

**《干散货码头扬尘污染防治技术绩效评估指标体系（征求意见稿）》
编制说明**

标准编制组
二〇二三年六月

目 录

1.工作简况	1
1.1.任务来源.....	1
1.2.主要工作过程	1
1.3.主要起草人及所做工作	2
2.标制定的必要性、原则及思路	3
2.1.标准制定的必要性	3
2.2.标准制定的原则	4
2.3.标准制定的思路	4
3.行业概况	6
3.1.港口码头发展现状	6
3.2.干散货码头扬尘污染现状	6
3.3.干散货码头扬尘污染控制技术	7
4. 标准制定的主要内容	15
4.1.标准适用范围	15
4.2.规范性引用文件	17
4.3.术语和定义	18
4.4.基本原则.....	18
4.5.评估指标体系	19
4.6.评估方法.....	30
4.7.评估结果表达	31
5. 企业实际应用情况	32
5.1.A 干散货码头应用情况.....	32
5.2.B 干散货码头应用情况.....	45

6.与相关标准的关系分析	58
7.采用国际标准的程度及水平说明	59
8.重大分歧或重难点的处理经过和依据	59
9.标准推广应用措施及预期效果	59
10.标准征求意见情况	60

1. 工作简况

1.1. 任务来源

随着我国对能源和原材料（包括煤炭和矿石）的需求越来越大，目前形成了“西煤东输”“北煤南运”进口矿石急剧增加的局面，水路运输作为便捷、经济的运输方式，带动了我国港口的快速发展，但同时也引起了环境污染问题，尤其是矿石、煤炭等散货在装卸、运输过程中的粉尘构成了港口污染的主体，同样此散货粉尘也是我国城市大气污染的重点问题之一，其也是构成了我国沿海城市大气总悬浮物污染的主要成份之一。

虽然近年来针对港口干散货码头采取的一系列防尘、抑尘措施使扬尘污染状况得到了一定的改善，但由于目前不同作业环节宜采用的最优扬尘污染防治尚无可依托的技术指南等相关政策，导致企业在实际选取污染防治技术时未能分类施策，在环境、经济、技术等方面均未达到最优效果，为此，天津港股份有限公司立足自身干散货码头面临的实际问题，自 2022 年 7 月起委托天津环科瞻云科技发展有限公司开展干散货码头扬尘污染防治技术绩效评估指标体系的研究工作，由天津环科瞻云科技发展有限公司承担，天津港股份有限公司、天津港第四港埠有限公司、天津港汇盛码头有限公司、天津港焦炭码头有限公司、天津港远航矿石国际码头有限公司、天津港中煤华能煤码头有限公司作为协作单位，共同成立标准编制组，目前已于天津市环境科学学会完成立项工作。

1.2. 主要工作过程

（1）2022 年 7 月，成立项目研究专项课题组。

（2）2022 年 8 月，通过广泛查阅相关文献，收集干散货码头扬尘污染技术种类；确定评估指标体系适用范围。

(3) 2022 年 9 月，确定评估指标体系框架模型和分析方法；通过资料调研和内部研究讨论，初步选定各评价指标；同月开展指标征求意见座谈。

(4) 2022 年 10 月，结合反馈意见修改确定评价指标并构建评估指标体系；对评估指标体系各评价指标进行权重计算，验证权重配置合理性。

(5) 2022 年 11 月，形成评估指标体系初稿；初步拟定评估体系企业应用调查清单。

(6) 2022 年 12 月，开展污染防治技术评估指标体系企业应用工作。

(7) 2023 年 1 月，召开课题研究成果中期专家咨询会。

(8) 2023 年 2 月-3 月，根据专家意见修改完善评估指标体系指标；增加企业应用范围，验证指标体系合理性。

(9) 2023 年 4 月-5 月，根据前期研究成果，开展团体标准立项申请工作，搭建团体标准编制框架。

(10) 2023 年 5 月底，完成团体标准征求意见稿。

1.3. 主要起草人及所做工作

起草单位：本标准由天津港股份有限公司、天津环科瞻云科技发展有限公司天津港第四港埠有限公司、天津港汇盛码头有限公司、天津港焦炭码头有限公司、天津港远航矿石国际码头有限公司、天津港中煤华能煤码头有限公司、天津市环科环境科技有限公司等单位起草制定。

主要起草人：黄文栋、安国利、宋天威、杜浚铭、王建、杨忠、杨成良、刘峰、吴菲、姜涛、梁岑、杨立斌、张宁、王星霖、郭立、杨捷、桑换新、张洪铭、张旭平、尚建程、刘义、王文秀。

主要工作：天津港股份有限公司负责项目研究过程总体协调工作，天津环科瞻云科技发展有限公司负责团体标准主要技术内容，天津港第四港埠有限公司、天津港汇盛码头有限公司、天津港焦炭码头有限公司、天津港远航矿石国际码头有限公司、天津港中煤华能煤码头有限公司主要负责扬尘污染防治技术经验总结及团体标准制定过程中的合理性验证工作。

2. 标制定的必要性、原则及思路

2.1. 标准制定的必要性

随着经济发展，港口码头扬尘污染面临新的挑战。扬尘是在风力、人为及其他因素带动下飞扬进入大气的开放性污染源，是空气中总悬浮颗粒物的重要组成部分，是城市空气污染的主要因素之一，主要来源于裸露地表、建筑工地、货物堆场等。港口码头尤其是干散货码头大多地面平坦，地表裸露，装卸和堆存的主要货种包括煤炭、金属矿石、散装粮食、散装水泥等，由于干散货码头年吞吐量大，加之港口风力较大，以及装卸、堆放、转运等操作频繁，而现阶段无组织管控的效果有限，行业粉尘排放量相对较大。影响范围大、时间长，给污染防治工作带来很大困难，并对人员身体健康、港区环境、装卸车辆造成较大损害，同时带来一定的直接或间接的经济损失。

