



团 体 标 准

T/CSPSTC XXX-202X

地铁能量隧道毛细管换热器应用技术规程

Technical specification for the application of capillary heat exchangers
in subway energy tunnels

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国科技产业化促进会 发布

目 次

- 前言 II
- 引言 III
- 1 范围 1
- 2 规范性引用文件 1
- 3 术语和定义 1
- 4 材料 2
 - 4.1 通则 2
 - 4.2 质量要求与检验 2
 - 4.3 运输与储存 3
- 5 设计 3
 - 5.1 通则 3
 - 5.2 设计计算 3
- 6 施工 4
 - 6.1 通则 4
 - 6.2 施工准备 4
 - 6.3 能量隧道毛细管网栅施工工艺及施工方法 4
 - 6.4 主要施工技术要求 9
 - 6.5 主要保护措施 10
 - 6.6 检验与保压 10
 - 6.7 毛细管修复 11
 - 6.8 管道冲洗及水压试验 11
 - 6.9 成品保护规定 11
- 7 检验、调试及验收 12
 - 7.1 通则 12
 - 7.2 施工方案及材料、设备检查 12
 - 7.3 施工安装质量验收 12

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由青岛地铁集团有限公司提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件起草单位：青岛地铁集团有限公司、青岛理工大学、青岛益群地下城开发有限公司、山东智和新能源科技有限公司、青岛睿能新能源有限公司、青岛能源集团有限公司等。

本文件主要起草人：张君、芦睿泉、胡松涛等。

引 言

地铁是典型的地下空间之一，其在缓解城市交通问题的同时，面临着高能耗及热环境日益恶化的问题。如何在解决上述问题的同时，将其“废热”变废为宝，降低地铁运行能耗，是目前亟待解决的问题。基于能量隧道的地铁源热泵技术，在解决地铁热环境日益恶化问题的同时，将其“废热”变废为宝，用于地上建筑供热，提高了能源的综合利用率，降低了地铁这一重点用能单位的能耗。

为了规范地铁能量隧道的设计、施工及验收，做到技术先进、经济合理、安全适用，保证工程质量，特制定本文件。

地铁能量隧道毛细管换热器应用技术规程

1 范围

本文件规定了地铁能量隧道专用毛细管换热器设计、安装与验收技术的材料、设计、施工、检验、调试及验收的要求。

本文件适用于新建地铁源热泵系统，以水为介质，工作压力不大于 0.8 MPa，传热介质温度为 5 ℃～60 ℃的毛细管换热器的设计、安装及验收。

本文件规定的地铁源热泵系统毛细管换热器适用于埋深不大于 80 m 的地铁隧道。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 18742（所有部分） 冷热水用聚丙烯管道系统

