自粘式防水卷材施工实践和工程应用研究

作者姓名 童光勇

2021年12月

# 摘 要

随着国民经济的快速发展，大跨度结构以及高层建筑的数量不断增加。地下室结构形式和屋面形式也出现较大的变化，与此同时，建设工程中的地下室和屋面等部位的渗漏问题也日益突出。渗漏情况轻者会影响业主的使用和居住舒适度，较严重者将影响建筑的结构安全，使用户的生命和财产安全受到严重威胁。本文针对传统自粘式防水卷材存在的问题，对一种自粘防水卷材施工新工艺进行了研究，以期为推进工程应用提供参考。本文主要研究内容和结论如下：

1. 从地下工程和屋面工程两个方面分析了传统自粘式防水卷材施工工艺，详细阐述了传统自粘式防水施工存在的问题，并分析了产生问题的原因。针对传统自粘式防水卷材及其施工方法存在的问题，结合一种自粘式防水卷材施工新工艺，对比分析了传统自粘式防水卷材施工工艺和自粘式防水卷材施工新工艺在粘结机理、施工工艺、施工流程、控制要点等上的区别。总结了自粘式防水卷材施工新工艺的特点和优越性。
2. 以某火车站棚户区改造项目为工程背景，将CPS反应粘防水卷材与传统的自粘防水卷材、SBS改性沥青防水卷材、EPDM防水卷材等三种常用防水卷材进行了对比分析，包括卷材物理力学性能试验对比和防水效果对比。结果表明，其工程量与其他三种防水卷材相差不大，施工周期缩短4~6天；造价也更低，每平方米最少能节约造价30%；CPS反应粘防水卷材弹性良好，与混凝土粘合紧密，能更好地适应基层开裂变形和膨胀的情况。

**关 键 词：**自粘式防水卷材；施工工艺；技术效益；工程量分析；造价分析

# 

# Abstract

With the rapid development of the national economy, the number of large-span structures and high-rise buildings is increasing. The structure of the basement and the form of the roof have also undergone major changes. At the same time, the leakage problems in the basement and roofing parts of the construction project have become increasingly prominent. Leakage will affect the owner's use and living comfort. The more serious will affect the structural safety of the building, and the user's life and property safety will be seriously threatened. Aiming at the problems existing in traditional self-adhesive waterproofing membranes, this paper proposes a new self-adhesive waterproofing membrane construction process. The main contents of this paper are as follows:

1. Analyzed the construction technology of traditional self-adhesive waterproofing membrane from two aspects of underground engineering and roofing engineering, and elaborated the problems existing in traditional self-adhesive waterproof construction and the causes of problems. Aiming at the problems existing in traditional self-adhesive waterproofing membrane and its construction method, combined with a new self-adhesive waterproofing membrane construction technology, the traditional self-adhesive waterproofing membrane construction technology and self-adhesive waterproofing membrane construction are compared and analyzed. The difference in the bonding mechanism, construction process, construction process, control points, etc. The characteristics and superiority of the new self-adhesive waterproof membrane construction process are summarized.
2. Taking a railway station shantytown renovation project as the engineering background, the CPS reaction self-adhesive waterproofing membrane is compared with traditional self-adhesive waterproofing membrane, SBS modified asphalt waterproofing membrane and EPDM waterproofing membrane, including the comparison of the physical and mechanical properties of the membranes and the waterproof effect . The results show the engineering quantity is similar to that of the other three waterproof coils, the construction period is shortened by 4~6 days; the cost is also lower, and the cost can be saved up to 30% per square meter; and CPS reaction self-adhesive waterproofing membrane has good elasticity and is tightly bonded to concrete, which can better adapt to the cracking, deformation and expansion of the base.

**Key words：** Self-adhesive waterproof membrane；Construction process；Technical benefit；Engineering quantity analysis；Cost analysis

目 录

[1绪论 3](#_Toc3377)

[1.1研究的背景和意义 3](#_Toc12820)

[1.2自粘式防水材料的发展现状 4](#_Toc21704)

[1.2.1国外发展现状 4](#_Toc32512)

[1.2.2国内发展现状 5](#_Toc13838)

[1.2.3国内研究现状 6](#_Toc27060)

[1.3自粘式防水材料的种类和特点 6](#_Toc5764)

[1.4本文主要研究内容 8](#_Toc569)

[2传统自粘式防水卷材施工工艺 9](#_Toc19547)

[2.1地下工程 1](#_Toc23333)0

[2.1.1基础底板及侧墙防水详图 1](#_Toc26731)0

[2.1.2施工工艺流程 1](#_Toc20507)0

[2.1.3操作要点及技术要求 1](#_Toc30002)0

[2.1.4细部节点防水做法 11](#_Toc4455)

[2.1.5自粘卷材搭接 11](#_Toc31369)

[2.1.6自粘卷材搭接缝 12](#_Toc9551)

[2.1.7附加层的设置 12](#_Toc21545)

[2.1.8底板与外墙交接处防水做法 13](#_Toc21773)

[2.1.9外墙自粘卷材收口做法 13](#_Toc6457)

[2.2屋面工程 14](#_Toc27289)

[2.2.1施工准备 14](#_Toc1409)

[2.2.2工艺流程 14](#_Toc3487)

[2.2.3作业条件 14](#_Toc6387)

[2.2.4施工方法 15](#_Toc16733)

[2.2.5施工注意事项 15](#_Toc2208)

[2.2.6屋面防水构造图 15](#_Toc21054)

[2.3传统自粘式防水施工存在问题及原因分析 16](#_Toc13412)

[2.3.1传统自粘式防水施工存在问题 16](#_Toc14691)

[2.3.2机理分析和存在问题的原因分析 17](#_Toc11969)

[2.4本章小结 1](#_Toc28038)9

[3自粘式防水卷材施工新工艺 20](#_Toc4292)

[3.1地下工程 21](#_Toc5079)

[3.2屋面工程 25](#_Toc25067)

[3.2.1材料准备 25](#_Toc22713)

[3.2.2工具的准备 25](#_Toc23652)

[3.2.3屋面防水做法 26](#_Toc14228)

[3.2.4主体防水构造图 26](#_Toc22559)

[3.2.5施工步骤 27](#_Toc29209)

[3.2.6注意事项及常见问题 28](#_Toc15238)

[3.2.7质量验收 28](#_Toc15010)

[3.3 CPS湿铺防水卷材注意事项及常见问题解决 28](#_Toc1750)

[3.3.1施工注意事项 28](#_Toc29333)

[3.3.2 CPS湿铺防水卷材常见问题解决 2](#_Toc30578)9

3.3.3质量要求及验收..........................................................................................................................29

[3.4 传统自粘式卷材与CPS反应粘卷材对比 30](#_Toc9468)

[3.4.1 施工流程 30](#_Toc27307)

[3.4.2 作用机理 30](#_Toc26280)

[3.4.3 设置附加层部位 30](#_Toc9158)

[3.4.4 作业条件 3](#_Toc20631)1

[3.4.5 注意事项 31](#_Toc30548)

[3.5 本章小结 31](#_Toc11903)

[4自粘式防水卷材施工新技术效益分析 32](#_Toc11790)

[4.1工程案例 32](#_Toc2721)

[4.1.1 工程概况 32](#_Toc17366)

[4.1.2 设计做法 33](#_Toc18778)

[4.2自粘防水施工新工艺质量控制要点 35](#_Toc2964)

[4.2.1编制依据 35](#_Toc23046)

[4.2.2工作流程 36](#_Toc18169)

[4.2.3管理过程 36](#_Toc28724)

[4.3防水工程量分析 42](#_Toc31098)

[4.3.1基本问题 42](#_Toc3897)

[4.3.2四种常见防水措施工程量分析 45](#_Toc14330)

[4.4工程造价分析 53](#_Toc17318)

[4.5卷材物理力学性能及防水效果对比分析 64](#_Toc305)

[4.5.1拉伸性能的对比 5](#_Toc23046)4

[4.5.2卷材与卷材剥离强度的对比 5](#_Toc18169)5

[4.5.3耐热性的对比](#_Toc28724) 57

[4.5.4低温柔性的对比](#_Toc23046) 58

[4.5.5不透水性的对比 5](#_Toc18169)9

[4.5.6防水效果的对比 6](#_Toc28724)1

[4.6社会效益分析 6](#_Toc305)4

[4.7本章小结 6](#_Toc26497)4

[结论及展望 6](#_Toc4361)5

[1结论 6](#_Toc16956)5

[2展望 6](#_Toc7090)5

[致 谢 6](#_Toc9426)7

[参考文献 6](#_Toc29403)8

1绪论

1.1研究的背景和意义

随着快速发展的国民经济，大跨度、轻量化以及高层建筑的数量越来越多。地下室结构形式和屋面形式也出现较大的变化，与此同时，建设工程中的地下室和屋面等部位的渗漏问题也日趋严重。调查显示，我国屋顶和地下室的泄漏占全国建筑泄漏总量的60％[1-3]。房屋和地下室的泄漏直接影响房屋的功能和使用者的安全，这可能造成巨大的经济损失。

为此，我国住建部门近年来先后颁布了许多相关的政策和技术规范，例如，《屋面工程技术规范》，《屋面工程质量验收规范》，《地下工程防水技术规范》，《地下防水工程质量验收规范》等。通过实施相关政策法规，我国建筑防水工程的施工品质有了大幅度的提高，建筑施工中的泄漏也得到了改善。

但是，仍不容忽略的是，随着建筑技术的发展，建筑防水工程的施工质量和环保要求逐年提高，更优质的防水卷材是大家的期待，加上先进的施工技术与之配套，建筑物的防水效果和结构安全得以保障[4-6]。

将新型防水材料-自粘防水卷材与同类材料对比，新型防水材料-自粘卷材是一种有广泛应用前景的新型防水材料，良好的低温柔韧性，粘接性能和自愈性是它的优势。它是由合成橡胶，增粘剂和优质道路沥青制成的自粘橡胶沥青[5-8]。卷材上表面材料为韧性极好的高密度聚乙烯膜或铝箔，下表面是由防脱材料制成的防水材料。

市场上的自粘防水卷材主要是以下三种：自粘橡胶沥青防水卷材，高分子自粘复合防水卷材和自粘聚合物改性沥青防水卷材[9]。高密度聚乙烯附着在自粘防水卷材表面上，使其撕裂强度高，满足抗穿刺要求。由基层开裂和变形引起的应力对防水系统的损害能得以有效抵抗，室温下的冷构造不需要热熔。因此，自粘防水膜的推广和应用势在必行。

然而，传统的自粘防水卷材施工工艺仍有许多不尽人意的地方，目前尚存在以下问题：在具有一定倾斜角度的面上工作时，比如斜坡或立面，自粘层随坡度向下滑动，致使卷材逐渐脱离，乃至最后全部脱离基面，防水层最终失效，甚至成为安全隐患；当使用湿法成网操作时，易出现空鼓和发泡等问题；水泥固化的情况也时有发生；卷材材料没有粘接到水泥的界面上，导致接头失效，形成隐藏的漏水隐患；防水层的末端出现基层边缘剥离的现象；在使用过程中，由于冷热循环，光老化等的影响，自粘防水膜对基面的粘附性降低，易于剥落，脱落等，因此卷材不能长时间使用。

**因此，本文首先分析了传统自粘防水卷材施工技术存在问题的原因，并介绍了一种新型的自粘防水卷材施工技术，并对这种新型施工工艺原理和具体做法进行详细阐述，然后根据具体的实际工程提出该种新型施工工艺的质量控制要点，并分析施工期，工程造价，防水效果等。为以后推广该种新型自粘防水施工工艺提供一定的参考。**

1.2自粘式防水材料的发展现状

自粘防水卷材的开发历时多年，可谓经历了漫长的等待，其发展历史见表1-1

表1-1自粘防水卷材发展历史

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品代数 | 产品名称 | 性能特征 | 粘接机理 | 防水效果 |
| 第一代：1950年后到2004年 | 沥青油毡（已停止使用） | 高温变软、低温变脆,易丧失粘结力 | 物理吸附，粘结脆弱 | 表层吸附式防水，防水层易老化、开裂 |
| 第二代：1980年至今 | 如SBS、APP等类型的改性沥青防水卷材 | 耐高温性能好，抗低温性能好，高弹性和韧性，耐疲劳 | 物理吸附，难实现和基面的满粘，粘结脆弱 | 表层吸附式防水，防水层受损后易窜水 |
| 第三代：1990年至今 | 自粘改性沥青防水卷材 | 蠕变自愈性、低温柔性、粘结性能好、弹性高、耐腐蚀 | 物理吸附和卯榫，以实现满粘，粘结脆弱 | 粘结脆弱可逆，持久性不够好，易脱粘起鼓，产生窜水隐患 |
| 第四代：21世纪初 | CPS反应粘预铺/湿铺防水卷材 | 与自粘改性沥青基本相同，但粘结力更大更持久 | 物理卯榫与化学交联协同作用，满粘且粘接不可逆 | 皮肤式防水效果堪称完美，卷材表层破损也不产生渗漏 |

1.2.1国外发展现状

当今，中国市场上流行的自粘防水材料与欧美国家的有些许不同。首先，许多海外国家用胎体玻璃纤维或聚酯轮胎取代了原来的纸轮胎，延长了传统油毡的使用寿命。APP树脂和SBS橡胶改变了传统自粘沥青卷材的性能[10]，提高了抗撕裂性，抗冲击性，耐低温性和强度性能。

西欧一直处在防水行业最前端，自粘式防水卷材就是西欧研制出来的，该材料在世界各国都十分受欢迎，特别是DFR自粘式反水卷材，在防水领域占据绝对统治地位，并且将技术渗透到世界各国。随着技术的提高和使用的需求，玻纤胎和聚酯胎两种防水卷材逐渐占领市场，纸胎沥青油毡渐渐失去竞争力[11]。

法国是第一个开发SBS改性沥青油毡的发达国家。每年有大量SBS改性沥青油毡在法国的建筑工程以及其他相关领域投入使用，而使用APP改性沥青油毡的较少，特别是聚合物防水卷材，因为基本上没有使用橡胶板，因此，开发非常糟糕，并且PVC的使用仅占防水材料的约百分之一到三。

首个研发出CGP自粘式防水卷材国家则是意大利，意大利在用量上占绝对优势，并向列国出口CGP自粘式防水卷材设备。高分子防水板在意大利的发展空间较小，全国防水材料中3％为PVC防水板，而仅有1％为弹性体防水板。

英国近几年防水工程中的屋面市场连续缩短，1993年平屋面的铺设量更是达到一个低度，约为1.5亿m2，当中，层压油毡屋顶约1.18亿平方米，单层屋顶约为层压屋顶的14%。沥青人造油毡和单层屋顶中使用的PVC量几乎相同。而现在，自粘式防水卷材的使用在英国商业建筑中已普及，同年的自粘式防水卷材销量大概为1300万m2左右，约占防水材料总量的90%。

沥青自粘防水卷材是德国的主要防水原料，德国的沥青自粘防水卷材技术更是代表着世界先进水平，沥青自粘防水卷材超过60%，其中，SBS自粘防水卷材已达到90％以上，而APP自粘防水卷材只占不到10％[12]。德国早期研发出的PVC防水片材，第一个在克服片材收缩开裂上取得成果，从而使得PVC片材稳步发展。此外，德国出口改性沥青毡设备，玻璃纤维毡设备，玻璃纤维织物设备，聚酯毡等设备到国外[13]。

而挪威，全国防水卷材总量的1/2都是改性沥青自粘防水卷材。此外，PVC自粘式防水卷材也占使用量的30%，瑞士的PVC自粘防水卷材占其比例的一半以上[14]。

1.2.2国内发展现状

1990年左右，中国的防水市场引入自粘卷材。美国格雷斯卷材公司的取名为“必坚定”，奥地利卷材公司的商标名称是“冷自粘防水防水沥青隔膜”，台湾则称为“必治水”。据有关方面的统计：该时间段，格雷斯产品在美国的销量非常高，每年约100000平方米。这些产品主要是无胎自粘卷材。上世纪90年代初，我国部分防水卷材公司自力更生，自主研发生产的具有中国特色的，符合中国建设工程实际使用的自粘聚合物改性沥青防水卷材，主要产品是自粘卷材，包层材料是聚乙烯薄膜和铝薄膜[15-17]。具有代表性的公司是上海北蔡防水材料厂，保定石化厂防水材料分公司和盘锦通达防水材料有限公司。

