



# 携手打造国内领先的绿色数据中心 —华通千岛湖珍珠半岛数据中心

华信咨询设计研究院有限公司  
2017年10月



华信设计为中国电信集团中国通信服务股份有限公司的下属全资子公司。目前是全国规模最大的邮电通信类咨询设计企业之一，通服行业内企业综合实力排名第一

## 行业内资质最全

- 工程咨询单位**甲级**资质
- 通信工程勘察设计**甲级**资质
- 通信信息网络系统集成**甲级**资质
- ....



## 市场占有率最广

- 业务市场覆盖**全国**以及海外**70**多个国家和地区

## 专业人才库最强

- 拥有**博士42人**，硕士、双学位**515人**，本科**1500人以上**
- **教授级高工14人**、高级职称**394人**、中级职称**1030人**



## 客户满意度最高

- 连续三届（06年至今）被国家质量协会评选为全国**用户满意企业**



2. 贵州信息园 (2015年6月习主席考察园区)



1. 内蒙信息园

目前亚洲最大的云计算数据中心园区



4. 陕西智慧云服务基地



6. 中国电信西部信息中心



8. 重庆云基地



9. 北京信息港4号地项目



10. 张北云数据中心 (阿里)



11. 世纪互联数据中心



12. 上海国际集控数众云 (阿里)



3. 北京信息科技创新园



5. 千岛湖数据中心(阿里)



7. 义龙试验区大数据产业园



全国1000个机架以上的云计算中心案例超过100个

- 数据中心位于浙江淳安千岛湖珍珠半岛，总建筑面积28000m<sup>2</sup>，总市电引入容量为6路10000kVA，为国内目前单体建筑面积和用电容量最大的数据中心之一。



华通千岛湖珍珠半岛数据中心以  
“**打造国际知名、国内领先的绿色  
数据中心**” 为目标。

华通千岛湖数据中心大胆采用了湖水直接冷却的设计方案，在项目生命周期中始终围绕“**安全、绿色、环保**”的理念开展建设工作，具体体现为三维度工作内容：

- ◆ 无单点故障隐患基础设施为**安全的数据中心**奠定基础
- ◆ 充分利用自然冷源和可再利用能源打造**绿色数据中心**
- ◆ 与自然环境相融合的**环保型数据中心**

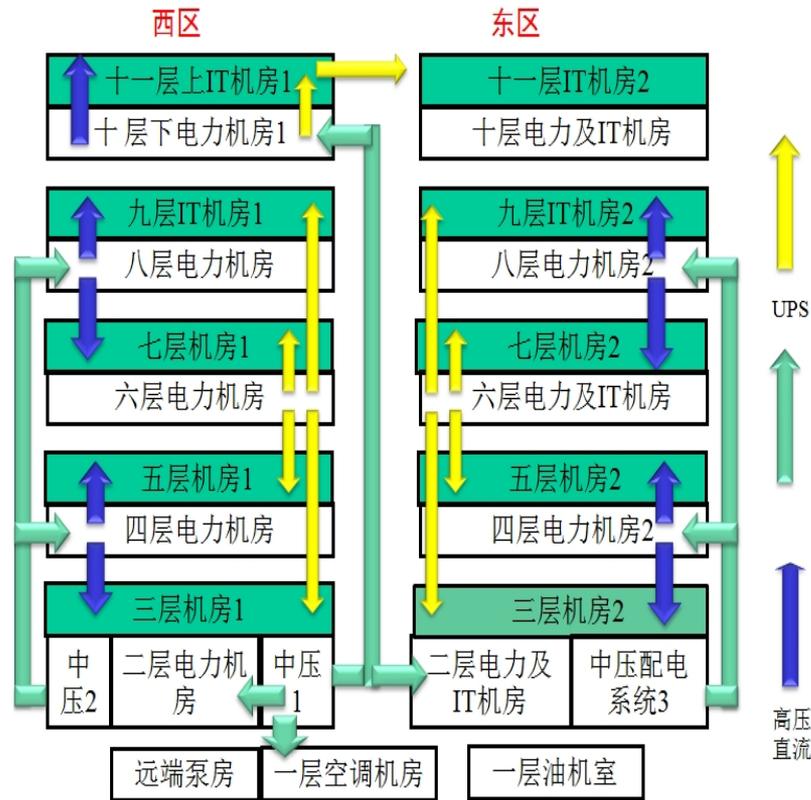
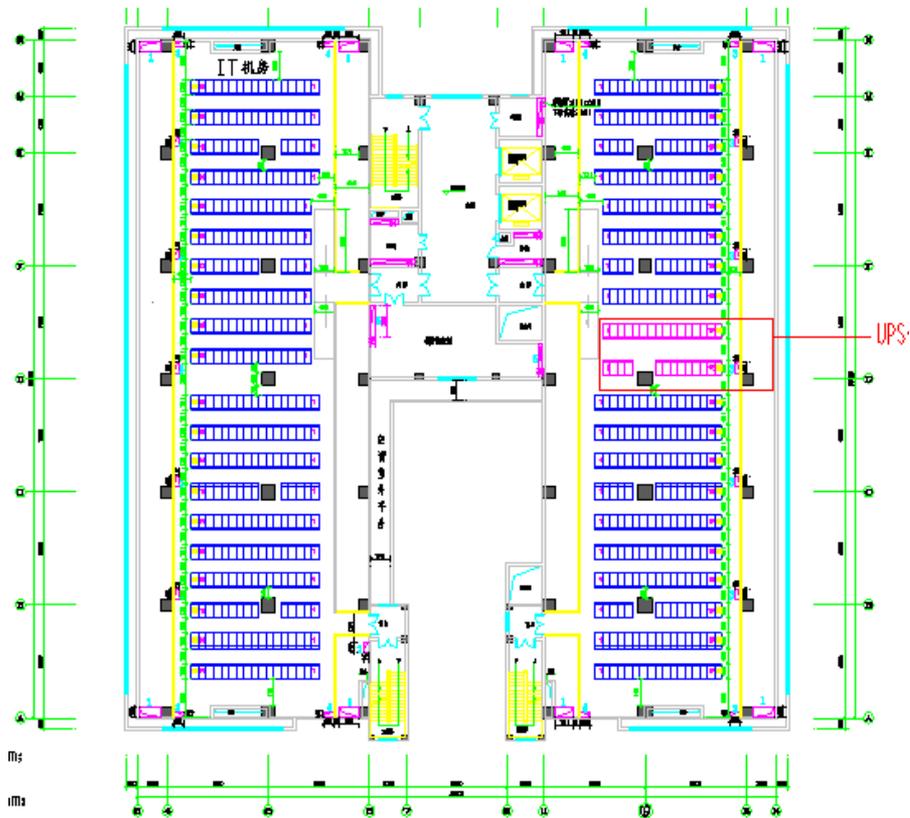
## 项目概况

华通千岛湖数据中心机房为一类高层，地上11层，建筑高度56.25米，建筑面积28000m<sup>2</sup>。

主要功能为：一层为空调冷冻机房、油机房，十一层东机房为微模块参观展示机房，其它楼层为配电用房和数据机房等，IT设备功耗为18000KW。空调夏季冷负荷约为21780kW。