GB/T 29044 采暖空调系统水质

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

毛细管换热器 capillary heat exchanger

由联集干管和毛细支管通过特定的焊接技术焊接而成，用编管塑料卡条均匀排列固定，形成网栅形式的换热器。

注：特指塑料毛细管网栅，简称毛细管。材质为无规共聚聚丙烯管（PP-R）或耐热聚乙烯管（PE-RT）。

3.2

无规共聚聚丙烯管 polypropylene random

以丙烯和适量乙烯的无规共聚物，添加适量助剂，挤出成型的热塑性管材。

注：通常以 PP-R 标记。

3.3

耐热聚乙烯管 polyethylene of raised temperature resistance pipe

以乙烯和辛烯共聚制成的特殊的线性中密度乙烯共聚物，添加适量助剂，挤出成型的热塑性管材。

注：通常以 PE-RT 标记。

3.4

毛细管固定卡盘 capillary fixed chuck

固定于基材上的带自攻螺丝的圆形塑料卡盘。

注：规格尺寸为 $\varnothing 40.0$ mm，自攻螺丝规格尺寸为 25.0 mm×3.0 mm。

3.5

热熔连接 hot melt connection

用专用加热工具加热连接部位，使其熔融后，施压连接成一体的连接方式。

3.6

机械式连接 mechanical connection

由金属材料或高强度塑料制作的管件，用专用工具通过机械紧固和密封，使管材与管件紧密连接的

连接方式。

3.7

能源管片 energy segment

将换热器与盾构隧道衬砌管片相结合而形成的热交换单元。

3.8

盾构隧道 shield tunnel

采用盾构法施工技术修建成的预制管片拼装式隧道。

3.9

矿山隧道 mining tunnel

采用矿山法施工技术修建成的钢筋混凝土浇筑式隧道。

3.10

能量隧道 energy tunnel

通过将换热器与隧道衬砌有机结合，形成的以隧道为冷热源的能源结构。

注：该结构可与热泵相结合，为建筑供冷/暖。

3.11

地铁源热泵系统 subway source heat pump system

以能量隧道为冷热源的热泵系统。

4 材料

4.1 通则

4.1.1 毛细管换热器材料包括毛细管网栅、分水器、集水器及其连接件、系统管道及管件等。

4.1.2 毛细管换热器的分水器、集水器及其连接件、系统管道及管件等材料宜采用塑料材质、不锈钢材质或铜质。

4.1.3 毛细管换热器所用材料，应根据工作温度、工作压力、设计寿命、现场防水、水质要求以及施工要求，经综合比较后确定。

4.1.4 所有材料均应按国家现行的相关标准检验合格，有关强制性性能要求应由有资质的检测机构进行检测，并出具有效期内的证明文件或检测报告。

4.2 质量要求与检验

4.2.1 毛细管网栅的生产企业应具有下列文件资料：

- a) 毛细管网栅的原料供应商的专用料牌号及原料购货合同；
- b) 通过 GB/T 18742 的热稳定测试的检测报告；
- c) 出厂检测报告及产品合格证；
- d) 有特殊要求的管材，应具有相应的技术说明书。

4.2.2 毛细管网栅技术要求。

- a) 毛细管网栅的颜色应均匀一致，管材、管件内外表面应光滑、平整、清洁，无凹陷、气泡、明显的划伤和其他影响性能的表面缺陷。
- b) 毛细管网栅单根毛细管应一次成型，不允许中间有接头焊接；管材的端面应切割平整，并与轴线垂直。
- c) 毛细管网栅要求出厂水压测试，端头要求无痕密封打压，并出厂测试压力应满足设计要求，保持 5 min~10 min。
- d) 毛细管网栅的编管卡条要求与细管面宽等长，且为一根完整卡条，保证网片编管平整，不允许多根卡条搭接。
- e) 毛细管网栅的编管卡条上要有固定孔，固定孔内凹，固定后固定孔上沿要求与自攻钉顶面平齐。
- f) 厂家应提供与毛细管换热器连接的管道，主管道上带有固定间距（根据设计定制）热熔直接的

管道。

- 4.2.3 毛细管网栅的管材公称外径、壁厚与偏差应符合表 1 的要求。

表 1 毛细管网栅的管材公称外径、壁厚与偏差

单位为毫米

毛细管网栅	公称外径	最小平均外径	最大平均外径	壁厚
网栅联集干管	20	20.0	20.3	2.0±0.3
网栅毛细支管	4.3	4.3	4.4	0.8±0.1
	3.4	3.4	3.5	0.55±0.1

- 4.2.4 与毛细管换热器连接的管材规格尺寸应符合相应国家标准的要求。
- 4.2.5 与毛细管换热器连接的管材物理力学性能应符合相应国家标准的要求。
- 4.2.6 毛细管换热器中安装有铁质易腐蚀构件时，系统连接管材宜在系统中添加除氧剂。

4.3 运输与储存

- 4.3.1 毛细管网栅、管材、管件在运输、装卸和搬运时，应轻放，不应抛、摔、滚、拖，不应受到油污和化学品污染，应带包装运输，未经验收不应开启包装。
- 4.3.2 毛细管网栅、管材、管件应存放在通风良好的库房或棚内，不应露天堆放。不应与油类或化学品混合存放，远离热源，场地应采取防火措施。
- 4.3.3 毛细管网栅、管件贮存应成箱存放在货架上或码堆在平整地面上，毛细管网栅包装纸箱上不应堆压重物，码堆地面时高度不宜超过 1.5 m。管材应水平堆放在平整的地面上，不应局部受压使管材变形，堆放高度不宜超过 1.5 m。
- 4.3.4 毛细管网栅、管材、管件存取应遵守先进先出原则。

5 设计

5.1 通则

- 5.1.1 毛细管换热器设计应提供以下施工图设计文件：

- 设计说明、图例、设备材料表；
- 毛细管网栅平面布置图、毛细管在矿山隧道、盾构隧道内综合布置图；
- 毛细管网栅敷设构造节点图；
- 分、集水器安装构造节点图。

- 5.1.2 毛细管换热器支干管采用的管材和管件应满足以下要求：

- 应符合现行产品标准的要求；
- 产品标准标定的允许工作压力和工作温度，应满足管道的工作压力和工作温度的需要；
- 应选用不腐蚀、不脱落、对水质无影响、线性膨胀系数小、耐压抗破坏性强、蠕变小、安装连接方便可靠的管材和管件；
- 当有防火要求使，隧道内干管、主干管应满足相应防火等级要求。

- 5.1.3 毛细管网栅敷设于隧道衬砌内，应会同有关专业采取防止破坏的措施。

5.2 设计计算

- 5.2.1 毛细管换热器应合理划分和布置水系统环路，并进行详细的水力计算，必要时配置水力平衡装置及采取其他措施，保证并联环路之间压力损失相对偏差不大于 15%。