1990年之后，自粘防水卷材发展越来越好，应用前景广阔，主要分为两种：一种是从屋面防水扩大至地下防水；另一种是从上层建筑延续到基础的功能性防水。我国屋面防水，室内厕所和地下室基本都采用自粘卷材。1990年，北京天伦王朝酒店的厕所是北京建筑工程研究院首次测试自粘卷材防水效果的地点；1995年，在光华长安大厦屋顶和车库的防水建设工程中，大约耗费格雷斯公司“必坚定”卷材8000m2；1995年，南极长城站和中山站需要进行防水设施建设，因处在特殊地理位置，有强冷紫外线照射，而该公司产品具有优秀的耐低温性和抗紫外老化性[18]；厦门工程机械厂振动厂房的表面，铺设了大面积自粘卷材，该厂房为一大跨度钢格网工业厂房，历经台风，大雨等严峻考验之后，依然表现良好。自21世纪以来，不仅仅是屋面防水工程，自粘卷材还广泛应用在地铁，隧道和地下室的防水，这种卷材用于全国多个一线城市的地铁和隧道防水[12]；本世纪初，上海维克威建筑防水材料有限公司在广州多条地铁线路，共使用了超过60万平方米的自粘聚合物聚酯轮胎防水卷材。经受了使用与时间的考验，反映良好。自粘卷材不仅用于建筑防水领域，还扩展到大型公共基础设施，比如核电站，桥梁，机场，高速公路等[19]。中国建筑防水杂志“2007年全国防水材料工程应用调查报告”中，共调查了全国近百家建筑建设企业和三十余种防水材料，其总工程应用面积达17154.44万平方米。其中，自粘橡胶改性防水沥青防水卷材2732.63万平方米，占总用量的15.93％，仅次于SBS改性沥青卷材，排名第二[20-21]。

中国的自粘卷材在年产量和应用方面均位居世界前列，然而，在当前的良好形势下，产品开发过程中暴露出来的问题也不少，加强卷材的实用性能研究，提高产品品质，不断完施工工艺，总结经验教训[22-24]。中国自粘卷材的生产和应用将沿着正确的轨道稳健发展。

1.2.3国内研究现状

姚晓亮[25]对TPO自粘防水卷材的施工工艺进行了研究，并分析了其机理，对有无使用专用胶粉的防水效果进行了对比分析。结果表明，自粘防水卷材使用专用胶粉后防水效果大大提高。

许芳[26]对双面自粘式防水卷材的施工工艺，施工流程，施工注意事项就行了分析，并结合具体项目来确保施工质量。

伍伟[27]对湿铺法自粘性防水卷材的施工工艺进行了研究，并对其工程运用价值进行了分析，为保障防水工程质量提供了依据。

施树江[28]对新型BAC双面自粘防水卷材施工工艺进行了研究，详细介绍了其施工要点以及构造详图。

古庚端[29]对DAL湿铺法双面自粘防水卷材进行了研究，对这种新的施工工艺进行分析，并结合具体工程详细介绍了其具体构造和成品保护措施。

姜静波[30]对EVA湿铺法高分子自粘卷材进行了研究，并对其结构特点进行分析，结合苏州火车站站前北广场地下空间防水工程,详细介绍了其具体的施工工艺。

高长玲[31]对PET聚酯复合自粘防水卷材施工工艺进行了相应的分析，并对其施工注意事项、适用范围进行了规定，分析表明该种自粘防水卷材防水效果好，值得推广。

1.3自粘式防水材料的种类和特点

根据主体材料分类，将卷材分为高分子防水卷材和沥青基无胎基防水卷材；根据施工方法分类，分为湿铺类和预铺类防水卷材。高分子自粘防水卷材主要有HDPE、EVA、PVC和EPDM自粘卷材。学者丁红梅认为，预铺防水卷材应与湿铺防水卷材分别制定标准，仅保留非沥青的高分子产品。1992年由美国格雷斯公司研究发现，预铺防水技术是为了使结构混凝土外表面完全满粘而研制，它主要用于不能直接接触到固态混凝土表面的位置，比如地下室的底板、不施工的侧墙等，所以主要在地下室底板和外防内贴法侧墙以及隧道等工程中使用[30]。湿铺类防水即先施工防水混凝土，然后抹带胶粘剂的水泥砂浆，最后贴防水卷材的方法，可以在地下室顶板和外防外贴法侧墙等部位使用。预铺、湿铺两种方法的共同点是卷材自粘层与铺贴结构层能够贴合紧密，自粘层渗透进现浇混凝土或者水泥砂浆中，抵抗变形的能力强，在外力作用下蠕变，不产生和传递应力，保护防水层不受破坏。除此之外，当自粘卷材有破损或被外物刺穿的情况发生时，自粘层会自动向孔洞处蠕动，以消除自粘层在孔洞处受到的内应力，同时堵住缺陷处，不出现窜水现象。不需等待混凝土硬化，自粘卷材能够直接与潮湿基面粘结，提高了施工效率。这主要是因为自粘层有蠕变的高分子链段，含有改性剂能与水泥直接产生化学反应，两种因素共同作用下，促使自粘层能深层进入基层表面微观多孔内，形成牢靠的化学键，与混凝土或砂浆基层紧密粘结。预铺卷材和湿铺卷材就粘结性来说，没有本质上的不同[32]。无论是预铺还是湿铺卷材，它们的自粘层均与基层产生化学反应，实现紧密粘结。自粘防水卷材分类见表1-2，特点见表1-3。

表1-2 自粘防水卷材分类

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 分类 | 主要内容 |
| 1 | 按主体  材料分 | 高分子卷材：如HDPE、EVA、PVC和EPDM等 |
| 沥青基卷材：如无胎基和聚酯胎基 |
| 预铺防水卷材：高分子防水卷材和沥青基聚酯胎防水卷材两类，基层表面允许一定潮湿但不能有过多明水，自粘面面向操作人员，自粘卷材空铺在基层上，铺平后撕去隔离纸，钢筋绑好后浇筑混凝土。 |
| 2 | 按施工  方法分 | 湿铺防水卷材：高分子防水卷材和沥青基聚酯胎防水卷材两种。基层表面没有过多明水或保持表面潮湿，涂抹水泥素浆，撕去隔离纸之后再把自粘卷材铺贴在水泥砂浆上。 |
| 干铺防水卷材：先涂刷处理剂在基层干燥表面，晾至触指不粘时再铺自粘卷材。 |

表1-3 预铺防水卷材和湿铺防水卷材的特点

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 分类 | 主要内容 |
| 1 | 预铺  防水卷材 | 适用于地下室底板和内贴性侧墙 |
| 应当用卷材空铺底板，不与垫层相相连，这是由于垫层易产生沉降变形，如果紧密粘结，卷材易产生开裂现象 |
| 通常为单面自粘，保证卷材的自粘层能与后浇混凝土粘结紧密 |
| 绑扎完钢筋至混凝浇筑土一般会相隔一段时间，有时甚至长达一个星期，因而建议在预铺卷材撕掉隔离膜后，立即浇筑与底板混凝土同强度等级的细石砼，以保证自粘层与砼的紧密结合，之后再绑扎钢筋，这样也能防止卷材被钢筋、钢材刺破。 |
| 在防水卷材和后浇混凝土的剥离强度试验中，粘结面尺寸为100×50mm |
| 2 | 湿铺防水卷材 | 卷材可以是单面或双面的。PY类宜为双面粘合 |
| 对于P类产品，湿铺卷材拉伸性能没有预铺卷材好，对于PY类产品，湿铺卷材效果也比预铺的差 |
| 在防水卷材与水泥砂浆剥离强度试验中，粘结面尺寸亦为100×50mm |
| 适用于地下室顶板、外防外贴法侧墙、平屋面、地下室种植顶板和种植屋面 |
| 卷材采用全铺设方法，卷材与现浇钢筋混凝土结构紧密结合。 |

1.4本文主要研究内容

1. 查阅分析国内外相关文献资料，阐述传统自粘式防水卷材施工工艺，指出传统自粘式防水卷材目前施工中存在的问题，并分析产生问题的根本原因；
2. 针对自粘防水卷材存在的不足和缺陷，结合一种新型自粘防水施工工艺，对比分析传统自粘式防水卷材施工工艺和新型自粘防水施工工艺的作用机理、工艺流程、防水效果、施工质量控制、作业条件等；

3、结合实际工程项目，对新型自粘防水卷材施工工艺的施工工期、物理力学性能、防水效果、工程造价和社会效益等进行深入分析，为以后推广该种新型自粘防水施工工艺提供一定的参考。

2传统自粘式防水卷材施工工艺

传统自粘式防水卷材施工一般工艺流程如图2-1

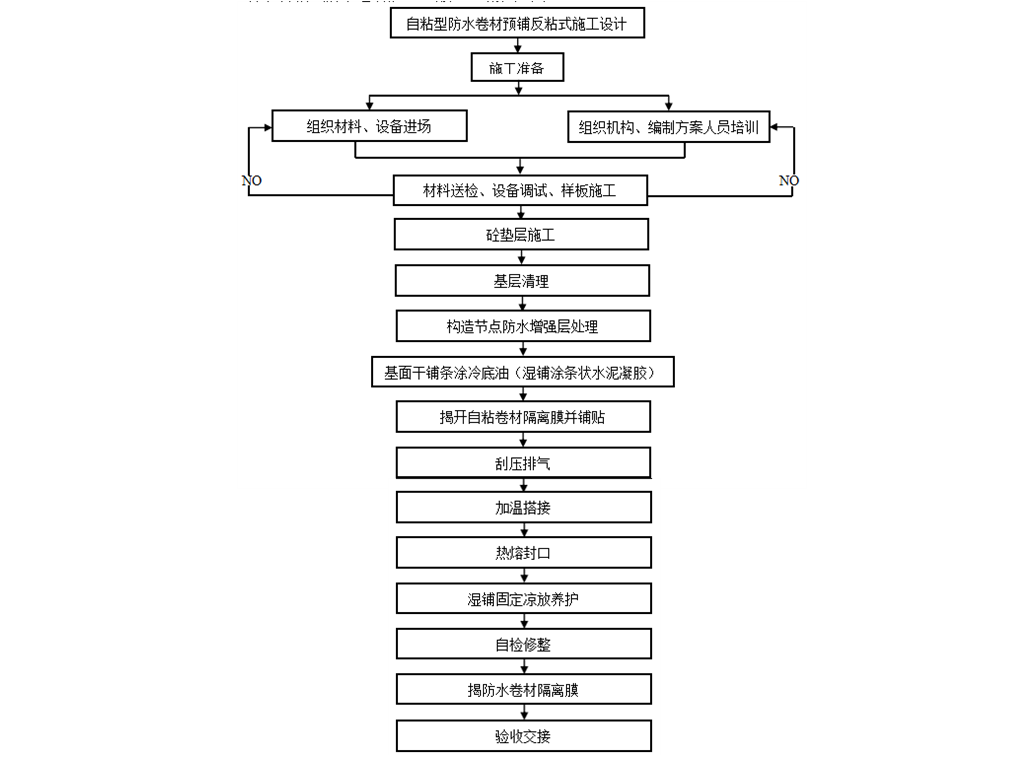


图2-1 传统自粘式防水卷材施工一般工艺流程图

2.1地下工程

2.1.1基础底板及侧墙防水详图

地下室防水工程自粘防水卷材采用两层3.0mm厚的SAM-930I。底板及外墙做法如下图：

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 图2-2 传统自粘式卷材底板做法 | 图2-3 传统自粘式卷材外墙做法 |

2.1.2施工工艺流程

建筑准备→基层处理→涂料专用基层处理剂→细节附加层粘贴→弹参考线→大面积自粘卷材→卷材末端的固定→卷材密封膏封闭→质量检查→保护层结构（预铺防粘结构，钢筋和混凝土可以直接铺设，无需保护层）[33-35]。

2.1.3操作要点及技术要求

1. 基层处理：基层应坚固，干燥，平整，无尘，无油，聚合物砂浆应填充不均匀和裂缝。施工前清洁，如有必要，使用真空吸尘器或高压鼓风机吹掉。
2. 涂刷基层处理剂：在铺设卷材之前，应用专用的特殊基层处理剂，将其均匀且完整地覆盖所有部件，不得遗漏，用量约为0.25kg/㎡。在阴阳角节点上使用短柄刷将基层处理剂涂抹均匀到处理过的基层表面上。
3. 完成基层处理，并且通常在施加附加卷材之前实现干燥（通常要达到不粘手的状态）。使用基层处理剂处理后的基层应尽快铺设卷材，以避免产生二次粉尘污染。若受二次污染，则基层必须用处理剂重新涂刷。
4. 一般细部附加处理：阴阳角，管根等细节还需通过特殊的附加层自粘卷材和阴角两侧和阴阳角三面切割阴阳角自粘卷材来增强，平立面平均展开。该方法首先根据细节的形状切割卷材，并将其粘贴在细节中，然后根据尺寸和形状粘贴自粘卷材。它可采用加热烘烤，当底表面熔化时，能立即粘贴在已经施加了基础处理剂的基层上，附加层不得有空鼓。附加层卷材与基层：一般应该是完全粘稠的，并且应力集中区域仅需要轻微按压[36]。
5. 大面积防水层自粘卷材铺贴：

1）自粘卷材的粘接应是缓慢均匀地剥离卷材底部的隔离纸，通过均匀压辊在卷材的基层上的过程。

2）在铺设防水层的时候，卷材应铺设在基层表面上，基层表面应当预先涂有基层处理剂，以铺设定位。具体操作为：先展开卷材，调整放置位置，然后将卷材的末端粘在基层上，然后从卷材的一侧均匀地移除隔离纸，慢慢向前滚动，除去空气，并在取下分离层时紧紧粘合。

3）水平：在基础处理剂干燥后，将卷材拉伸并及时铺设，起始端固定好，慢慢展开卷材，剥离纸在展开的同时撕开，铺设从低处到高处进行。

4）垂直立面：腹板和底座以及卷材和腹板必须完全粘稠。卷材搭接和密封：地下防水工程建设中，相邻卷材的重叠宽度一般大于等于100mm，接头长度大于等于100mm，搭接接头压紧密实，边缘用密封膏密封。

5）卷材收头：外立面卷材应用金属条固定，然后用卷材密封胶密封。

6、保护隔离层施工：地下水位以下通常需要刚性防水层的保护，在防水层和刚性保护层之间存在隔离层，隔离层的材料可以是低质量的沥青卷材，塑料薄膜，无纺布等。地下工程的侧壁由柔软的聚苯乙烯板保护。（预铺防粘结构，可省去保护层，直接铺设钢筋和混凝土。）

7、缺陷修复：当自粘卷材表面被灰尘或其他污染源附着污染时，粘性会降低乃至丧失，出现局部卷曲，开口等现象，一旦上述情况发生在项目中，必须及时修复。

8、检查验收自粘卷材：现场施工人员和质量检验员必须按照相关规范检查和验收，然后才能进行下一道工序。

9、自检后，按照国家标准《地下防水工程质量验收规范》（GB50208-2002）向总承包商，监理和施工方报告，验收通过后，应及时进行保护层的施工。

2.1.4细部节点防水做法

细部节点的立面和水平面的角部和边部，嵌入部分，突出水平面和防水层以及附加防水层的相关节点是密封的。防水工程中的薄弱环节是接缝和卷材的末端，必须进行合理、安全和科学地设计，并且需要配套高质量高标准的施工技术以确保地下室防水工程的完整性。所以，粘贴细部节点的附加层卷材通过检查质量之后，可以进行主要防水层卷材的铺设和粘贴。

2.1.5自粘卷材搭接

在该项目中，自粘卷材是搭接结构。搭接长度不小于100mm，相邻两幅卷材横向重叠部分错开尺寸不小于1500mm。当需在地下工程中进行立面卷材铺设时，相邻两相幅卷材的搭接长度应为150mm。如下示意图所示：

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 图2-4 传统自粘防水卷材搭接示意图 | |

2.1.6自粘卷材搭接缝

在自粘卷材和卷材之间，必须完全粘稠并粘合到自粘卷材搭接接头上：它必须是完全粘合剂，如有必要，可使用手持压力辊进行接缝压制。搭接缝的粘结：自粘腹板搭接接头的粘接由上卷材顶面上的特殊压力辊均匀地压紧，边缘密集结合，如有必要，请使用专用压力辊进行二次压接。

2.1.7附加层的设置

在平面，阴阳角，立面，转折点，管根等交叉处应设置自粘卷材附加加固层。通常，使用与大表面自粘卷材相同材料的特殊附加层，其宽度为500mm，根据需要，需要在现场切割自粘卷材的附加部件[37]。

阴阳角（指三维交叉点）是防水层的结构，也是防水层的薄弱部分之一。这里通常的做法是按照图2-5由建筑工人切割和现场安装：

|  |  |
| --- | --- |
| QQ截图20181208221735 QQ截图20181208222817  阴角折裁图 阳角成型图 | QQ截图20181208221721 QQ截图20181208223056  阴角折裁图 阳角折式图 |
| QQ截图20181209163209 QQ截图20181209155933  阳角附加图 阳角组体图 | QQ截图20181209163951 QQ截图20181209164457  阴角组体图 阴角成型图 |
| 图2-5 自粘式防水卷材阴阳角裁剪与安装 | |

2.1.8底板与外墙交接处防水做法

从底面折叠到外立面的基底附加层和永久保护壁的接触部分粘合并铺设；但是，应注意保留为接头第二阶段保留的分离膜。

在平坦的立面和转折点的连接处附加一个特殊的附加卷材层，并且底板的自粘卷材和砖的永久保护壁之间的粘合剂是完全粘稠的。自粘卷材封闭部分由砖体临时固定，当构造垂直墙壁时，移除临时保护，底板的自粘卷材的宽度大于等于150mm。详见图2-6所示：