数据机房总规划可用机柜2618个，其中8KW服务器机柜2146个（含6个微模块96个8KW机柜），5KW服务器机柜174个，其他机柜298个（含传输设备、网络设备和磁带库）。



引入千岛湖湖水为数据中心冷却，由于用水量巨大，设计方案围绕着**取水、水温、生态影响**等关键点逐一论证

## 千岛湖水位统计表

| 序号 | 年份   | 月 平 均 水 位 (米) |        |        |        |        |        |        | 年平均水位  | 年最高水位  | 出现日期 |    | 年最低水位 | 出现日期 |    |
|----|------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|----|-------|------|----|
|    |      | 一             | 二      | 三      | 四      | 五      | 十一     | 十二     |        |        | 月    | 日  |       | 月    | 日  |
| 1  | 1980 | 88.95         | 88.54  | 91.23  | 95.04  | 97.31  | 104.26 | 102.70 | 98.86  | 107.16 | 9    | 1  | 88.39 | 7    | 19 |
| 2  | 1983 | 95.32         | 93.66  | 93.06  | 95.29  | 100.65 | 103.92 | 102.00 | 100.97 | 107.66 | 6    | 30 | 92.44 | 4    | 8  |
| 3  | 1986 | 94.46         | 93.66  | 92.63  | 93.80  | 96.68  | 93.67  | 91.68  | 94.93  | 99.06  | 7    | 13 | 90.52 | 12   | 31 |
| 4  | 1987 | 89.92         | 89.53  | 91.39  | 96.12  | 98.20  | 100.19 | 98.52  | 97.54  | 102.56 | 8    | 3  | 89.36 | 3    | 6  |
| 5  | 1989 | 95.25         | 93.47  | 92.97  | 94.34  | 96.24  | 99.81  | 98.11  | 97.94  | 102.64 | 7    | 1  | 92.50 | 3    | 18 |
| 6  | 1992 | 94.92         | 93.67  | 94.44  | 98.00  | 98.77  | 98.10  | 96.07  | 98.30  | 103.57 | 7    | 15 | 93.32 | 3    | 4  |
| 7  | 1993 | 94.38         | 92.99  | 91.93  | 92.92  | 94.38  | 103.75 | 102.08 | 99.48  | 106.76 | 8    | 22 | 91.29 | 3    | 25 |
| 8  | 1996 | 96.09         | 93.85  | 93.92  | 96.71  | 96.82  | 101.80 | 100.58 | 100.08 | 107.85 | 7    | 12 | 92.63 | 3    | 14 |
| 9  | 2000 | 98.39         | 97.62  | 97.99  | 96.03  | 93.63  | 95.23  | 95.45  | 96.02  | 99.14  | 1    | 1  | 93.04 | 5    | 26 |
| 10 | 2004 | 94.08         | 93.84  | 94.01  | 93.80  | 96.16  | 98.84  | 98.53  | 97.17  | 100.65 | 7    | 19 | 93.70 | 4    | 25 |
| 11 | 2005 | 98.05         | 99.61  | 100.21 | 99.56  | 98.57  | 97.39  | 97.36  | 98.48  | 100.83 | 2    | 24 | 97.18 | 11   | 7  |
| 12 | 2006 | 97.48         | 97.87  | 97.06  | 97.84  | 100.39 | 96.93  | 95.93  | 98.89  | 101.67 | 5    | 15 | 96.79 | 4    | 5  |
| 13 | 2007 | 94.59         | 90.73  | 94.42  | 96.16  | 97.43  | 97.41  | 96.37  | 99.11  | 101.87 | 7    | 13 | 97.58 | 2    | 16 |
| 14 | 2008 | 97.62         | 96.79  | 96.43  | 96.94  | 97.88  | 103.57 | 102.86 | 100.77 | 105.60 | 6    | 20 | 96.20 | 4    | 3  |
| 15 | 2009 | 101.19        | 99.83  | 101.45 | 100.20 | 99.31  | 100.58 | 100.34 | 100.51 | 102.99 | 8    | 18 | 98.54 | 6    | 27 |
| 16 | 2010 | 99.61         | 100.63 | 104.77 | 103.04 | 102.27 | 102.85 | 102.51 | 102.24 | 105.62 | 7    | 18 | 98.94 | 1    | 31 |