通过强化管理手段提升干散货码头扬尘污染防治技术水平。近年来，国家发展改革委、交通运输部发布的政策文件中提出加快港口装卸、运输、仓储等关键环节技术升级改造，推动散货作业堆场全封闭或防风网改造建设，优化生产作业流程，提高大宗散货作业清洁化水平。除此以外，各地区大气污染防治相关法规政策中也分别明确扬尘污染管控要求，例如我市针对港口码头扬尘污染防治相继出台《天津市大气污染防治条例》（2020年修正）、《天津市工业企业堆场扬尘防

治管理规定》、《天津市工业企业堆场扬尘防治技术导则》等相关政策，对港口码头总体污染防治起了关键作用，通过开展扬尘污染防治技术评价指标体系标准的建立工作，可有效强化污染防治技术管理支撑，指导企业选取较优污染防治措施，对提升港口经济发展及整体环境质量具有重要意义。

通过综合评价提高港口码头扬尘污染防治技术支撑。目前我市港口码头中扬尘产生量较大的干散货码头对于扬尘污染采用防尘网覆盖、洒水车喷淋比较广泛，类型比较单一并且具有一定的局限性，同时由于干散货码头各生产环节工艺水平相差较大，扬尘的产生量和产生机理也各不相同，装卸与运输机械的流动，也给扬尘污染的防控带来更多的复杂性和多变性，通过对干散货码头扬尘产生特点及污染防治技术适用性进行研究，提出有针对性的优化调整建议，为企业在技术选择、效果评估等方面提供有力的支撑。

2.2. 标准制定的原则

通过制定扬尘污染防治技术绩效评价指标体系团体标准，全方位、多角度的评估天津港干散货码头各生产环节现有扬尘污染防治技术，推动天津港干散货码头扬尘综合管控水平不断提升，打造扬尘综合管控水平先进的引领性企业，促进企业全面实现绿色、低碳、高质量发展，使港口扬尘防治水平与我市大气污染防治水平相适应，进一步改善我市大气环境质量，保障天津市总体环境质量目标的完成。

2.3. 标准制定的思路

扬尘防控是一项复杂的系统性工程，为了全面客观的评价扬尘污染防治技术情况，需要综合文献查阅、资料收集和企业实际验证等手段，制定一套科学完善的标准指定思路。

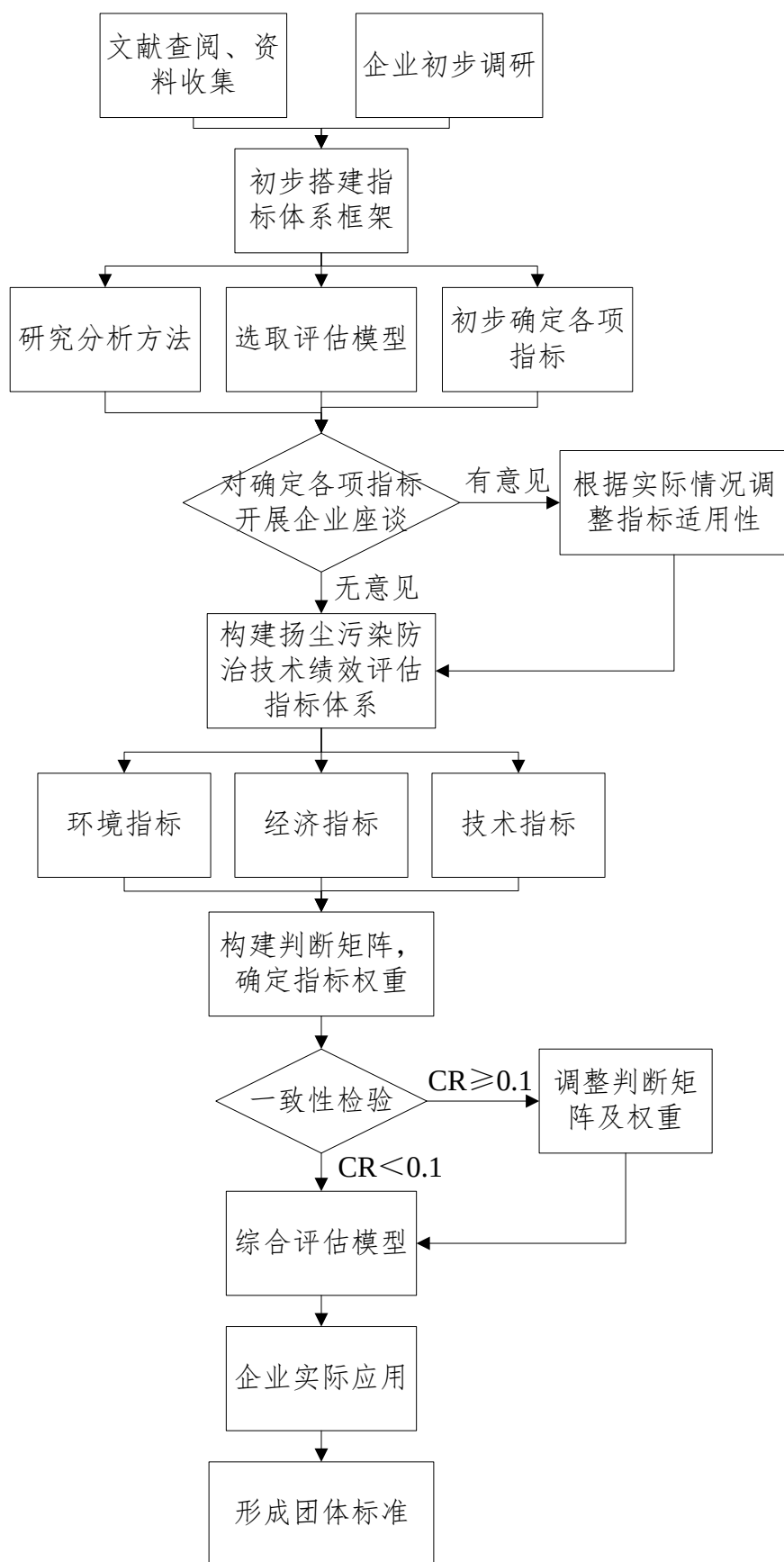


图 2.3-1 扬尘污染防治技术绩效评估指标体系研究路线图

3. 行业概况

3.1. 港口码头发展现状

港口是水陆交通的集结点和枢纽处，是交通运输的枢纽和对外交流的窗口，主要建立在海、江、河、湖、水库沿岸，具有水陆联运设备以及条件以供船舶安全进出和停泊的运输枢纽，在促进国际贸易和地区发展中起着举足轻重的作用。

