵



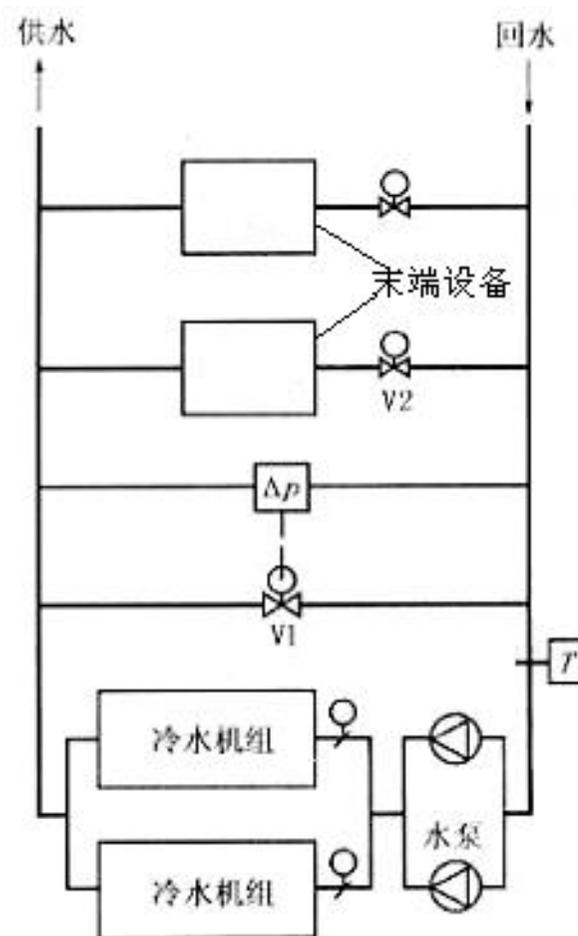
管道泵

8.3 空调冷热水系统的设计

8.3.3 冷水机组与冷水泵之间的连接



冷水机组和水泵
通过管道一对一连接



冷水机组和水泵
通过共用集管连接

8.3 空调冷热水系统的设计

8.3.4 空调水系统的补水、排气、泄水及除污

8.3.5 空调水管的坡度和伸缩

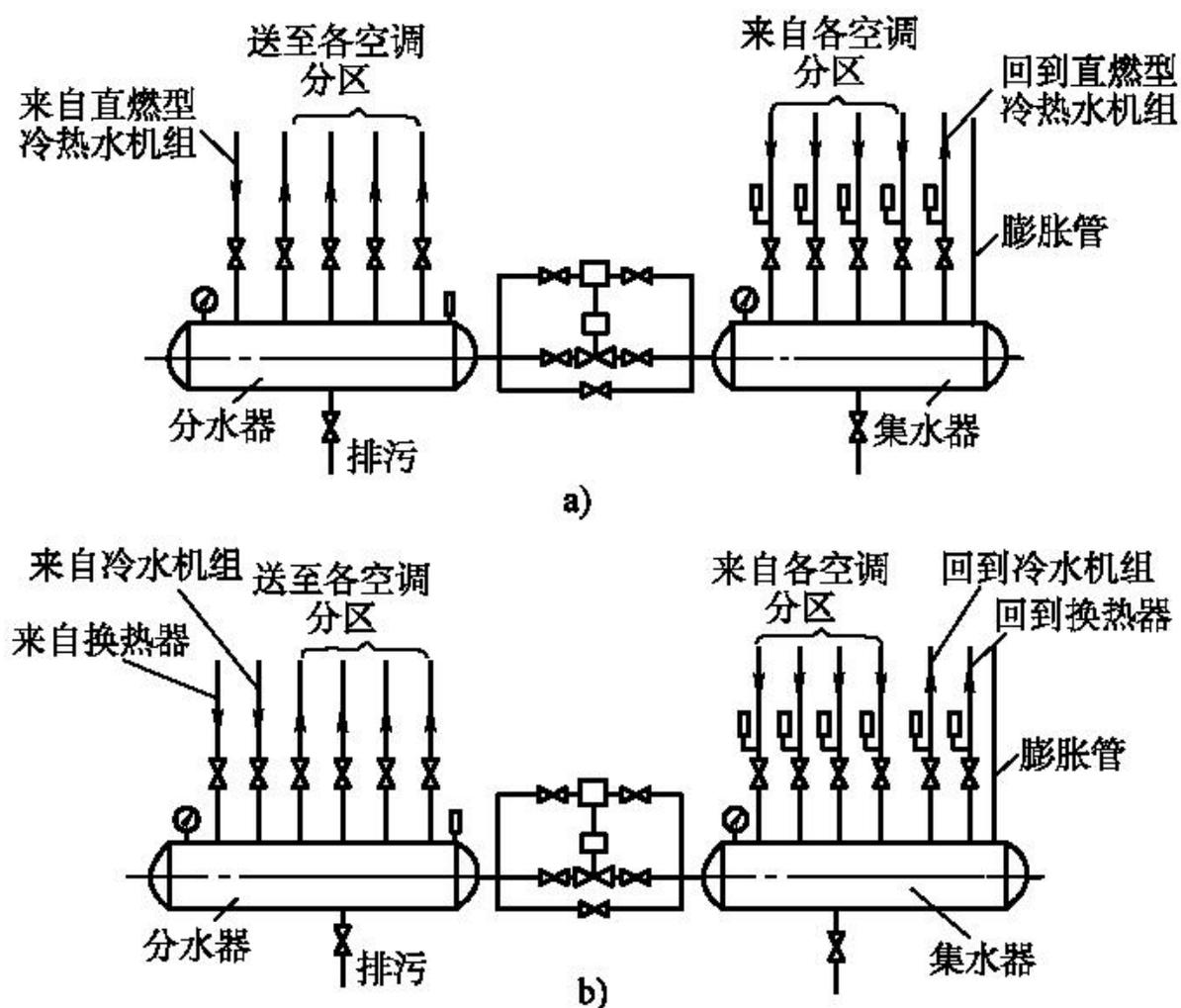
供水管道可无坡度敷设，但管内的水流速度不得小于 0.25m/s 。

对于垂直管道，当长度超过 40m 时，应设置补偿器。

8.3 空调冷热水系统的设计

8.3.6 空调水系统的附属设备

1. 分水器和集水器



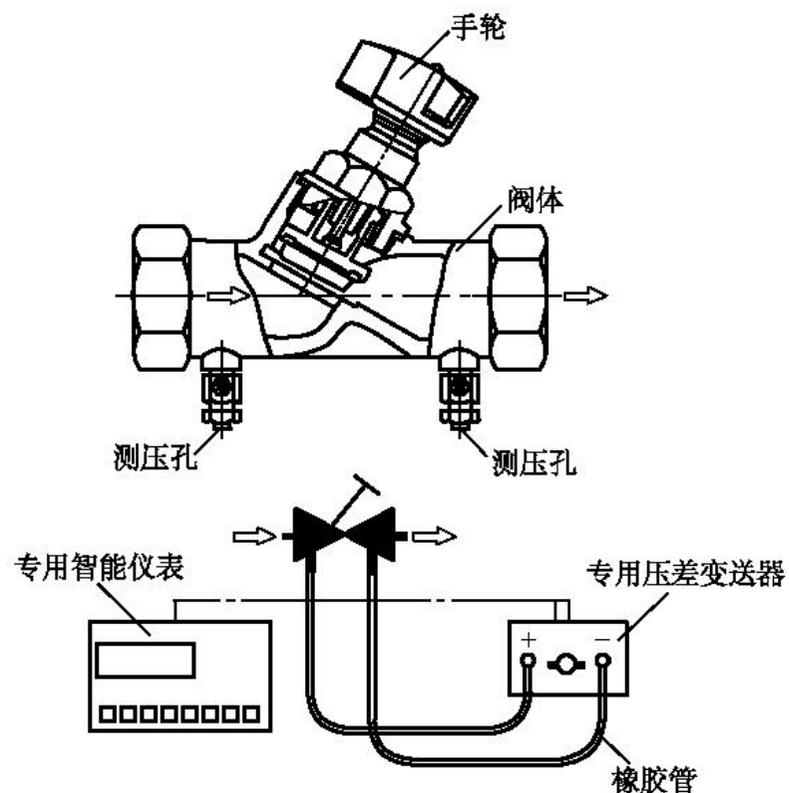
8.3 空调冷热水系统的设计

8.3.6 空调水系统的附属设备