## 水温测试统计表(°C)

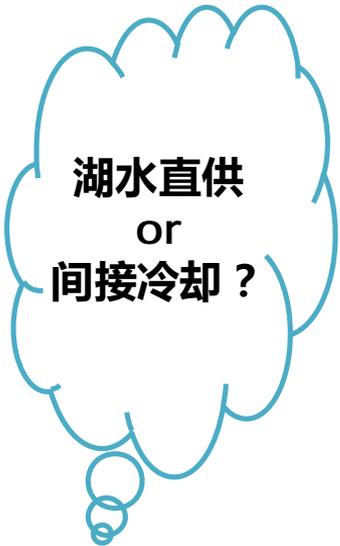
| 时间(天气 气温°C)         | 水深(米)        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              | 取水地点    | 当天水位(米) |        |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|---------|--------|
|                     | 45(系列1)      | 40(系列2)      | 36.5(系列3)    | 35(系列4)      | 34(系列5)      | 33(系列6)      | 32(系列7)      | 31(系列8)      | 30(系列9)      | 28(系列10)     | 26(系列11)     | 25(系列12)     | 20(系列13)     |         |         |        |
| 2012.3.23(晴10.7°C)  | 8.7          | 8.8          |              | 8.8          |              |              | 8.8          |              | 8.9          | 8.9          | 8.9          | 8.9          | 9.1          | 阳光大酒店水域 | 100.1   |        |
| 2012.3.17(小雨14.5°C) |              | 8.8          |              | 8.8          |              |              |              |              | 8.9          | 8.9          | 9            | 9            | 9.1          | 阳光大酒店水域 | 100.9   |        |
| 2012.2.17(多云9°C)    |              | 9.8          | 9.9          | 9.9          | 9.9          | 9.8          | 9.8          | 9.8          | 9.9          | 9.8          | 9.9          | 9.9          | 9.8          | 阳光大酒店水域 | 99.76   |        |
| 2011.12.24(晴5.1°C)  |              |              | 11.4         | 11.5         |              | 12.5         | 14.4         | 14.9         | 15.1         |              |              | 15.2         |              | 珍珠半岛水域  | 99.97   |        |
| 2011.11.19(阴16°C)   | 10.4         | 10.6         |              | 11.2         |              | 11.8         | 12.4         | 13           | 13.8         | 15.3         | 16.4         | 17           | 18.4         | 珍珠半岛水域  | 101.3   |        |
| 2011.10.5(多云18°C)   | 10.6         | 10.7         |              | 11.4         |              | 12.5         |              |              | 15           | 15.8         | 17           | 17.5         | 18.8         | 五龙岛水域   | 102.92  |        |
| 2011.9.29(阴27°C)    | 10.4         | 10.7         |              | 11.6         | 11.9         | 12.4         | 13.3         |              | 14.6         | 15.9         |              | 17.3         | 18.7         | 龙山水域    | 102.85  |        |
| 2011.9.27(阴25.7°C)  | 10.5         | 11           |              | 13           | 15.3         |              |              |              | 17           |              |              |              |              | 星岛水域    | 102.94  |        |
| 2011.9.18(阴25°C)    | 10.1         | 10.4         | 11.2         |              | 11.9         |              |              | 13.6         | 14.4         | 15.9         |              | 17           |              | 龙山水域    | 103.12  |        |
| 2011.9.8(晴30°C)     | 10.1         | 10.4         | 11.6         |              |              | 12.5         |              |              | 15.1         | 16.2         |              | 17.6         | 18.9         | 星岛水域    | 103.33  |        |
| 2011.8.10(晴31°C)    | 10.1         | 10.6         | 11.0         | 11.4         | 11.7         | 12.0         | 12.6         | 13.2         | 13.8         | 15.3         |              | 16.9         | 17.9         | 大桥水域    | 103.55  |        |
| 2011.8.9(晴32°C)     | 10           | 10.5         |              | 11.5         | 12           | 12.4         | 13.3         | 14.8         | 15.2         | 16.3         |              |              | 17.7         | 18.6    | 阳光大酒店水域 | 103.64 |
| 2011.7.31(晴32°C)    | 10.1         | 10.4         |              | 11.3         | 11.9         | 12.2         | 13.1         |              |              |              | 17.1         |              | 19           | 星岛水域    | 104.48  |        |
| 2011.7.26(晴33°C)    | 9.9          | 10.2         |              | 11.1         | 11.7         | 12.1         | 12.9         |              | 14           | 15.7         | 17           | 17.5         | 19.6         | 温馨岛水域   | 104.93  |        |
| 2011.7.20(晴32°C)    | 9.8          | 10           |              | 11           | 11.5         | 11.9         | 12.5         | 13.1         | 13.9         | 15.4         | 15.9         | 16.5         | 18.3         | 五龙岛水域   | 105.17  |        |
| 2011.7.13(晴31°C)    | 9.6          | 10           |              | 10.7         |              |              |              | 12           | 13           | 13           | 15           | 16.2         | 16.6         | 17.8    | 西园码头    | 105.22 |
| 2011.6.27(晴24°C)    | 9.8          | 10           |              | 10.5         | 10.7         | 10.8         | 11.3         | 11.7         | 12.4         | 13.9         | 14.8         | 15.4         | 18.1         | 星岛水域    | 106.36  |        |
| 2011.6.24(晴34°C)    | 9.7          | 9.7          | 10           | 10.2         | 10.3         | 10.5         | 10.9         | 11.4         | 11.7         | 14.4         | 16           | 16.7         | 18           | 星岛水域    | 106.61  |        |
| 2011.6.21(多云24.2°C) |              | 10           |              | 10.4         |              | 10.7         |              |              | 11.4         | 11.8         | 13.4         | 15.6         | 16.4         | 17.7    | 星岛水域    | 107.19 |
| 2011.6.17(雨26°C)    | 9.7          | 10           |              | 10.5         |              |              |              |              | 12.6         |              |              | 15.2         | 16.9         | 五龙岛水域   | 105.63  |        |
| <b>平均水温</b>         | <b>10.05</b> | <b>10.33</b> | <b>11.04</b> | <b>11.15</b> | <b>11.89</b> | <b>11.87</b> | <b>12.61</b> | <b>13.01</b> | <b>13.96</b> | <b>15.27</b> | <b>16.22</b> | <b>16.70</b> | <b>18.34</b> |         |         |        |

## 淳安县自来水公司2012年水源水平均值

| 月份  | 水温(°C) | 色度(度) | 浑浊度(NTU) | 臭和味 | 肉眼可见物 | PH值  | 总碱度(mg/L) | 耗氧量(mg/L) | 氨氮(mg/L) | 亚硝酸盐(mg/L) | 氯化物(mg/L) | 铁(mg/L) | 锰(mg/L) | 菌落总数(CFU/ml) | 总大肠菌群(MPN/100ml) | 耐热大肠菌群(MPN/100ml) |
|-----|--------|-------|----------|-----|-------|------|-----------|-----------|----------|------------|-----------|---------|---------|--------------|------------------|-------------------|
| 1月  | 12.6   | <5    | 0.58     | 0   | 无     | 7.73 | 36.5      | 1.03      | 0.02     | 0.004      | 5.08      | <0.05   | <0.05   | 4            | 3                | 未检出               |
| 2月  | 10.7   | <5    | 0.58     | 0   | 无     | 7.64 | 37.9      | 1.07      | <0.02    | 0.002      | 5.24      | <0.05   | <0.05   | 3            | 4                | 未检出               |
| 3月  | 11.1   | <5    | 0.65     | 0   | 无     | 7.72 | 38.3      | 1.08      | <0.02    | 0.005      | 5.79      | <0.05   | <0.05   | 4            | 3                | 未检出               |
| 4月  | 16.2   | <5    | 0.78     | 0   | 无     | 7.88 | 38.4      | 1.14      | <0.02    | 0.007      | 5.85      | <0.05   | <0.05   | 4            | 2                | 未检出               |
| 5月  | 19.4   | <5    | 0.97     | 0   | 无     | 7.87 | 37        | 1.16      | <0.02    | 0.008      | 5.94      | <0.05   | <0.05   | 4            | 3                | 未检出               |
| 6月  | 20.7   | <5    | 0.91     | 0   | 无     | 7.88 | 35.5      | 1.31      | 0.02     | 0.006      | 5.86      | <0.05   | <0.05   | 6            | 4                | 1                 |
| 7月  | 23.1   | <5    | 0.61     | 0   | 无     | 7.64 | 35.4      | 1.33      | 0.03     | 0.005      | 5.74      | <0.05   | <0.05   | 13           | 7                | 2                 |
| 8月  | 22.0   | <5    | 0.56     | 0   | 无     | 7.36 | 35.5      | 1.21      | 0.02     | <0.001     | 5.39      | <0.05   | <0.05   | 8            | 6                | 2                 |
| 9月  | 21.0   | <5    | 0.43     | 0   | 无     | 7.21 | 36        | 1.16      | <0.02    | 0.001      | 5.27      | <0.05   | <0.05   | 10           | 6                | 1                 |
| 10月 | 23.1   | <5    | 0.42     | 0   | 无     | 7.44 | 37        | 1.21      | <0.02    | 0.003      | 5.08      | <0.05   | <0.05   | 10           | 9                | 1                 |
| 11月 | 20.4   | <5    | 0.50     | 0   | 无     | 7.62 | 39        | 1.21      | <0.02    | 0.003      | 4.86      | <0.05   | <0.05   | 14           | 44               | 3                 |
| 12月 | 15.8   | <5    | 0.42     | 0   | 无     | 7.68 | 40        | 1.09      | <0.02    | 0.004      | 4.88      | <0.05   | <0.05   | 15           | 67               | 1                 |
| 年平均 | 18.0   | <5    | 0.62     | 0   | 无     | 7.64 | 37.2      | 1.17      | <0.02    | 0.004      | 5.42      | <0.05   | <0.05   | 8            | 13               | 1                 |

