

# 可开合防尘天幕施工技术研究与应

文 / 陈正东 中国华西企业有限公司

张峻菱 中国华西企业有限公司（通讯作者）

**摘要：**随着环保要求的日益严格，建筑工地扬尘防治成为关键任务。本文详细阐述了可开合防尘天幕施工技术，对其研发背景、工艺原理、施工流程、质量控制、安全环保措施以及效益进行了深入剖析。该技术有效解决了基坑施工阶段扬尘控制难题，具有显著的经济、社会和环境效益，为同类工程提供了重要的参考与借鉴。

**关键词：**基坑施工；扬尘控制；可开合天幕；绿色施工；成本效益

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.11.041

## 引言

在建筑行业蓬勃发展的当下，环境问题愈发受到关注。建筑工地作为扬尘污染的重要源头之一，其扬尘防治工作的成效直接关系到城市空气质量和居民生活环境质量。特别是基坑施工阶段，由于土方开挖、物料堆放等作业活动频繁，扬尘产生量大，控制难度高。传统的防尘措施在实际应用中暴露出诸多不足，如效果不佳、成本高昂、影响施工进度等。在此背景下，可开合防尘天幕施工技术应运而生，为建筑工程扬尘治理开辟了新的路径。

### 一、研究背景与现状分析

#### （一）环保政策驱动

近年来，国家出台了一系列严格的环保政策法规，对建筑工地扬尘污染防治提出了明确要求。例如，《大气污染防治行动计划》等文件强调了建筑工地扬尘治理的重要性，并制定了具体的考核指标和处罚措施。各地政府也纷纷响应，加大了对建筑工地扬尘污染的监管力度，这促使建筑企业必须寻求更为有效的扬尘防治技术和方法。

#### （二）传统防尘天幕系统的弊端

目前，市场上现有的防尘天幕系统存在诸多问题。其一，组成单元复杂，每个单元都依赖独立的电机驱动，这不仅大幅增加了施工成本，而且安装过程繁琐，需要专业技术人员花费大量时间和精力进行调试，后期运行维护也极为复杂，故障发生率较高。其二，基坑上方的钢丝绳通常处于固定状态，无法闭合，这对塔吊等吊装作业构成了严重的安全威胁，容易引发碰撞等安全事故，制约了施工的顺利进行。

#### （三）可开合防尘天幕技术的研发契机

面对传统防尘天幕系统的不足，中国华西企业有限公司基于项目的实践经验，深入开展技术研发。通过在土方阶段工程的研究与应用，成功研发出“可开启基坑防尘系统应用技术”，并在此基础上形成了可开合防尘天幕施工技术，为解决基坑施工阶段的扬尘和安全问题提供了创新方案。

### 二、可开合防尘天幕施工技术的工艺原理

#### （一）系统组成

可开合防尘天幕系统主要由轨道系统、围护系统、动力传动系统三个核心部分构成。这三个系统相互协作，共同实现防尘天幕的各项功能。

#### （二）轨道系统

轨道系统采用不低于 18 号的工字钢作为主体材料，

其具有较高的强度和稳定性，能够承受天幕系统运行过程中的各种荷载。同时，配套项目自主研发的滑轮装置，该装置经过特殊设计，具有良好的防滑性能，与工字钢轨道紧密配合，形成了安全可靠的防滑天幕轨道系统。轨道系统安装在基坑两侧的支护结构上，两根轨道平行布置，确保了天幕网在运行过程中的平稳性和准确性。

#### （三）围护系统

围护系统以钢绞线作为天幕的支撑结构，钢绞线的直径不小于 8mm，抗拉强度达到 1770Mpa，具有优异的抗拉性能，能够承受较大的拉力。防尘网选用宽度为 2 米的密目式安全网，其网目细密，能够有效阻挡扬尘颗粒的扩散。防尘网两侧每隔 1 米设置固定孔，并通过钥匙扣固定在两侧的钢绞线上，形成了一个完整的天幕围护系统，既能实现良好的防尘效果，又具备一定的灵活性，便于天幕的开合操作。

#### （四）动力传动系统

动力传动系统选用速度可控的卷扬机作为动力装置。卷扬机具有强大的牵引力，能够为天幕网的开合提供稳定的动力支持。通过合理设置滑轮组，卷扬机的钢丝绳与滑轮连接，形成运行环线。当卷扬机运行时，能够依次带动滑轮移动，从而实现天幕网在轨道上的顺畅开合。同时，为了确保两端卷扬机运行的同步性，专门设置了一个配电箱，可同时对两端卷扬机进行控制，保证基坑防尘天幕系统能够同步、平稳地开合。