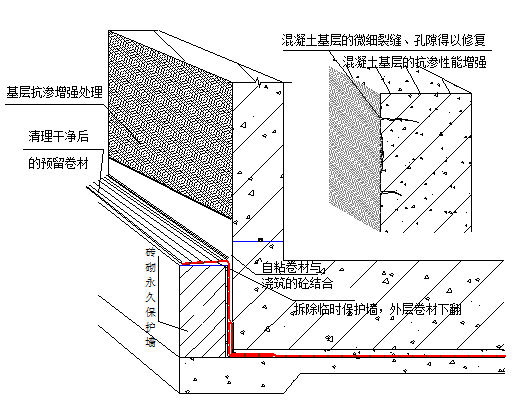


图2-6 立墙与底板自粘卷材搭接

2.1.9外墙自粘卷材收口做法

采取机械固定地下工程自粘卷材末端，但收头部位均应用密封材料密封处理，密封宽度不小于10mm。外墙垂直立面卷材的收口采用固定压条并用密封膏密封，在防水系统的安全性能得到保证的前提下，对延长防水系统的使用寿命起到巨大的帮助。柔性防水层收头如2-7图所示：

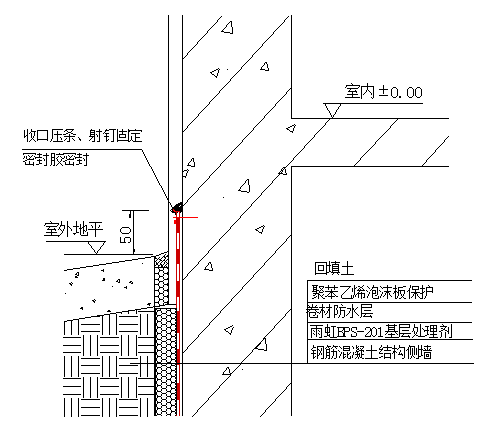


图2-7 地面收口防水层设置

2.2屋面工程

2.2.1施工准备

1、材料准备

对于符合水平、干净和干燥要求的合格基础，使用干法成网结构。当基层在雨季潮湿时，使用湿法成网结构，PET或BAC自粘卷材直接粘贴水泥浆，进入现场的防水材料可以在重新通过测试后使用。

2、施工机具准备

在进入施工现场之前准备好各种施工工具：剪刀、壁纸刀、刷子、扫帚、小铲子、墨盒、小滚筒等。

3、临时设施及运输机械准备

施工所需的水电，垂直运输和物料堆放仓库应由总承包商统一安排。

2.2.2工艺流程

清洁基层→刷涂基础处理剂→阴阳角铺有额外的防水膜层→定位弹线→铺设第一层自粘防水卷材→卷材搭接处理→铺贴第二层自粘防水卷材→卷材封口→检验验收

2.2.3作业条件

基层应清洁平整，无毛刺，不得要求基层含水量，但不得有明显清水积聚；阴阳角为圆形，负角的最小半径为50mm，阳角的最小半径为20mm；基层按有关规范分为单独的接头，接头应填充柔性密封材料；各种预埋件已安装并固定完毕。

2.2.4施工方法

1. 清理基层表面的灰尘以及杂物，不能有明显积水，待其干燥后在基层上涂刷基层处理剂。
2. 将卷材铺设控制线弹在基层上，使卷材与参考线对齐，然后用切纸机轻轻切割分离纸。小心不要刮伤卷材，从一端慢慢撕开卷筒纸粘合纸，然后沿着基线慢慢卷起卷筒纸。粘贴后，使用橡胶辊（刮刀）向前和向外（滚动压力）强制排出空气。卷材材料牢固地粘附到基层上，并且相邻的卷材材料的搭接接头、网具有长的重叠宽度和不小于60mm的短边。特别注意滚动（紧压）粘接。
3. 将网状粘合面朝下放置在网的第一层上，从端部慢慢地从背面撕开隔膜，并清洁第一层防水膜的上表面上的灰尘和碎屑，然后将剥离隔膜的网粘附到第一层防水膜上。铺设卷材不能速度太快，避免出现偏差，并且偏差在铺设过程中逐渐累计直至最后难以纠正。卷材粘贴完毕后，使用橡胶辊向前和向外两个方向滚动，将空气排出，使得两层卷材牢固地粘合在一起。
4. 卷材铺贴完后，将卷材搭接缝、收头部位以及管道包裹部位用专用密封膏密封。
5. 建议在护墙的防水保护层上铺一层钢网，使防水保护层干燥脱落。

2.2.5施工注意事项

1、如果防水层下方的结构层不能完全干燥，则应按规范安装蒸汽排放装置。

2、铺贴第二层防水卷材时，要首先把已经粘贴好的第一层卷材上表面清理干净，如果有需要则可涂刷基层处理剂。

3、上下两层卷材应当同方向平行铺贴，上下层卷材的长、短边和同层相邻两幅卷材的接缝应相互错开1/3～1/2幅宽。

4、在冬季环境温度较低时，可采取适当加热措施对基层和卷材粘结面稍稍加热，以保证卷材与卷材之间、卷材与基层之间粘结紧密。

2.2.6屋面防水构造图

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 图2-8 有保温层屋面防水构造 | 图2-9 无保温层屋面防水构造 |
| 图片3 |  |
| 1. 屋面女儿墙反水防水构造 | （b）女儿墙外排水口防水构造 |
| 图片2 |  |
| (c) 内排水口防水构造 | （d）出屋面管道防水构造 |
| 图2-10 细部节点防水构造 | |

2.3传统自粘式防水施工存在问题及原因分析

2.3.1传统自粘式防水施工存在问题

1. 倾斜表面或外立面应用自粘防水膜时，自粘层将向下滑动直至与基面彻底分离。该种现象将使得防水层失效甚至造成安全隐患。
2. 采用湿法铺路时，空鼓、发泡等现象容易出现，也时常发现水泥产生固化。卷材材料没有粘合到水泥的界面上，导致接头失效，产生隐藏的漏水危险。一方面是卷材本身的鼓泡，卷材生产成型时内部进水或聚酯胎未烘干、未浸透，导致生产后，温度稍高情况下卷材内或胎体内气泡向外跑导致鼓泡。另一方面，是自粘卷材施工完毕后，在与基层粘贴的情况下，出现鼓泡，这可能是由于基层含水率高在温度稍高的情况下水汽将自粘卷材顶起而鼓泡。处理方法：网络铺设后冒泡，这是由于施工期间蒸汽排放不完全造成的。将双面自粘式卷材插入“孔”中，然后压平切割，部分并用橡皮锤锤击。如果天气寒冷（低于10°C），可以通过热风焊机吹热风来加热和压缩。
3. 在防水层的末端，易产生翘边，主要是因为基层处理不好，没有清洁或干燥，并且当头部是密封处理不好施工时，期间应小心，各种问题都可能发生，导致剥离基层边缘的现象。对于产生卷曲边缘的防水层，应首先分离从卷曲边缘剥离的部分，并清洁基层，然后，根据基材制作防水层。
4. 在卷材使用过程中，因为冷热循环、光辐射老化等因素作用，卷材与基面粘结力会有所下降，易产生剥离、脱落等现象，使卷材丧失防水效果。
5. 在卷材施工期间，中途遇雨时，一般需要5至7天连续晴天的干燥，并且当背阴面时，干燥时间需要更长，实际情况下总承包方或者甲方为了赶工期而克扣干燥时间，违规强施情况较普遍。
6. 传统防水卷材含有毒挥发气体，施工时或施工后，长期挥发苯、二甲苯等有害致癌物，影响人体健康。
7. 市面上产品质量良莠不齐。有的自粘防水卷材出厂时符合标准规定，但是出厂二三个月后，还在售卖阶段就达不到标准要求了；还有的出厂时施工铺设还能粘贴在基面上，存放二三个月后自粘性能下降，无法进行铺设施工。
8. 在施工现场，由于现场环境的污染不可避免，自粘防水卷材易失去粘性，无法铺设施工。

2.3.2机理分析和存在问题的原因分析

上述所有问题都是来自卷材与基板之间的界面粘合性，探讨自粘防水卷材的物理力学性能与微观结构变化之间的关系，提高其性能，找出规律，是解决上述问题的关键。

1、自粘防水卷材的粘结机理

当自粘防水卷材粘贴在例如混凝土上时，粘合仅在表面和薄层上发生。所以，粘合过程实际上是一种界面现象，即物理和界面化学。自粘改性沥青卷材的附着力由以下两个方面的因素决定[38]：第一，改性沥青自粘合剂的粘弹性和对基面的润湿性以及与界面的实际接触面积；第二，改性沥青自粘合剂是否与基层表面有形成化学键。通过优化工艺和调整配方，自粘层表面张力接近混凝土的表面张力，因此改性的自粘卷材和混凝土基面可以达到良好的润湿。除此之外，水泥和卷材之间狭小封闭的空间内产生负压，水泥热也促进了自粘合物的蠕变[39]。混凝土毛细管或孔中渗透了自粘层时，增大了自粘合剂与混凝土之间的接触面积，以促进自粘层与混凝土之间形成更多的化学交联键。“化学交联固化-物理铆接的协同效应”（Chemical Bonding andPhysical Crosslinking Synergism，简称“CPS”），使基面与自粘层形成“互穿网络式”结构，从而实现紧密，不可逆的“皮肤状”粘合效果。当通过向自粘合剂添加改性剂，把自粘合剂粘合到混凝土基底上时产生CPS效果的技术被称为“CPS粘合技术”[40]。

2、粘附力与内聚力的关系

在卷材铺贴的初期，混凝土与自粘防水膜的粘合强度低于自身的内聚能。在铺贴开始时，当卷材剥离时，卷材容易与界面分离，界面基本上不产生破坏。所谓内聚力，是指粘合剂分子间力的总和，也是自粘层的内聚强度。内聚能破坏是在自粘层中发生的宏观现象，当内聚力小于粘合力时，内聚层被内聚力破坏。一般来说，粘合力增加会降低内聚力的强度，而增加内聚力则粘合力会降低。为了获得最佳粘合效果，必须同时考虑自粘合剂的粘合力和内聚力。在《自粘聚合物改性沥青聚酯轮胎防水卷材》（JC898-2002）中明确指出：当在卷材测试剪切和剥离的两个性能指标时，其中一个合格的指标是“在粘合界面外部破裂”，即自粘层的内聚破坏[41]。因此，在自粘附粘合特性中，粘合比内聚更为重要。当自粘防水卷材与混凝土之间的粘合力小于自身的粘合力时，自粘层不会破裂，但界面层会被破坏[42-44]。界面层难以恢复到先前的完全粘合状态，并且界面层在被该循环长时间损坏后将失去其粘合效果。防水层被破坏，防水效果丧失。CPS粘接技术可以达到自粘防水卷材和混凝土比自粘结力具有更大内聚力的目的，解决了基层裂缝引起的自粘失效。

3、混凝土的影响

当使用预铺设方法和湿法成网方法时，自粘防水膜的自粘层会在水泥浆固化时形成基面。“互穿网络式”结构，达到紧密不可逆的粘结效果。然而，当水泥浆含水量过高的情况下，当水泥凝固时，自粘层的表面上吸附有一定量的水分，使得自粘层在蠕变时难以粘附到混凝土的毛细管或孔隙上。它不能完全接触混凝土，以形成铆接效果。因此，当使用湿法成网法时，水泥浆不宜过薄，并且自粘层必须含有可与水泥发生化学反应的组分，否则，纯物理结合会在水的作用下失去本应该有的作用效果。

4、内聚力的影响

产生自粘防水膜适应基层变形的能力就是卷材自粘层蠕变的结果。聚合物材料的蠕变特性与材料本身的内聚力成反比关系。对于自粘防水膜的内聚力，其特征在于其抗剪切蠕变损伤，这是抵抗永久剪切所需的，保持力可以通过材料在一定外力下的蠕变时间来表现，卷材自身内聚力会影响自粘防水卷材的保持力，材料的配方结构和抗老化性能较大程度地影响自粘卷材的内聚力。随着时间和温度的影响，增塑剂不断迁移和分离，自粘橡胶的自愈性和粘弹性也逐渐下降。卷材与基材间的粘合性能的耐久性也与卷材的抗老化能力有关。老化是过程是不可逆的，卷材的性能在此类因素的影响下逐渐降低[45]。当自粘层老化到一定程度，并且强度降低时，卷材失去粘合性能并且保持力也相应降低。

5、施工环境的影响

自粘防水卷材在施工过程中不可避免地受施工环境的影响，水泥粉末、其他灰尘和沉积物会严重污染卷材表面。仅通过物理吸附来实现卷材和混凝土之间的粘合的话，当卷材表面被污染时，卷材对混凝土的粘附力会大大降低，这是由于表面附着力的急剧下降所致。如果向自粘改性沥青配方中添加功能性添加剂，那么自粘层可与湿混凝土或固化水泥界面发生化学反应，形成强化学键[46]。所以，即使表面被污染，物理粘合性也降低，但通过化学键的组合就可以形成可靠牢固的粘合，施工环境的温度和污染对粘结效果影响不大。

2.4本章小结

本章详细介绍了传统自粘防水卷材在地下工程和屋面工程中的施工工艺流程、技术要点，也介绍了部分细部构造及其施工做法。通过研究发现，传统自粘卷材产生剥离、脱落、空鼓、卷边，或受到施工现场粉尘污染而导致粘结强度下降等问题，本质上都是源于卷材与基板之间的界面粘合强度不够。自粘防水卷材粘贴在例如混凝土基面上时，粘合仅在表面和薄层上发生，而当向卷材自粘合剂添加改性剂时，卷材与混凝土基面时产生“化学交联固化-物理铆接的协同效应”，该反应使得卷材与粘贴基面牢牢地“长”在一起，粘结强度高。

3自粘式防水卷材施工新工艺

针对传统自粘式防水卷材存在的问题及原因分析，采用一种新型的自粘式防水卷材施工方法—CPS反应粘技术。该方法能够有效地避免上一章中传统自粘式防水相关问题的发生。

CPS反应粘合技术是指在水泥浆或现浇混凝土固化过程中的化学键和物理交联协同作用（化学键和物理交联协同作用），称为CPS，在卷材和混凝土之间形成“互穿网络”界面结构，从而实现紧密，牢固和不可逆的粘合效果[47]。

CPS反应粘防水卷材是一种湿铺/预铺防水卷材，是通过将改性沥青复合物在胎体上进行浸涂、控厚定型、覆膜及收卷所制成的，主要由高分子片材、增强层、CPS反应粘密封胶和隔离膜组成，其结构图如图3-1所示[45]。其中改性沥青复合物包括改性沥青、抗氧化剂、增塑剂、填充剂以及功能性助剂。CPS反应粘防水卷材的制备方法是先将基质沥青、增粘剂、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物及无规则聚乙烯置于反应罐内混和均匀，然后将温度升至200-210℃后搅拌1.5-2h， 再将温度降到180℃后，在反应罐中加入填料、功能助剂、增塑剂及抗氧化剂搅拌0.5-1h，然后将其输送到胶体磨中反复研磨，最后将制备好的改性沥青在胎体上浸涂、控厚定型、覆膜、收卷[48]。

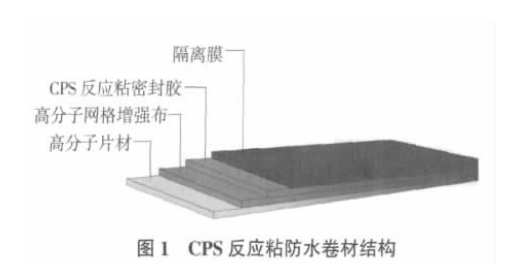


图3-1 CPS反应粘结型预铺/湿铺防水卷材结构

CPS反应粘防水卷材通过聚合物配方技术添加的功能性添加剂M，可促进CPS反应粘度改性化合物的蠕变功能，渗透到混凝土和水泥浆的毛细管或孔隙中以形成物理吸附和榫卯。与此同时，还与现浇混凝土或水泥浆基层发生化学反应，形成化学交联结构以将卷材牢固地结合到基层“物理卯寰-化学交联的协同结合效应”，解决了普通改性沥青卷材与基面粘接率低，粘接强度小，不粘连，易粘附环境的问题[49]。“皮肤式”防水概念已经完美实现，具体的粘接机理图如图3-2所示。

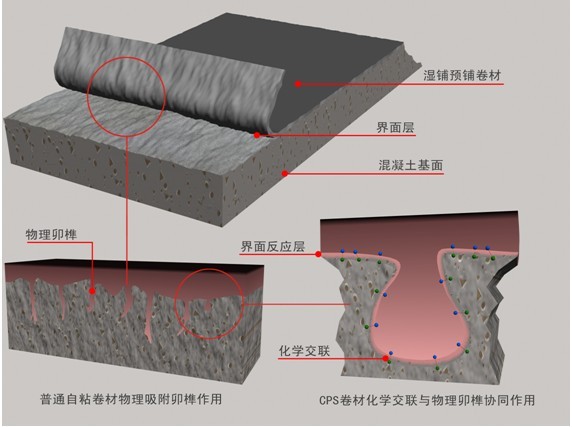


图3-2 CPS反应粘结型预铺/湿铺防水卷材与基面粘结的机理图

技术特点：

CPS反应粘防水技术具有独特的粘接优势，解决了粘接密封与混凝土界面的问题：

1、粘接力更大：它不仅具有物理吸附和榫卯效果，而且在界面上产生化学反应，使卯榫连接和化学交联这两种功能共同作用，使键合更可靠。即使防水材料的表面层受损，粘合剂基底表面的界面也不会因漏水而损坏[50]。

