



冷凝器自动清洗技术在地源热泵水系统中的特殊应用《六》

罗碧玉¹ 程瑞端² 秋石³

1. 深圳市新怡空调设备有限公司 2. 深圳职业技术学院

Luo Biyu¹ Doctor Cheng Rui duan² Qiu shi³

1. Shenzhen xinyi air-condition equipment co.ltd

2. Shenzhen professional technics college

摘要：本文列举分析了南方地源热泵冷却（蒸发）水系统可能出现的特殊问题，提出了相应的简单实用的解决方案。对冷凝器自动清洗技术在地源热泵系统中的扩展应用，保证地源热泵系统的节能效益和设备安全，提供了重要的理论探讨和实施数据。

Abstract: This document lists analysis of ground source heat pump cooling in the South (evaporation) special problems that may occur in water system, propose the appropriate simple and practical solutions. Condenser cleaning technology in extended application of ground source heat pump system to ensure energy-saving benefits of ground source heat pump systems and safety equipment, provided an important theoretical discussion and practice of data.

关键词：地源热泵，能效，节能减排，循环经济，再生能源。

Keywords: Ground-source heat pumps, energy efficiency, energy conservation and emission reduction, recycling economy and renewable energy.

在地源热泵系统中，地下水的温度通常是18~20℃，与一般冷却塔回水温度30~32℃相比，冷却供水温度降低约12℃，按冷凝温度下降1℃，空调主机效率可提高3%，则地下水冷却可提高空调机组效率36%，节能效率很可观！这只是我们乐意见到、表面可见的一个方面。

在一些实际投入运行的地源热泵系统中，我们见到了不能回避、不能绕过的另一面；江西南昌某五星酒店，设计采用了三台350RT麦克维尔螺杆式水冷冷水机组。其中2台为3工况：供冷供热、蓄冰、热水回收。1台2工况：供冷供热、热水回收。是把地源热泵、蓄冰和热回收三种空调节能技术同时运用到同一台主机中，无疑是节能设计上的超前大胆之作。在系统实际投入运行几个月后，发现机组每开机10~15天就出现高压报警，此时排气压力>1900KPa，必须拆开冷凝器端盖，拆开端盖后发现冷凝器铜管内粘满黄泥浆！见（图片1，2）严重影响到空调机组的制冷制热能效。每10~15天就只能拆端盖人工捅刷清洗。

洗刷后主机排气压力下降到1100KPa，电流回落到额定值，主机恢复到额定工况。更为严重的是三台主机中有2台蒸发器或冷凝器铜管先后发生破裂，泥污水进入制冷剂循环系统，造成严重事故！



图片1

这样的系统不仅没有收获节能效益，反而使

运行管理十分麻烦劳累，而且不安全！我们还考察了江西南昌某报社两台地源热泵空调系统，存



图片 2

在相似情况：7~10 天就必须拆开端盖通炮一次，否则高压报警！查看一层大堂空调柜水系统，污泥堵塞也十分严重！经约 10 分钟反冲排污，空调柜恢复了正常供冷。而且这类地源热泵的地下水直接冷却系统是无法用化学水处理方法解决连续大量的泥浆水的。能不能用海绵球自动清洗？如何使用海绵球自动清洗系统？还要解决哪些问题？我们作了初步的尝试和探索，已成功解决了一些特殊问题。并愿提供给同行共同探讨和分析，以便完善地源热泵技术的设计、安装和运行管理，使地源热泵这个可再生能源技术能更科学更专业更理想地为人类服务。

1. 地源热泵系统水侧的排气问题十分重要！

一般水系统中有上下弯的部位应在最高点加装手动、自动排气阀，是为了减少气堵的常见措施。而这看似平常的东西却经常在设计或施工中被忽略了！这种“忽略”在地源热泵水系统中具有极大的破坏性！

前面提到的地源热泵空调机组有双工况和三工况这种机组的制冷制热转换不是用四通阀对制冷剂回路内部转换，而是通过手动或电动阀在水侧进行外部转换。机房里有冷水管、热水管、乙二醇水管、热回收水管和地温水管纵横交错，冬季供热、夏季供冷，蒸发器和冷凝器要交换位置，以致机房水管有数十处交叉上下弯，仅查地温冷却水的一个机组回路就串联了 7 个交叉上下弯，其中进冷凝器之前有 4 个上下弯，出冷凝器到回灌井前有 3 个上下弯（见图 3）。而原设计和安装