### 三、施工工艺流程

#### （一）施工工艺流程

可开合防尘天幕深化设计→工字钢滑轨制作安装→天幕防尘网钢绞线安装→安装天幕防尘网→动力传动系统安装→整体调试验收

#### （二）可开合防尘天幕深化设计

在施工前，根据项目的实际情况，对可开合防尘天幕系统进行详细的深化设计至关重要。针对轨道系统、围护系统、动力传动系统等各个组成部分，结合基坑的尺寸、形状、周边环境以及施工工艺要求等因素，进行精确的设计计算。例如，根据基坑的跨度和长度，确定工字钢轨道的规格和数量；依据防尘网的面积和钢绞线的承载能力，计算钢绞线的直径和间距；根据天幕的开合速度和运行距离，选择合适功率和型号的卷扬机。同时，绘制详细的施工图纸，包括安装平面布置图、构件加工图等，为后续的施工提供准确的指导依据。

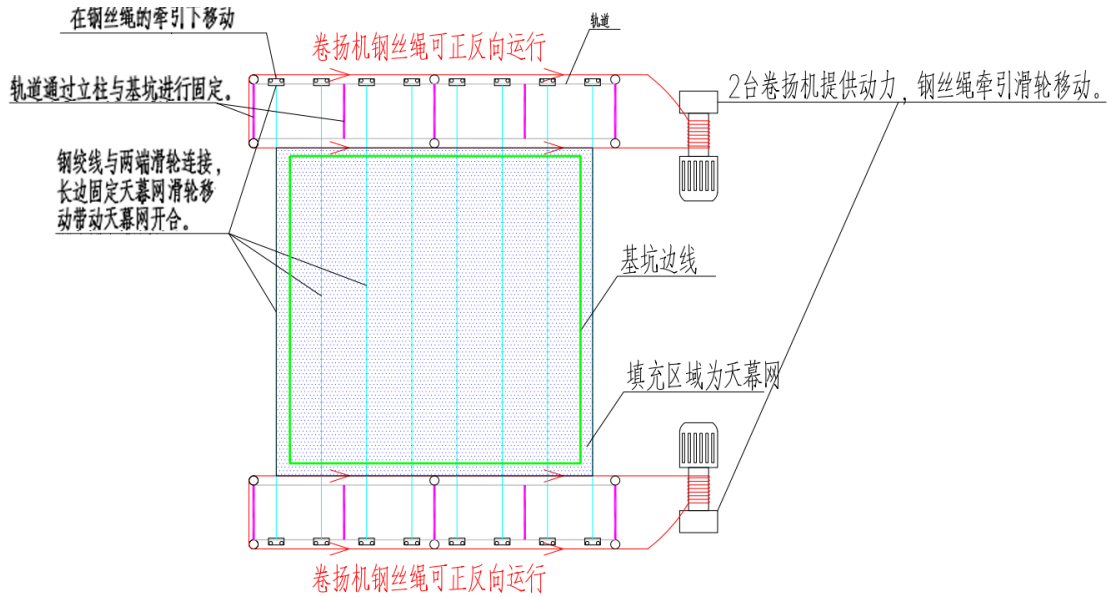


图1 防尘天幕系原理图

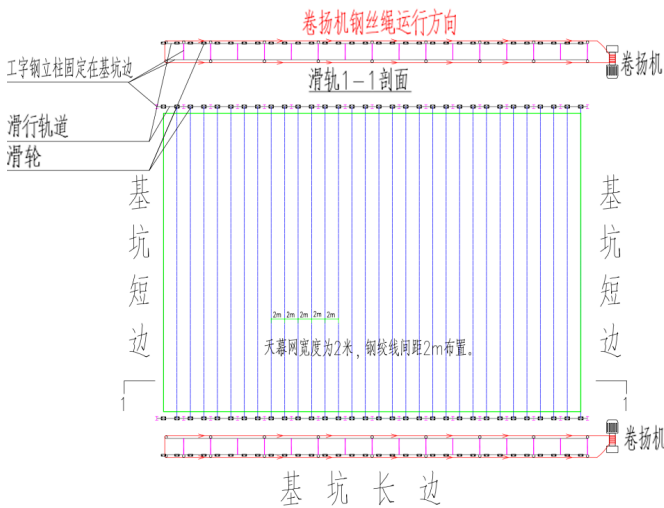


图2 防尘天幕系统安装平面图

### (三) 工字钢滑轨制作安装

1. 根据深化设计图纸，在基坑两侧的支护梁上进行立柱和轨道的安装作业。在安装过程中，严格控制立柱的垂直度和轨道的平整度，确保轨道系统的安装精度符合设计要求。同时，按照滑轮加工图纸，提前完成滑轮的制作，并对加工好的滑轮进行质量检验，确保其尺寸精度、表面质量以及滑轮的转动灵活性等指标均满足使用要求。