近年来随着我国经济快速发展、经济开放度的不断提升，港口市场需求也在逐渐增加。到目前我国已成为世界第二大经济体和第一大贸易国。在此背景下，我国港口建设也迎来快速发展，并逐渐成为港口强国，港口货物吞吐量和集装箱吞吐量均居世界第一。根据交通运输部发布 2021 年全年全国港口货物吞吐量数据，2021 年全国港口完成货物吞吐量 155.5 亿吨，同比增长 6.8%，其中外贸货物吞吐量 47.0 亿吨，同比增长 4.5%。

目前我国港口建设市场已经形成了环渤海、长江三角洲、东南沿海、珠江三角洲和西南沿海 5 个港口群，以及煤炭、石油、铁矿石、集装箱、粮食、商品汽车、陆岛滚装和旅客运输等 8 个运输系统布局。

3.2. 干散货码头扬尘污染现状

随着我国对能源和原材料（包括煤炭和矿石）的需求越来越大，目前形成了“西煤东输”“北煤南运”进口矿石急剧增加的局面，水路运输作为便捷、经济的运输方式，带动了我国港口的快速发展，但同时也引起了环境污染问题，尤其是矿石、煤炭等散货在装卸、运输过程中的粉尘构成了港口污染的主体，同样此散货粉尘也是我国城市大气污染的重点问题之一，其也是构成了我国沿海城市大气总悬浮物污染的主要成份之一。

港口干散货码头按工艺大致分为卸、堆、存、取、装等五个作业

环节，除堆场静态存储外，其余均为动态作业环节，因此粉尘排放主要分为静态和动态。静态粉尘污染是指散货堆场堆存、固体散货颗粒转变为悬扬粉尘污染的具体污染，主要与物料表面含水率、环境风速等关系密切；动态粉尘污染是指固体散货堆场在装卸和固体颗粒受风力作用随风扩散形成粉尘污染的具体污染，主要与作业落差，装卸强度等相关联。长期以来堆场静态风蚀起尘是干散货码头运输行业粉尘污染治理的难点；对于动态作业来说，每个作业环节又可根据码头工艺水平划分成若干个的转运步骤，每经历一次转运，干散货都会受到装卸机械扰动和外界气象因素影响，导致细小的颗粒脱离物料，逸散至空气中形成扬尘污染。

我国干散货码头转运工艺水平相差较大，由于码头间存在功能定位、周转能力、建设时间等差异，干散货在港区周转次数也不同，周转次数越多，形成扬尘污染的几率就越大，粉尘排放量也相对较大。同时工艺水平落后也给环保措施的有效配套与运用造成较大的难度。如场区堆料环节，工艺水平低的码头采用“汽运-卸车-铲车堆高”的方式，装卸与运输机械都处于流动作业状态，扬尘产生具有阵发性且无规律，现行措施都较难有效应用。

3.3. 干散货码头扬尘污染控制技术

通过对相关文献收集整理及研究分析，目前散货港口粉尘主要防治措施可以分为概括为源头控制、湿式抑尘、干式除尘等方法。从具体技术层面分析，针对干散货码头粉尘污染控制的技术措施主要包括风障抑尘技术、湿法喷淋技术、干雾抑尘技术、干式除尘技术以及其他措施或技术。技术实际应用主要是通过建立各种防尘屏障、减少风的速度、设置绿化带、堆场覆盖、洒水加湿增加物料的粘度、物料的含水率及沉降空气中的粉尘、设置筒仓储存、运输皮带机设置密封罩

或者设置封闭廊道、减少物料转运落差等减轻产尘量等方法。煤炭、矿石、砂石料港口普遍实行的是湿式除尘，水泥港口一般多为采用布袋除尘器的密闭输送机系统，散装粮食、化肥码头一般采用防爆静电除尘器或布袋除尘器的密闭皮带机输送系统。

其他措施与技术主要指除上述粉尘污染控制技术外，干散货码头同时采用一些装卸工艺与辅助措施，达到减少和抑制粉尘污染的目的，如链斗式卸船技术、管带机技术、带式输送机密闭技术、装船机溜筒、场路隔离以及场区绿化等。

3.3.1. 风障抑尘技术

风障抑尘技术主要应用于散货堆场，常见的主要包括防风抑尘网、堆场封闭技术（筒仓、条形仓）、堆垛表面苫盖、抑尘剂技术以及防风林带等。

（1）防风抑尘网

防风抑尘网是一种多孔的防风阻碍物，由于多孔的特殊结构，对风有一定的阻滞作用，因此在其背风面风速较低，从而减少了散货堆场的起尘。防风网防尘技术一直在各国港口备受关注，美国及日本环保部门已经对防风网设计制定了相应的设计规程。我国防风网防尘技术还没有制定相关规程规范，但近年来，我国一些大型散货炭港口，如上海港、秦皇岛港、黄骅港等，相继进行了防风网防尘工程的研究，对防风网防尘机理、防风网主要结构、特征、开孔率及材质等做了一些研究验证工作，积累了一些经验。设置防风网时应根据货物物理性质、堆垛高度等条件合理确定高度、开孔率（防风网透风面积与总面积之比）、板型、开孔方式、与料堆距离等参数，必要时应通过数学模型或物理模型试验确定。相关研究表明，当防风网的高度为堆高的0.6~1.1 倍时，网高与抑尘效果成正比；当防风网的高度为堆高的