## 湖水直接冷却和湖水间接冷却综合比较：

| 序号 | 名称         | 方案一：湖水直接制冷 |    |    | 方案二：湖水间接制冷 |    |    |
|----|------------|------------|----|----|------------|----|----|
|    |            | 单价         | 数量 | 合计 | 单价         | 数量 | 合计 |
| 1  | 电量汇总 (KW)  | 3884       |    |    | 3709       |    |    |
| 2  | 全年运行时间 (天) | 300        |    |    | 300        |    |    |
| 3  | 全年运行电费(万元) | 2237.184   |    |    | 2136.384   |    |    |
| 4  | 设备投资(万元)   | 3644       |    |    | 4056       |    |    |
| 5  | 维护费用(万元)   | 117.32     |    |    | 125.68     |    |    |
| 6  | 总计(万元)     | 5998.504   |    |    | 6318.064   |    |    |



湖水直供  
or  
间接冷却？

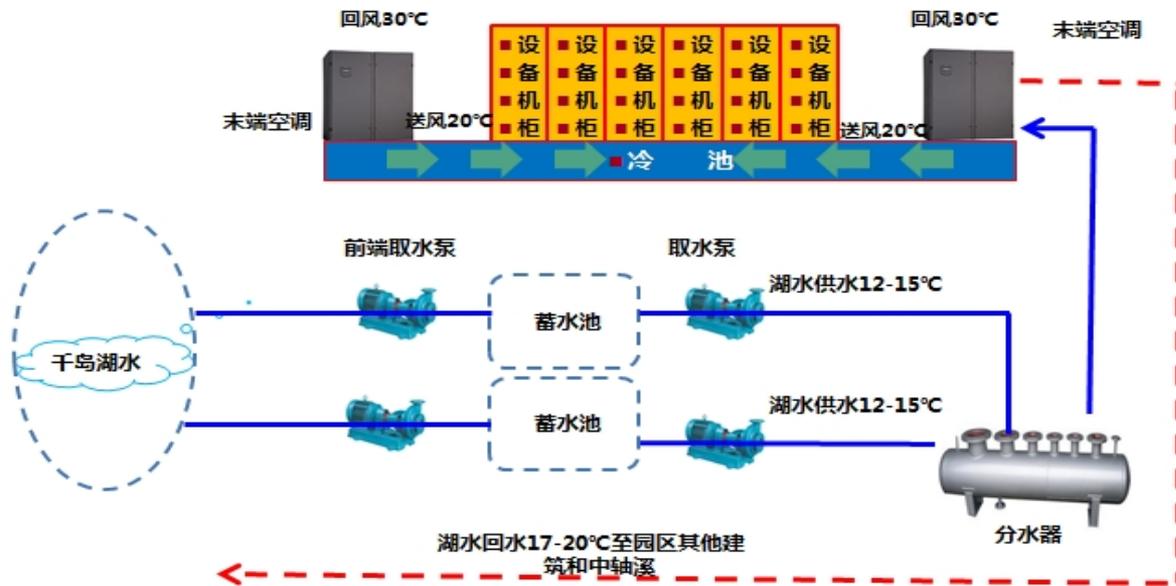
备注：由于夏季湖水受太阳直射，在9月份左右温度将升高，本次比较按最不利因素-湖水取水温度高于15℃，每年湖水冷却使用时间按10个月（300天）考虑，另2个月按照常规制冷考虑。

**因间接冷却采用板换，造成最小1℃温升，由于水温对系统影响较大，最后确定为湖水直供方案。**

华通千岛湖珍珠半岛-数据中心为国内首个**利用深层湖水来降低室内温度的冷却系统（湖水直供空调系统）**。湖水直供空调系统通过远端水泵取千岛湖水面下约35m的湖水（水温10~12度左右）至蓄水池，湖水直供运行时只需开启取水泵及末端设备。

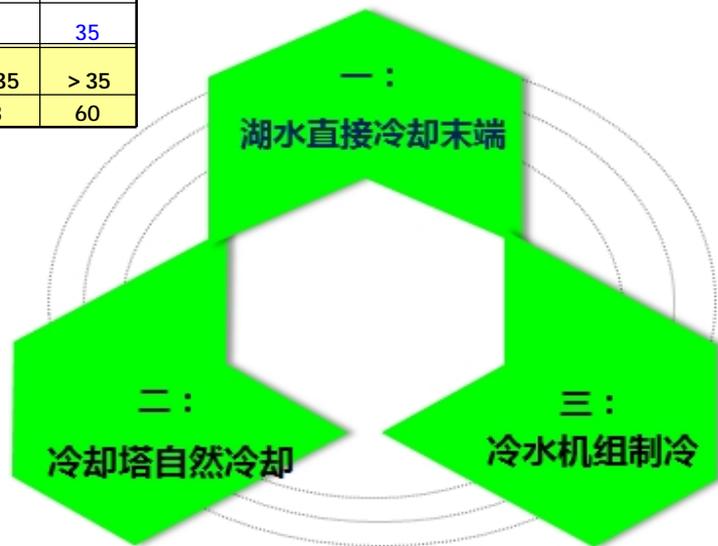
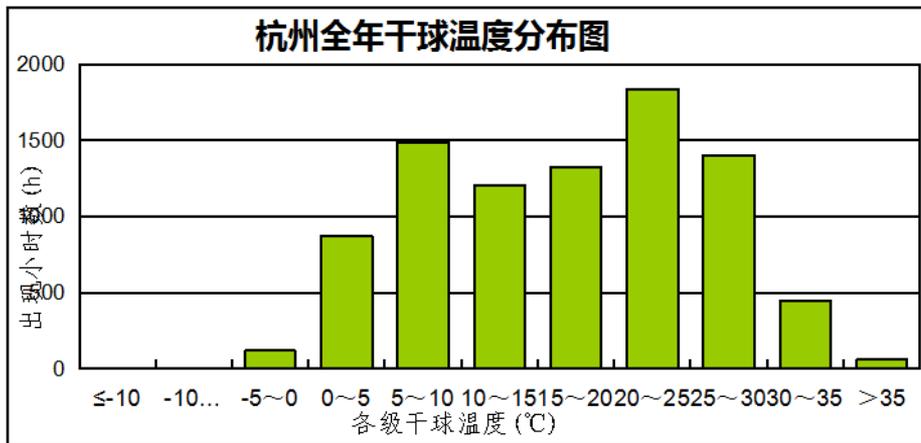
系统满负荷用水量约3800m<sup>3</sup>/h。

湖水使用完后温度约20度左右，一部分输送至珍珠半岛其他建筑作为空调冷却水使用，另一部分（1500m<sup>3</sup>/h）输送至中轴溪作为景观水使用。



根据历年监测数据统计，湖水取水温度在12度以下。由于1980-2011年间湖水水位低于取水水位的时间约占总年份的5.2%，从安全角度考虑，确定增加常规水冷冷水机组作为备用，备用空调系统按100%配置。

| 分段序号 | 1      | 2    | 3   | 4    | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10  |
|------|--------|------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 段节点  | -10    | -5   | 0   | 5    | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35  |
| ≤-10 | -10~-5 | -5~0 | 0~5 | 5~10 | 10~15 | 15~20 | 20~25 | 25~30 | 30~35 | >35 |
| 0    | 0      | 119  | 872 | 1488 | 1205  | 1326  | 1838  | 1404  | 448   | 60  |