共装了几个自动和手动排气阀。大部分上下存气

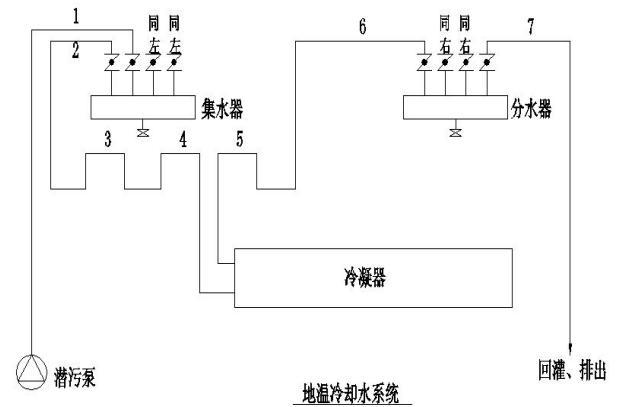


图 3

弯部位未装排气阀！使冷凝器内上部约有 $\frac{1}{4}$ 的铜管长期没有水浸泡或者流过，这部分铜管近似“干烧”。减少了冷却水流量，减少了冷凝器铜管的有效换热面积，是导致冷凝温度上升，排气压力上升，整机效率下降的重要原因！我们在其中 2 个主机的冷却水回路加装了自动和手动排气阀，确认了上下弯部位存有较多空气，有的排气时间很长！排气完成后空调机组工作恢复正常，冷凝器自动清洗系统的海绵球送回球恢复正常。

2. 地下浑浊粘稠泥水的过滤不宜“省略”！

长江中下游的地下水含有较多的粘稠黄泥浆，这些含黄泥的水如果不经沉淀或者过滤，就直接进入蒸发器或者冷凝器，就很容易粘附在铜管内壁，在铜管内形成泥浆层，增加了热阻，降低了换热效率。随着泥浆层逐渐积厚，铜管内过水截面逐渐减小，直至部分铜管被粘泥完全堵塞或者半堵塞。此状况下，冷凝温度迅速上升！排气压力迅速上升！整机电流相应上升！效率相应下降！如果这种现象是处于蒸发吸热工况，就随时可能导致蒸发器结冰而胀破铜管的严重事故！

泥浆水的粘度增大，也会增加海绵球送回球的阻力，海绵球容易被粘在铜管中或冷却出水管弯头处，并且不能完全回球，导致自动清洗不能有效完成。有的地温冷却系统，本来安装了 1 台排污过滤器，但因过滤器增加了水阻，压降增大，经过过滤器后水压变低，流量减小，就干脆把过滤器旁路不用！而获得相应的流量和压力。实际是地下水供水压力偏低，过滤器的选型直径偏小，水阻偏大，才是导致冷却水流量偏小、压力偏低的根本原因。安装方和用户却选择了不用过滤器这个顾此失彼的方案！导致了一系列的严重后果！

地源热泵系统中的地下水有大量粘稠黄泥，过滤器不能“省略”！

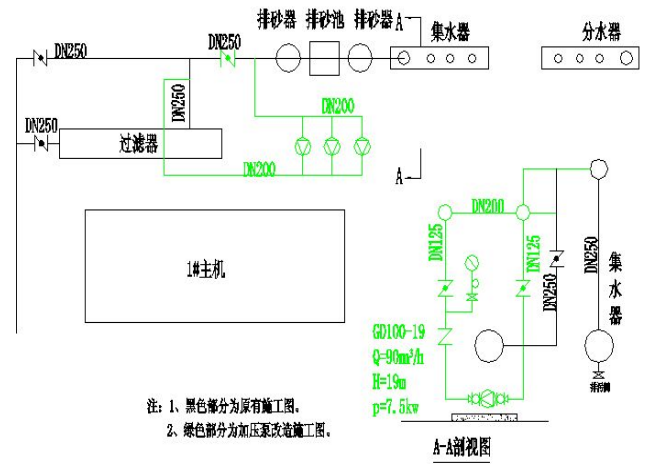
3. 地温水直接作冷却（蒸发）水的流量、压力，对海绵球自动清洗送回球动能的影响。

地源热泵的冷却（蒸发）水一般设定工况是大温差，小流量。其流量约为冷却塔冷却设计流量的三分之一~一半，进出水温差是冷却塔冷却设计温差的2倍，约8℃~10℃，这是已知工况。地源热泵系统设计的深井泵流量扬程选型是按已知工况选定的。而实际投入运行的情况是很复杂的，不可预见的因素比较多，影响了最终经过冷凝器（蒸发器）的水流量和压力，并与设计参数偏离很远。主要呈现流量变小，压力偏低，不能满足设计工况和安全运行要求。归纳分析情况如下：