1.1~1.5 倍时，网高与抑尘效果的变化逐渐平缓；当防风网的高度为堆高的 1.5 倍以上时，网高与抑尘效果的变化不明显。开孔率方面，无孔或开孔率很低的防风网会在背风面生成涡旋或强湍流，发生扬尘和风蚀；而开孔率较高的防风网，防风抑尘效果较差。防风网与料堆距离方面，过远不能起到遮蔽作用；但过近反而由于压力急速衰减在网后形成强度较大的涡旋，使起尘量加。因此一般情况，防风网高度宜取 1.1~1.5 倍的堆垛高度，且高出堆垛部分不应小于 1m；开孔率宜取 30%~40%；与料堆距离可控制在 1.0~1.5 倍堆高之内。

防风网的特点主要是一次投资，长期受益，维修管理费用低，但是初始投资很高，对于散货装卸工艺运行有一定影响，对于中国北方冰冻期长、缺水的港口的冬季防尘问题具有一定的针对性。

（2）堆场封闭技术（筒仓、条形仓）

受环境容量限制时，在满足防爆、防火、卫生等要求条件下，对于品种单一、堆存期短的货物可采用半封闭或封闭堆存方式。其中，条形仓是借鉴防风网抑尘机理的理论研究结果，当采用封闭式或半封闭式（顶部开条形窄口）等型式，有效抑制粉尘，条形仓的综合风速遮蔽效果为 1/2 左右，结合喷枪洒水，静态起尘抑尘率可达到 99%，可以保证堆场扬尘得到有效控制。但其也存在工程造价高、堆场利用率低的缺点。

随着国内外经济的发展，越来越多的储存散货由原来的露天散货堆场储存改为筒仓封闭储存，在储量相同的情况下，筒仓与堆场占地面积之比约为 2：3。通常情况下，筒仓的平面形状有正方形、矩形、多边形和圆形等。其中，圆形筒仓的仓壁受力合理，所以在基础设计与地基勘察时受到高度重视，应用相对经济的物料，应用范围比较广。

筒仓堆存具有结构简单、使用方便、可以彻底解决粉尘外溢的问

题的优点，但也存在工程造价高、煤炭自燃、冬季冻结出料困难、多煤种无法混堆、工人在筒仓内作业卫生条件差等问题，并需要布置倒仓皮带机，随时将筒仓中温度超限的煤炭转卸至露天堆场。

（3）堆垛表面苫盖

堆垛表面苫盖是干散货码头存放过程中较常使用的抑尘方式，散货堆场采用符合设计规范和环保要求的苫布或防水覆盖膜覆盖，可在一定程度上对散货颗粒与大气进行有效隔离，能够避免散货堆场受到大风造成的扬尘影响，防水覆盖膜也可同时防止大风和或降水对散货颗粒的影响，能够较大程度的避免粉尘的产生。

表面苫盖的特点主要是操作简单，适用于货堆存放静态抑尘，但是存在二次污染大的问题，同时易受外界影响造成老化破损且易存在一定的安全隐患，覆盖压实的特点主要是投资费用低、设置简单、抑尘效率高，主要应用于长期不使用的散货堆场。

（4）抑尘剂技术

抑尘剂主要是由高分子聚合物组合而成，聚合物分子间之间会形成网状结构，同时分子间存在各种离子集团，能与离子之间产生较强的亲和力。而抑尘剂能够分成生物药剂与化学的抑尘剂，其中，化学的抑尘剂包含凝聚剂、湿润剂与粘结剂 3 种；润湿剂可以加强粉尘湿润的能力，在小直径颗粒疏水性的粉尘防治中比较常用；生物药剂为生物纳膜的抑尘，能最大限度增加水分子的延展性，同时具备强点荷的吸附性，对人体和环境没有危害，能在一定时间内自行分解。此外，矿石的含水量越高，药剂的抑尘效果保持时间越长，虽然维持的时间长可以提高抑尘剂的抑尘效率，但是价格也会比较高。如果是小型料场，一般通过背负式的喷雾装置进行喷洒，大型堆料场可安装固定喷洒装置，也可用车载式或专业喷洒车进行喷淋。

抑尘剂抑尘的主要特点是对抑尘剂质量要求较高、抑尘效果受环境影响较大，投资成本及维修保养成本高、再投资费用高、技术经济综合效能一般。

（5）防风林带

在散货港区设置防风林带或绿化带，可以阻碍部分空气中的粉尘、降低散货堆场风速，减小产尘量。树种应选择速生高大、吸尘能力强、适应污染地区、成活率高的乔木、灌木等植被。

设置绿化带抑尘的主要特点是单独使用除尘效率低、设置简便、投资费用较低、可以兼顾厂区绿化美观等特点。

3.3.2. 湿法喷淋技术

湿法喷淋技术是散货码头最为经济的一种防尘手段，具有除尘效率高，操作简单，适用面广等特点，其具体形式分为堆场洒水喷淋、移动和定点式射雾器、高压雾化喷淋及洒水车路面增湿与洗轮机等。

（1）洒水喷淋

洒水喷淋主要作用在于增加煤炭、矿石、砂石料等散货表面含水率，同时尘粒与液滴之间的碰撞、拦截和凝聚的作用，使得该技术除尘效率较高，操作简单，易于自动化。洒水除尘系统根据用水点对水压的不同要求，又分为高压和中压除尘洒水两个系统，高压系统主要用于堆场除尘和消防用水，中压系统主要为堆取料设备、卸船设备提供喷洒除尘用水。洒水除尘系统由洒水管道、手动阀、电磁阀、止回阀、过滤器、流量计、电加热带和保温结构、洒水喷嘴组组成。通常洒水喷淋能够分为定点手动或自动喷洒、机械或人工流动喷洒等。定点手动或自动喷洒主要用于大型堆场、装卸作业皮带机转运点等产尘点，主要特点有初次投资较高、操作方便，在冬季冷冻期较长、温度低的港口使用时，管道中水容易结冰，影响使用；机械或人工流动喷