2、粘结不可逆：由于卷材和基层之间存在化学键合作用，这种粘结是不可逆的。

3、粘结刚柔相济：通过物理吸附和榫卯作用形成柔性键，以消除由基层变化引起的应力，以及通过化学键的刚性键合，界面层具有足够的粘合强度，以有效地抵抗损坏。

4、粘接更持久：物理吸附和榫卯反应通常在溶剂内产生，从而降低粘附性并失去永久密封防水效果。由CPS反应粘防水技术产生的粘合不受湿热循环，永久地产生粘合效果，使得工程防水寿命与主层的防水寿命相同。

3.1地下工程

防水卷材施工工艺流程

基层清洗，修复，润湿节点密封，附加加固层，以制备水泥浆基线测试车间撕下纸张底部，纸张上涂有水泥浆（轧制方法，提升方法）轧制和排气盘管搭接，闭合和密封成品的维护和保护检查修补质量验收[51]。

1、基面清理

用刀片和扫帚清洁基层的表面以去除突起的异物，并清除灰尘和碎屑，并且基层的表面基本上是平的。高度误差在5~8mm之内，所有角部角度均为R50弧型，正角度为R20弧型。砂孔和孔用高级聚合物砂浆修复，基层应坚固、平整、清洁、无砂、无空鼓、无开裂、无浮渣表面[52]。具体操作见图3-3。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）铲除表面凸起物 | （b）浇湿基面 |
| 图3-3 基面清理 | |

2、弹参考线

根据施工现场的情况，合理定位，确定卷材铺设的方向，并在基层上放卷材控制线，可以进行适当试铺，如图3-4所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）划线（或弹线）定位 | （b）卷材试铺 |
| 图3-4 弹基准线准备试铺 | |

3、撕开卷材底部隔离纸

在测试卷材材料之后，首先切割待铺设的卷材，然后将其放置在基面上（底部分隔纸朝上），剥离的剥离纸应与粘合表面保持45至60度的锐角，以防止分离纸被拉出。[尽量保持自然放松状态，但不要起皱，如图3-5所示。](C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/../sentence_detail/615.html" \t "C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/right)

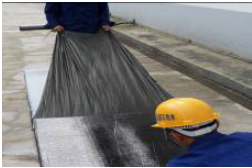


图3-5 撕开隔离纸

4、水泥素浆配置

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）水泥：水=2：1浸泡15～20分钟 | （b）电动搅拌机搅拌5分钟以上 |
| 图3-6 配置水泥浆 | |

水泥凝胶一般根据水泥设定：水=2：1（重量比），先将水倒入原来的搅拌桶中，然后将水泥放入水中，浸泡15至20分钟并充分饱和后，将其均匀搅拌成带有动力搅拌器的油灰[53]。干基可添加水泥5％-8％聚合物专用胶（保水剂）并混合。如图3-6所示。

5.刮涂水泥素浆

厚度取决于基层的平整度，通常为1.5至2.5mm。刮擦时，注意压实和平滑。注意涂装过程中的平整度，如图3-7所示。



图3-7 刮涂水泥素浆

5、防水卷材大面积铺贴

滚铺法：将卷材与参考线对齐，然后用切纸机在约5米的距离轻轻切割纸张，从背面缓慢撕开网状绝缘纸，同时沿着基线缓慢展开，边撕隔离纸边铺贴。铺贴完成后，按照上述方法将先前试验车间剩余的5米长的卷材回滚并粘贴在基层上，如图3-8所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 图3-8 卷材滚铺 | 图3-9 卷材抬铺 |

抬铺法：在剥离卷材材料的所有分离纸后，将底面上的切割材料（即底部绝缘纸朝上）反转，然后，将水泥浆刮在卷材的粘合表面和待铺设的表面上，然后由两个人从卷材的两端提起，翻转和铺贴在待铺位置上，盘绕材料和相邻的卷绕材料并联连接。

6、辊压排气

在粘贴纤维网之后，通过软橡胶片或辊将空气刮擦并从纤维网的中心排出到纤维网的另一侧，使得卷材充分地完全粘附到基底表面上。[当搭接和铺设下一个卷材时，在卷材下层的重叠部分上的剥离纸被提升，并且上卷材在搭接控制线上对齐并固定到卷材的下层](C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/../sentence_detail/650.html" \t "C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/right)[[54]](C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/../sentence_detail/650.html" \t "C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/right)[，](C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/../sentence_detail/650.html" \t "C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/right)挤出空气并完全粘稠，如图3-10所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）辊压排气 | （b）回挂封边 |
| 图3-10 辊压排气 | |

7、卷材搭接，收头封边

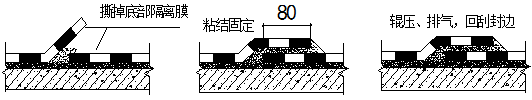


图3-11 卷材搭接收头

卷材搭接宽度不得少于80mm，相邻两幅卷材的搭接应错开至少300mm，卷材搭接方法如下：上下卷材的隔膜直接撕开，水泥浆通过拼接和涂抹（大面积水泥浆的平滑结构）搭接在一起。用水泥浆直接密封[55]，如图3-11所示。

8、成品保护措施

铺设卷材后，可放置1~2天（放置时间取决于环境温度，一般来说，温度越高，所需时间越短）再进行后续施工。在高温天气下，应当避免防水层暴露，可以采用遮阳伞或其他物品覆盖隔离。[在保护层的构造中，施工人员应着软底鞋，严禁穿钉鞋进入施工现场，以免损坏防水层。](C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/../sentence_detail/663.html" \t "C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/right)[具体如图3-12所示。](C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/../sentence_detail/664.html" \t "C:/Users/sasa/AppData/Local/Temp/HZ$D.041.625/HZ$D.041.626/PaperPass-%E6%97%97%E8%88%B0%E7%89%88-%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%8A%A5%E5%91%8A/htmls/detail_report/right)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）遮盖遮阳布 | （b）禁止人员踩踏 |
| 图3-12 辊压排气 | |

3.2屋面工程

3.2.1材料准备

主材—1.5mm厚CPS反应粘湿铺防水卷材（单面粘、双面粘）；辅材—P.O42.5普通硅酸盐水泥。

3.2.2工具的准备

1. 清理基层用工具：铁铲、扫帚、钢凿、墩布等；
2. 配料用工具：电动搅拌器、水管、大型搅拌桶、起重桶等；
3. 铺贴工具：刮板、壁纸刀、压辊等。

3.2.3屋面防水做法

表3-1 屋面工程不同施工部位防水层做法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 施工部位 | 工序 | 设计材料 | 施工方法 |
| 普通屋面 | 第一道 | 1.5厚CPS反应粘湿铺防水卷材（双面粘） | 湿铺法 |
| 第二道 | 1.5厚CPS反应粘湿铺防水卷材（单面粘） | 干粘施工 |
| 种植屋面 | 第一道 | 1.5厚CPS反应粘湿铺防水卷材（双面粘） | 湿铺法 |
| 第二道 | 1.5厚CPS反应粘湿铺防水卷材（单面粘、阻根型） | 干粘施工 |

3.2.4主体防水构造图

|  |  |
| --- | --- |
|  | 图片1 |
| （a）檐口 | （b）屋面出入口 |
| 360截图20180724151541586 | 360截图20180724151512434 |
| （c）直式落水口 | （d）横式落水口 |
| 图3-13 主体防水构造示意图 | |

3.2.5施工步骤

1、基层清理、润湿

基层清理、润湿：使用铲子和其他工具去除基层表面上的小砾石，小缺陷等，并用扫帚清洁基层的灰尘和碎屑。

2、节点密封、加强处理

节点细节处理应根据规范要求加强，如阴阳角，飞檐等，密封层应适用于排气管和出水口。

3、配置水泥凝胶

水泥和水混合在一起，水泥：水=100：15~25千克（重量比），采用PO42.5普通硅酸盐水泥，在动力搅拌器的搅拌下，均匀搅拌成腻子状。若温度过高（≥30°C）或者基面太干燥，可在水泥浆中加入保水剂，再充分搅拌混合。

4、定位、弹线、试铺

根据施工现场的情况，做好合理定位，确定卷材铺贴方向，在基层上弹卷材控制线，并从低到高进行卷材试铺。当遇到排水沟和檐沟时，应沿天沟和檐沟的方向铺设，以减少卷材的重叠。

5、大面积铺防水卷材

1）大面积铺贴第一幅卷材

卷材打开后，卷材从两侧回卷到卷材的中间，然后用壁纸刀轻轻切割隔离纸（注意不要划伤卷材），剥离隔离纸并将其放在脚下，再在向前滚动卷筒的同时倒出浆料。浇注水泥浆时，应将其倒入待铺设卷材的中间位置，并用刮刀往卷材周围均匀涂抹。卷材铺贴完成之后，用工具，比如木制抹子或橡胶片等从卷材中间排出空气，使得卷材充分地完全粘附到基面上。

2）大面铺贴卷材

在下一幅卷材的搭接和铺设时，揭起卷材下层的重叠部分上的剥离纸，以同样的铺贴方式铺贴卷材，卷材的上层在搭接控制线上对齐并固定在卷材的下层，搭接处也抹上水泥浆，并回刮封边的同时辊压排气，使其充分粘贴。

6、养护

1）自检、清理、修整

卷材防水层的搭接处必须粘接牢固，不得有褶皱，卷曲和起泡等缺陷，防水层的末端应粘接在基层上并密封固定，接缝处也应当密封。卷材搭接宽度的允许偏差为10mm。

2）成品保护

晾放时间取决于环境温度，一般来说，温度越高，所需时间越短，通常需要干燥1~2天（24小时至48小时）。

3.2.6注意事项及常见问题

1. 两排相邻卷材的短边接头应相互偏移超过卷材宽度的1/3，以避免多层接头重叠，使卷材不均匀。
2. 当防水层施工结束后，应尽快组织相关负责人员进行检查验收，并及时隐蔽。
3. 卷材部件在施工过程中受到污染，卷材可用干净的湿布清洁。
4. 在施加保护层之前，防水层不得进行其他施工，也不得直接将物品堆放在防水层上。在施工中卷材粘贴部位如果受到污染，可用干净的湿布清洁卷材。

3.2.7质量验收

1、主控项目：

1）卷材防水层中使用的卷材及其支撑材料必须符合要求。检验方法：检查出厂证

明，质量检验报告和样品重新检验报告。

2）卷材防水层的搭接接头应牢固粘接、密封、无皱纹、翘曲等缺陷。

3）节点部件根据规格进行加固和构造。

2、一般项目：

1）卷材防水层搭接应牢固粘接，密封无褶皱，不得出现翘曲等缺陷；防水层的末

端应粘接在基层上并固定，接缝处应密封。

检验方法：观察检查。

2）卷材的铺贴方向应恰当并且正确，卷材搭接宽度的允许偏差为10mm。

检验方法：观察和尺量检查。

3.3 CPS湿铺防水卷材注意事项及常见问题解决

3.3.1施工注意事项

1、相邻两排卷材的短边接头应交错宽度超过300mm，以避免多层接头重叠，使卷材不均匀。

2、防水层施工完毕后，应尽快组织相关负责人员检查验收，并及时隐蔽。

3、卷材部件在施工过程中受到污染，卷材可用干净的湿布清洁。

4、严禁在雪天施工；五级风及其以上时不得施工；环境温度低于5℃时不宜施工。如果在施工期间下雨或下雪，应该在铺设的卷材周围进行保护工作。

5、在施加保护层之前，防水层上不得进行其他任何施工，也不得直接在防水层上堆放物品。

6、CPS湿法成型防水卷材的防水层采用冷作法制成。

7、卷材铺设后，注意后续保护。

8、在架设钢管的过程中，如果需要移动钢管，应在木板下方提供临时保护，以免损坏防水膜。

9、施工人员应穿戴安全带，安全帽，安全眼镜和防护手套等防护装备。

10、现场施工人员必须穿软质平底鞋，不得穿钉鞋或其他尖锐鞋底，避免卷材受到人为损坏，影响施工质量，甚至影响防水效果。

3.3.2 CPS湿铺防水卷材常见问题解决

表3-2 CPS湿铺防水卷材一般问题及解决方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 步骤 | 质量要求 | 出现问题 | 解决方法 |
| 清理基层 | 平整误差不超过5㎜，无起砂现象，保持湿润,无灰尘及尖锐突起。 | 有砂眼孔洞，平整度太差。  基面干燥。 | 用水泥砂浆修补平整基面及砂眼。  基层表面浇水并润湿数次，正常湿润为止。 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 涂刮水泥素浆 | 最薄处不小于1.5mm，最厚处不大于10mm，均匀平整，并调整为腻子状。 | 涂刮不均平整，出现小凸起。水泥素浆涂刮上去立即干燥。 | 基层多次浇水淋湿，涂刮水泥素浆后，用橡胶板压实卷材，使其平整。 |
| 铺贴卷材 | 平整不起皱，短边重叠宽度为10cm，长边重叠为15cm，无发泡和空鼓情况。 | 大面积出现空鼓、起泡  搭接不足，水泥素浆不足  阴阳角空鼓、粘结不牢固 | 刮板二次赶压以完全排出卷材底部空气。建造的防水层应在两天内防止完全暴露，并用遮阳伞或其他物品覆盖。在搭接处适当加厚水泥浆的厚度。卷材底部的粘合表面均匀涂有水泥浆。48小时内铺设的防水层严禁踩踏。 |

3.3.3质量要求及验收

1、质量要求

1）卷材应紧密铺设，辊压结合牢固，卷材无气泡或空鼓的情况。

2）铺路和轧制材料应光滑平直，重叠尺寸准确，不应有变形或皱折。

3）铺设卷材的方向应该是正确的，并且腹板重叠宽度的允许偏差是10mm。

4）卷材防水层不得有破损现象。

2、主控项目

1）用于卷材防水层的卷材及其支撑材料必须符合要求。检验方法：检查出厂证明，质量检验报告和样品重新检验报告。

2）卷材防水层的搭接接头应牢固粘接、密封，不得有褶皱、卷曲、起泡等缺陷。

3）按规范加强联合处理。

3、一般项目

1）卷材防水层搭接应牢固粘接，不得有卷曲、起泡等缺陷；防水层的末端应粘接在基层上并牢固固定，接缝处应严格密封。

2）卷材的铺贴方向应当恰当并且正确，卷材搭接宽度的允许偏差为10mm。

3.4 传统自粘式卷材与CPS反应粘卷材对比

3.4.1 施工流程

地下工程：

传统自粘式防水卷材：建筑准备→基层处理→涂料专用基层处理剂→细节附加层粘贴→弹参考线→大面积自粘卷材→卷材末端的卷材固定→用卷材密封膏封闭→质量检查→保护层结构；

CPS反应粘防水卷材：基面清理→弹参考线→撕开卷材底部隔离纸→水泥素浆→防水卷材大面积铺贴→辊压排气→卷材搭接，收头封边；

屋面工程：

传统自粘式防水卷材：清洁基层→刷涂基础处理剂→阴阳角铺有额外的防水膜层→定位、弹线、试铺→铺设第一层自粘防水卷材→卷材搭接处理→铺贴第二层自粘防水卷材→卷材封口→检验验收；

CPS反应粘防水卷材：基层清理→节点密封、加强处理→配置水泥凝胶→定位、弹线、试铺→大面铺防水卷材→养护；

3.4.2 作用机理

传统自粘式防水卷材：物理性胶粘结原理，简单的基于表面的粘贴。

CPS反应粘防水卷材：在水泥浆或现浇混凝土的固化过程中的形成化学键和物理交联协同作用（化学键和物理交联协同作用），在卷材和混凝土之间形成“互穿网络”界面结构，从而实现紧密，牢固和不可逆的粘合效果。

3.4.3 设置附加层部位

传统自粘式防水卷材：在平面，阴阳角，立面，转折点，管根等交叉处应设置自粘卷材附加加固层；

CPS反应粘防水卷材：除特殊复杂部位外，阴阳角，立面，转折点，管根等交叉处可设置较少层数的附加层加固。

3.4.4 作业条件

传统自粘式防水卷材：基层应清洁平整，无毛刺，无明显清水积聚；阴阳角为圆形，负角的最小半径为50mm，阳角的最小半径为20mm；基层按有关规范分为单独的接头，接头应填充柔性密封材料；各种预埋件已安装并固定完毕。

CPS反应粘防水卷材：对基面无干湿程度要求、基面可以不找平、基层粉尘不会影响施工；基层按有关规范分为单独的接头，接头应填充柔性密封材料；各种预埋件已安装并固定完毕。

3.4.5 注意事项

传统自粘式防水卷材：若防水层下方的结构层不能完全干燥，则应安装蒸汽排放装置，每一层卷材铺贴时都应清理铺贴表面，上下层卷材应同方向铺贴，上下层卷材的长、短边和同层相邻卷材短边接头偏移应超过卷材宽度的1/3~1/2，冬季温度较低时，可用采取适当加热措施；

CPS反应粘防水卷材：相邻卷材短边接头偏移应超过卷材宽度的1/3，当防水层施工结束后应及时隐蔽，避免受到污染，在施加保护层之前，不得进行其他施工，也不得直接堆放物品；