- 5.2.2 毛细管网栅单位面积换热量，应根据产品样本及产品性能检测报告数据，根据隧道结构及热物性参数确定。

- 5.2.3 毛细管网栅的压力损失应根据产品样本及产品性能检测报告数据确定。

5.2.4 毛细管换热器的管道变形计算及补偿，管道水力计算，应按现行相关国家标准的有关规定进行计算。

5.2.5 毛细管换热器的水质及其保证措施，应符合 GB/T 29044 的要求。

6 施工

6.1 通则

6.1.1 矿山法能量隧道系统施工安装前应具备下列条件：

- a) 设计施工图纸和有关技术文件齐全；
- b) 有完善的施工方案和施工组织设计，并已完成技术交底；
- c) 施工现场具有供水和供电条件，有储放材料的临时设施；
- d) 隧道、土建等相关专业已完成，场地已清理干净；
- e) 相关专业预埋等工程已完成。

6.1.2 盾构法能量隧道系统施工安装前应具备下列条件：

- a) 设计施工图纸和有关技术文件齐全；
- b) 有完善的施工方案和施工组织设计，并已完成技术交底；
- c) 能源管片预制工序已完成，施工现场具有供水和供电条件，有储放能源管片的临时设施；
- d) 能源管片安装前后，施工现场具有相应的器械、材料，有储放管片的临时设施；
- e) 隧道、土建等相关专业准备完成，场地已清理干净。