洒使用方便，除尘效率低，自动化程度不高，对大面积散货堆场及皮带机转运点的喷洒抑尘显得不适宜。

对散货堆场洒水喷淋过量时，可能会产生堆场径流雨污水，从而造成一定的水环境二次污染问题。而在夏冬季节天气干燥时，水分蒸发较快，每天需进行多次洒水，对于水资源保护和贯彻绿色可持续发展理念存在一定的问题。

（2）射雾器

射雾器将水通过高压或超声波雾化成与粉尘大小相同的水雾，由于水雾的直径比较小，使水雾总体接触面变大，从而更易于接触在空气中运行的粉尘颗粒，而被湿润的粉尘颗粒在下降过程还会继续粘附其他粉尘颗粒，使得粉尘颗粒团变大而沉降。该方法主要被应用于露天或封闭料仓内的散货堆场。

在进行汽车装、卸车作业时，宜配备移动式远程射雾器对装卸点进行喷雾抑尘，并配备车辆冲洗点，在上路前对车辆的车轮、车架等重点部位进行冲洗。同时，移动式远程射雾器也是堆场堆料、取料时抑制起尘的重要补充手段。研究表明，当粉尘遇到雾滴时，若雾滴大小与粉尘颗粒相同，其抑尘效果越好。通常在汽运作业中悬浮于空气的粉尘颗粒粒径一般小于 $100\ \mu\text{m}$ ，但射雾机雾滴粒小于 $100\ \mu\text{m}$ 时，水分蒸发又很严重，会影响抑尘效果。因此，射雾机产生的雾滴颗粒直径宜小于 $150\ \mu\text{m}$ 。

射雾器的主要特点有初次投资费用高、操作方便、受自然条件影响较大，如出现大风等恶劣天气，会直接影响喷雾的实际效果。

3.3.3. 干雾抑尘技术

干雾抑尘技术被广泛应用于散货码头局部环节除尘，近年来专家学者对于干雾抑尘技术进行了充分的研究，通过相关文献结果表明与

传统单一的喷洒水相比，该技术具有除尘效果显著、节约水资源的优势，在散货码头封闭或半封闭设施局部环节除尘逐步取代了普通水喷雾喷洒水抑尘技术，广泛应用于翻车机房、转接塔落料口、卸船机落料斗等环节。

在实际应用中，以装卸设备为例，早期多采用普通水喷雾抑尘技术，存在普通水喷雾抑尘耗水量大，会使煤炭含水率增加较多，不能适应用户对含水率的要求；在北方冬季采用水喷雾抑尘技术会使煤炭结冰结块，影响输煤系统正常运行；水喷雾抑尘技术产生的水雾颗粒较大，不能很好地与粉尘结合，因此抑尘效率低，抑尘效果差。根据国内相关研究，水压力越大降尘效率越高，对于较大的粉尘颗粒（ $dp \geq 5 \mu m$ ）：1MPa 水压下的抑尘效率最大是 30%。而港内供水压力一般为 0.3~0.4MPa，降尘效率很低。近年来，水喷雾抑尘技术正逐步被干雾抑尘技术、高压微雾抑尘技术所取代。

干雾除尘系统由数组喷雾喷嘴、微米级干雾机、储气罐、空压机和电控系统、水气管道系统等组成；相较于用普通水雾抑尘，干雾抑尘技术利用微米级干雾抑尘装置通过高频声波将水高度雾化，形成上千上万个 1-10 μm 大小的水雾颗粒，水雾颗粒喷射到粉尘发生点，将粉尘颗粒包围使粉尘颗粒聚结而坠落，从而达到抑尘目的。干雾抑尘技术处理的主要对象是 150 μm 以下的粉尘颗粒，特别是直径 10 μm 以下的可吸入性粉尘颗粒。微米级干雾抑尘系统具有以下优点：（1）在污染的起尘点源头进行粉尘治理；（2）对 10 μm 以下可吸入性粉尘抑尘效率高达 96%以上，从而避免尘肺病危害；（3）与传统除尘系统比，设备投入少，操作方便，全自动控制，占地面积小，物料含水量几乎不增加，无二次污染；（4）除尘系统耗水量小，耗水量不到喷水抑尘用水量的 1/10；（5）冬季冰点以下仍可正常使用；（6）大大降

低粉尘爆炸几率（降低粉尘浓度、降低引爆温度）。但其也存在对运行环境和条件的要求苛刻、对产尘处的密闭要求高，对水质的要求高，水质不好时喷嘴易堵，电伴热系统易发生故障，维修量大，维修清洗困难，调解不好会产生飘雾，甚至冬季结冰，造成安全隐患，影响安全运行等缺点。

高压微雾抑尘技术近年来也得到了应用，利用水在高压下抑尘效率高的特点进行抑尘，根据国内相关研究，水喷雾抑尘效率，3MPa水压可以达到60%，6MPa是80%，而要达到90%的降尘效率需要的供水压力是9MPa。通常将水加压到7MPa以上，抑尘效率在85%以上，与普通水喷雾抑尘技术相比，具有抑尘效率高、耗水量低、运行费用低等优点。

3.3.4. 干式除尘技术

干式除尘技术主要应用于散货码头相对封闭的设施内部除尘，比较常见的是布袋与静电除尘技术，投资建设费用较高，随着干雾抑尘技术的日趋成熟，干式除尘技术在散货码头的应用也越来越少。

密闭与除尘器的除尘体系主要是指带式传输机设置密封罩，带式输送机转运站设置导料槽、密封罩、防尘帘及采用干式除尘装置。设置密封罩是保证除尘系统运行良好的关键，同时可以在转运落差较高处设置缓冲装置，减少转运落差高度过高产生较大的除尘量。