2. 平衡阀

平衡阀的功能

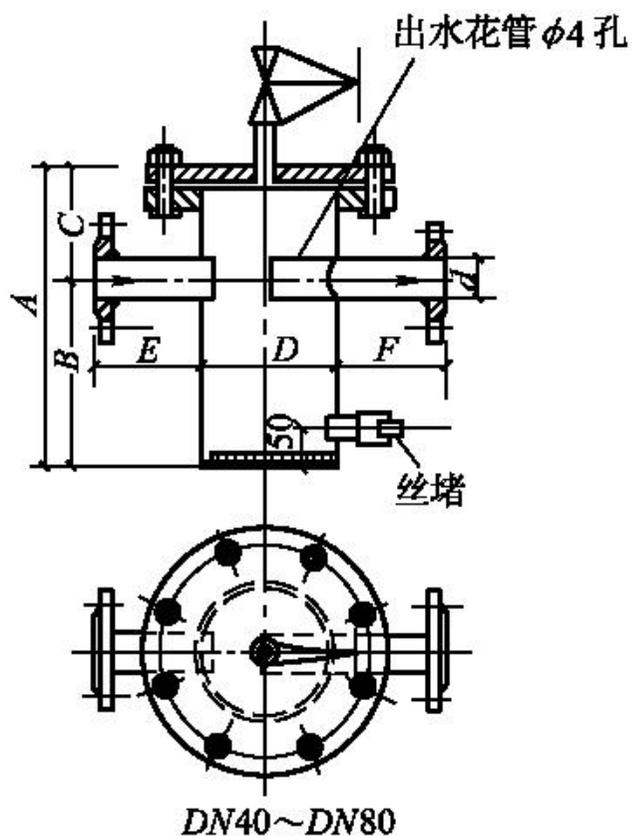
- 1) 测量流量
- 2) 调节流量
- 3) 隔断功能
- 4) 排污功能



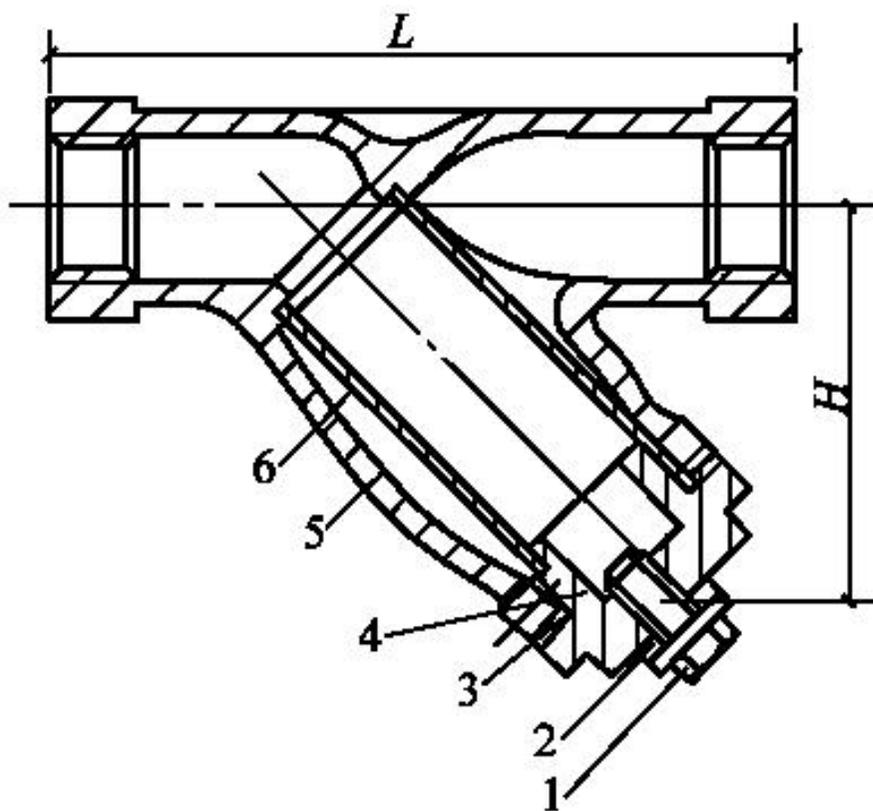
8.3 空调冷热水系统的设计

8.3.6 空调水系统的附属设备

3. 过滤器或除污器



立式除污器构造示意图



Y型过滤器

- 冷凝器粘泥结垢问题



- 冷却塔藻类滋生问题



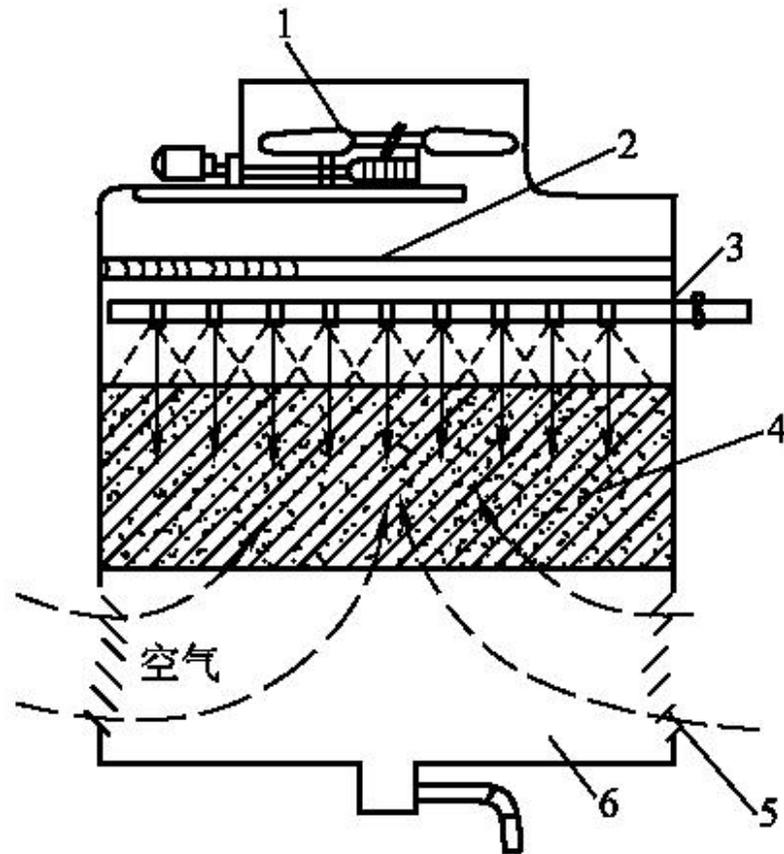
- 冷凝器腐蚀问题



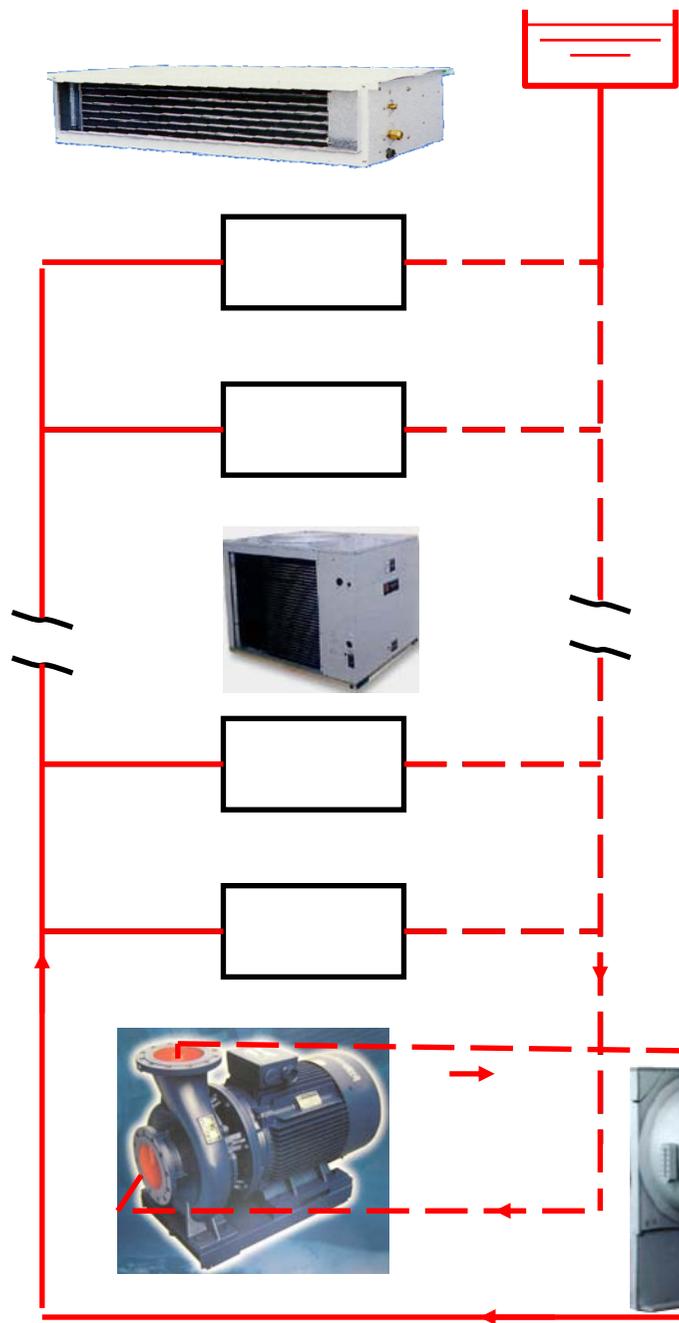
8.4 空调冷却水系统

8.4.1 冷却塔的设置

1. 冷却塔的类型



逆流式冷却塔