6.2 施工准备

6.2.1 矿山法能量隧道

6.2.1.1 隧道壁面凹凸严重部位，采用水泥砂浆（沙子：水泥=1:3）对基面进行找平。

6.2.1.2 在明挖地段，对地面不平之处采用水泥砂浆找平。

6.2.1.3 将毛细管网栅、管材、管件等运抵至施工作业面，进入现场的毛细管席和管件应逐件进行外观检查，破损和不合格产品不应使用。

6.2.1.4 施工现场的毛细管网栅、管材、管件等摆放要求见 3.1.3。

6.2.1.5 材料运抵工地后，应用水压试压进行检漏试验（抽检）。

6.2.2 盾构法能量隧道

6.2.2.1 将毛细管网栅、管材、管件等运抵至能源预制管片工厂，进入工厂的毛细管网和管件应逐件进行外观检查，破损和不合格产品不应使用。

6.2.2.2 工厂内毛细管网栅、管材、管件等摆放要求见 4.3.3。

6.2.2.3 材料运抵工厂后，应用水压试压进行检漏试验（抽检）。

6.2.2.4 确定不同规格的盾构隧道管片所需敷设的毛细管换热器尺寸，对不同规格的管片钢筋笼及毛细管换热器进行分类放置。

6.2.2.5 将毛细管网固定在钢筋笼外弧面，并应用水压试压并进行检漏试验，然后进行浇筑。

6.2.2.6 能源管片预制完成后，应用水压试压再次进行检漏试验。

6.2.2.7 将能源管片运抵至施工作业面。

6.3 能量隧道毛细管网栅施工工艺及施工方法

6.3.1 毛细管换热器分别敷设在矿山隧道、盾构隧道及明挖地段，施工流程不同。

6.3.2 矿山隧道内毛细管敷设安装工艺流程如图 1。

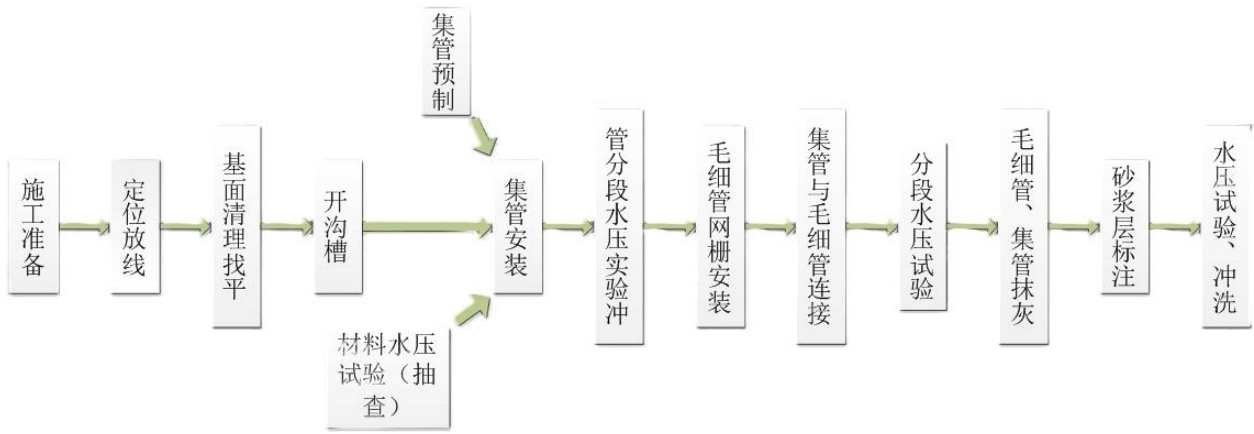


图 1 矿山隧道内毛细管敷设安装工艺流程