密闭+除尘器抑尘系统的特点主要有防治效率高、操作复杂、投资高、维护保养成本较高，主要用于不能洒水增湿的物料（如水泥等）皮带机转接点的除尘。

3.3.5. 干、湿扬尘防治技术参数情况

通过广泛的数据调研及文献查阅，对于湿法除尘中的湿式除尘技术、干雾抑尘技术和干法除尘技术中的布袋除尘技术、静电除尘技术

的主要参数和各项指标进行比较见下表。

表 5.2-1 除尘技术参数比较

类型	湿式除尘	干雾除尘	布袋除尘	静电除尘
环保效果	易引起二次污染	无二次污染	一般	一般
除尘效率	一般	较高	较高	较高
安装成本	较低	一般	一般	较高
设备占地	面积小	面积小	面积大	面积大
耗水费用	耗水	较节约	无	无
耗电费用	较低	一般	一般	较高
维修费用	一般	较低	较高	较高
操作人工费用	一般	自动控制	较高	一般

由参数比较可知，相较于湿法除尘，干法除尘的各项技术指标均不能达到最优，所以干法除尘仅适用于特定条件的使用，结果表明，湿法抑尘中的干雾除尘的使用效果优于其他的除尘技术，特别是在除尘效率方面，这也是近年来干雾抑尘技术的使用范围逐渐增大的主要原因。

单一从技术角度考虑，大部分扬尘控制措施的技术趋于成熟，但是存在大多数企业的扬尘污染防治措施局限于采用防尘网覆盖、用洒水车洒而依据干散货码头实际情况从多角度进行综合选择成为关键。码头扬尘污染控制是一类典型的多目标决策问题，需要对众多方案的性能进行系统绩效评估。

4. 标准制定的主要内容

4.1. 标准适用范围

通过对我国港口干散货码头扬尘污染防治技术的资料收集及文献查询，将各生产单元废气产排污环节、污染物种类、排放形式及主要采用的污染防治技术进行整理汇总，结合港口干散货码头扬尘污染防治技术，分析结论得出当前干散货码头扬尘污染防治类型主要为湿

式除尘/抑尘技术、干式除尘技术、封闭措施、防风抑尘、覆盖措施五大类，根据废气产生特点采取有针对性的治理方式，主要汇总如下表：

表 4.1-1 干散货码头废气产排污环节、污染物种类、排放形式、主要污染防治技术汇总表

生产单元及工艺		生产设施	产排污环节	污染物种类	排放形式	可行技术
泊位	装船	散货连续装船机	装船作业	颗粒物	无组织	封闭 ^a 、湿式除尘/抑尘 ^b
	卸船	桥式抓斗卸船机、链斗式连续卸船机	卸船作业	颗粒物	无组织	封闭、湿式除尘/抑尘
		其他卸船设备	卸船作业	颗粒物	无组织	封闭、湿式除尘/抑尘
堆场	储存	露天堆场	堆存作业	颗粒物	无组织	防风抑尘 ^c 、湿式除尘/抑尘、覆盖 ^d
		条形仓/筒仓/球形仓	堆存作业	颗粒物	无组织/有组织	湿式除尘/抑尘、干式除尘 ^e
	堆取料	堆料机、斗轮取料机、斗轮堆取料机	堆取作业	颗粒物	无组织	封闭、湿式除尘/抑尘
		其他堆取料设备	堆取作业	颗粒物	无组织	封闭、湿式除尘/抑尘
输送系统	卸车	翻车机	卸车作业	颗粒物	无组织/有组织	封闭、湿式除尘/抑尘、干式除尘
		其他卸车设施	卸车作业	颗粒物	无组织	封闭、湿式除尘/抑尘、干式除尘
	装车	装车楼	装车作业	颗粒物	无组织/有组织	封闭、湿式除尘/抑尘、干式除尘
		装车机	装车作业	颗粒物	无组织	封闭、湿式除尘/抑尘、干式除尘
		抓斗起重机、装载机等	装车作业	颗粒物	无组织	湿式除尘/抑尘
	输送	转运站	转运作业	颗粒物	无组织/有组织	封闭、湿式除尘/抑尘、干式除尘

		带式输送机	转运作业	颗粒物	无组织	封闭、湿式除尘/抑尘
		自卸机车等	转运作业	颗粒物	无组织	封闭、湿式除尘/抑尘
注： ^a 封闭包括皮带机防护罩/廊道、导料槽、密闭罩、防尘帘、防风板、车厢封闭/覆盖等污染防治设施。 ^b 湿式除尘/抑尘包括水雾、干雾、喷枪洒水、高杆喷雾、远程射雾器、洒水车、水力冲洗等污染防治设施。 ^c 防风抑尘包括防风抑尘网、挡风围墙、防护林等污染防治设施。 ^d 覆盖包括喷洒抑尘剂、苫盖等污染防治设施。 ^e 干式抑尘包括布袋除尘、静电除尘、微动力除尘等污染防治设施。						

本技术指标体系应用范围主要适用于该五大类扬尘治理技术，同时根据对目前相关扬尘管控政策及常用污染防治技术进行可行性研究，将五大类扬尘治理技术进一步细化为子技术领域，确定应用范围如下图：