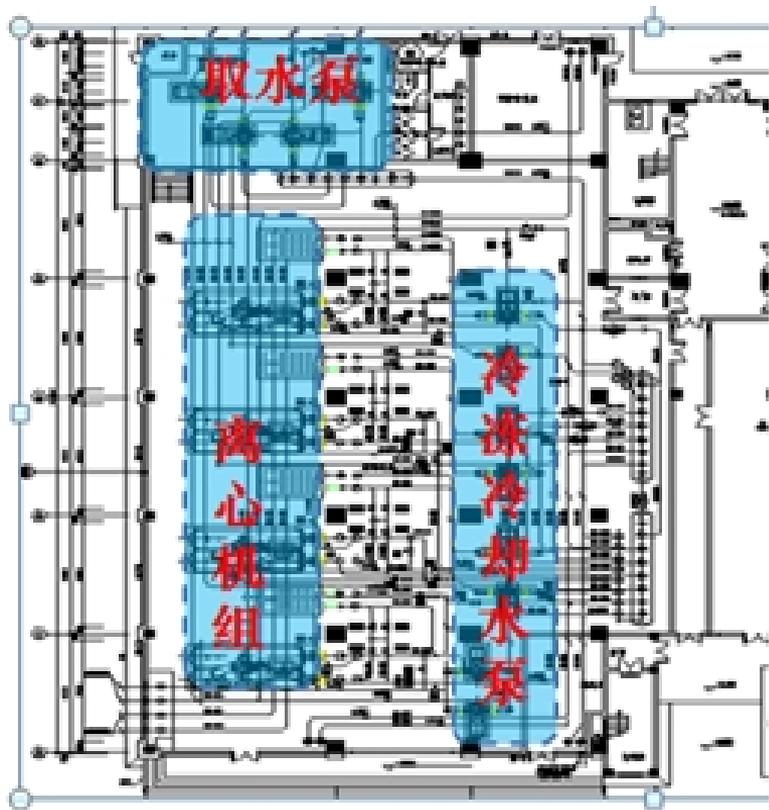
空调方案

## 设计方案：湖水直接冷却+常规主机备用

| 内容 | 数据设备(kW) | 空调负荷(kW) |
|----|----------|----------|
| 机房 | 18000    | 21780    |

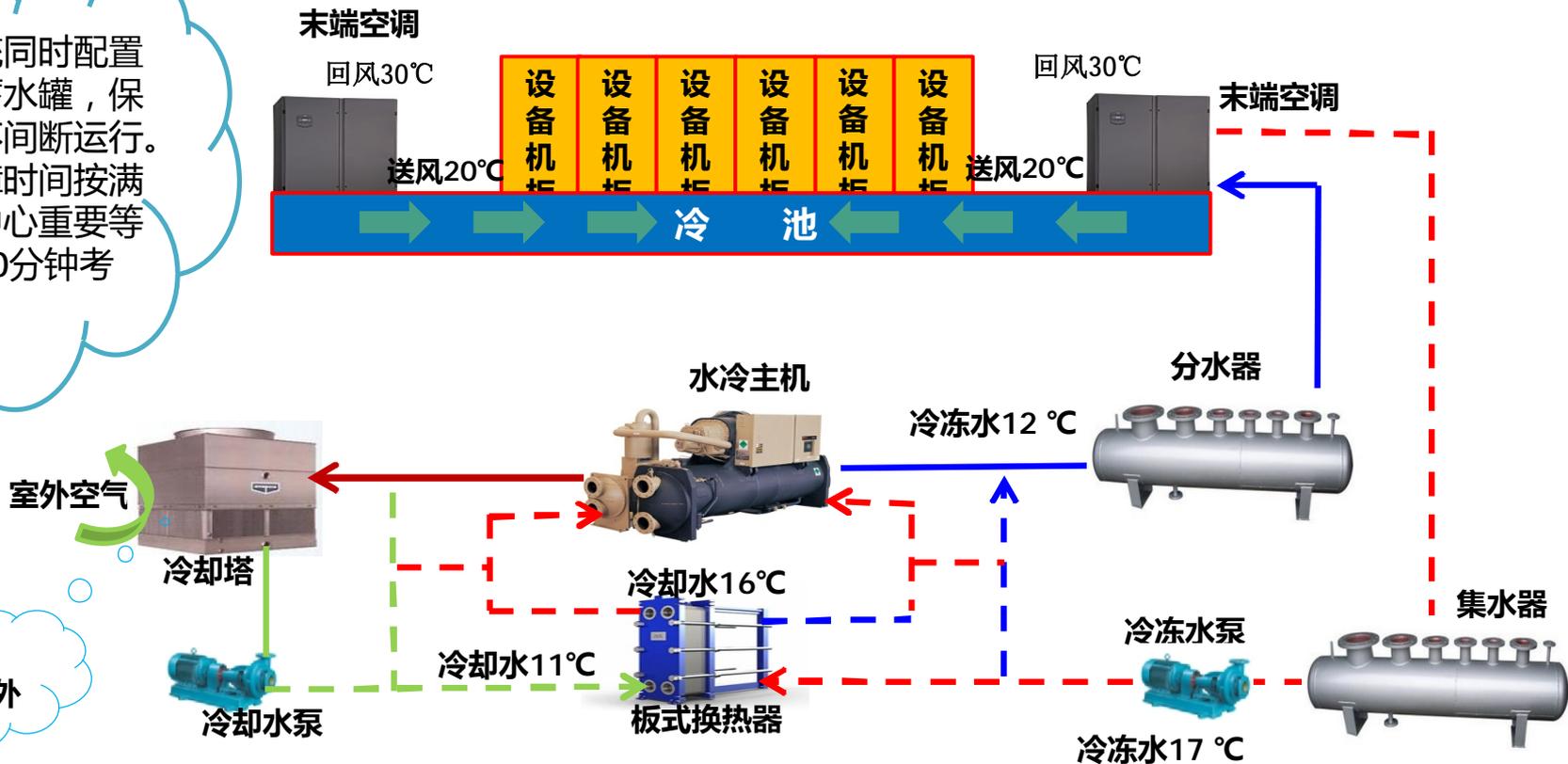
湖水直供供回水温度按照15-20度设计，设计4台L=1400m<sup>3</sup>/h双吸泵，3用1备，等效可提供冷量约24450kW；

备用冷冻水空调系统主机选用4台2100RT高压水冷离心冷水机组（3用1备），可提供总制冷量约22152 kW，满足机房负荷需求，每台冷水机组配套1台板式换热器，冬季自然冷却，减少冷冻机组开启时间、降低能源消耗。