3.1 地下水的供水量不稳定。某酒店原设计三台 350RT 地源热泵螺杆机共用 9 个地下供水回灌井。每个井设计供水量 100m³/H，并采用 1 井供水 2 井回灌，即 3 供 6 回灌的方式。开始运行时地下水供水量与设计量比较接近。但运行了几个月后再测流量，发生了很大的变化：9 个井中有 2 个井长期不能供水被封闭，剩下 7 个井中有 4 个井已不能连续供水。即开泵时有水，量也不小，但开泵大约 5~10 分钟就没水了。只有 3 个井可以连续供水，供水量的差异也很大，此时已完全不能按原设计一机一井一泵对应控制供水冷却或蒸发。

3.2 原设计地下水泵的流量、扬程与后来实际运行工况有差异：该系统原设计水泵流量 100m³/h，扬程 35m。当时设定工况扬程是考虑从地下-15~-20m 深的地下水位，抽到负一层机房，经冷却（蒸发）后仍回灌到-15~-20m 深的地下水位。原设计只需考虑所有管路、管件和冷凝（蒸发）器的水阻形成的压降，净扬程=0m。而运行后因为有的回灌井不能按设定量回灌水而产生外溢，为了避免外溢，安装方和用户把原定回灌水改为直排到市政排水管。这就等于系统被提高了 15m 净扬程！原设计水泵扬程并没有考虑这个增加的 15m 净扬程。工作点从原设计流量扬程曲线的中间点滑到扬程最高流量最小的上限点。（见流量扬程曲线图 4），冷却水流量与设计点相比，大幅下跌。经测试：在负一层机房的集水器直接排水，即减去后面的管路和冷凝器等设备的水阻压降，流量计显示流量接近设计流量；而关断排水，加

上后面负荷后，即经过冷凝器从市政管排出，流量减少约 $\frac{1}{3}$ ，说明此时地下泵已工作在流量扬程



图片 4

曲线的扬程上限流量最小点。考虑恢复过滤器工作可能会增加水阻 0.3~0.5kg/cm²，我们设计增加了 3 台加压泵，管道泵扬程 H=19m，流量=90m³/h，功率 P=7.5kw。（见图 5）串联在集水器与冷凝器之间。流量和压力满足了冷凝器的冷却需求，也改善了海绵球自动清洗中送回球必须的动能（水流速度）。

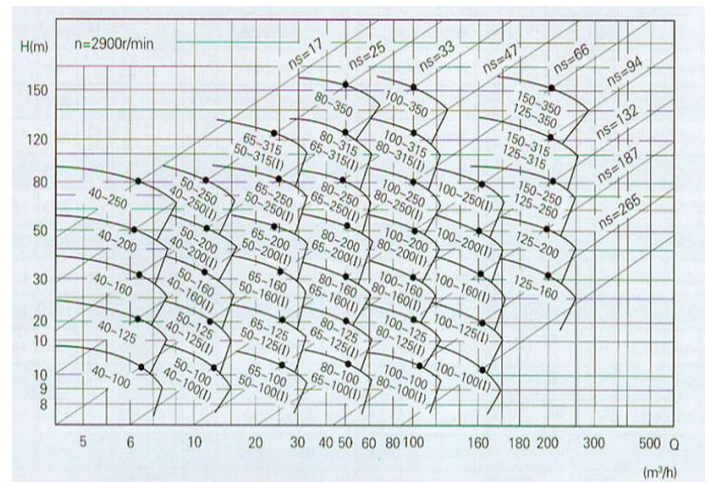


图 5

3.3 大量取用地下水能源而不回灌，弊端很多、很大！应严格按规范回灌，并周期调换供水井和回灌井的功能。

我们查阅过一些关于地源热泵的相关资料，地下水回灌难是共同的问题。所以打井就要考虑 1 井供水 2 井回灌的比例。套用这个原则，本系统设计选择了 3 供 6 回灌的方案，但还是出现回灌外溢。为了避免外溢的麻烦，于是干脆直排市政排水管！这是否竭泽而渔？我们分析：地下水的回

灌，不仅关系到地下水纹是否平衡，地质沉降变化的安全问题，而且某地区局部地下水只抽不回灌，当然会越抽越少，这是否我们每测一次，都发现供水量在递减的原因？同时我们还建议使用地下水应周期调换供水井和回灌井的功能，这样可以减少只回灌不供水的那部分井因淤积而堵塞毛细管，导致既抽不出水来，也渗不进连续大量的回灌水。所以我们认为，即使2个回灌井也不能完整渗进1个供水井的回灌水量，也不应放弃回灌而改为直排！而应该适当再加大回灌井的面积容积，增加回灌井的毛细管过水截面和渗水能力，定期调换供水井和回灌井功能，疏通回灌井内毛细管，达到供水回灌的平衡。才是保证地下水热源循环使用、安全使用的一个更科学、更长久、更理性的使用方法。