从上面的总结可以看出，无论屋面工程还是地下工程，CPS反应粘防水卷材的施工工艺流程都较传统自粘式防水卷材的简单；在地下工程中，CPS反应粘防水卷材施工工艺需要设置附加层的部位更少，更加节省材料和时间；CPS反应粘防水卷材施工工艺的作业条件也更加宽泛，不用对基层有过高的清理要求；综上，CPS反应粘防水卷材施工工艺效果更优良。

3.5 本章小结

本章从建筑工程中的地下工程和屋面工程两个方面入手，介绍了自粘式防水卷材施工新工艺具体做法，从前期材料、工具的准备到施工步骤和质量验收。详细阐述了自粘式防水卷材采用湿铺法过程中的施工注意事项以及常见问题解决，最后提出了质量验收要求。另外，还对传统自粘式防水卷材和CPS反应粘防水卷材施工工艺、注意事项、作业条件等进行对比总结。

4自粘式防水卷材施工新技术效益分析

4.1工程案例

4.1.1 工程概况

表4-1 建筑技术经济指标

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 组成 | 用途 | 层数 | 层高（m） | 结构类型 | 单幢建筑  面积 |
| 某火车站片区城市棚户区改造项目 | 地下一层 | 车库 | 1 | 4.2 | 框架 | 31540.33m2 |
| 3#、4#楼裙房 | 幼儿园  开敞式办公区 | 3 | 3.6/5.6 | 框架剪力墙 | 12407.49m2 |
| 3#楼塔楼 | 写字间 | 4～19 | 4 | 框架剪力墙 | 99872.54m2 |
| 4#楼塔楼 | 住宅 | 4～22 | 3 | 框架剪力墙 | 80127.46m2 |

表4-2 建筑概况

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 工程建筑概况表 | | |
| 总建筑面积：223947.82m2 | | 地上建筑面积：192407.49m2 |
| 地下建筑面积：31540.33m2 | | 防水等级：一级 |
| 外墙装饰 | | 玻璃幕墙 |
| 墙体 | ±0以上、-1.6米以下 | 煤矸石多孔砖、200厚煤矸石多孔砖 |
| ±0～-1.6米 | 240厚MU15 PK 砼砖 |
| 防水 | 地下车库、主楼基础 | 钢筋砼结构自防水+（1.5+1.5）厚  二道CPS反应粘防水卷材 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 防水 | 地下室外墙、车库顶板 | 钢筋砼结构自防水+（1.5+1.5）厚  二道CPS反应粘防水卷材 |
| 卫生间、厨房、阳台 | 钢筋砼结构自防水+CPS反应粘防水卷材 |
| 屋面 | （1.5+1.5）厚二道CPS反应粘防水卷材防水层 |

表4-3 结构概况

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工程结构概况特征表 | | | |
| 结构安全等级 | 二级 | 结构设计使用年限 | 50年 |
| 地基基础设计等级 | 乙级 | 建筑耐火等级 | 一级 |
| 抗震设防类别 | 丙类 | 结构抗震设防烈度 | 6度 |
| 基础形式 | 桩基 | 标准冻深 | 1.48米 |
| 结构体系 | 基础为筏基，地下部分为钢筋混凝土框架结构 | | |
| 地上部分为钢筋混凝土框架剪力墙 | | |
| 上部结构嵌固部位 | 基础地下室顶板-1.6米 | | |
| 结构材料 | 钢筋混凝土 | | |
| 钢材 | 钢筋等级（HPB300、HRB335、HRB400） | | |
| 混凝土强度等级 | C15～C50 | | |

4.1.2 设计做法

上人屋面：

1）1：1钢筋混凝土屋面板原浆抹至平滑；

1. 坡度不小于2％，坡度采用C15细石混凝土，最薄部分厚20mm；
2. JS聚合物水泥防水涂料1.2mm厚，遇到建筑物墙壁时，沿墙壁上翻250mm
3. 20mm厚1：2.5水泥砂浆保护层；
4. 4mm厚CPS反应粘防水卷材（高度自屋面完成面的最高点算起，泛水处采用砂面），在阴角的拐角处应设置附加防水层，上下水平延伸部分距离阴角不得小于250 mm；
5. 挤塑聚苯板保温层用特殊粘合剂粘贴；
6. 内部安装φ32UPVC排气管，间距不大于6m×6m，管道穿孔。管口通向女儿墙，口离地面大于等于300mm，接成品UPVC排气盒；
7. 40厚C20细石混凝土刚性保护层，内配单层φ6@200双向钢网，围墙根部设伸缩缝，缝宽20mm，密封胶嵌填入缝内，设间距≤4m×4m的分格缝，接缝宽度为10mm，接缝处的钢筋断开，并采用密封胶嵌入；

不上人屋面：

1）1：1钢筋混凝土屋面板原浆抹平

2）找坡采用C15细石混凝土，坡度大于等于2%，最薄部分厚20mm

3）20mm厚1：2.5水泥砂浆保护层

4）4mm厚CPS反应粘防水卷材（高度自屋面完成面的最高点算起，泛水处采用砂面），在阴角的拐角处应设置附加防水层，上下水平延伸部分距离阴角不得小于250 mm；

5）挤塑聚苯板保温层用特殊粘合剂粘贴；

6）内部安装φ32UPVC排气管，间距不大于6m×6m，管道穿孔。管口通向女儿墙，口离地面大于等于300mm，接成品UPVC排气盒；

种植土屋面：

1）钢筋混凝土板；

2）20厚1：2.5水泥砂浆找平；

3）3.0厚CPS反应粘防水卷材防水层；

4）带双向A6@200钢筋的70厚C20细石混凝土保护层；

5）夹层塑料板H10~H25；

6）土工布土壤隔离层；

7）900厚种植土。

厨房、阳台、卫生间防水做法：

1）水泥浆水灰比0.4~0.5结合层一道；

2）找坡层为1：3水泥砂浆，最薄部分20厚，表面光滑平整，周围有小八角形；；

3）CPS反应粘防水卷材沿墙体翻至建筑完工面250mm高；

4）20厚1：2干硬性水泥砂浆粘合层，在撒上1-2mm厚干水泥后，撒上水；

5）10厚防滑地板铺平，水泥绗缝（二次设计）

地下室外墙：

1）300厚钢筋混凝土墙，抗渗等级P6；

2）20厚1：3水泥砂浆找平；

1. 刷基层处理剂一遍；
2. 3厚CPS反应粘防水卷材；
3. 抹面胶浆挂平；
4. 35厚挤塑聚苯板（X500），与粘合剂完全粘合；
5. 黏土分层夯实。

地下车库、主楼基础：

1）100厚C15混凝土垫层，表面抹平；

2）20厚1：3水泥砂浆找平；

3）1.5+1.5厚CPS反应粘防水卷材；

4）40厚C20细石混凝土保护层；

5）钢筋混凝土板（C35P6）。

车库顶板：

1. 钢筋混凝土板；
2. 20厚1：2.5水泥砂浆找平；
3. 3.0厚CPS反应粘防水卷材防水层；
4. 4.0厚SBS改性沥青耐根穿刺防水卷材防水层；
5. 夹层塑料板H10~H25；
6. 土工布土壤隔离层；
7. 带双向A6@200钢筋的70厚C20细石混凝土保护层；
8. 500厚1：6水泥炉渣填实；

4.2自粘防水施工新工艺质量控制要点

4.2.1编制依据

详见表4-4

表4-4 防水工程编制依据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序 号 | 类 别 | 文件名称 | 编 号 |
| 1 | 国家  行业  规范 | 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 | GB50204—2010 |
| 2 | 《屋面工程质量验收规范》 | GB5027—2002 |
| 3 | 《屋面工程技术规范》 | GB5034—2012 |
| 4 | 《平屋面建筑构造》 | 12J201 |
| 5 | 《建筑工程施工现场消防安全技术规范》 | GB50720—2011 |
| 6 | 《TPZ红芯分子粘CPS卷材防水建筑构造》 | J2014—290 |
| 7 | 《地下室防水工程施工质量验收规范》 | GB5028—2011 |
| 8 | 《地下工程防水规范》 | GB5018—2001 |
| 9 | 《混凝土结耐久性设计规范》 | GB50476 |
| 10 | 合同 | 总承包施工合同 |  |
| 11 | 图纸 | 某火车站片区城市棚户区改造项目施工图 |  |
| 12 | 其它文件 | 施工总组织设计 |  |

4.2.2工作流程

具体工作流程见图4-1

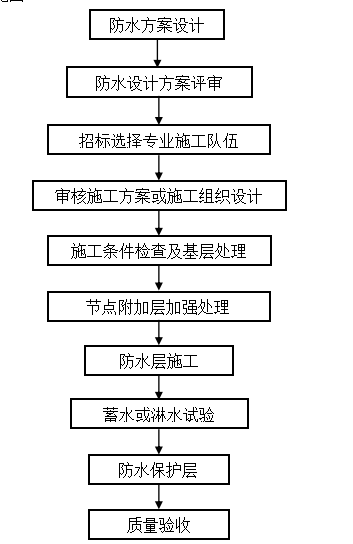


图4-1 防水施工新工艺工作流程

4.2.3管理过程

1、事前控制

1）组织有关单位和部门审查地下室，房屋和详细结构的自粘防水设计和施工图

纸。

2）专项自粘防水设计的设计和审查。根据项目需要和实际工程需求，邀请设计单位，防水设计单位，施工总承包商和监理单位共同审查自粘防水卷材施工设计方案。评审主要包括：自粘防水卷材结构设计是否符合现行国家标准，相关行业规定要求；卷材结构设计是否符合项目实际施工条件的要求，如：冬季和雨季时是否有施工空间，是否能达到质量要求，是否能满足工程的进度要求等问题；合理的材料选择和接头的详细设计，如变形接头和后浇带，以及防水结构设计；工程造价是否经济、合理[56-58]。

3）图纸会审和技术交底。自粘防水卷材施工设计完成并且专业施工单位确定后，应当对防水施工组织的设计，施工，监理等进行审查和技术交底。注重从施工准备阶段到施工完成整个过程的标准规范流程，并注意每个施工过程的关键施工节点，施工过程质量管理控制方法[59-60]。

4）在施工单位进入现场之后，应当首先核查施工单位是否具有自粘防水卷材专业施工资质，项目管理组和现场操作人员是否符合招标文件，是否按要求持有相关操作证书，是否具有指定单位颁发的施工人员资格证书。

5）施工前，施工单位应为地下室、屋面和细部构造设计自粘防水卷材专项施工方案，亦或是施工组织设计，可以在向总承包商，监督单位批准报告之后进行施工。根据自粘防水卷材施工方案，检查现场操作人员的安全教育和技术措施，严格遵守施工期间的安全规章制度。

6）检查监督实施规则是否有针对性和可操作性。

7）检查施工单位是否建立了“三检”系统，对每个过程进行自检，移交检查和专职人员检查，是否建立了完善的施工检查记录系统。严格禁止在未确认先前的过程检查的情况下进入下一过程的构造。

8）检查自粘防水材料是否符合要求，自粘防水材料必须是甲方确认的品牌，必须有工厂证书，批料进入现场后，监督施工单位将见证抽样，三方将派出检验机构进行检验。复核应按现行国家标准进行，复验结果必须符合国家和行业产品标准规定和设计要求[61]。

9）检查施工单位的入口人员，机械设备等是否符合合同和防水施工组织的设计要求，避免出现人员不足或过剩的情况。防水工人必须经过资格证书审查认证，以确保工人的质量。

人员计划安排如表4-5：（针对一栋楼配置人员）

表4-5 人员计划安排

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工种 | 按工程施工阶段投入劳动力情况（单位：人） | | | | |
| 施工准备 | 进厂施工 | 清理基层 | 防水层施工 | 组织验收 |
| 项目经理 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 技术负责人 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 施工工长 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 质检人员 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 表4-5（续） | | | | | |
| 工种 | 按工程施工阶段投入劳动力情况（单位：人） | | | | |
| 施工准备 | 进厂施工 | 清理基层 | 防水层施工 | 组织验收 |
| 质量员 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 安全人员 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 资料预算员 | 1 | 1 | 1 | / | / |
| 施工人员 | 5 | 25 | 10 | 25 | 5 |
| 辅助人员 | 2 | 2 | 2 | 2 | / |

1. 检查施工单位是否了解项目的具体情况。如：施工环境、土建施工顺序、施工进度、地下水位等。
2. 检查施工单位的防水材料堆放和操作条件是否到位，以及是否准备好了应急措施。
3. 现场施工条件的检查：检查安装工程和土建工程是否完工，是否达到防水施工条件，检查基层是否干燥，是否有明显积水；检查防水部位基层是否符合自粘防水卷材的施工要求，如果不符合要求，应进行修整至满足要求；对于不可能的要求，应部分调整防水方案；检查施工机械、电力、水、照明、安全设施等是否到位；当气候条件对施工质量产生较大影响时，检查施工单位采取的技术措施是否恰当合理。

2、事中控制

1）检查进入现场的自粘防水卷材施工材料是否按要求进行标记、分类、堆放和覆盖，入门材料是否齐全、完整。

2）复核自粘式防水卷材弹性线放样定位是否准确，搭接接头尺寸是否符合规格要求。

可根据表4-6组织和实施施工过程的质量控制。

表4-6 施工质量控制

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 工程  项目 | 质量控制要求 | 控制手段 |
| 自粘卷材防水层 | . 自粘卷材及主要配套材料  . 防水层及其转角处、变形缝、穿墙管等细部做法  . 防水层基层处理、阴阳角处理  . 防水层的搭接缝处理  . 侧墙卷材防水层的保护层  . 卷材搭接宽度及搭接密封性  . 卷材收头密封处理 | . 检查出厂合格证、质量检验报告、现场抽样试验报告  . 观察检查、检查隐蔽工程验收记录  . 观察检查、检查隐蔽工程验收记录  . 观察检查  . 观察检查  . 观察和尺量检查  . 观察检查 |
| 涂料防  水层 | . 涂料材料及配合比  . 防水层及其转角处、变形缝、穿墙管等细部做法  . 防水层基层处理、阴阳角处理  . 涂料防水层与基层粘结、表面施工情况  . 涂料防水层厚度  . 侧墙涂料防水层的保护层 | . 检查出厂合格证、质量检验报告、计量措施、现场抽样试验报告  . 观察检查、检查隐蔽工程验收记录  . 观察检查、检查隐蔽工程验收记录  . 观察检查  . 针测法或割取20\*20mm实样用卡尺测量。  . 观察检查 |
| 细部  构造 | . 止水带、止水条、密封材料  . 变形缝、施工缝、后浇带、穿墙管  . 止水带位置、固定情况  . 穿墙管止水环与套管  . 接缝处砼表面及密封材料 | . 检查出厂合格证、质量检验报告、现场抽样试验报告  . 观察检查、检查隐蔽工程验收记录  . 观察检查、检查隐蔽工程验收记录  . 观察检查、检查隐蔽工程验收记录  . 观察检查 |

表4-6（续）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 工程  项目 | 质量控制要求 | 控制手段 |
| 刚  性  防  水 | . 防水砼原材料、配合比及塌落度  . 防水砼抗压强度、抗渗压力  . 防水砼的变形缝、施工缝、后浇带、穿墙管、埋设件等构造  . 防水砼结构表面处理、埋设件位置  . 防水砼结构表面裂缝宽度  . 防水砼结构厚度、迎水面钢筋保护层厚度  .水泥砂浆防水层原材料及配合比  .水泥砂浆防水层各层结合情况  .水泥砂浆防水层表面处理及阴  阳角情况  .水泥砂浆防水层施工缝留槎位置及接槎情况  .水泥砂浆防水层的平均厚度 | . 检查出厂合格证、质量检验报告、计量措施和现场抽样试验报告  . 检查混凝土抗压、抗渗试验报告  . 观察检查、检查隐蔽工程验收记录  . 观察和尺量检查  . 刻度放大镜检查  . 尺量检查和检查隐蔽工程验收记录  . 检查出厂合格证、质量检验报告、计量措施和现场抽样试验报告  . 观察和用小锤轻击检查  . 观察检查  . 观察检查、检查隐蔽工程验收记录  . 观察和尺量检查 |

主要原材料检验与测试项目见表4-7。

表4-7 原材料检验与测试

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 试验名称 | 检查与试验内容 | 备注 |
| 1 | 自粘防水卷材 | 出厂检验报告单、质量合格证书、规格、外观、物理性能测定、胶结材料 | 进场复试 |
| 2 | 防水涂料 | 规格、品种、物理性能 | 进场复试 |
| 3 | 改性沥青自粘密封材料 | 物理性能 | 进场复试 |
| 表4-7（续） | | | |
| 序号 | 试验名称 | 检查与试验内容 | 备注 |
| 4 | 合成高分子自粘密封材料 | 物理性能 | 进场复试 |
| 5 | 进口密封材料 | 出口国国家标准、出厂标准、技术指标、产品说明书、进口复检报告 | 进场复试 |
| 6 | 胎体增强材料 | 外观、物理性能 | 进场复试 |
| 7 | 高分子自粘防水材料止水带 | 尺寸、物理性能 | 进场复试 |
| 8 | 高分子自粘防水材料遇水膨胀橡胶 | 物理性能 | 进场复试 |