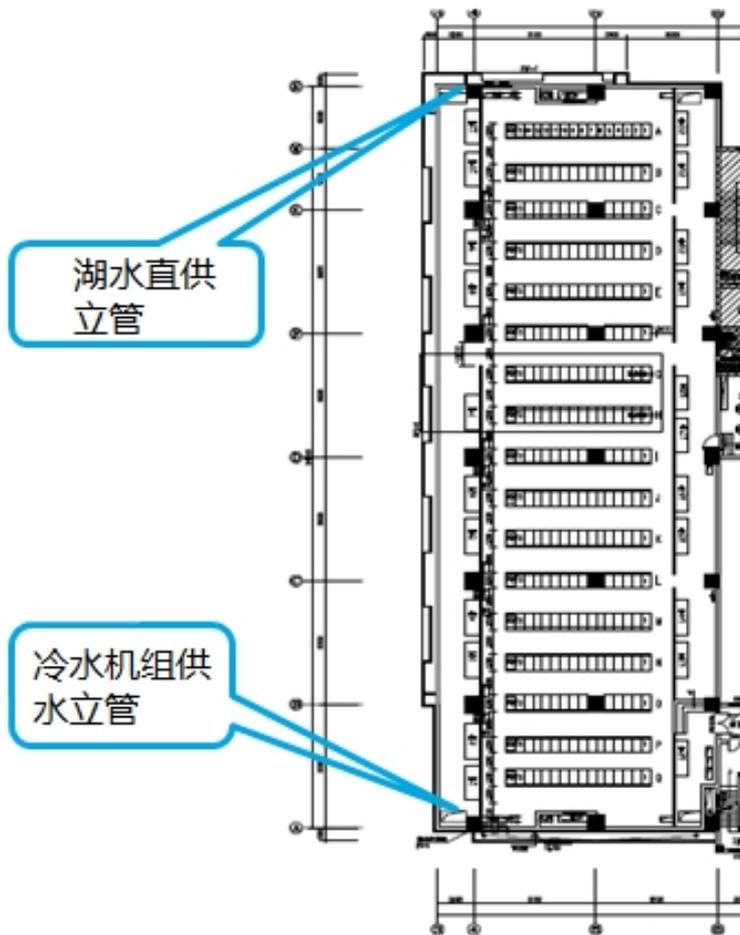


空调系统同时配置了闭式蓄水罐，保证系统不间断运行。蓄冷保障时间按满足数据中心重要等级负荷10分钟考虑。

将热量搬至室外



## 安全的云服务数据中心



★楼层管路采用四管制，机房专用空调采用双盘管，以保障机房供冷的高可靠性。机房专用空调N+1配置，避免专用空调存在单点故障。

**达到T4等级建设标准。**



湖水系统同时还配有真空引水装置、电动刷式自清洗过滤器、节能活塞平衡式水泵控制阀等设备，在节能运行的同时，保证系统安全、可靠运行。



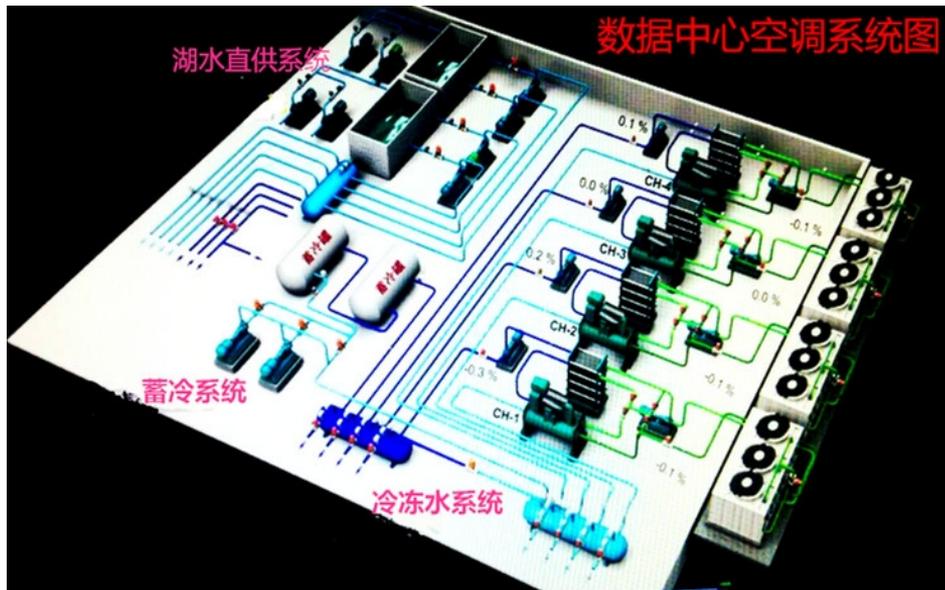


## 一、无单点故障隐患基础设施为**安全的数据中心**奠定基础



## 1、制冷系统备份容灾和连续制冷保证系统安全可靠工作

★日常采用湖水直供系统，通过二级泵将远端水泵取千岛湖水下约35m水位的湖水至末端恒温恒湿空调进行制冷。

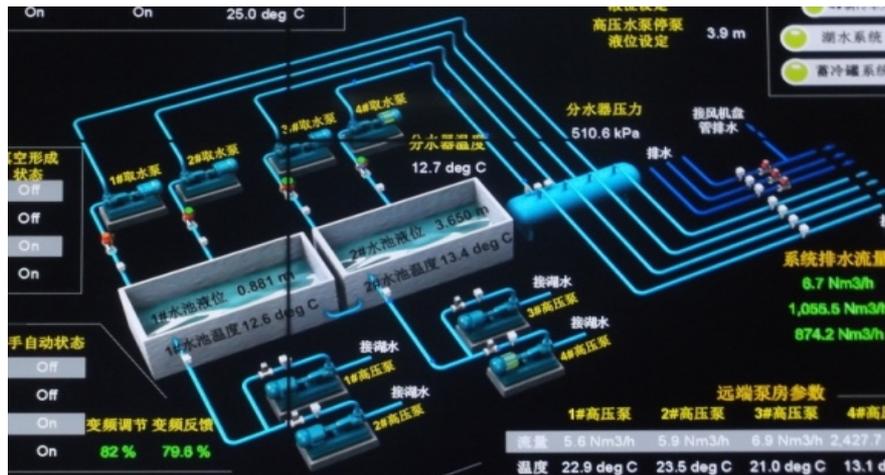
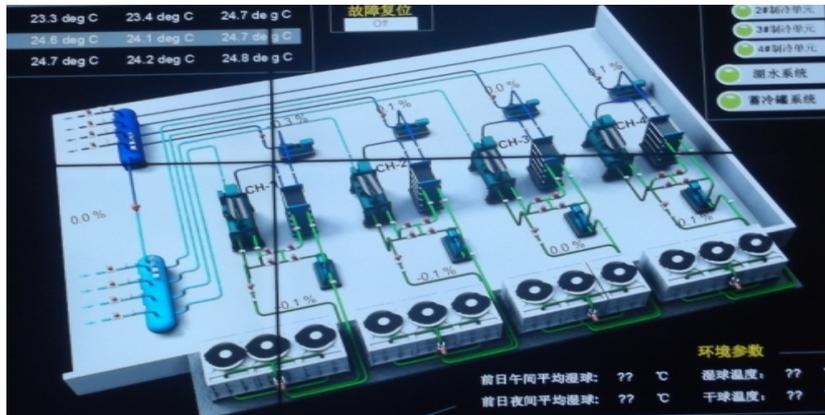