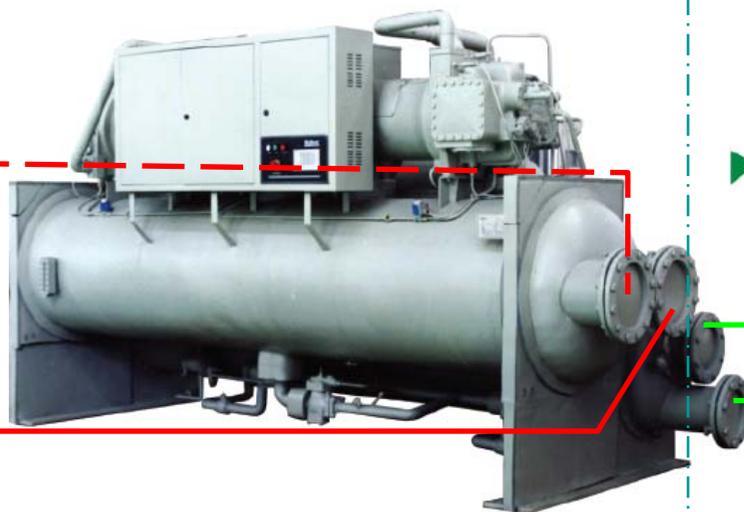


冷冻水系统

制冷剂循环系统



冷却水系统



冷却塔类型

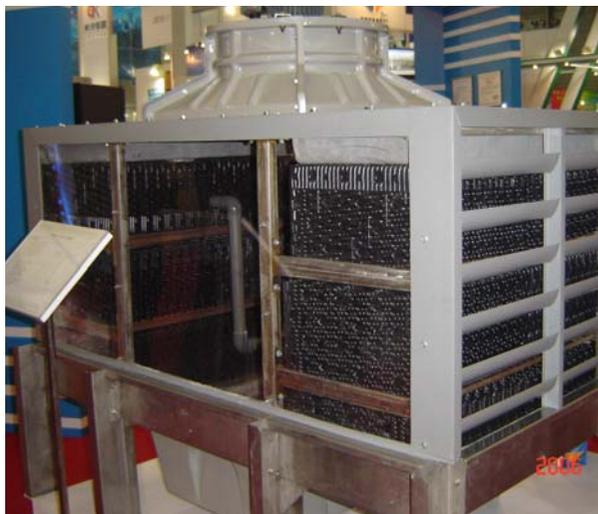
逆流式冷却塔



横流式冷却塔



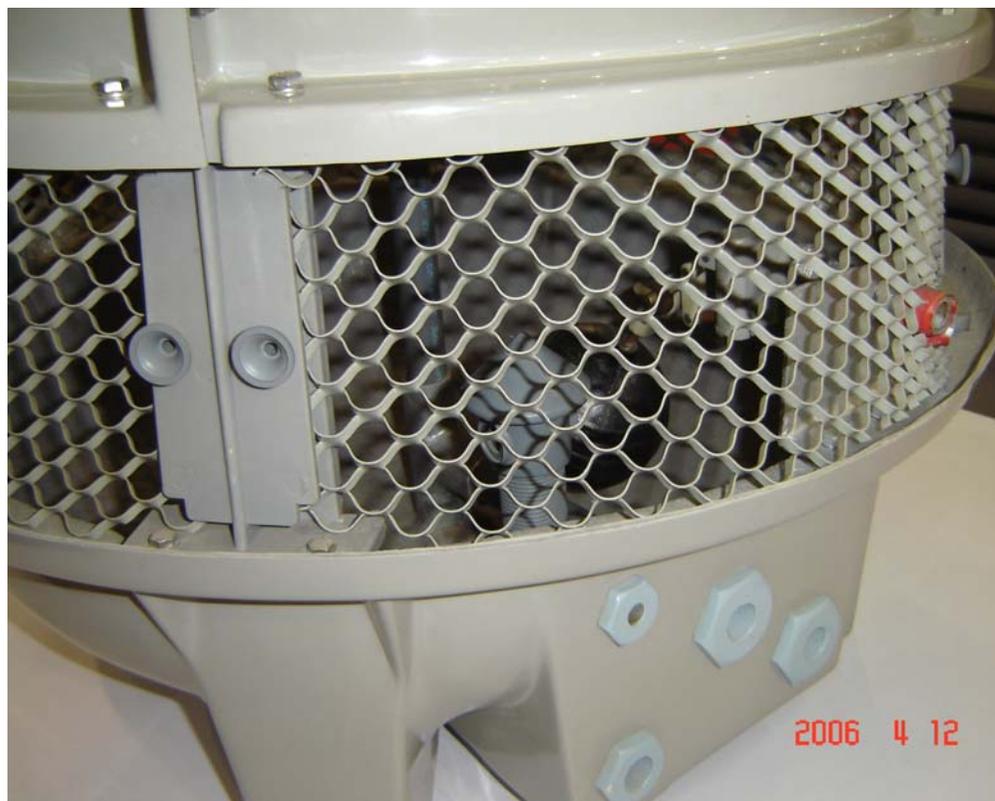
喷射式冷却塔



蒸发式冷却塔

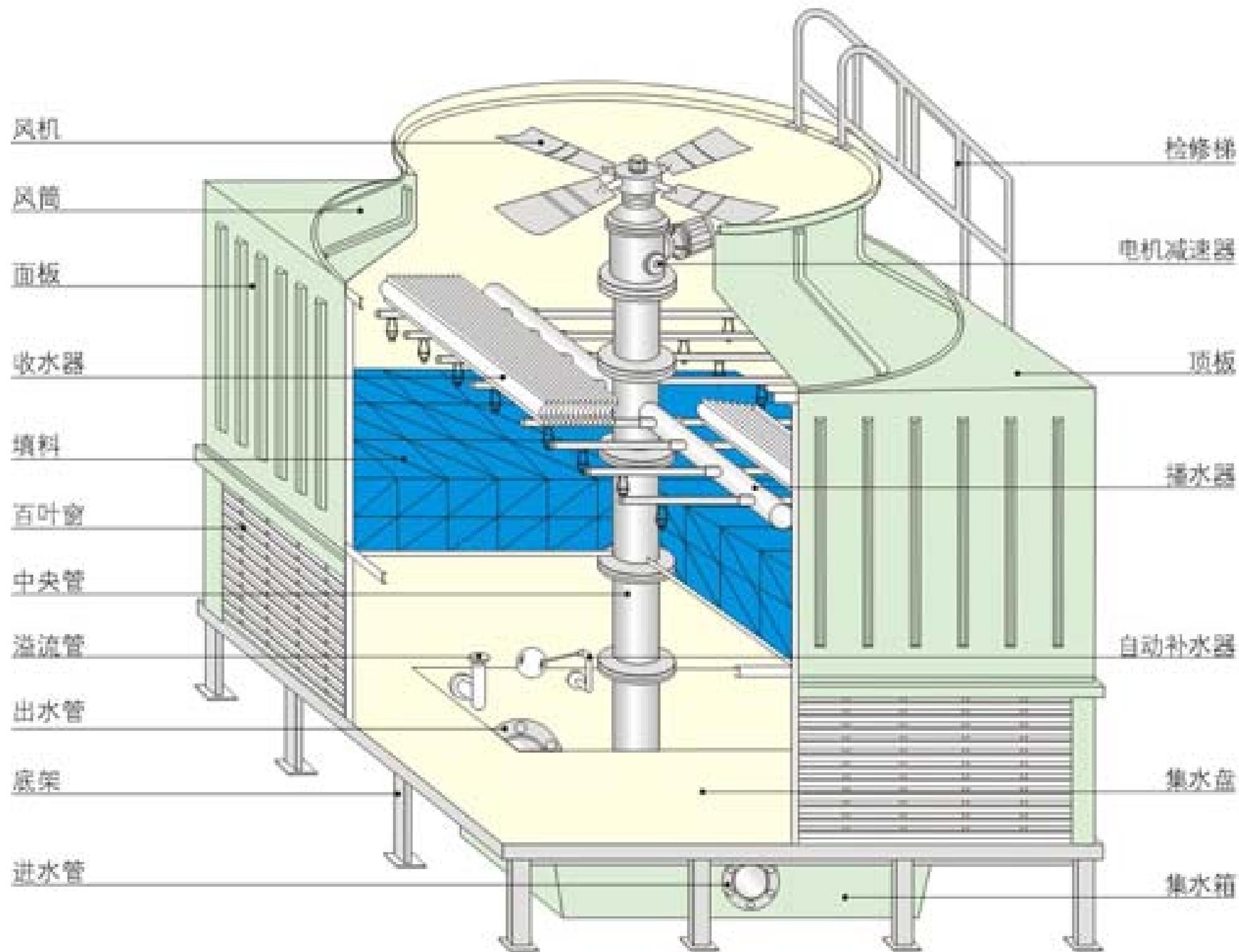


逆流式冷却塔

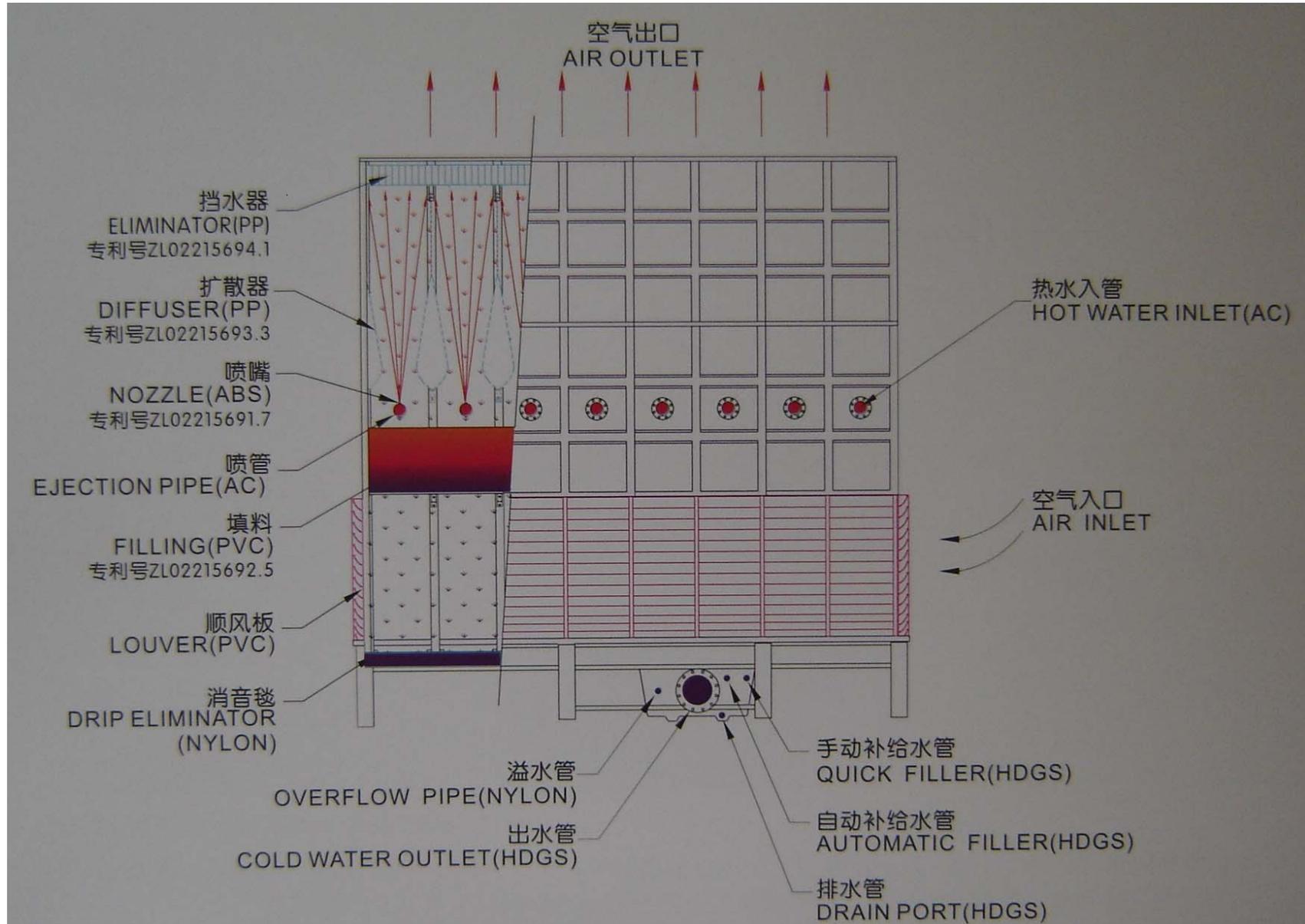


橫流式冷卻塔





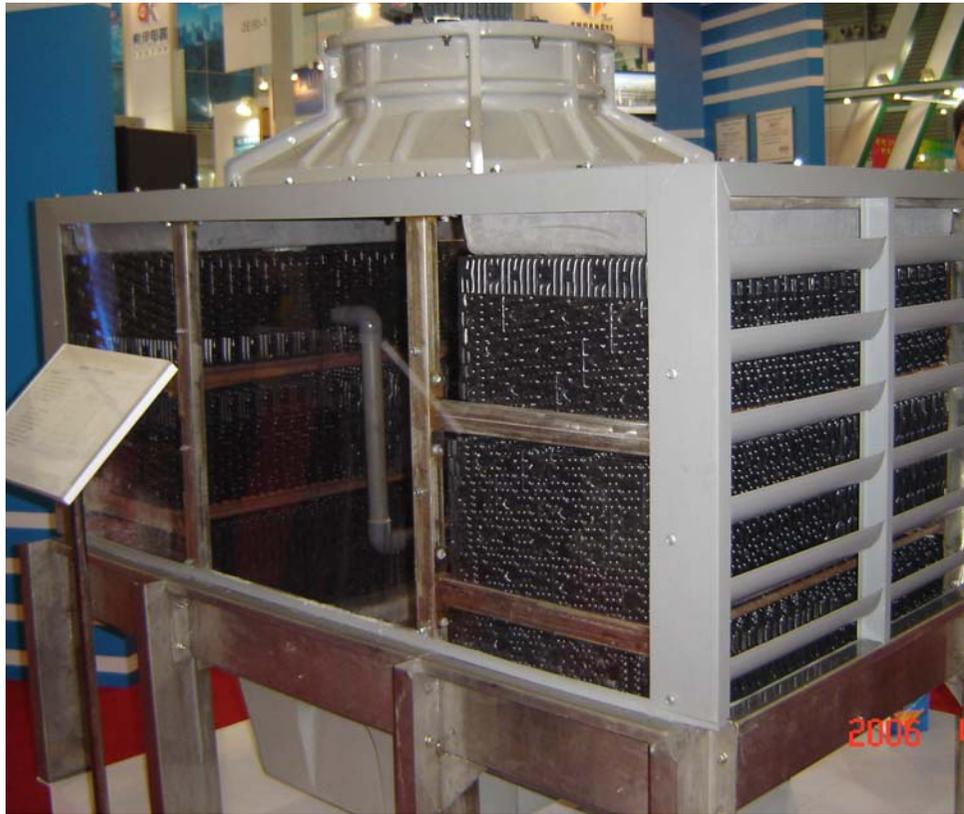
喷射式冷却塔（无风机冷却塔）



喷射式冷却塔（无风机冷却塔）

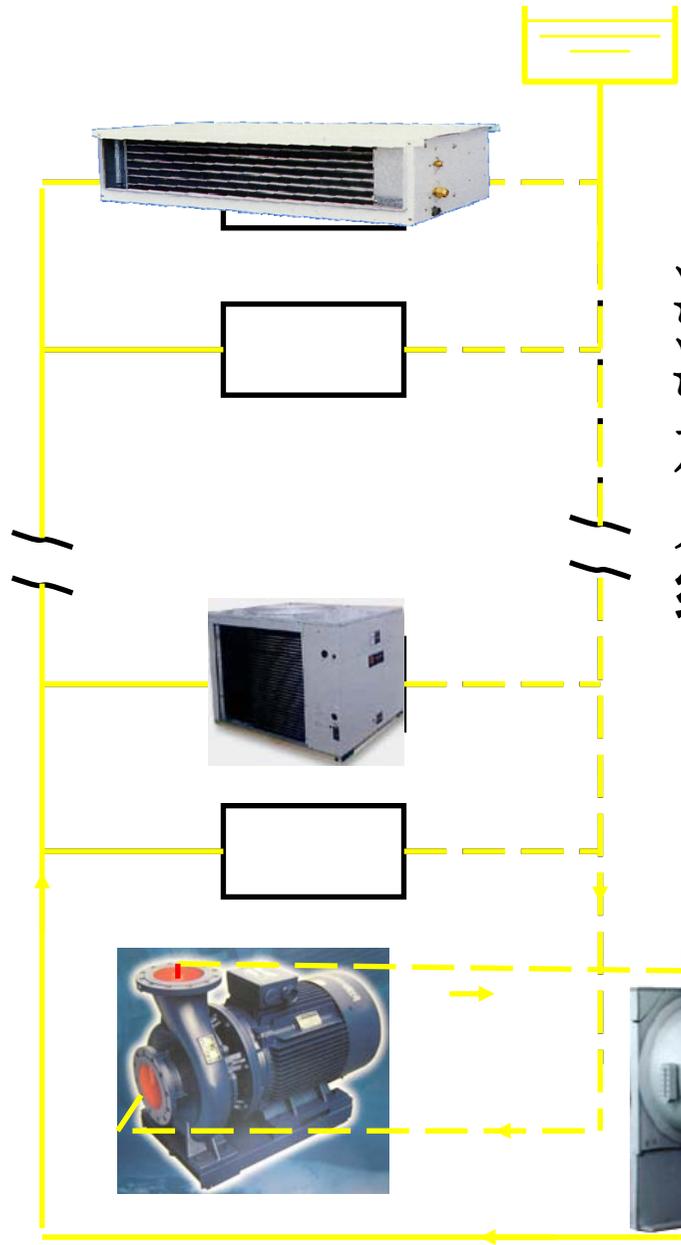


蒸发式冷却塔