防水层厚度（mm）选择是否满足规范要求见表4-8。

表4-8 防水层厚度要求

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 防水  等级 | 设防  道数 | CPS反应粘卷材 | 高聚物改性沥青自粘防水卷材 | 有机涂料（mm） | | | 无机涂料（mm） | |
| 反应型 | 水乳型 | 聚合物  水泥 | 水泥基 | 水泥基渗透结晶型 |
| 1级 | 三道或三道以上设防 | 单层  ≥1.5mm；  双层：每层≥1.2mm | 单层≥于4mm；双层：每层≥3mm | 1.2～2.0 | 1.2～1.5 | 1.5～2.0 | 1.5～2.0 | ≥0.8 |
| 2级 | 二道设防 | 1.2～2.0 | 1.2～1.5 | 1.5～2.0 | 1.5～2.0 | ≥0.8 |
| 3级 | 一道设防 | ≥1.5mm | ≥4mm | \_ | \_ | ≥2.0 | ≥2.0 | \_ |
| 复合设防 | ≥1.2mm | ≥3mm | \_ | \_ | ≥1.5 | ≥1.5 | \_ |

注： 刚性薄层防水（防水宝、水不漏、防水干粉砂浆等）：0.3～0.8cm；聚合物乳液砂浆：1.5cm以上

铺贴自粘防水卷材的搭接宽度（mm）是否满足表4-9要求。

表4-9 自粘防水卷材的搭接宽度要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 铺贴方法  卷材类别 | | 长边、短边搭接宽度（mm） | |
| 满贴法 | 空铺、点粘法 |
| 弹性体自粘沥青防水卷材 | | 100 | 100 |
| 自粘类改性沥青防水卷材 | | 80 | — |
| 合成高分子  类自粘防水卷材 | 胶粘剂 | 100 | 100 |
| 胶粘带 | 60 | 80 |
| 粘结料 | 100 | — |
| 单焊缝 | 60，焊缝有效焊接宽度不小于30 | |
| 双焊缝 | 80，焊缝有效焊接宽度10\*2 | |

检查施工单位在施工期间是否按相关规范要求做好地下室降水、排水措施。

3、事后控制

1）每个分项工程结束后，应督促专业监理工程师及时对水泥砂浆防水层、卷材防水层、防水混凝土、涂料防水层、细节结构等地下防水子分部工程进行分项工程检查验收。

2）地下室自粘防水工程施工工程结束后，组织分部工程验收和分部工程质量评定。

3）检查混凝土结构是否有裂缝或漏水情况，若出现上述现象应按相关程序整改、返修或加固。

4）自粘防水材料材质证明及重新测试符合设计及规范要求。

5）检查自粘防水层的厚度，以满足设计要求，施工方法和节点处理符合设计和规范要求。

6）检查自粘防水层表面平整与否，防水层不得渗漏。

7）施工过程应进行中间检查，并应有自检记录。

8）整理自粘防水施工方案、施工日记、隐蔽工程验收表、自检记录、技术交底等信息档案。

9）定期质量回访。在使用自粘防水工程期间，通过客户服务部门的了解，以及对业主的回访，及时了解防水施工的质量，特别是在防水工程规定的耐久期内，每当雨雪季来临时，应当了解地下防水工程以及屋面防水工程是否漏水。

4.3防水工程量分析

4.3.1基本问题

以3#楼某一裙房上人屋面为例计算工程量。

1、清单分项

《清单规范》将屋面及防水工程划分为瓦、型材屋面，屋面防水，墙、地面防水、防潮等项目。

2、定额分项

《基础定额》将屋面及防水工程按工程部位划分为屋面工程，防水工程，变形缝。

3、适用范围

屋面工程主要包括瓦屋面，型材屋面，铁皮屋顶，屋顶排水等。防水工程适用于地板，墙壁，游泳池，水塔，室内卫生间和浴室。

4、屋面坡度（即屋面的倾斜程度）

有三种表示方法，如图4-1所示。

图4-1 屋面坡度的表示方法

（1）用屋顶的高度与屋顶的跨度之比（简称高跨比）表示：即*H*∕*L*。

（2）用屋顶的高度与屋顶的半跨之比（简称坡度）表示：即*i* ＝*H*∕(*L*∕2)。

（3）用屋面的斜面与水平面的夹角（*θ*）表示。

5、屋面坡度系数

由于屋面具有一定的坡度，因此屋面的实际面积与其水平投影面积不相等，为了便于计算，我们引进屋面坡度系数。

（1）屋面坡度系数表，详见图4-2。



图4-2 屋面坡度系数表

（2）利用屋面坡度系数计算工程量，计算公式：

屋面实际面积＝屋面水平投影面积×C，一个斜脊长度＝*A*×*D*，式中，*C*——屋面坡度延尺系数；*D*——屋面坡度偶延尺系数。

在计算屋面实际面积时，不论单坡、双坡、三坡、四坡或多坡屋面，均可利用公式计算。图4-2，列出了常用的屋面坡度延尺系数（*C*）及偶延尺系数（*D*），可直接查表应用。

当各坡的坡度不同或当设计坡度表中查不到时，应利用以下公式计算相应的*C*、*D*值：

 （4-1）

 （4-2）

6、清单规则

（1）瓦、型材屋面根据设计图的尺寸以斜面积来计算，并且不扣除屋顶烟囱，屋顶小窗口坡口，引擎盖底座和风道等小孔所占的面积。沿着小气窗的区域不会增加面积。

（2）膜结构屋面根据覆盖面积的水平投影面积计算。

（3）屋面卷材防水、屋面涂膜防水按设计图示尺寸以水平面积（或斜面积）计算，并且不扣除屋顶烟囱，屋顶小窗口坡口，引擎盖底座和风道等小孔所占的面积。屋面的伸缩缝、女儿墙和天窗的弯起部分，算入屋面工程量内。

（4）屋面刚性防水根据设计图的尺寸面积计算，不扣除屋顶烟囱，屋顶小窗坡坡，引擎盖底座和风道等小孔所占的面积。

（5）屋面排水管根据设计图示尺寸以长度计算。

（6）屋面排水沟和沿沟渠根据设计图示尺寸以面积计算。

7、定额规则

（1）瓦屋面、金属压型板均按图示尺寸的水平投影面积乘以屋面坡度系数，以平方米计算。烟囱，引擎盖底座，风道和屋顶的小百叶窗所占的面积不会被扣除，沿小百叶窗的区域不会增加面积

（2）屋面卷材防水、按设计图示尺寸的水平投影面积乘以屋面坡度系数，以平方米计算。然而，烟囱，发动机罩底座，风道，屋顶的小百叶窗，女儿墙壁的弯曲部分，屋顶的伸缩缝和天窗所占的面积不会被扣除，如图纸无规定，伸缩缝、女儿墙弯起部分可按250mm、天窗弯起部分可按500mm计算。

（3）涂膜防水屋面同卷材屋面。

（4）屋面排水工程量按以下规定计算：

屋面天沟、沿沟按设计图示尺寸以面积计算。铁皮和卷材天沟按展开面积计算，屋面排水管按设计图示尺寸以长度计算。

4.3.2四种常见防水措施工程量分析



图4-3 3#楼某一裙房屋顶平面图

3#楼某一裙房屋顶如图4-3所示，

CPS反应粘防水新工艺施工工程量计算如下：

（a）1：1钢筋混凝土屋面板原浆抹平：S1=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（b）找坡采用C15细石混凝土，坡度不小于2%，最薄处20mm厚：

S2=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（c）1.2mm厚，JS聚合物水泥防水涂料，遇建筑物处沿墙上翻250mm：

S3=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)+0.25×（44.4-0.24+17.7-0.24）×2=801.84m2

（d）20mm厚1：2.5水泥砂浆保护层：S4=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

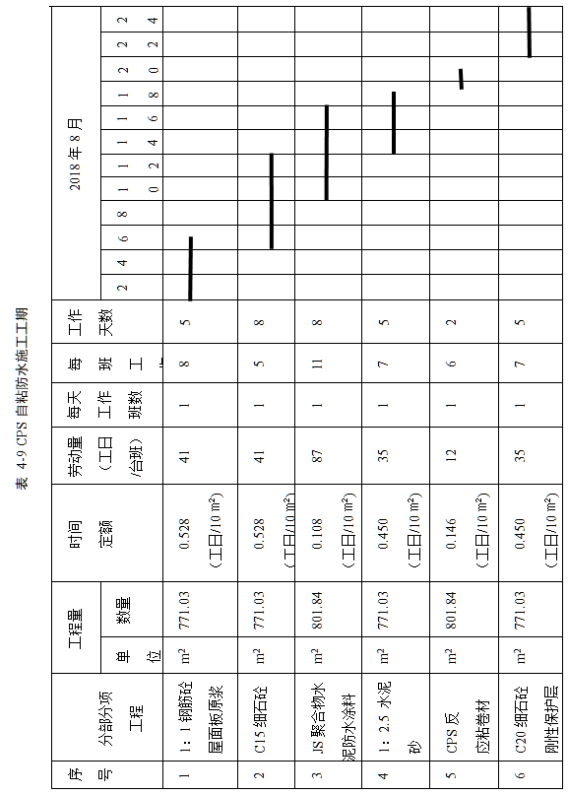
（e）4mm厚CPS反应粘防水卷材：

S5=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)+0.25×（44.4-0.24+17.7-0.24）×2=801.84m2

（f）40厚C20细石混凝土刚性保护层：

S6=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

CPS反应粘防水新工艺施工工期安排如表4-9：



SBS改性沥青防水卷材施工工程量计算如下：

（a）20厚1：3水泥砂浆找平：

S1=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（b）刷底胶剂一道：

S2=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（c）20厚1：3水泥砂浆找平：

S3=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（d）3厚SBS反应粘防水卷材：

S4=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)+0.25×（44.4-0.24+17.7-0.24）×2=801.84m2

（e）20厚1：3水泥砂浆：

S5=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（f）1.2厚高分子卷材：

S6=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（g）20厚1：2.5水泥砂浆保护层：

S7=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

SBS改性沥青防水卷材施工工期安排如表4-10：

传统自粘式防水卷材施工工程量计算如下：

（a）20厚1：3水泥砂浆找平：

S1=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（b）水泥砂浆粘结层：

S2=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（c）3厚传统自粘式防水防水卷材：

S3=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)+0.25×（44.4-0.24+17.7-0.24）×2=801.84m2

（d）20厚1：3水泥砂浆：

S4=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

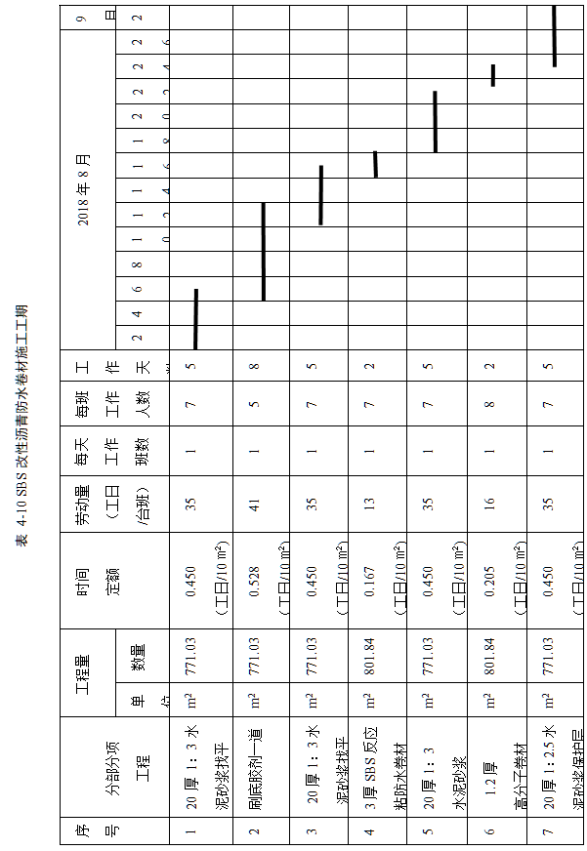
（e）1.2厚高分子卷材：

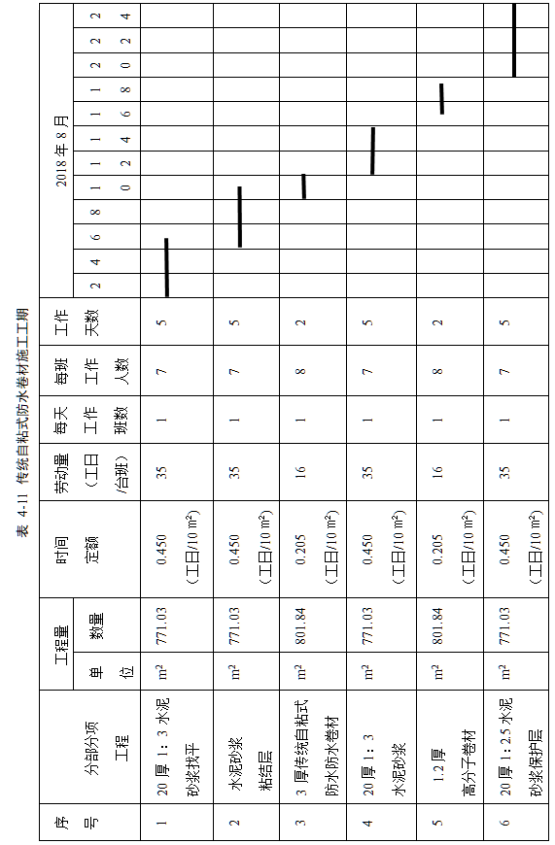
S5=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（f）20厚1：2.5水泥砂浆保护层：

S6=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

传统自粘式防水卷材施工工期安排如表4-11：





EPMD防水卷材施工工程量计算如下：

（a）20厚1：3水泥砂浆找平：

S1=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（b）水泥砂浆粘结层：

S2=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（c）EPMD防水防水卷材：

S3=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)+0.25×（44.4-0.24+17.7-0.24）×2=801.84m2

（d）20厚1：3水泥砂浆：

S4=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（e）1.2厚高分子卷材：

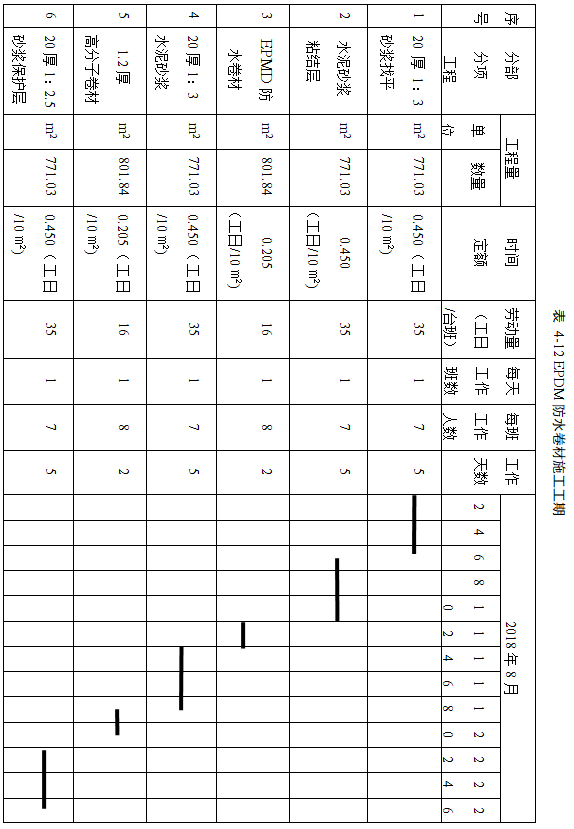
S5=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

（f）20厚1：2.5水泥砂浆保护层：

S6=（44.4-0.24）×（17.7-0.24)=771.03m2

三元乙丙（EPDM）防水卷材施工工期安排如表4-12

由上面的工程量计算以及施工工期安排分析对比可知，防水工程采用SBS改性沥青防水卷材，EPDM防水卷材，传统自粘防水卷材或CPS反应粘防水卷材，CPS反应粘防水卷材具有最短的施工周期。工序简单，各种卷材工程量相差不大，CPS反应粘防水卷材的施工方法与其他防水卷材相似。施工过程成熟完整，施工人员可以轻松掌握施工技术，施工质量易于保证。



4.4工程造价分析

根据3#楼某一裙房上人屋面工程量进行工程造价分析，具体见表4-13。

表 4-13 工程造价分析

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 项目 | 单价 | 用量 | 金额/(元/m2) | 合计  (元/m2) |
| SBS改性沥青防水卷材 | 2mmSBS改性沥青  防水卷材 | 20元/m2 | 1.1m2/m2 | 22 | 28.5元/m2 |
| 基层处理剂 | 10元/kg | 0.25kg/m2 | 2.5 |
| 人工费 |  |  | 3.5 |
| 短途运输费 |  |  | 0.5 |
| 三元乙丙（EPMD）防水卷材 | 2mmEPMD防水卷材 | 30元/m2 | 1.1m2/m2 | 33 | 40.25元/m2 |
| 基层处理剂 | 13元/kg | 0.25kg/m2 | 3.25 |
| 人工费 |  |  | 3.5 |
| 短途运输费 |  |  | 0.5 |
| 传统自粘式防水卷材 | 2mm自粘式防水卷材 | 25元/m2 | 1.1m2/m2 | 27.5 | 33元/m2 |
| 基层处理剂 | 6元/kg | 0.25kg/m2 | 1.5 |
| 人工费 |  |  | 3.5 |
| 短途运输费 |  |  | 0.5 |
| CPS反应粘防水卷材 | 2mmCPS反应粘防水卷材 | 22元/m2 | 1.1元m2/m2 | 24.2 | 28.45元/m2 |
| 基层处理剂 | 1元/kg | 0.25kg/m2 | 0.25 |
| 人工费 |  |  | 3.5 |
| 短途运输费 |  |  | 0.5 |