★当湖水水位降低导致水温升高时，开启独立的集中式冷冻水空调系统，保证机房的正常运行。在过渡季节或冬季较低的室外气温，利用板换与冷却塔进行免费冷却，提高系统整体能效。

★**应急和连续制冷**：当湖水水质出现问题或取水量不足时通过湖水蓄水池进行释冷。当启用集中式冷冻水空调系统发生市电中断时通过闭式蓄冷罐进行释冷。

## 2、制冷子系统设备和管线2N和N+1确保子系统安全可靠

★湖水直供系统为本项目的最闪耀的亮点，该部分系统的可靠性要求最高。从湖中取水管和取水泵开始一直到送水管和蓄水池均采用1+1备份容灾配置，确保日常维护或故障检修状况下系统可以不间断工作。



★集中式冷冻水空调系统中每套制冷单元均配置有独立冷水机组、冷冻水泵、冷却塔和冷却水泵。数据中心集中式冷冻水空调系统由4套制冷单元采用3+1备份容灾组成。

## 3、选用高可靠设备来降低单设备故障概率，提高系统的可靠性。



## 4、供电系统2N容灾配置和智能管理系统安全可靠工作

★市电引入线路及容量，低压配电系统变压器的2N配置确保设备不存在单点故障隐患。

中压配电系统的分段母线运行方式（联络）和低压配电系统分段运行方式（ATMT自动联络投切）解决了线路单点故障隐患。

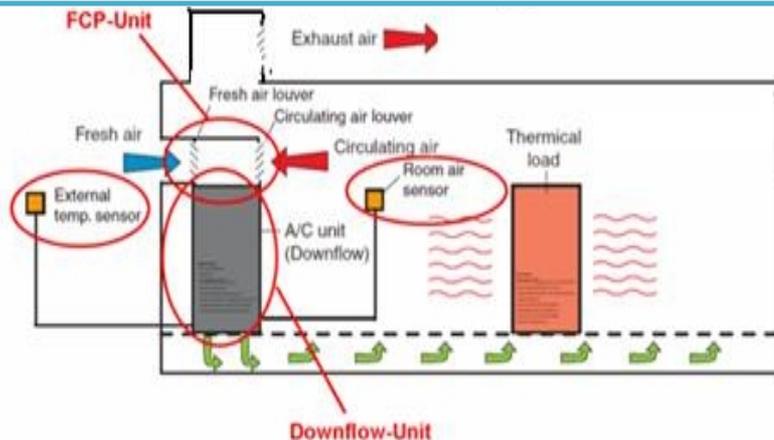
10KV中压智能管理系统对负载的投入和分断进行智能管理，确保中压系统安全运行并为日常维护管理提供数据支撑。

★IT机房设备供电采用2N配置方式确保设备安全可靠供电。核心网络设备采用UPS双总线供电方式，UPS系统由2台主机1+1并机组成。服务器机柜采用一路市电一路高压直流（2N），任何一路容量满足全部服务器供电要求。

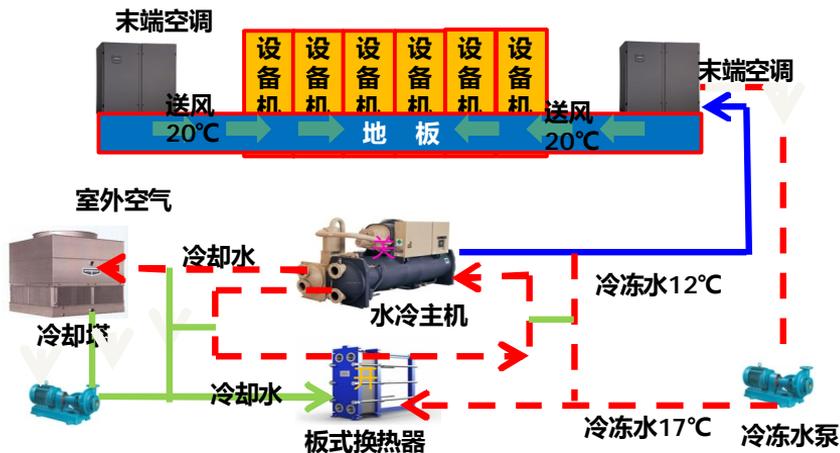
## 二、充分利用自然冷源和可再利用能源打造绿色数据中心

★国内首个利用深层湖水来降低室内温度的冷却系统（湖水直供空调系统），以节能环保和运行费用低的双重优势，取代了传统的以氟里昂作为制冷剂的空调系统。湖水直供空调系统通过远端水泵取千岛湖水下约35m水位的湖水（水温12度左右）至蓄水池，再由循环水泵将湖水经分水器至末端恒温恒湿空调进行制冷，运行时只需开启取水泵及末端设备，PUE值小于1.3。使用完后20度左右湖水输送至园区其他建筑作为空调冷却水使用。

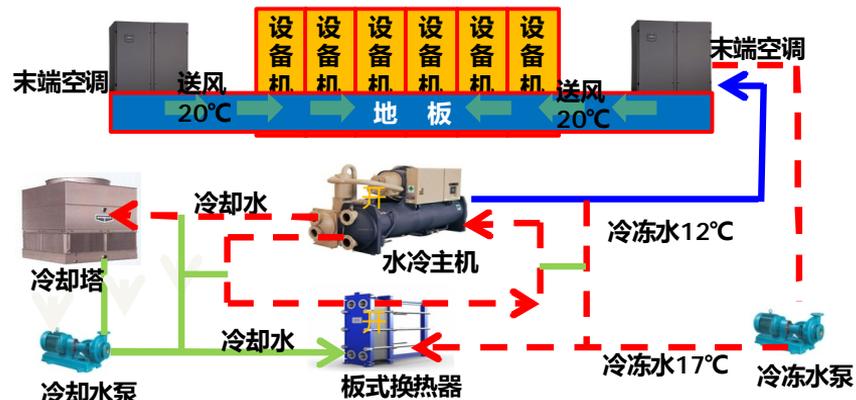
★十一层机房利用室外新风对服务器进行冷却，节省大量能源消耗，提高系统整体能效。



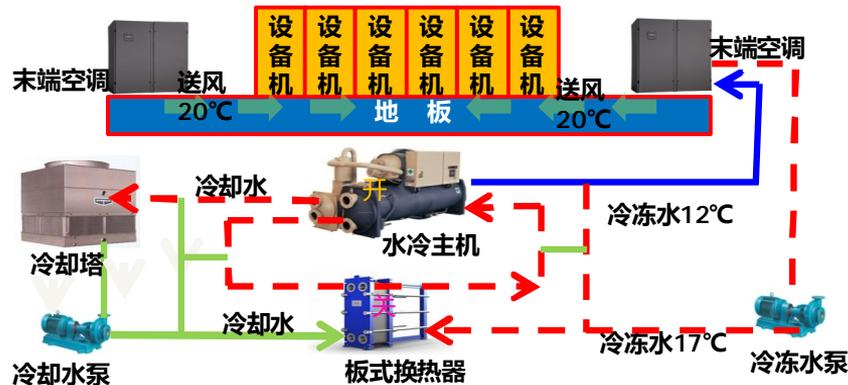
★ 冬天完全自然冷却，冷冻机关闭，利用板换和冷却塔进行免费冷却。  
★ 在过渡季节冷冻水经过板换和冷却塔进行预冷，自然冷却不够的部分由常规压缩制冷接力。