6.3.3 矿山隧道内毛细管敷设安装位置如图 2、图 3。

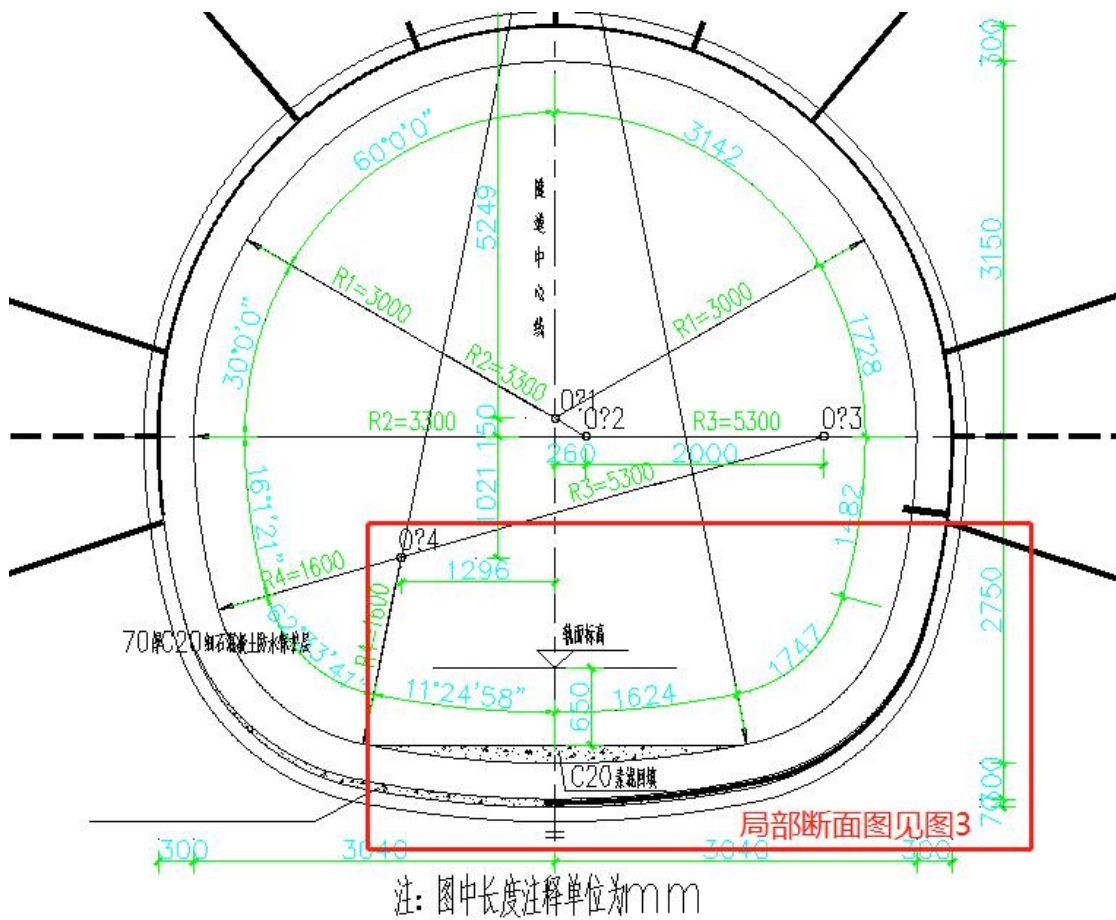


图 2 矿山隧道内断面结构图

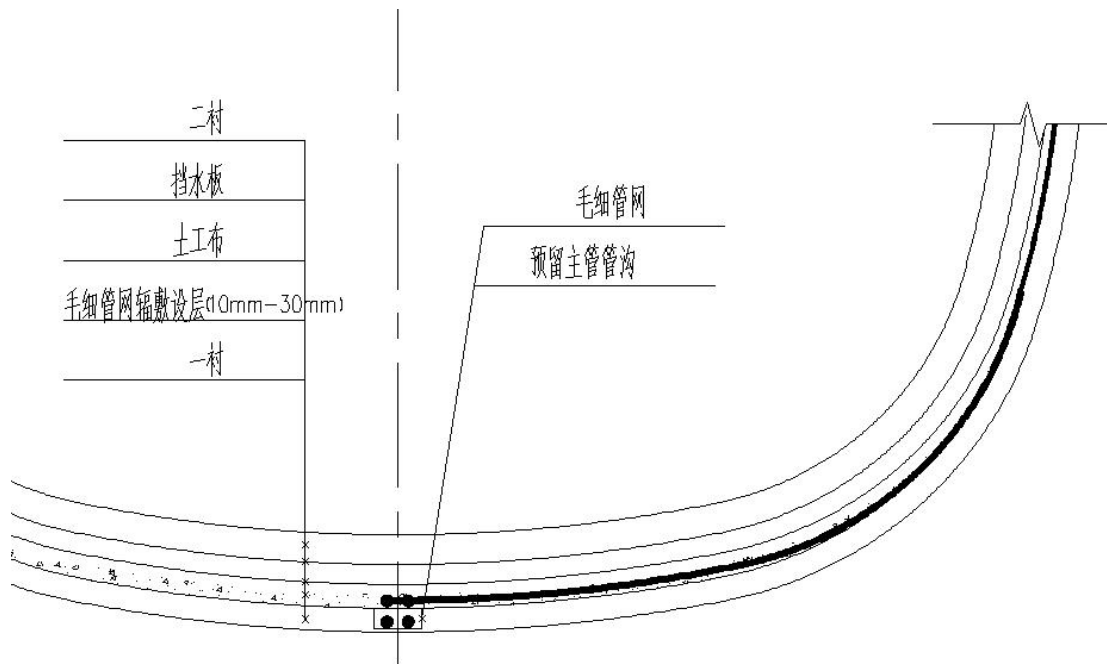


图3 矿山隧道内毛细管敷设安装位置局部断面示意图

6.3.4 盾构隧道内毛细管敷设安装工艺流程如图4。

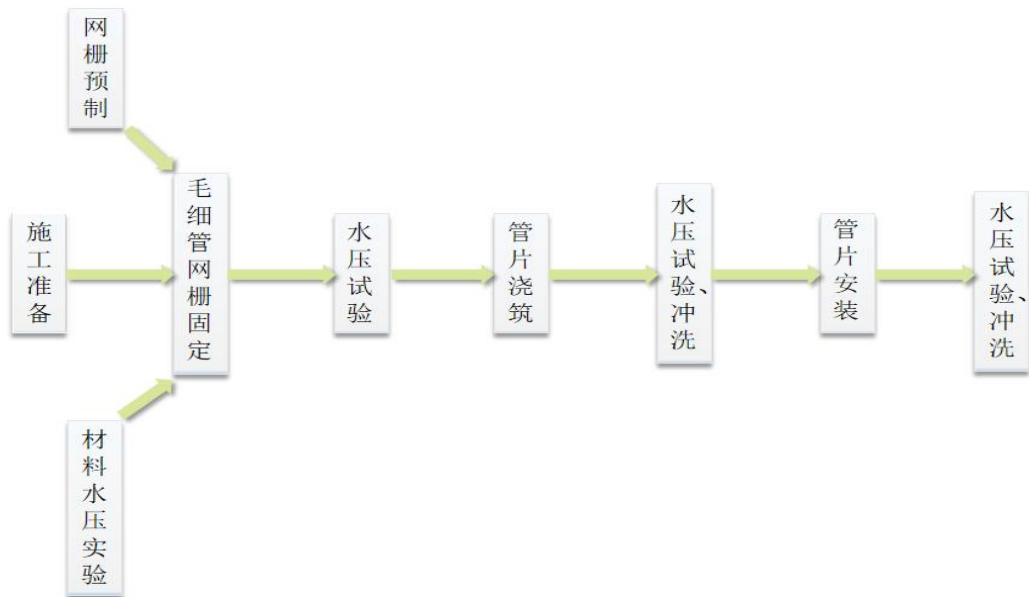


图4 盾构隧道内毛细管敷设安装工艺流程

6.3.5 盾构隧道内毛细管敷设安装位置如图5、图6。

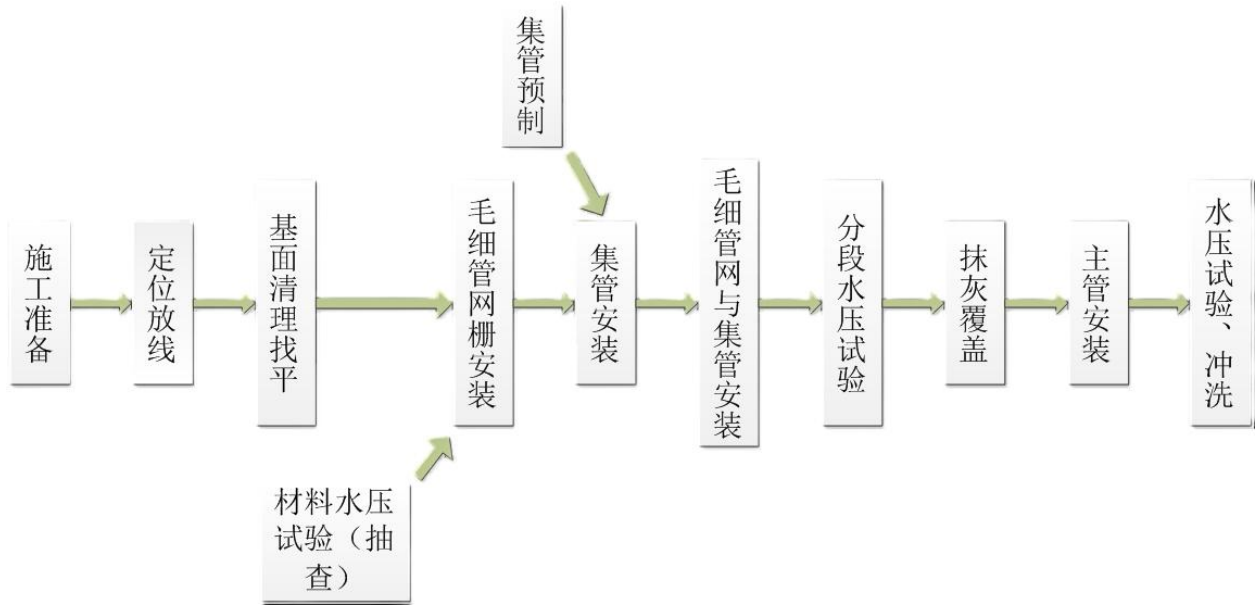


图7 明挖地段地面敷设毛细管安装工艺流程

6.3.7 明挖地段地面敷设毛细管安装位置如图8。

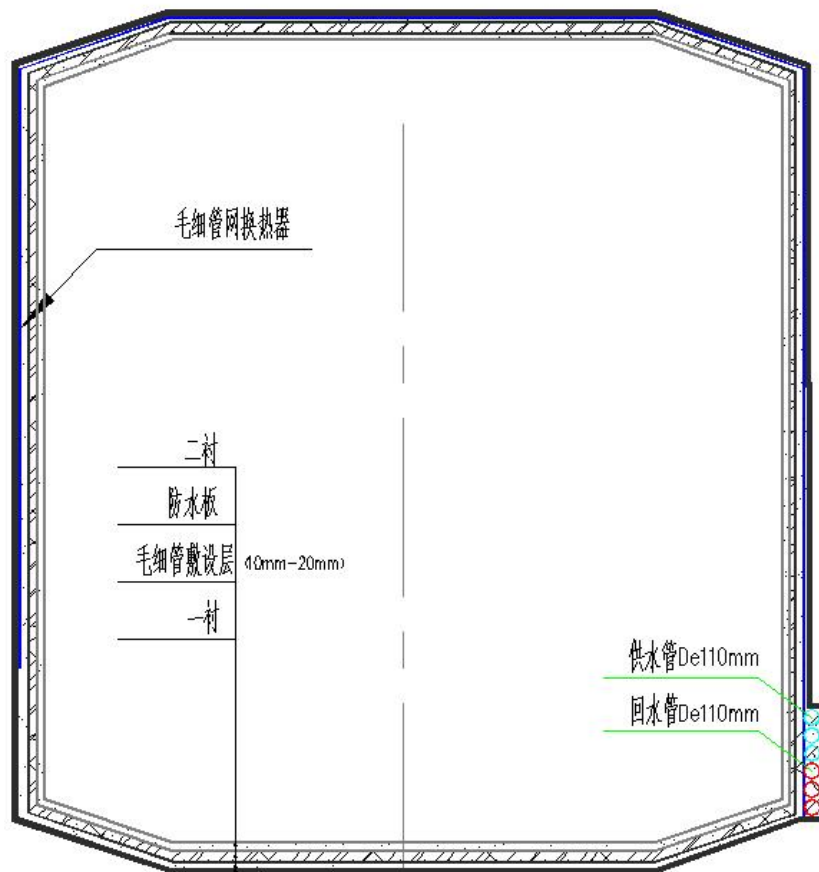


图8 明挖地段毛细管敷设安装位置断面示意

6.3.8 毛细管网安装注意钢筋笼的突出处，避免对毛细管网造成破坏。

6.3.9 能源管片中毛细管网应用管卡及扎带固定在钢筋笼上，管间距不小于4cm，以免在浇筑时阻挡混凝土流动。

6.3.10 能源管片中毛细管网固定时应紧贴钢筋笼外弧面，以免在浇筑时发生松动。

- 6.3.11 能源管片中毛细管网与供回水集管与钢筋笼外弧面的垂直距离应小于 5 cm，保证在浇筑时可以被水泥砂浆完全覆盖。
- 6.3.12 能源管片中毛细管网固定在钢筋笼上需注意预留浇筑口的位置，保证后期浇筑顺利完成。
- 6.3.13 测量放线注意避开隧道施工窗口期的间断线等，避免对毛细管网的破坏；测量放线应避开防水板的粘贴钉，避免防水板安装时对毛细管网的高温破坏。