4.5 卷材物理力学性能及防水效果对比分析

四种防水工程中常用防水卷材的物理力学性能及防水性能存在一定差异，由于EPMD防水卷材未能买到，因此，选取了市面上常见的改性沥青防水卷材和高分子自粘湿铺预铺防水卷材，用于与CPS反应粘防水卷材进行物理力学性能的对比。主要对这三种防水卷材进行了拉伸性能、耐热性、低温柔性、剥离强度以及不透水性的试验。同时，为了对比卷材的防水效果，对高分子自粘湿铺预铺防水卷材和CPS反应粘防水卷材两种防水卷材进行了防水效果对比的试验。三种卷材均从市面上采集，来自不同厂家。

其中，改性沥青防水卷材主要参照GB 18242-2008《弹性体改性沥青防水卷材》试验方法要求进行试件处理及试验；高分子自粘湿铺预铺防水卷材主要参照GB/T 23457-2017《预铺防水卷材》试验方法要求进行试件处理及试验；CPS反应粘防水卷材主要参照GB 23441-2009《自粘聚合物改性沥青防水卷材》试验方法要求进行试件处理及试验。

4.5.1 拉伸性能的对比

对三种防水卷材进行了拉伸试验试件的制备，制备参数如表4-14所示。将制备好的试件紧紧地夹在拉伸试验机的夹具中，试件长度方向的中线与试验机夹具中心保持在一条线上，以100 mm/min的拉伸速度进行拉伸试验，得到了卷材的最大拉力及延伸率，如表4-15、4-16所示。

表4-14 拉伸试验卷材试件尺寸与数量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 卷材类别 | 尺寸（纵向×横向）/mm | 数量/个 |
| 改性沥青防水卷材 | 300×50 | 纵横向各5 |
| 高分子自粘湿铺预铺防水卷材 | 200×50 | 纵横向各5 |
| CPS反应粘防水卷材 | 150×25 | 纵横向各5 |

表4-15 三种卷材的最大拉力

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 卷材类别 | | 最大拉力（N/50mm） | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 改性沥青防水  卷材 | 纵向 | 220 | 160 | 230 | 165 | 200 | 195 |
| 横向 | 555 | 500 | 510 | 525 | 505 | 519 |
| 高分子自粘湿铺预铺防水卷材 | 纵向 | 708 | 692 | 686 | 696 | 662 | 688.8 |
| 横向 | 738 | 758 | 750 | 716 | 730 | 738.4 |
| CPS反应粘防水卷材 | 纵向 | 316 | 380 | 348 | 288 | 288 | 324 |
| 横向 | 360 | 376 | 396 | 396 | 348 | 375.2 |

表4-16 三种卷材最大拉力时的延伸率

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 卷材类别 | | 最大拉力时的延伸率/% | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 改性沥青防水  卷材 | 纵向 | 45 | 45 | 45 | 44 | 45 | 44.8 |
| 横向 | 46 | 43 | 46 | 46 | 46 | 45.4 |
| 高分子自粘湿铺预铺防水卷材 | 纵向 | 62 | 75 | 68 | 66 | 60 | 66.2 |
| 横向 | 67 | 67 | 55 | 58 | 62 | 61.8 |
| CPS反应粘防水卷材 | 纵向 | 430 | 450 | 470 | 380 | 390 | 424 |
| 横向 | 580 | 500 | 600 | 540 | 510 | 546 |

从表4-15中可以看出，改性沥青防水卷材横向拉伸时的最大拉力远远高于纵向的最大拉力，前者是后者的2.7倍左右，而高分子自粘湿铺预铺防水卷材和CPS反应粘防水卷材，横向和纵向拉伸时的最大拉力差距不大，横向略高于纵向，且高分子自粘湿铺预铺防水卷材的最大拉力为CPS反应粘防水卷材的两倍。

从表4-16中可以看出，改性沥青防水卷材和高分子自粘湿铺预铺防水卷材最大拉力时的延伸率，其纵向和横向的数值相差不大，均在7%以内，而CPS反应粘防水卷材最大拉力时的延伸率，其纵向和横向的数值相差相对较大，达到22%。三种防水卷材最大拉力时的延伸率大小为：CPS反应粘防水卷材>高分子自粘湿铺预铺防水卷材>改性沥青防水卷材，且CPS反应粘防水卷材的延伸率约为高分子自粘湿铺预铺防水卷材和改性沥青防水卷材的10倍。

|  |  |
| --- | --- |
| IMG_20200528_101948 | IMG_20200528_110107 |
| (a)改性沥青防水卷材 | (b)高分子自粘湿铺预铺防水卷材 |
| IMG_20200528_174248 | |
| (c)CPS反应粘防水卷材 | |
| 图4-4 三种防水卷材拉伸试验 | |

4.5.2 卷材与卷材剥离强度的对比

对三种防水卷材进行了剥离强度试验试件的制备，制备情况如表4-17所示。将制备好的试件稳固地放入拉伸试验机夹具中，试件的纵向轴线与试验机及夹具的轴线在一条线上，以100 mm/min的拉伸速度进行拉伸试验，得到了三种卷材的卷材与卷材的最大剥离强度，如表4-18所示。

表4-17 剥离强度试验卷材试件尺寸与数量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 卷材类别 | 尺寸（纵向×横向）/mm | 数量/个 |
| 改性沥青防水卷材 | 50×150 | 10(5个试件) |
| 高分子自粘湿铺预铺防水卷材 | 50×150 | 10(5个试件) |
| CPS反应粘防水卷材 | 50×150 | 10(5个试件) |

表4-18 三种卷材的卷材与卷材剥离强度

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 卷材类别 | 卷材与卷材的最大剥离强度（N/50mm） | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 改性沥青防水  卷材 | 36 | 38 | 32 | 36 | 42 | 36.8 |
| 高分子自粘湿铺预铺防水卷材 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14.0 |
| CPS反应粘防水卷材 | 26 | 28 | 30 | 28 | 28 | 28.0 |

对比卷材与卷材最大剥离强度的平均值可以看出，改性沥青防水卷材的卷材与卷材最大剥离强度最大，其次是CPS反应粘防水卷材，最小的是高分子自粘湿铺预铺防水卷材。

|  |  |
| --- | --- |
| E:\研究生\老师任务\防水卷材\CPS\试验\IMG_20200602_121013.jpgIMG_20200602_121013 | E:\研究生\老师任务\防水卷材\CPS\试验\IMG_20200602_121112.jpgIMG_20200602_121112 |
| (a)试件放入夹具 | (b)试件剥离过程 |

|  |  |
| --- | --- |
| E:\研究生\老师任务\防水卷材\CPS\试验\IMG_20200602_121144.jpgIMG_20200602_121144 | IMG_20200602_123709 |
| (c)试件剥离结束 | (d)剥离后的试件 |
| 图4-5 卷材与卷材剥离试验 | |

4.5.3 耐热性的对比

对三种防水卷材进行了耐热性试验试件的制备，制备情况如表4-19所示。将制备好的试件垂直悬挂入烘箱加热2h，烘箱温度保持为70℃，加热结束后，将试件从烘箱取出并自由悬挂冷却至少2h，然后测量得到三种卷材的卷材表面滑动值，如表4-20所示。

表4-19 耐热性试验卷材试件尺寸与数量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 卷材类别 | 尺寸（纵向×横向）/mm | 数量/个 |
| 改性沥青防水卷材 | 125×100 | 3 |
| 高分子自粘湿铺预铺防水卷材 | 100×50 | 3 |
| CPS反应粘防水卷材 | 100×50 | 3 |

表4-20 三种卷材的耐热性

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 卷材类别 | | 卷材表面滑动值/mm | | | | |
| 1 | 2 | | 3 | 平均值 |
| 改性沥青防水卷材 | 上表面 | 1.0 | 0.7 | | 0.8 | 0.83 |
| 下表面 | 0.9 | 0.7 | | 0.9 | 0.83 |
| 高分子自粘湿铺预铺防水卷材 | | 1.2 | 1.3 | | 1.1 | 1.20 |
| CPS反应粘防水卷材 | | 无位移、流淌、滴落 | | | | |
| E:\研究生\老师任务\防水卷材\CPS\试验\IMG_20200602_101439.jpgIMG_20200602_101439 | | | | IMG_20200601_163903 | | | |
| (a)改性沥青防水卷材 | | | | (b)高分子自粘湿铺预铺防水卷材 | | | |
| IMG_20200601_163827 | | | | | | | |
| (c)CPS反应粘防水卷材 | | | | | | | |
| 图4-6 耐热性试验卷材试件制备 | | | | | | | |

从表4-20中可以看出，改性沥青防水卷材上、下表面的滑动值相差不大，且其卷材表面滑动值的平均值小于高分子自粘湿铺预铺防水卷材，这说明改性沥青防水卷材的耐热性优于高分子自粘湿铺预铺防水卷材。而CPS反应粘防水卷材表面无位移、流淌、滴落，也满足耐热性要求。

4.5.4 低温柔性的对比

对三种防水卷材进行了低温柔性试验试件的制备，制备情况如表4-21所示。将制备好的试件放入低于-20℃的乙醇/水混合物（体积比2:1）中1h，然后分上、下表面两组进行试验。将试件放置在圆筒和弯曲轴之间，试验面朝上，然后让弯曲轴顶着试件向上移动，同时试件绕轴弯曲。

肉眼观察试件弯曲过程发现，三种卷材的上、下表面试件均未出现裂缝，利用光学装置观察也未发现裂缝，因此，三种防水卷材均符合低温柔性要求。

表4-21 低温柔性试验卷材试件尺寸与数量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 卷材类别 | 尺寸（纵向×横向）/mm | 数量/个 |
| 改性沥青防水卷材 | 150×25 | 10 |
| 高分子自粘湿铺预铺防水卷材 | 150×25 | 10 |
| CPS反应粘防水卷材 | 150×25 | 10 |

|  |  |
| --- | --- |
| IMG_20200602_152900 | IMG_20200602_152848 |
| (a)乙醇溶液（2:1） | (b)-20℃的乙醇溶液（2:1） |
| IMG_20200602_143258 | E:\研究生\老师任务\防水卷材\CPS\试验\IMG_20200602_152306.jpgIMG_20200602_152306 |
| (c)在乙醇溶液中放置1h的试件 | (d)弯曲中的试件 |
| 图4-7 低温柔性试验 | |

4.5.5 不透水性的对比

对三种防水卷材进行了不透水性试验试件的制备，制备情况如表4-22所示。制备好试件后对不透水仪充水直到满出，然后将制备好的试件其上表面朝下放置在透水盘上，盖上七孔圆盘后，放上封盖，慢慢夹紧，并对试件加压至0.3MPa，达到压力后保持压力120min。

观察试件试验过程发现，试验过程中未出现水压突然下降的现象，且三种卷材的非迎水面也没有水。因此，三种防水卷材均符合不透水性要求。

表4-22 不透水性试验卷材试件尺寸与数量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 卷材类别 | 尺寸（圆形试件直径）/mm | 数量/个 |
| 改性沥青防水卷材 | 150 | 3 |
| 高分子自粘湿铺预铺防水卷材 | 150 | 3 |
| CPS反应粘防水卷材 | 150 | 3 |

|  |  |
| --- | --- |
| IMG_20200528_181347 | IMG_20200528_181351 |
| (a)改性沥青防水卷材 | (b)高分子自粘湿铺预铺防水卷材 |
| IMG_20200528_181343 | |
| (c)CPS反应粘防水卷材 | |
| 图4-8 不透水性试验 | |

4.5.6 防水效果的对比

不同类型的卷材，其防水效果也会有所差异。因此，选择了高分子自粘湿铺预铺防水卷材和CPS反应粘防水卷材进行防水效果对比的试验。

防水效果对比试验分别在两个尺寸为850mm×740mm×370mm的水池中用湿铺法满铺高分子自粘湿铺预铺防水卷材和CPS反应粘防水卷材，水池铺贴是由两块卷材搭接在一起的，搭接长度100mm。其中，在铺贴卷材前配置了水泥:水=2:1（重量比）的水泥素浆，并把水泥浆刮涂在了卷材的粘合表面。铺设卷材后，将其放置一天，然后分别向两个铺设卷材后的水池中倒入水位为850mm×740mm×300mm的水，放置28天，观察两个水池的漏水情况，每7天记录一次水池的水位，水池的原始水位为300mm。采集水池水位的方法为，将干燥的木条竖直放入水池中，然后拿出木条将浸湿部分的最高处标记出来，测量浸湿部分的长度即为水池水位。两个水池的漏水情况如表4-23所示。

表4-23 防水效果对比试验结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 天数 | 水池水位/mm | |
| 高分子自粘湿铺预铺防水卷材 | CPS反应粘防水卷材 |
| 7天 | 299 | 300 |
| 14天 | 297 | 299 |
| 21天 | 294 | 297 |
| 28天 | 289 | 293 |

由表4-23可以看出，CPS反应粘防水卷材28天的总漏水量小于高分子自粘湿铺预铺防水卷材，且CPS反应粘防水卷材的漏水速度在28天里总是小于高分子自粘湿铺预铺防水卷材，这表明CPS反应粘防水卷材的防水效果优于高分子自粘湿铺预铺防水卷材，这是由于CPS反应粘防水卷材在化学交联和与物理卯榫粘结的协同效应下，搭接接缝处的粘结力受浸水和时间的影响较小，而高分子自粘湿铺预铺防水卷材只有普通物理性粘结，搭接接缝处的粘结力受浸水和时间的影响较大。

|  |  |
| --- | --- |
| IMG_20200707_155559 | IMG_20200707_170127 |
| (a)铺贴卷材前的水池 | (b)铺贴部分卷材 |
| IMG_20200708_083912 | E:\研究生\老师任务\防水卷材\CPS\试验\新建文件夹\IMG_20200707_170134.jpgIMG_20200707_170134 |
| (c)水池满铺CPS反应粘防水卷材 | (d)水池满铺高分子自粘湿铺预铺防水卷材 |
| IMG_20200708_090152 | IMG_20200708_090230 |
| (e)给水池灌水 | (f)测量水池的水位 |
| 图4-9 防水效果对比试验 | |

四种防水工程中常用的防水卷材防水性能会有一定差异，下面将通过表格来详细对比阐述，具体见表4-24。

表4-24 CPS反应自粘防水卷材与市面常见防水卷材性能对比

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称 | SBS改性沥青  防水卷材 | EPMD防水卷材 | 传统自粘式防水卷材 | CPS反应粘防水卷材 |
| 材料构成 | 橡胶改性沥青+聚酯胎 | EPMD橡胶+化学助剂+填充材料 | 橡胶改性沥青+助剂 | CPS反应粘结型橡胶改性沥青胶+交差强力膜 |
| 材料性能 | 耐高温、抗低温、强度高、拉伸性好 | 抗老化、抗腐蚀、拉伸性好 | 施工快、拉伸性好、  施工安全 | 弹性好、抗开裂、自愈合、抗老化、耐腐蚀、抗撕裂、抗刺破、抗老化 |
| 材料防水特性（优劣） | ①卷材表面采用热熔法产生粘结，卷材与基面会产生剥离；②在水泡、基层运动、温差变化时粘结力下降，并且时间越长越恶劣 | ①基面潮湿时不能铺设卷材；②冷施工，操作方便简单；③不能与基面产生化学反应，只有普通物理性粘结 | ①温度比较低时，蠕变能力差，密封防水效果差；②粘接强度较低、无连续的致密反应层，有脱层空鼓；③只有普通物理性粘结 | ①在化学交联和与物理卯榫粘结的协同效应下，无窜水隐患；②CPS反应粘防水卷材与基层的粘结同步于基层，无空鼓；③粘结力不受浸水、温度、基层受力作用和时间等影响；④橡胶增塑，具有永久蠕变自愈自合功能 |
| 施工方法 | 液化气火焰将卷材熔融，粘贴到基面，施工现场动火 | 在粘接部位均匀涂刷粘接剂 | 采用滚铺法或抬铺法将材料粘贴在基层上 | 防水层与基层密封满粘，施工不受基面干湿影响，施工效率高 |
| 施工基面要求 | 平整、充分干燥、干净，并刷基层处理剂 | 平整、坚固、干净，阴阳角处应预处理 | 平整、坚固、干净、充分干燥 | 对基面无干湿程度要求、基面可以不找平、基层粉尘不会影响施工 |
| 粘接原理 | 热熔胶粘结原理 | 物理性胶粘结原理 | 物理性胶粘结原理 | 物理卯榫粘结+化学反应粘结 |
| 粘接效果 | 局部粘结状态，相粘结部位受到力的作用、水汽、温度和酸碱盐腐蚀等影响 | 通过涂胶与基面粘结，粘接剂易受水汽、酸碱性影响 | 通过卷材自身与基面粘结，属物理性粘结，粘结易受潮气、水汽影响，基面有粉尘时粘结不牢靠 | 通过物理卯榫和化学反应粘结，因存在化学键，卷材自身强度小于卷材与基面粘结强度，使得卷材没法被撕开和破坏，卷材与基面粘结强度不受力的作用、水汽、温度和酸碱盐腐蚀等影响 |
| 防水效 果 | 雨衣式遮挡防水：卷材与基面之间如果出现一处有缺陷，那么整个防水系统破坏 | 雨衣式遮挡防水：卷材与基面之间如果出现一处有缺陷，那么整个防水系统破坏 | 雨衣式遮挡防水：卷材与基面之间如果出现一处有缺陷，那么整个防水系统破坏 | 剥开：从防水层的边角剥开，粘接牢固，发现其与砼的粘接像皮肤与肉一样；划开：用刀从防水层中划开；撕开：从划开的地方撕开，反应粘即使被撕断了，反应粘还有残留粘在基底。 |
| 推荐使用部位 | 屋面 | 屋面以及浴室、卫生间 | 木质坡屋面 | 地下室、屋面 |