1) 冷却水出水温度 $t \leq 11^\circ\text{C}$ 开始停止压缩机工作，全部通过板换换热实现免费制冷。



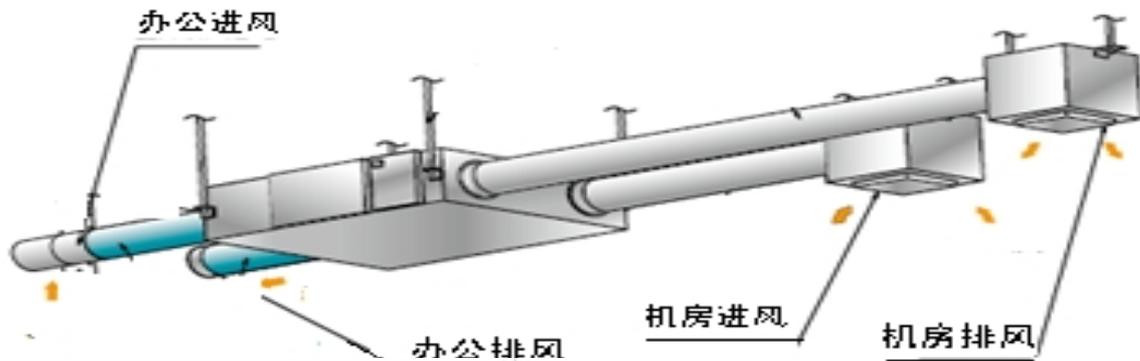
2) 在冷却水出水温度 $11^\circ\text{C} < t \leq 16^\circ\text{C}$ ，部分冷水机组压缩机制冷+通过板换换热实现免费制冷。



3) 在冷却水出水温度 $t > 16^\circ\text{C}$ ，冷水机组压缩机制冷。



★机房余热通过显热换热机组为网管中心提供冬季供暖。

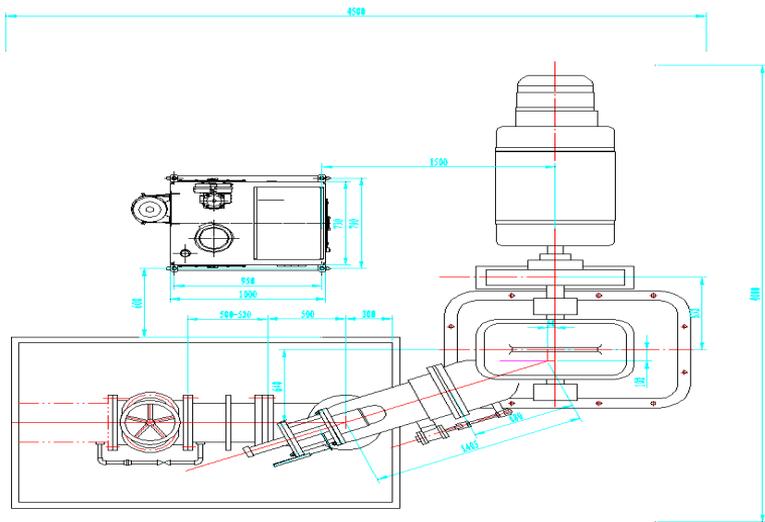
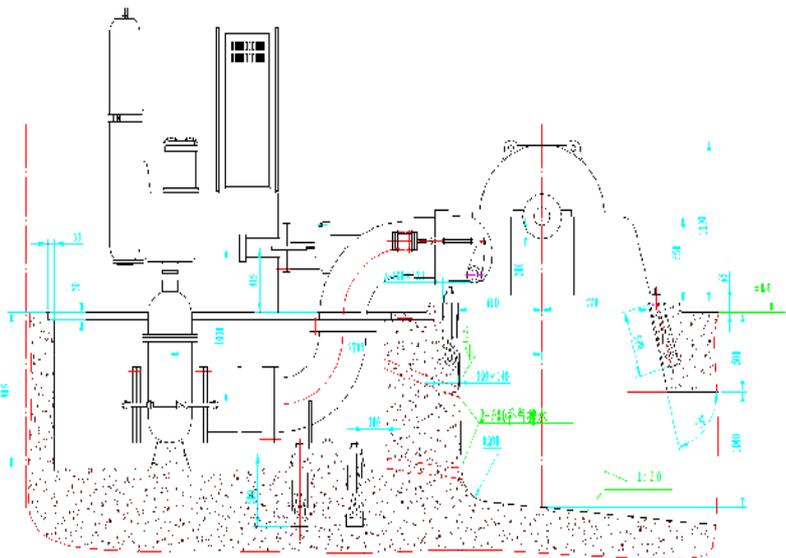


★屋顶设置光伏发电单元接入高压直流系统为微模块设备供电。



1 光伏发电单元 2 高压直流单元 3 储能单元 4 配电及保护单元

★直供机房空调系统的湖水排水进行综合利用发电，接入二层低压配电系统，用于水泵等动力设备的供电。

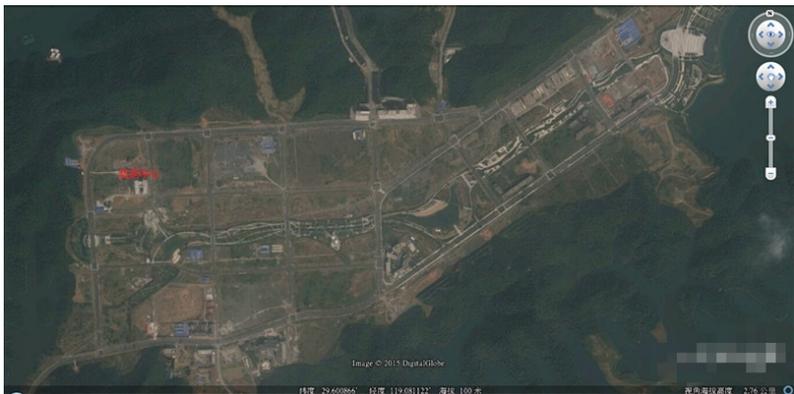


## 三、与自然环境相融合的环保型数据中心

1、IT机房首次采用极早期报警和预作用自动喷水系统相结合消防系统。减少气体灭火系统动作中灭火气体对环境的影响。

### 2、湖水直供的充分利用

12°C湖水对数据机房进行冷却后温度升至20°C左右，一部分水作为其他建筑作为空调冷却水使用；另一部分引至新建珍珠半岛人工河（中轴溪），作为水源流经珍珠半岛并经过自然冷却后汇入千岛湖，确保生态平衡。





**专心、专注、专业**  
**华信助您一路领航**