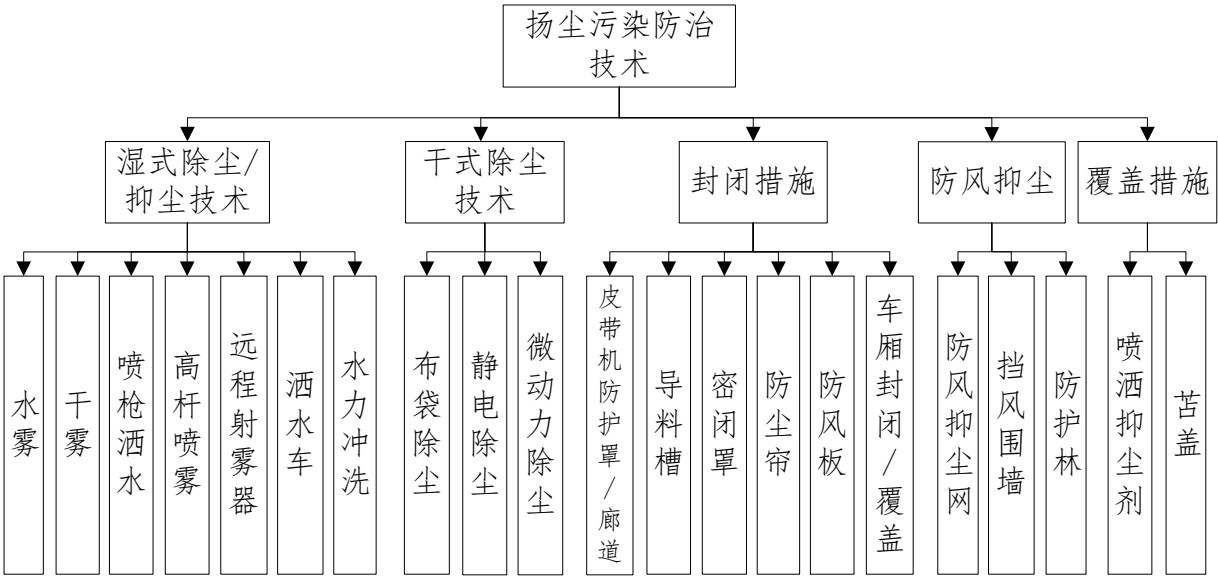


图 4.1-1 扬尘污染防治技术绩效评估指标体系标准适用范围

4. 2. 规范性引用文件

扬尘污染防治技术绩效评估指标体系团体标准主要适用于码头各作业环节所采用的不同治理技术，适用范围涵盖 HJ 1107 中所涉及的污染防治技术，使干散货码头能够满足 GB 16297 中最大排放限值的要求。

同时，指标体系指标的选取和权重的确定充分吸取 JTS 156 和 JTS 149 中关于码头单位相关扬尘污染防治方面的具体要求。

4.3. 术语和定义

本标准对干散货码头、码头扬尘、层次分析法等 3 个术语进行了定义。

干散货码头指装卸、转运煤炭、金属矿石、非金属矿石、水泥、粮食、矿建材料等干散货货物的码头，包括专业化干散货码头（煤炭、矿石）与通用散货码头。

码头扬尘指码头各工业料堆（如煤堆、沙石堆以及矿石堆等）由于堆积、装卸、传送等操作以及风蚀作用等造成的扬尘。

层次分析法指将与评估有关的元素分解成目标、准则、方案等层次，在此基础上进行定性和定量分析的评估方法。

4.4. 基本原则

干散货码头扬尘污染防治技术绩效评估指标体系构建原则应具有充分的科学依据，以量化的形式恰当反映评估对象不同评价指标的特性，以便于对扬尘污染治理技术做出客观的评估，避免人为或主观的影响；充分考虑不同生产作业环节所涉及的扬尘污染治理技术种类，并在构建指标体系过程确保评价指标适用于不同治理技术，同时使指标体系对每一个评估对象都是公平可比的；在确定指标体系评价指标时，应尽量减少定性指标的使用，增加定量指标的配置，同时指标应符合客观实际，数据来源要选择易于获取、统计流程规范、统计口径，以便于后期整理计算；在指标的选用过程中，需要尽可能地选用独立性较强的指标，指标间保证信息独立、不重叠，从而增加评估的准确性和科学性；避免选择不能直接衡量扬尘污染治理技术优劣性的指标。同时指标体系内容不宜变动过多、过频，应保持其相对稳定

性。

指标体系权重应客观反映各指标对综合指标值的贡献，在进行权重计算过程中时，应考虑不同指标对扬尘污染治理的客观影响，尽量减少主观因素影响；要以整体相关性和最优化作为最终目标，对评估指标体系中各项指标进行分析比对，权衡他们各自对整体的作用和影响，然后对重要性作出判断，在确定权重过程中，既不能平均分配，又不能片面强调某个指标、单个指标最优化，而忽略其他方面的发展；通过对评估指标体系指标权重结果由高到低、由宏观到微观进行综合排序，使各层级指标权重表达结果具有一定的层次性，层次单排序与层次综合排序结果应与实际情况相符合，并且能够直观反映各评价指标在整体评估指标体系中的影响程度。

4.5. 评估指标体系

4.5.1. 结构模型及框架

基于评估指标体系构建基本原则，采用层次分析法将扬尘污染防治技术绩效评估指标体系按照“目标层-准则层-要素层-指标层”四层级构建。

第一层为目标层（A），即扬尘污染防治技术绩效评估。

第二层为准则层（B），对于企业扬尘污染防治技术水平的综合评估，需要以环境水平作为第一要素，结合企业成本投入，将污染防治效果与企业经济发展相适应，同时还应考虑到污染防治技术在企业实际应用过程中的技术可行性，按照指标体系适用范围，拟设置环境指标、经济指标、技术指标三个不同方面进行评价，通过评估结果来判断扬尘污染防治技术的应用效果和优化提升方向，使企业在提高污染防治水平的同时，对经济、技术水平进行综合评估。

第三层为要素层（C），要素层通过将准则层进一步细化，更多

角度、全方位的对污染防治技术水平深入评估。环境指标方面，通过对评价范围内治理技术进行充分调研，确定将抑尘效果作为最直接和最主要的评价指标，同时将污染防治技术可能带来的二次污染纳入评价体系，结合当前国家“碳达峰、碳中和”工作要求，最终确定抑尘效果、二次污染、碳排放影响三个方面作为要素层指标；经济指标方面，企业环境水平提升改造势必会造成环境投资的增加，同时也会为企业带来间接的环境收益，所以通过技术成本、技术收益两个方面作为要素层评价指标；技术指标方面，通过调研结果显示，不同扬尘治理技术在实际运行过程中，安全性、治理稳定性、可操作性存在较大差异，并且可直接影响到企业的扬尘污染防治技术水平，综合考虑污最终确定技术可靠性、技术实操性体现技术指标两个方面作为要素层指标。