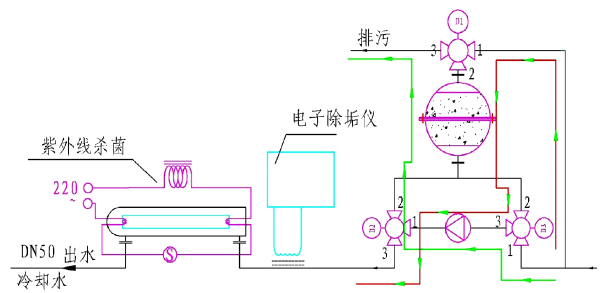
3.4 合理掌握地下水流量和压力，既保证蒸发器、冷凝器的节能安全，又提供了海绵球自动清洗所必须的动能（水流速度）。

因为地下供水量的波动性，地源热泵冷却（蒸发）水回路及供回水工况的复杂性，往往供给冷凝器或者蒸发器的流量、压力是多变的。所以尽管地源热泵水系统的设计工况为大温差、小流量，经现场实际测试，我们依然建议地下水泵及其系统的流量扬程应比理论数据大10~20%，这样使用会更保险些。例如：地下水在进入冷凝器蒸发器之前的水压 $\geq 1.5\text{kg}/\text{cm}^2$ ，冷凝器蒸发器进出水压差 $\geq 1\text{kg}/\text{cm}^2$ ，经过冷凝器蒸发器的水流量 $\geq 0.38\text{m}^3/\text{h}/\text{RT}$ ，这样即使地下水系统如前所述发生一些波动减少流量时，空调冷凝器、蒸发器和海绵球自动清洗系统还能维持安全运行。

4. 二次回路（冷热水回路）及末端设备的水处理问题：

地源热泵系统的地下水不是固定作用于冷凝器或蒸发器，而是夏季制冷时，它提供给冷凝器冷却水；冬季采暖时，它提供给蒸发器作吸热水。本案中地源热泵主机不是用四通阀对制冷剂系统转换，而是在水侧管路用手动或者电动阀转换，而末端供冷供热共1个水回路。所以在冷热水转换的过程中同时把地下水中的粘稠泥污一并带入了末端冷热水系统，因为这种转换每年都有二次，带进泥污就不断增加，改变了末端系统的导热参数，严重时可直接堵塞风机盘管空调柜的分液头或温控电动阀，使空调机因冷热水阻断而不制冷或不供热。江西南昌某报社一层大堂空调柜不制冷。经查水系统堵塞，经约10分钟反冲，冲出大

量黑色泥污等物，反冲水清澈后再开空调机，供冷恢复正常。可见冬夏季转换时所带入二次水系统的泥污对末端换热性能影响之大。这是一个闭合的冷热水循环系统，如果用化学水处理方式，每年要4万多元化学药物和人工费。并放掉系统中数十吨水。随后还会逐渐淤积结垢，热阻逐渐增加，换热效率逐渐下降，直到下次再做化学清洗处理。再放水数十吨。如果换成xy-ww三功能物理水处理系统，（见原理图，图6）可对二次水



工作原理

- 一、过滤：D1:1-2通，D2:1-3，D3:2-3通时为过滤，过滤时用冷凝器逆水出水的压差作为动力，加小泵压力进行过滤。
- 二、反冲：D1:2-3通，D2:1-2，D3:1-3通，用冷却塔水位势能反冲排污，可不开小泵，此时无水泵能耗，是最佳节能运行。

图6

系统内的泥污连续有效过滤；定时或定压排污；高效紫外杀菌腔可定时定量杀灭系统内的菌藻，减少菌藻对二次水系统的影响。特殊的电磁波除垢软水，可以减少或除去水垢，使二次水系统变得清澈无菌无污垢。xy-ww物理水处理系统所带来的效益：a、一年可省化学水处理工料费4万多元。b、二次系统导热系数的提高，热损失的减小，省电 $\geq 10\%$ ，数量可算。c、二次水系统设备管路无化学腐蚀，使用寿命长，无化学污染排放，改善环保。d、减少污堵故障，减少因此而造成的维修保养工料费。