- 6.3.14 毛细管网安装完毕后，需用射钉将毛细管与防水板粘贴钉分开，将防水板粘贴钉明显的显露出来，毛细管与防水板粘贴钉距离不小于 15 mm。
- 6.3.15 毛细管网集水管应用管卡固定在土工布和初支（一衬）上，管卡距离不小于 80 cm。主管应采用管卡固定，管卡距离不小于 1 m。

6.4 主要施工技术要求

- 6.4.1 考虑 PP-R 管承重、承压以及耐久性，毛细管换热器系统集管采用 PPR 热水管，施工技术要求如下。
- 管径椭圆率应 $<10\%$ ，管材同一截面的壁厚偏差为 $+0.4$ 。内外壁应光滑、平整，无气泡、裂口、裂纹、凹陷、脱皮和严重的冷斑及明显的痕迹。
 - 矿山隧道内毛细管集管（De50、De20）宜采用隐蔽安装，在隧道内壁开挖管道沟槽，安装后采用水泥砂浆抹平。2×De50 管道开挖尺寸：200 mm×60 mm（H）；2×De20 管道开挖尺寸：50 mm×30 mm（H）。
 - 能源管片内毛细管集管（De50、De20）宜固定安装在钢筋笼外弧的一侧，固定后应采用水泥砂浆浇筑抹平。
- 6.4.2 管材切割采用专用管剪切断，管剪刀片卡口应调整到与所切割管径相符，旋转切断时应均匀加力，断管时，断面应同管轴线垂直、无毛刺，切断后，断口应用配套整圆器整圆。
- 6.4.3 PP-R 管道应采用热熔连接。可采用手持式熔接器进行热熔连接。管材和管件热熔连接应为同种材质。连接前，应先清除管道及附件上的灰尘及异物。
- 6.4.4 管道连接采用熔接机加热管材和管件，管材和管件的热熔深度、加热时间、插接时间和冷却时间应符合表 2 的要求。