冷却塔的特点及适用范围

分类	型式	结构特点	性能特点	适用范围	
湿 式 机 械 通 风 型	逆流式(圆形、方形) (抽风式、鼓风式)	普通型	(1)空气与水逆向流动,进出风口高差较大; (2)圆形塔比方形塔气流组织好;适合单独布置、整体吊装,大塔可现场拆装;塔稍高,湿热空气回流影响小; (3)方形塔占地较小,适合多台组合,可现场组装; (4)当循环水对风机的侵蚀性较强时,可采用鼓风式;	(1)逆流式冷效优于其他形式; (2)噪声较大; (3)空气阻力较大; (4)检修空间小,维护困难; (5)喷嘴阻力大,水泵扬程大; (6)造价较低;	工矿企业和对环境噪声要求不太高的场所
		低噪声型 阻燃型	(1)冷却塔采用降低噪声的结构措施; (2)阻燃型系在玻璃钢中参加阻燃剂;	(1)噪声值比普通型低 4-8dB(A); (2)空气阻力较大; (3)检修空间小,维护困难; (4)喷嘴阻力大,水泵扬程大; (5)阻燃型有自熄作用,氧指数不低于 28,造价比普通型贵 10%左右;	(1)对环境噪声有一定要求的场所; (2)阻燃型对防火有一定要求的建筑;
		超低噪声型 阻燃型	(1)在低噪声型基础上增强减噪措施; (2)阻燃型系在玻璃钢中参加阻燃剂;	(1)噪声比低噪声型低 3-5dB(A); (2)空气阻力较大; (3)检修空间小,维护困难; (4)喷嘴阻力大,水泵扬程大; (5)阻燃型自熄作用氧指数不低于 28,造价比低噪声型贵 30%左右;	(1)对环境噪声有较严格要求的场所; (2)阻燃型对防火有一定要求的建筑;
干 式 机 械 通 风 型	横流式(抽风式)	普通型 低噪声型	(1)空气沿水平方向流动,冷却水流垂直于空气流向; (2)与逆流式相比,进出风口高差小,塔稍矮; (3)维修方便; (4)长方形,可多台组装,运输方便; (5)占地面积较大	