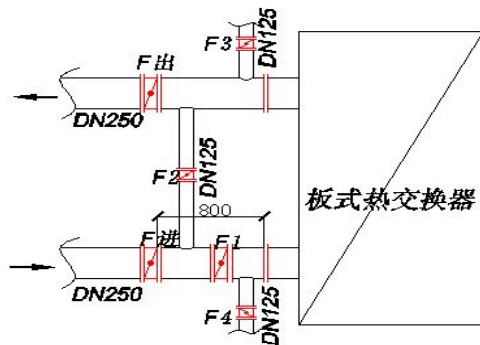
地源热泵二次冷热水回路的特征是：a、一年二次冷热水交换带入了泥污水。b、冬季水温 $45^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ 的供热水容易滋生菌藻，菌藻泥污可增加热阻。c、 $45^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ 的供热水较 $7^{\circ}\text{C}\sim 12^{\circ}\text{C}$ 单供冷水系统更容易在设备管壁上生水垢。所以这种系统更需要及时连续的过滤、排污、杀菌和除垢。而在这种系统中使用三功能物理水处理技术，是出于长期节能减排、一劳永逸的理性考虑。

5. 其他问题

5.1 冷凝器自动清洗系统必须与空调主机联锁。
因为空调主机未开机前和停机后，冷却水处于关

闭静止状态，这时候如果海绵球进入了或者滞留在冷凝器内或者管道中，容易被管壁泥浆粘住或裹复，导致无法回球影响清洗效果。为此我们要求在主机停机2分钟后再停水泵或关闭冷却水电动阀。以利关机时海绵球已发出并未回收，可以用空调主机的停机信号指令自动清洗控制PLC立即收球，保证停机状态海绵球都在回收器中，而不滞留在冷凝器内或管道中。所以自动清洗系统必须与空调主机联锁。

5.2 地下水与空调蒸发器（蓄冰工况）之间的板式热交换器特别容易结淤污堵。而清洗起来比较麻烦，工作量大。我们建议作一个小改造，加装几个手动正反冲排污阀（见图7），可有效排除淤泥粘土。



板式热交换器排污原理图及说明

注：
板式热交换器退后800，装手动冲洗组件。
改装后工作原理：
一、换热运行：F进，F出，F1开；F2,F3,F4关。
二、正冲排污：F出，F4,F2关；F进，F1，F3开。
三、反冲排污：F1,F出，F3关；F进，F2,F4开。

图7

5.3 多回路的潜污泵中的止回阀应定时清洗保养。

在多个地下井泵的每台泵都装有一个止回阀。本系统9台泵井，每三台合并为一个组，通过一个流量计再进入集水器，我们在抽查水流量时看到一种反常现象：开其中一组井泵时，相应流量计显示正流量，而未开泵的另一组流量计有的呈显负流量，说明未开泵一组有个别止回阀已不止回，是否因泥污等物卡住后止回关闭不严所致？所以建议止回阀定期清洗保养，保持止回功能，减少不正常回水损耗无用功。

5.4 潜污泵应设有便于定期提升清洗保养的设施与制度。

我们已知地源热泵水系统因泥污，冷凝器或蒸发器、板换等在10天~15天就被迫洗刷一次，才能恢复工作。而长期浸泡在地下泥水中，并且所有的泥水从此经过的潜污泵，是否遭遇黄泥的粘覆堵塞或减小流量？看来不必检查，可想而知。所以我们建议地热系统的潜污泵井，在设计 and 安装的时候，就应考虑便于升降潜污泵的设施，以利定期清洗保养潜污泵。或出现供水量减少时可及时便捷提升检查保养潜污泵。这对地下供水量的稳定性和潜污泵的使用寿命也是积极有益的。

6. 综上所述可以得出结论：

6.1 地源热泵因改变了冷却（蒸发）源，利用地下热能转换可节能≥36%是肯定的。

6.2 地源热泵水系统可以使用海绵球自动清洗技术。是保证其节能效益和安全运行的手段。

6.3 地源热泵水系统需要解决几个客观存在的可以解决的技术问题：排气、过滤、流量、压力、运行管理和维修保养等。

6.4 地源热泵+海绵球自动清洗+物理水处理=雪中送炭+如虎添翼。

参考文献

1. 《工程热力学》A.M 李特文著 高等教育出版社
2. 《实用供热空调设计手册》（第二版）陆耀庆北京：中国建筑工业出版社 2008年
3. 《采暖通风与空调调节设计规范》GB50019-2003 中国计划出版社 2003
4. 《节能技术与市场》2008 第二，三期。深圳市节能专家委员会 深圳市节能专家联合会
5. 《深圳市暖通空调制冷学术会论文集》2010年12月 深圳市制冷学会 深圳市土建筑学会暖通空调委员会
6. 《地源热泵系统设计与应用》 2007-1-1 马最良、吕悦 主编 机械工业出版社