表 2 管材和管件加热要求

公称外径/mm	热熔深度/mm	加热时间/s	插接时间/s	冷却时间/min
20	14	5	4	2
50	22.5	18	6	5
63	24	24	6	6
75	26	30	10	8
90	32	40	10	8
110	38.5	50	15	10

- 6.4.5 毛细管网采用毛细管专用管卡（30 mm 宽）固定。如图 9 所示。



图9 毛细管专用管卡

6.4.6 在满足毛细管设计面积和使用要求的情况下，毛细管网可以根据现场条件及需求定制，长度不可以剪切，宽度可根据现场裁剪。

6.4.7 毛细管网固定或安装环境温度不宜低于 5℃；若在低于 0℃ 的环境温度下施工时，现场应采取升温措施。

6.5 主要保护措施

6.5.1 矿山隧道及明挖段

6.5.1.1 进场材料、切割后的管材、未能立即使用的管材以及施工后的管材接口全部进行封堵：De50 以上管材采用专用管帽封堵；De20 管材采用尼龙袋（并用绳索捆住）或者用胶带密封。

6.5.1.2 由于隧道内有大量的污水、水泥，管材、管件齐整的放置在移动支架上面。

6.5.1.3 明挖地段地上铺设的毛细管，采用 100 mm 的水泥砂浆覆盖层防止被压坏。

6.5.1.4 毛细管网栅应进行遮光包装后运输，不应裸露散装，在装卸和搬运时，应小心轻放。

6.5.1.5 在施工过程中，杜绝任何损伤毛细管网栅、管材、管件行为。

6.5.1.6 毛细管网栅施工过程中，应防止油漆、沥青或其他化学溶剂接触毛细管网栅的表面。

6.5.2 盾构隧道

6.5.2.1 进场材料、切割后的管材、未能立即使用的管材以及施工后的管材接口全部进行封堵：De50 以上管材采用专用管帽封堵；De20 管材采用尼龙袋（并用绳索捆住）或者用胶带密封。

6.5.2.2 毛细管网栅应进行遮光包装后运输，不应裸露散装，在装卸和搬运时，应小心轻放。

6.5.2.3 由于管片预制工厂内有大量的器械，管材、管件齐整的放置在移动支架上面。

6.5.2.4 毛细管网栅应进行遮光包装后运输，不应裸露散装，在装卸和搬运时，应小心轻放。

6.5.2.5 毛细管网栅固定过程中，应防止油漆、沥青或其他化学溶剂接触毛细管网栅的表面。

6.5.2.6 毛细管网栅固定时，管间距不小于 4 cm 并在钢筋笼中部预留浇筑口，防止浇筑过程中毛细管网被破坏。

6.5.2.7 供回水集管伸出的每条供回水支管应一一对齐并同时用扎带固定在钢筋笼上，防止毛细管网栅因太过杂乱在浇筑时遭到破坏。

6.5.2.8 毛细管网栅浇筑时，采用厚度为 5.5 cm 的水泥砂浆覆盖层保护防止施工时被压坏。

6.6 检验与保压

6.6.1 矿山隧道

6.6.1.1 每一个安装段完成，应进行水压试验，并保压至二衬钢筋网绑扎、二衬浇注完成。

6.6.1.2 施工过程中发现某安装段漏压，要及时处理并重新试压、保压，如果确实无法恢复，此段将不与系统连接。

6.6.1.3 主管穿防水板、二衬的预留，严格按照施工图设计要求执行。

6.6.1.4 毛细管网安装、试压完成，移交下一个施工工序后，应安排专人跟随下个工序的施工过程，严格保护毛细管网不受破坏。

6.6.2 盾构隧道

6.6.2.1 毛细管网栅安装固定在钢筋笼的外弧面，竖直集管穿过钢筋笼间隙至内弧面，严格按照施工图设计要求执行。

6.6.2.2 每一个毛细管网栅固定完成，应进行水压试验。试压过程中发现某安装段漏压，要及时处理并重新试压、保压，如果确实无法恢复，及时将毛细管网栅进行更换。

6.6.2.3 浇筑完成后，应进行水压试验。试压过程中发现漏压，此段将不与系统连接。

6.6.2.4 施工现场安装完成后，再次进行水压试验。试压过程中发现漏压，此段将不与系统连接。

6.7 毛细管修复

6.7.1 如个别毛细管损坏，无需更换毛细管网栅，将毛细管网栅与水路分离将泄漏管剪掉，待干燥后将两端口封闭（使用焊枪或电烙铁）加热并将剪切表面压挤到一起，并重新进行压力测试。