4.6社会效益分析

社会效益，是指人们的社会实践活动对社会发展所起的积极作用或产生的有益效果。社会效益有广义和狭义之分。广义的社会效益包括政治效益、生态环境效应、技术效应、思想效益和文化效益等。

（1）生态环境效应：CPS反应粘防水卷材本身可采用冷作业施工，无需动用明火作业，施工操作安全环保，方便快捷。同时由于CPS反应粘防水卷材在施工过程中，减少了防水保护层的施工，简化了施工工艺，它直接涂在湿基层上，不受天气影响，消除了基层的干燥时间[67-69]。而且直接在未干燥潮湿的基层上施工，免去干燥过程中灰尘扬起，减少了对空气质量的影响，也降低了建筑工程周围居民以及其他用户不舒适感。

（2）技术效应：CPS反应粘防水卷材可与混凝土基层通过化学交联和物理卯榫的协同作用反应粘结，粘结牢固持久不可逆，而普通自粘卷材仅仅只有物理粘结，所以其粘结强度远大于物理性粘结的自粘卷材，技术可靠有效，具有良好的技术效应。

（3）知识文化效应：由于采用了新的防水新工艺，改变了传统的施工方式，大大的提高了人们的知识水平，提升了整体防水从业人员的职业水平，有利于将来防水施工工艺的新变革。

4.7本章小结

本章以某火车站片区城市棚户区改造项目为工程背景，介绍了自粘式防水卷材施工新工艺的质量控制要点，并对改棚户区改造项目部分工程用SBS改性沥青防水卷材、EPMD防水卷材、自粘卷材防水卷材和CPS反应粘防水卷材四种卷材进行防水工程量计算、工程造价分析和社会效益分析。同时，还对改性沥青防水卷材、高分子自粘湿铺预铺防水卷材和CPS反应粘防水卷材进行了拉伸性能、耐热性、低温柔性、剥离强度以及不透水性的试验对比，并在此基础上对高分子自粘湿铺预铺防水卷材和CPS反应粘防水卷材进行了防水效果对比试验。结果表明，CPS反应粘防水卷材施工新工艺缩短了施工工期，降低了工程造价，在拉伸性能、耐热性、低温柔性、剥离强度以及不透水性等物理力学性能上表现良好，防水效果优良，社会效益良好。

结论及展望

1结论

当传统的自粘防水卷材采用立面结构时，很容易造成外立面滑落，基层分离导致防水层失效；当采用湿法成型时，易出现空鼓，发泡等问题，造成隐患。使用过程，可能因为封边处理不当也容易产生卷材剥离，翘边，加上光老化等因素也会使得卷材提前失效。所有上述问题都与自粘防水的粘附性和卷材与基板之间的界面粘合性有关，这是使用自粘防水卷材的核心问题。本文针对一种新工艺材料——CPS反应粘防水卷材开展研究，该卷材由粘结橡胶改性沥青胶和交叉强度薄膜组成，其结合了改性沥青防水材料和聚合物防水材料的特点。本文主要结论如下：

1. 通过系统总结传统自粘式卷材及其施工工艺，发现传统自粘式防水卷材出现翘曲、卷边、空鼓、发泡等问题均是由于卷材和混凝土基面间的粘结强度不够，粘合过程仅发生在卷材和基面表皮的薄层上，卷材与基面的连接较脆弱，受冷热循环、光辐射老化，亦或是基面未清理干净、卷材黏贴面被污染等因素影响较大。
2. 针对传统自粘式防水卷材及其施工方法存在的问题，结合一种自粘式防水卷材施工新工艺，对比分析了传统自粘式防水卷材施工工艺和自粘式防水卷材施工新工艺在粘结机理、施工工艺、施工流程、控制要点等上的区别。总结了自粘式防水卷材施工新工艺的特点和优越性。
3. 以某火车站棚户区改造项目为工程背景，将CPS反应粘防水卷材与传统的自粘防水卷材、SBS改性沥青防水卷材、EPDM防水卷材等三种常用防水卷材进行对比，具体对改性沥青防水卷材、高分子自粘湿铺预铺防水卷材和CPS反应粘防水卷材进行了拉伸性能、耐热性、低温柔性、剥离强度以及不透水性的试验对比，并通过试验对比了高分子自粘湿铺预铺防水卷材和CPS反应粘防水卷材的防水效果。结果表明，CPS反应粘防水卷材在以下几个方面具有更加优越的性能：降低了工程造价，采用CPS反应粘防水卷材施工新工艺时造价更低，每平方米至少能节省造价的1/3，经济效益良好；缩短了施工工期，使用CPS反应粘防水卷材施工新工艺，减少了防水保护层的工作量，可直接在潮湿的基层上施工，不受天气的影响，缩短了施工工期；由于CPS反应粘防水卷材施工工艺简单，可有效节省人力，物力和财力，最大限度地利用资源；还可以减少施工过程中产生的灰尘和噪音等二次污染，更加环保，符合国家绿色建筑和绿色建筑的要求；防水效果更佳。

2展望

论文针对CPS反应粘防水卷材的施工工艺、工程量、造价以及社会效益开展了一系列相关的研究工作，取得了些许研究成果，但仍旧存在一些问题需要进一步改进和完善：

（1）论文中通过对CPS反应粘防水卷材与其他几种常用防水卷材对比研究发

现，其他卷材发生防水失效功能破坏大多是由于卷材表面和混凝土或者砂浆基层粘结失效引起，但文章受实际条件影响仅开展了高分子自粘湿铺预铺防水卷材和CPS反应粘防水卷材的防水效果对比试验，未全面进行其它几种防水卷材防水效果的试验对比分析，它们在修补工艺上的各个工序、成本等均可进行进一步的研究与探讨。

（2）由于研究水平的限制，对社会效益并未做出较为细致的数据指标分析，这一部分还有较大的研究空间。

参考文献

1. 周智轶,李运.自粘热塑性聚烯烃防水卷材性能影响因素分析[J].中国建筑防水,2018(16):1-4.
2. GB50108-2008.[地下工程防水技术规范](http://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=SCSD000005811974&dbcode=SCSD&v=" \t "http://kns.cnki.net/kcms/detail/frame/kcmstarget)[S]. 北京：中国建筑工业出版社,2008.
3. 李大伟,高亚光,苏辉等.我国高分子防水材料现状及发展[J].黑龙江水专学报,2004(01):28-29.
4. 朱双双.屋面高聚物SBS改性沥青防水卷材施工技术[J].水科学与工程技术,2008(04):8-10.
5. 杨琛,谭文勇.高分子防水卷材的应用及发展[J].科技资讯,2010(18):93.
6. 防水卷材[J].建筑与预算,2018(09):62-63.
7. Bruce J. Schlomer,Allen F. Morey. Which Way for Waterproofing?[J]. European Urology,2016,70(2).
8. Petr Konečný,Petr Lehner. Durability assessment of concrete bridge deck considering waterproof membrane and epoxy-coated reinforcement[J]. Perspectives in Science,2016,7.
9. 朱志远.预铺防水卷材工程应用[J].建设科技,2018(18):47-49+54.
10. 徐阜新,王力,王帅.北京新机场高速公路地下综合管廊一期GLS04标防水工程设计[J].中国建筑防水,2018(16):16-19.
11. 李忠文,张娜,冯宝生等.SBS改性沥青卷材在深州管廊项目中的应用[J].中国建筑防水,2018(16):20-21+42.
12. 林治祥.地下工程预铺反粘防水技术的应用研究[J].四川建材,2018,44(09):131-132.
13. 马杰,张发超,龚江飞等.地下室PVC双层中空排水板防水施工技术[J].施工技术,2018,47(19):108-110+120.
14. 马翔宇,张巍,周少赢等.地下室外墙防水卷材防撕裂技术[J].施工技术,2018,47(S1):634-636.
15. 王双,周志国,吴晓建.耐根穿刺TPO自粘复合防水卷材在种植顶板工程中的应用研究[J].中国建筑防水,2018(15):25-27.
16. 侯建伟,彭方灵.对自粘聚合物改性沥青防水卷材剥离强度影响因素的探讨[J].建设科技,2018(12):42-44.
17. 陈宏喜,丁志良.长沙市地下综合管廊试点项目防水施工工艺[J].中国建筑防水,2018(10):27-31.
18. 邓缤.三亚海棠湾河心岛工程地下室底板防水设计与施工[J].中国建筑防水,2018(10):17-19.
19. 张旭光.TPO防水卷材在地下综合管廊中的应用[J].建筑技术,2018,49(05):496-498.
20. 申存文.地铁地下底板高分子自粘胶膜防水卷材预铺反粘施工技术探讨[J].智能城市,2018,4(09):142-143.
21. 羡敬红,邓居兵,黄亮.苏州阳澄西湖隧道高分子自粘胶膜防水卷材施工技术[J].中国建筑防水,2018(09):25-28.
22. 万惠娟,吴俊,邱谈等.GB/T 23457—2017《预铺防水卷材》新国标解读[J].中国建筑防水,2018(09):33-40.
23. 张静.反应性自粘型预铺防水卷材在南宁地铁防水工程的应用[J].中国建材科技,2018,27(02):39-40.
24. 张文华.防水工程技术的成就和展望[J].施工技术,2018,47(06):88-93.
25. 姚晓亮. TPO自粘卷材湿铺法施工的研究及应用[J]. 中国建筑防水, 2013(6):16-18.
26. 许芳. 湿铺法双面自粘防水卷材施工技术应用[J]. 建设科技, 2017(5):90-91.
27. 伍伟. 湿铺法双面自粘性防水卷材技术施工要点分析[J]. 城市建筑, 2015(12).
28. 施树江, 泮峰. 新型BAC湿铺法双面自粘防水卷材在地下室工程中的应用[J].浙江建筑, 2009, 26(12):52-54.
29. 古庚端. DAL湿铺法双面自粘防水卷材施工工艺[J]. 城市建设理论研究:电子版, 2013(10).
30. Pei J Z, Chang shun H U, Zhang Z J. Road Performance of Waterproof Material for Concrete Bridge Decks[J]. Journal of Traffic & Transportation Engineering, 2001.
31. Liu L P, Peng Y C, Jing S. Study on Essential Performance of Waterproof Material on Concrete Bridge Deck[J]. Journal of Building Materials, 2010, 13(1):48-51.
32. 刘晓波,邱建军.防水保护层可用聚乙烯自粘板[J].建筑工人,2018,39(03):15.
33. 吴建明,陈蔡新.橡胶型预铺防水卷材在城市地下空间的应用[J].中国建筑防水,2018(04):10-14+18.
34. 邓缤.郑大医院地下室防水设计与施工技术探讨[J].中国建筑防水,2018(04):15-18.
35. 刘继鹏.反粘式防水板在客运专线隧道衬砌防排水中的应用研究[J].铁道建筑技术,2018(02):17-19+24.
36. 俞锦,程烨.港口村工程BAC自粘性防水卷材施工分析[J].建筑技术开发,2018,45(03):102-103.
37. 杨旭,赵柯钧,喻杰.浅谈高分子预铺反粘防水卷材在管廊工程中的应用[J].建材与装饰,2018(05):10-11.
38. 石伟国,张运腾.地下室底板高分子自粘胶膜防水卷材预铺反粘施工技术[J].建筑技术开发,201 7,44(22):48-51.
39. 杨元坤.自粘式高分子防水卷材在建筑工程地下室中的应用[J].工程质量,2015,33(11):142-144+147.
40. 吴建明,陈蔡新,姚严传.预铺式PEB(S)反应性丁基橡胶自粘防水卷材在矿山法隧道中的应用[J].隧道与轨道交通,2017(S1):93-95.
41. 郝浩,解延栓.高分子自粘复合防水卷材的施工技术研究与应用[J].住宅与房地产,2017(26):210.
42. 陆善庆,阮立均,农庆标.CPS反应粘卷材搭接边防窜水试验研究[J].中国建筑防水,2017(16):16-18.
43. 郭小雄,马伟斌,马超锋等.自粘式止水带综合防排水效果模型试验研究[J].铁道建筑,2016(01):25-28.
44. 石伟国,曹向阳,薛俊等.CPS-CL反应粘结型高分子湿铺防水卷材在底板及侧墙防水中的应用[J].中国建筑防水,2013(22):15-19.
45. 郭文雄.与混凝土反应粘结密封防水的CPS反应粘防水卷材[J].中国建筑防水,2010(22):21-24.
46. 王增强,周源,赵瑞富.谈CPS-CL反应粘结型高分子湿铺卷材施工质量控制[J].山西建筑,2016,42(33):101-103.
47. 张凤仙.CPS-CL反应粘结型高分子防水卷材施工技术[J].山西建筑,2015,41(30):85-87.
48. 卢桂才,伍盛江,朱方伍等.与混凝土进行化学交联和物理卯榫协同粘结的防水卷材:中国,200910114456.X[P].2011-07-06.
49. 张志宇.浅谈自粘型防水卷材的材料特点和施工工艺[J].郑铁科技,2017(02):50-52.
50. 周智轶,马俊,谭跃军.高分子自粘防水卷材片材层性能改善研究[J].中国建筑防水,2017(09):25-28+37.
51. 张陆阳,陈磊,王立静等.不同粘结料对湿铺防水卷材与基层剥离性能的影响[J].中国建筑防水,2018(17):6-8.
52. Qinghua Zhou,Qinwu Xu. Experimental study of waterproof membranes on concrete deck: Interface adhesion under influences of critical factors[J]. Materials and Design,2008,30(4).
53. Xue S. Research and development of cement-based permable crystallization type waterproof materials abroad[J]. China Building Waterproofing, 2001.
54. 林治祥.地下工程预铺反粘防水技术的应用研究[J].四川建材,2018,44(09):131-132.
55. 宁志伟.基于屋面防水施工技术及质量控制措施分析[J].建材与装饰,2018(40):9-10.
56. 许芳.湿铺法双面自粘防水卷材施工技术应用[J].建设科技,2017(05):90-91.
57. 张中华.具有隔音、隔热和防水功能的自粘防水卷材的研发[J].中国建筑防水,2016(16):7-9+12.
58. Nasiru Zakari Muhammad,Ali Keyvanfar,Muhd Zaimi Abd. Majid,Arezou Shafaghat,Jahangir Mirza. Waterproof performance of concrete: A critical review on implemented approaches[J]. Construction and Building Materials,2015,101.
59. Yong Li,Bo Ge,Xuehu Men,Zhaozhu Zhang,Qunji Xue. A facile and fast approach to mechanically stable and rapid self-healing waterproof fabrics[J]. Composites Science and Technology,2016,125.
60. 王文超,郭红,陆俊帆等.自粘TPO单层防水卷材在混凝土翻新屋面中的应用[J].中国建筑防水,2016(15):14-16.
61. R.P. Johnson,F.E. Swallow,S. Psomas. Structural properties and durability of a sprayed waterproofing membrane for tunnels[J]. Tunnelling and Underground Space Technology incorporating Trenchless Technology Research,2016,60.
62. Kong X, Cui H. Views on application of crumb rubber modified asphalt in waterproofing materials[J]. China Building Waterproofing, 2006.
63. 马杰,张发超,龚江等.飞地下室PVC双层中空排水板防水施工技术[J].施工技术,2018(19):14-16.
64. 林炜彦.高层办公大楼地下工程防水设计与施工[J].中国建筑防水,2016(12):31-35
65. 魏芳,廖鑫,陈弦.预铺自粘防水卷材粘接防水机理分析[J].新型建筑材料,2016,43(04):111-113.
66. 徐茂震,刘金景,罗伟新等.自粘聚合物改性沥青防水卷材性能探究[J].新型建筑材料,2016,43(01):52-55+82.
67. 王龙.贴必定自粘防水卷材施工技术[J].居业,2015(24):87-88.
68. 黄婷.自粘防水卷材用自粘胶的制备及性能研究[J].新型建筑材料,2015,42(02):33-35.
69. 吴毅,黄婷,张永航等.高分子防水卷材用反应型自粘胶的研制[J].中国胶粘剂,2015,24(01):35-38.