2. 将检验合格的滑轮组依次安装至轨道上，安装时注意滑轮的安装方向和间距，保证滑轮能够在轨道上自由、顺畅地滑动。安装完成后，对整个轨道系统进行全面检查，包括轨道的连接牢固性、滑轮的安装稳定性等，确保轨道系统具备良好的运行性能。

### (四) 天幕防尘网钢绞线安装

1. 将钢绞线的两端穿过两侧滑轮预留的连接扣，在穿线过程中，注意避免钢绞线出现扭曲、打结等现象。

然后，使用专业的张拉设备对钢绞线进行张拉，使其达到设计要求的张力值，确保钢绞线在使用过程中不会出现松弛现象。

2. 在钢绞线张拉平直后，使用4个防滑卡箍将钢绞线与连接扣固定牢固，防止钢绞线在运行过程中出现滑动。固定完成后，再次检查钢绞线的固定情况和张力值，确保钢绞线的安装质量符合要求。

### (五) 安装天幕防尘网

1. 在安装天幕防尘网之前，提前将天幕网展开，并在其两侧的固定孔中穿好钥匙扣，做好安装前的准备工作。

2. 将穿好钥匙扣的天幕网两侧依次穿至钢绞线上，在穿网过程中，注意保持天幕网的平整，避免出现褶皱。然后，将天幕网张拉平直，使其紧密贴合钢绞线，并将天幕网的两端与滑轮固定牢固，确保防尘天幕网在使用过程中不会产生滑动，保证其防尘效果。

### (六) 动力传动系统安装

1. 卷扬机安装：在滑轨的一端，按照设计要求安装1台规格型号一致的卷扬机。安装时，确保卷扬机的安装位置准确，底座固定牢固，防止在运行过程中出现位移或晃动。将卷扬机的钢丝绳通过滑轮与滑轨进行连接，并形成运行环线，注意钢丝绳的缠绕方向和连接方式，确保其能够顺畅地带动滑轮运行。同时，将卷扬机的钢丝绳与最远端的牵引轮固定，保证卷扬机运行时能够有效带动天幕网的开合。

2. 电箱安装：在施工现场合适位置安装一个电箱，该电箱具备同时控制两端卷扬机运行的功能。通过合理布线，将电箱与两端卷扬机连接起来，确保电箱能够准确、稳定地控制卷扬机的启动、停止、正反转以及速度调节等操作，实现基坑防尘天幕系统的同步开合。

### (七) 整体调试验收

1. 防尘天幕施工完成后，由建设单位、监理单位、总包单位共同组成验收小组，对整个系统进行全面的调

试验收。验收过程中，首先对系统的外观进行检查，包括轨道系统的安装质量、围护系统的完整性、动力传动系统的连接情况等，确保各部分无明显缺陷和损坏。

2. 然后，通过遥控卷扬机，让天幕网进行多次自由开合操作。在开合过程中，密切观察滑轮的运行情况，检查其是否整体运行平稳，有无卡顿、跳动等现象；同时，观察轨道和钢丝绳是否出现较大变形，天幕体系是否能够顺利自动开合。若在调试过程中发现问题，及时进行记录，并组织相关人员进行分析和整改，直至系统各项性能指标均满足设计要求，通过调试验收。

#### 四、质量控制

##### (一) 质量控制措施

##### 1. 焊接质量控制

材料验收：工字钢进场前，仔细检查外观，不能有裂缝、折叠等缺陷，表面毛刺不超 5mm 且无明显扭转。有缺陷的需处理，处理后尺寸要在公差范围内。

焊缝检测：对接焊缝探伤检测，默认等级为三级，及时发现内部气孔、夹渣等问题；所有焊缝进行 B 级外观检查，确保表面平整、无咬边等缺陷。

构件处理：钢构件加工焊接后，去除尖角毛刺和飞边，清理焊缝熔渣、飞溅物；超长构件工厂合理分段，现场按工艺要求拼装焊接，保证拼装焊缝强度与原构件相同。

预埋件校核：工字钢安装前，校核预埋件的位置、标高、平整度，不符合要求的及时调整或重埋。

##### 2. 天幕网质量控制

材质规格：选用耐老化聚乙烯（HPPE）网布，2-3 针圆扁丝结合工艺，网目数不低于 2000 目/100cm，宽 4m，长度依基坑和钢丝绳下坠长度定，要求耐久 2 年、4s 离火自熄。