6.7.2 封闭毛细管切口不允许使用明火，合适的焊接温度为 240° 。

6.7.3 固定完成后发现某安装段漏压，要及时处理并重新试压、保压。

6.7.4 管片浇筑后发现某安装段漏压，此段将不与系统连接，及时更换能源管片。

6.7.5 管片安装完成后发现某安装段漏压，此段将不与系统连接。

6.7.6 矿山隧道施工过程中发现某安装段漏压，要及时处理并重新试压、保压，如果确实无法恢复，此段将不与系统连接。

6.8 管道冲洗及水压试验

6.8.1 在水系统安装完毕后，应对整个水系统进行冲洗及水压试验。试压前进行水管冲洗，出水口处目测水清为合格，冲洗后的水应就近排放到施工排水点。

6.8.2 水压试验应采取分段和整体试压结合的方式。水压试验分多次进行，具体安排如下。

a) 矿山隧道：

- 1) 进场材料水压试验（抽查）；
- 2) 集管安装后水压试验；
- 3) 毛细管与集管安装后水压试验；
- 4) 分段水压试验；
- 5) 机房集分水器至毛细管网栅整体水压试验。

b) 盾构隧道：

- 1) 进场能源管片水压试验（抽查）；
- 2) 能源管片安装后水压试验；
- 3) 能源管片与系统连接后水压试验；
- 4) 分段水压试验；
- 5) 机房集分水器至能源管片整体水压试验。

6.8.3 水压试验按照工作压力的 1.5 倍进行，具体根据设计图纸工作压力确定。

6.8.4 不宜以气压代替水压试验。

6.8.5 水压试验步骤如下：

- a) 从注水排气阀缓慢注水，同时将管道内空气排出；
- b) 充满水后，进行水密封检查；
- c) 采用加压泵缓慢升压，升压时间不应小于 15 min；
- d) 升至规定试验压力后，停止加压，稳压 1 h，观察有无漏水现象；
- e) 稳压 1 h 后，补充至规定试验压力值，10 min 内的压力降不超过 0.05 MPa，无渗漏合格。

6.9 成品保护规定

6.9.1 施工单位需对施工后的换热器成品做好成品保护，不应有管道泄漏情况。

6.9.2 换热器固定完成后、能源管片浇筑完成及安装完成后，施工方应进行水压试验，以检验成品换热器安全可靠。

6.9.3 矿山隧道二衬完成后，成品换热器与主干管相连时施工方应进行水压试验，以检验成品换热器安全可靠。

7 检验、调试及验收

7.1 通则

7.1.1 毛细管换热系统检验、调试及验收应由施工单位负责，由监理单位组织各相关专业进行检查、验收，并应做好纪录。

7.1.2 施工图设计单位应具有相应的设计资质。工程设计文件经批准后方可施工，修改设计应有设计单位出具的设计变更文件。

7.1.3 施工单位应具有相应的施工资质，工程质量验收人员应具备相应的专业技术资格。

7.1.4 应对毛细管换热系统下列内容进行检查和验收：

- a) 毛细管网栅、管材、管件、分水器、集水器、阀门等的安装质量；
- b) 隐蔽前和隐蔽后的水压试验和验收；
- c) 冲洗检查验收；
- d) 环路、系统试运行调试。

7.2 施工方案及材料、设备检查

7.2.1 施工单位应按施工图等设计文件，编制施工组织设计或施工方案，经批准后方可施工。

7.2.2 施工组织设计或施工方案应包括下列内容：

- a) 工程概况，包括工程名称、地点、工程量、工期及现场施工条件等；
- b) 工程项目管理组织机构分工；
- c) 主要材料、设备的技术指标、规格、型号等及保管存放措施；
- d) 施工程序和工艺流程，各专业施工时间计划；
- e) 施工、安装质量控制措施及验收标准，包括：毛细管网栅及管道安装、能源管片浇筑、能源管片安装、水压试验，隐蔽前、后综合检查，系统试运行调试，竣工验收等；
- f) 施工进度计划、劳动力计划；
- g) 安全文明施工、环保节能技术措施。

7.2.3 毛细管换热系统所使用的主要材料、设备组件和配件应具有质量合格证明文件，规格、型号及性能技术指标应符合国家现行有关标准的规定。进场时应做检查验收，并经监理工程师核查确认。

7.3 施工安装质量验收

7.3.1 毛细管网栅及能源管片安装后，应按隐蔽工程要求，由工程承包方提出书面报告，由监理工程师组织各有关人员进行中间验收。

7.3.2 毛细管换热系统的中间验收，下列项目应达到相应技术要求：

- a) 毛细管网栅铺设符合设计要求；
- b) 毛细管网栅、连接管道及其连接处在试验压力下无渗漏。