(1)冷效比逆流式差,回流空气影响稍大; (2)有检修通道,日常检查、清理、维修更便利; (3)布水阻力小,水泵所需扬程小,能耗小; (4)进风风速低、阻力小、塔高小、噪声低;	建筑立面和布置有要求的场所
		无风机型	(1)高速喷水引射空气进行换热; (2)取消风机,设备尺寸较大;	(1)噪声、振动较低,省水,故障少; (2)水泵扬程高,能耗大; (3)喷嘴易堵,对水质要求高; (4)造价高;	对环境噪声要求较严的场所
干 式 机 械 通 风 型	密闭式	蒸发型	冷却水在密闭盘管中进行冷却,循环水蒸发冷却对盘管间接换热	(1)冷却水全封闭,不易被污染; (2)盘管水阻大,冷却水泵扬程高,电耗大,为逆流塔的 4.5-5.5 倍; (3)重量重,占地大	要求冷却水很干净的场所,如小型水环热泵

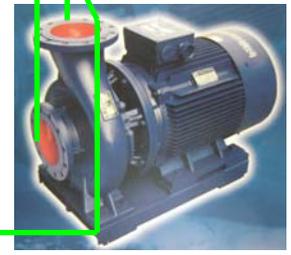
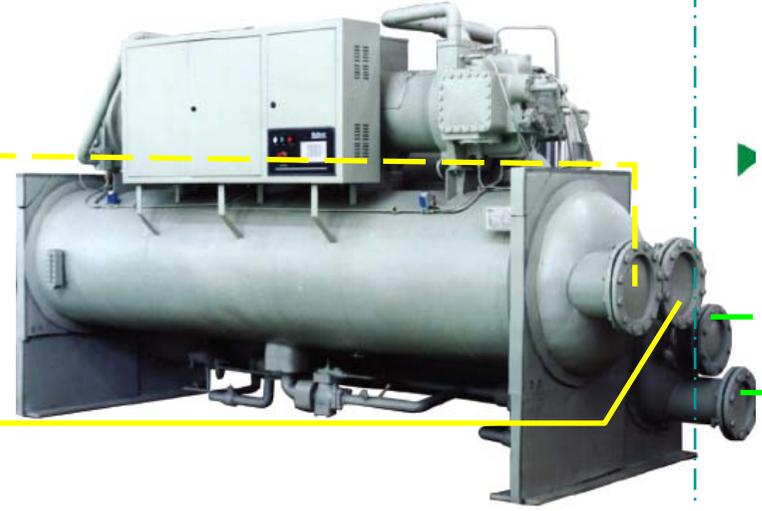