下垂高度：承重钢丝绳下垂高度不小于 500mm，形成弧度增加扬尘阻挡面积。

大风应对：6 级及以上大风时，防尘网易上扬致开闭受阻，此时保持天幕闭合，防止设备损坏和安全事故。

稳定性措施：垂直钢丝绳方向每 4m 用缆风绳拉结，增强稳定性；开闭结合处设方向固定架，防止防尘网摇摆。

##### 3. 钢丝绳安装质量控制

规格选型：承重钢丝绳选 8NAT6×7S+D1770ZSGB/T20118-2006 标准产品，直径 8 毫米；传动钢丝绳选 4NAT4×7S+D1770ZS 标准产品，直径 6 毫米，均满足规范要求。

安装要点：安装时尽量张拉紧固，减少变形；钢丝绳绕行驱动轮和尾轮时，离轮边 2 米内设置托压绳轮；精确测量所需长度，放绳避免扭曲，搭接用长接法，长度为直径 1000-1200 倍。

##### 4. 滑轮组件质量控制

轨道滑轮装置用 8mm 厚钢板制作，配套 6 个 300/120 滑轮，按设计位置开  $\phi 15\text{mm}$  孔连接钢丝绳。加工后严格检验转动灵活性、钢板厚度、孔径精度及连接牢固性，保证满足系统运行要求。

##### 5. 卷扬机控制系统

系统设计：电气控制系统满足机械性能和电磁兼容性要求，设计选型时考虑工作环境、运行条件和设备兼

容性，兼顾运行可靠性、可维护性和经济合理性。

速率同步：安装调试时精确调整参数、控制电路和传动装置，确保两端卷扬机运行速率一致同步，保障天幕系统正常开合。

#### 结语

可开合防尘天幕施工技术是在环保要求日益严格，传统防尘天幕系统弊端凸显的背景下应运而生。其研发融合了多个工程项目的实践经验，成功攻克了基坑施工阶段扬尘控制和安全作业的难题。从工艺原理来看，该技术创新性地将轨道系统、围护系统和动力传动系统有机结合。轨道系统采用高强度工字钢与防滑滑轮装置，保证了运行的稳定性；围护系统以高强度钢绞线搭配密目式安全网，实现了高效的防尘功能；动力传动系统通过速度可控的卷扬机和精心设计的滑轮组，确保了天幕网的顺畅开合。

在施工流程上，从深化设计到整体调试验收，每个环节都紧密相扣且严格把控。深化设计充分考虑项目实际情况，为施工提供精准指导；各系统的安装过程遵循规范，注重细节，保障了施工质量；整体调试验收环节全面细致，确保系统各项性能达标。

质量控制方面，该技术严格遵循多项国家和行业标准，从焊接质量、天幕网质量、钢丝绳安装质量、滑轮组件质量到卷扬机控制系统等多方面制定了详细且严格的控制措施，全方位保障了系统的质量和稳定性。

安全与环保措施也十分完善。施工遵循相关安全规范，从施工前的安全设施准备到用电、防火、拆除施工以及高处作业等各个环节都有严格的安全管理措施；在环保方面，遵循相关环保标准，从降低焊接烟尘、控制噪声污染到防止环境污染等方面，有效减少了施工对环境的影响。

效益分析显示，该技术经济效益显著，以实际一项目为例，直接节约费用约 20 万元，同时缩短了工期；社会效益突出，提升了企业的施工水平，赢得了各方好评；推广应用价值高，适用于大面积基坑防尘施工，可有效减少扬尘，实现绿色施工。

综上所述，可开合防尘天幕施工技术是一种高效、安全、环保且经济的扬尘防治技术，为建筑工程领域的扬尘治理提供了优秀范例，值得在同类工程中推广应用。未来，随着技术的不断进步和实践经验的积累，该技术有望在更多项目中发挥更大的作用，进一步推动建筑行业的绿色可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑工程施工质量验收统一标准:GB 50300-2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [2] 国家市场监督管理总局. 钢结构工程施工质量验收规范:GB 50205-2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [3] 住房和城乡建设部. 建筑施工安全检查标准:JGJ59-2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [4] 国家质量监督检验检疫总局. 重要用途钢丝绳:GB/T8918-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.