冷冻水系统

制冷剂循环系统



冷却水系统



8.4 空调冷却水系统

8.4.1 冷却塔的设置

2. 冷却塔的设置位置

(1) 制冷站设在建筑物的地下室，冷却塔设在通风良好的室外绿化地带或室外地面上。

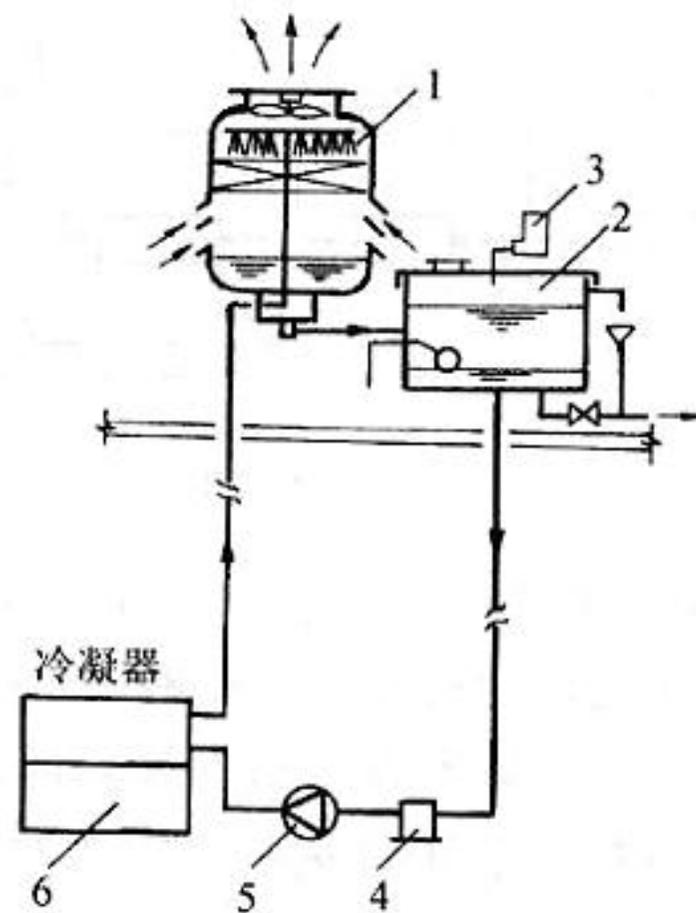
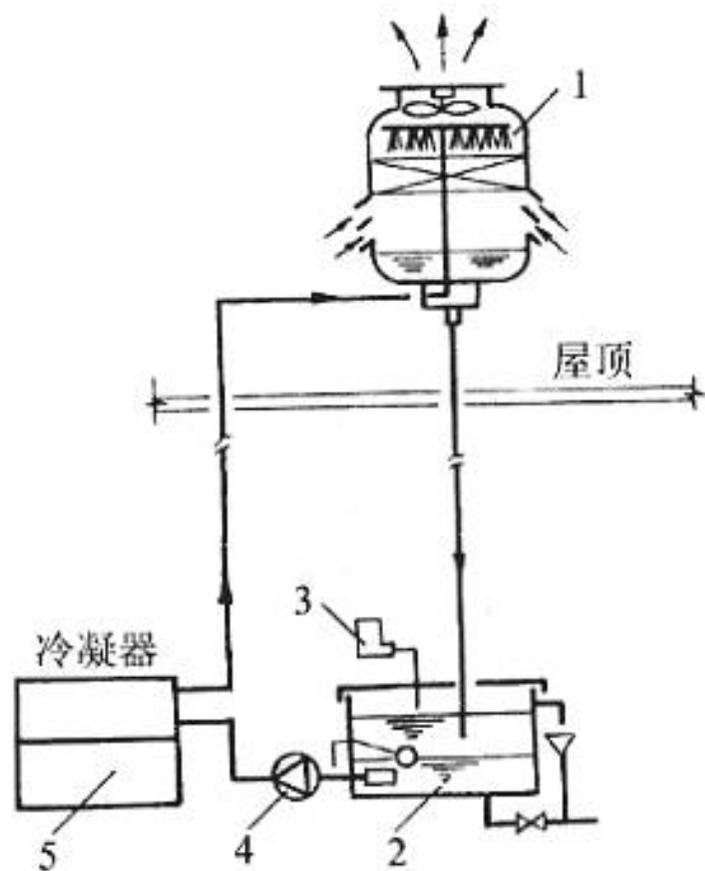
(2) 制冷站为单独建造的单层建筑时，冷却塔可设置在制冷站的屋顶上或室外地面上。

(3) 制冷站设在多层建筑或高层建筑的底层或地下室时，冷却塔设在高层建筑裙房的屋顶上。如果没有条件这样设置时，只好将冷却塔设在高层建筑主（塔）楼的屋顶上，应考虑冷水机组冷凝器的承压在允许范围内。

8.4 空调冷却水系统

8.4.2 冷却水系统的型式

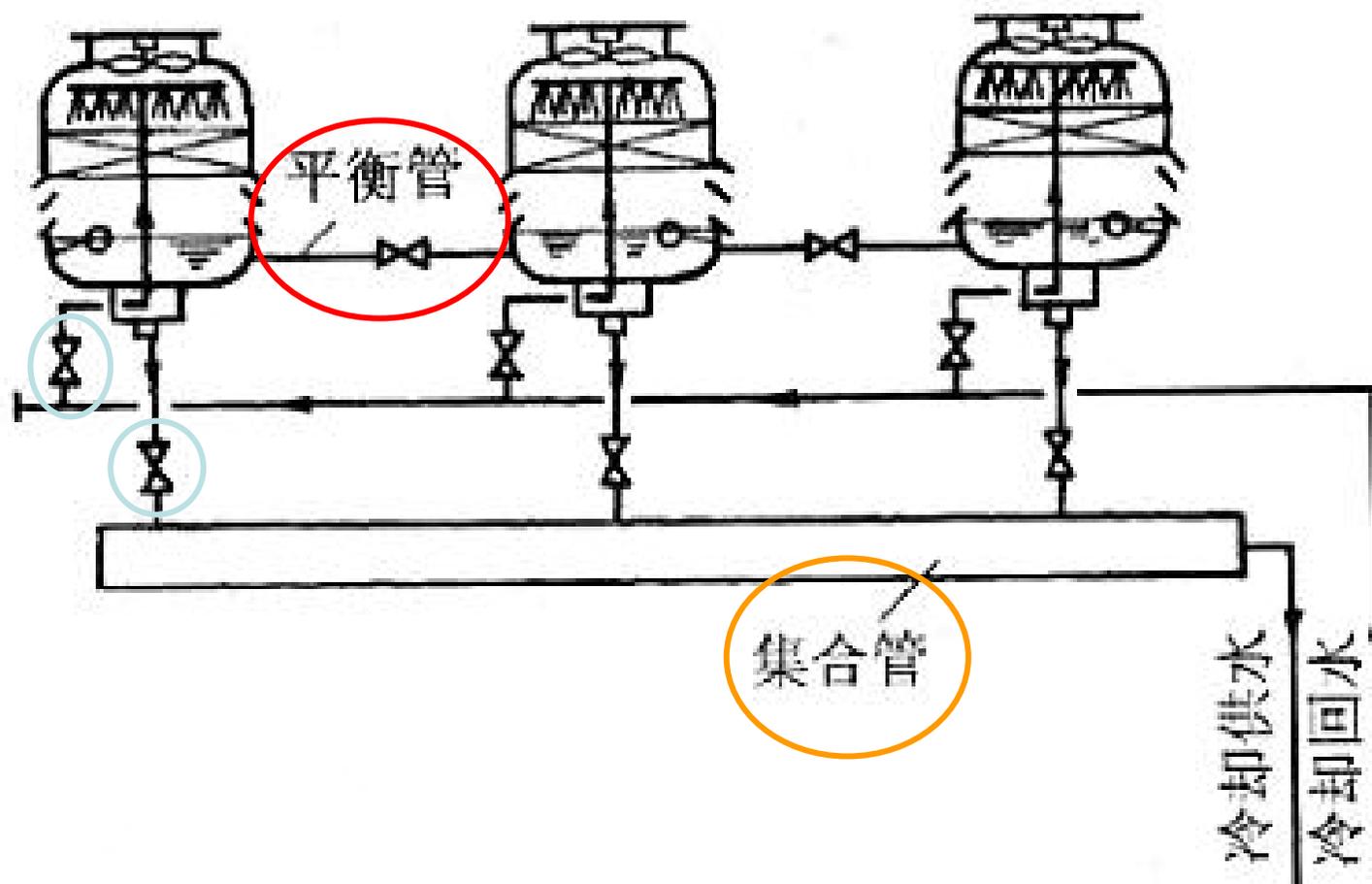
1. 下水箱（池）式冷却水系统



2. 上水箱式冷却水系统

8.4.2 冷却水系统的型式

3. 多台冷却塔并联运行时的冷却水系统



阻力平衡

平衡管

电动二通阀

出水干管

8.4.3 冷却水系统设计中的几个问题

- | | |
|------------|------------------------------|
| 1. 冷却水泵的选择 | 台数
流量
扬程 |
| 2. 冷却水箱 | 功能
容量
配管 |
| 3. 冷却水补充水量 | 蒸发损失
飘逸损失
排污损失
其他损失 |
| 4. 冷却水水质要求 | 防止结垢，控制PH值和藻类生长 |

8.5 空调水系统的水力计算

1. 空调水系统的管材

空调水系统中，常用管材有焊接钢管、无缝钢管、镀锌钢管及塑料管（[PPR塑铝稳态管](#)）几种。

2. 管内流速

管内流速推荐值

管段	水泵吸水管	水泵出水管	一般供水干管	室内供水立管	集管(分水器 and 集水器)
流速 (m/s)	1.2~2.1	2.4~3.6	1.5~3.0	0.9~3.0	1.2~4.5

注：室内要求安静时，宜取下限；直径大的管道，宜取上限。

水管流速表 (m/s)

管径 (mm)	<32	32~70	70~100	125~250	250~400	>400
冷水	0.5~0.8	0.6~0.9	0.8~1.2	1.0~1.5	1.4~2.0	1.8~2.5
冷却水			1.0~1.2	1.2~1.6	1.5~2.0	1.8~2.5

8.5 空调水系统的水力计算

2. 管内流速

管内水流速推荐值

管径/mm	15	20	25	32	40	50	65	80
闭式系统	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.9	0.8~1.0	0.9~1.2	1.1~1.4	1.2~1.6
开式系统	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.8	0.7~0.9	0.8~1.0	0.9~1.2	1.1~1.4
管径/mm	100	125	150	200	250	300	350	400
闭式系统	1.3~1.8	1.5~2.0	1.6~2.2	1.8~2.5	1.8~2.6	1.9~2.9	1.6~2.5	1.8~2.6
开式系统	1.2~1.6	1.4~1.8	1.5~2.0	1.6~2.3	1.7~2.4	1.7~2.4	1.6~2.1	1.8~2.3

8.5 空调水系统的水力计算

3. 单位管长的摩擦阻力（比摩阻）

冷水管路比摩阻宜控制在 $100\text{Pa/m}\sim 300\text{Pa/m}$ 。当量绝对粗糙度，闭式系统 $K=0.2\text{mm}$ ，开式系统 $K=0.5\text{mm}$ 。

表8-8 不同流速及管径时的比摩阻R值

4. 局部阻力系数

阀门及管件的局部阻力系数

序号	名称		局部阻力系数 ζ								
1	截止阀	普通型	4.3~6.1								
		斜柄型	2.5								
		直通型	0.6								
2	止回阀	升降型	7.5								
		旋启式	DN	150	200	250	300				
ζ	6.5		5.5	4.5	3.5						
3	蝶阀		0.1~0.3								
4	闸阀		DN	15	20~50	80	100	150	200~250	300~450	
			ζ	1.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.08	0.07	
5	旋塞阀		0.05								
6	变径管	缩小	0.10								
		扩大	0.30								
7	普通弯头	90°	0.30								
		45°	0.15								
8	焊接弯头	DN	80	100	150	200	250	300			
		90°	ζ	0.51	0.63	0.72	0.72	0.87	0.78		
		45°	ζ	0.26	0.32	0.36	0.36	0.44	0.39		
9	弯管(煨弯) 90° (R为曲率半径; d为管径)		d/R	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	
			ζ	1.2	0.8	0.6	0.48	0.36	0.30	0.29	
10	水箱接管	进水口	1.0								
		出水口	0.5								
11	过滤器	DN	40	50	80	100	150	200	250	300	
		有底阀	ζ	12	10	8.5	7	6	5.2	4.4	3.7
		无底阀	2~3								
12	水泵人口		1.0								

图 示	流向	局部阻力系数 ξ	图 示	流向	局部阻力系数 ξ
	2→3	1.5		1→3	0.1
	1→3	0.1		1→2	1.5
	1→2	1.5		2→1	3.0
	2→3	0.5		2→3	0.5
	3→2	1.0		3→1	0.1

三通的局部阻力系数

空调水系统进行水力计算时，各并联环路压力损失相对差额不应大于15%，当超过15%时，应设置调节装置。

8.6 空调冷凝水系统

1. 水封的设置
2. 泄水支管
3. 冷凝水管材
4. 冷凝水水管管径
5. 冷凝水的排放
6. 冷凝水排水系统常遇到的问题及解决办法