第四层为指标层（D），是用来评估扬尘污染治理技术综合水平的具体表现，结合当前扬尘治理技术发展情况，对各要素层指标进一步细化为多维度具体评价指标。综合各层次架构及指标初步构建指标体系框架如下图：

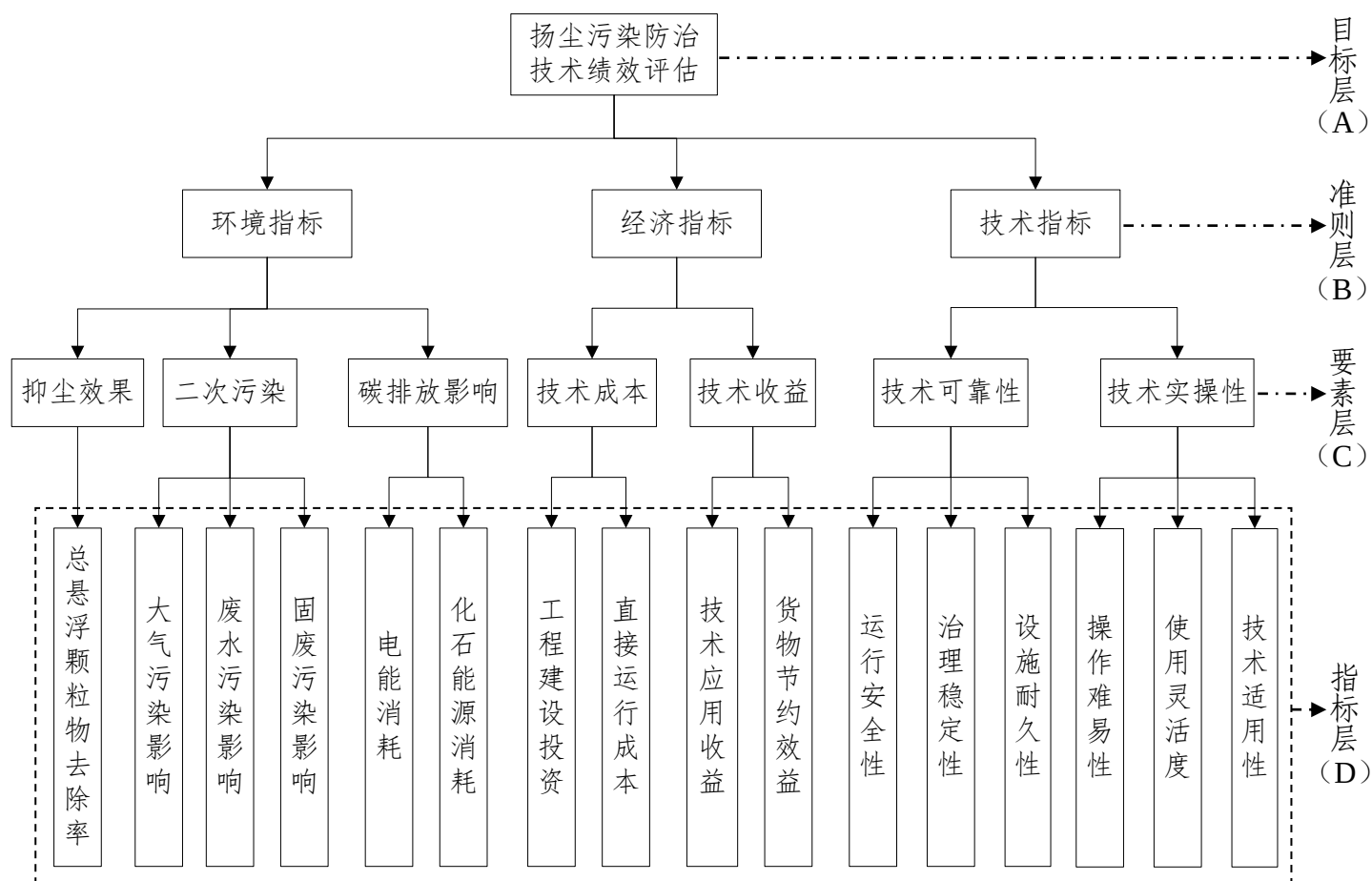


图 4.5-1 扬尘污染防治技术绩效评估指标体系框架

4.5.2. 指标层指标定义

指标层指标是综合评估扬尘污染防治技术绩效水平的重要体现，在设置指标层评价指标时，需全面考虑评估指标体系应用范围内的各种扬尘污染防治技术，使评估指标体系能够顺利的适用于企业的各个生产环节治理技术，指标体系实际应用于企业主要是通过各指标层指标以定性或定量的方式进行数据获取，通过将数据无量化的方式，综合进行得分，从而获得综合评价结果，各层次指标及指标层指标定义如下表：

表 4.5-1 各层次指标及指标层指标定义

目标层A	准则层B	要素层C	指标层D	指标层定义
扬尘污染防治	环境指标 (B ₁)	抑尘效果 (C ₁)	总悬浮颗粒物去除率 (D ₁)	主要指通过现场实际检测除尘前后总悬浮颗粒物排放浓度，确定除尘技术总悬浮颗粒物去除率。

技术绩效评估 (A)		二次污染 (C ₂)	大气污染影响 (D ₂)	污染治理设施运行过程中化石能源使用所产生的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等大气污染物排放情况。
			废水污染影响 (D ₃)	各种湿法除尘过程中产生的冲洗废水产生情况, 可通过废水统计数据或根据生产环节扬尘污染治理设施用水量折算。
			固废污染影响 (D ₄)	利用干式除尘、覆盖等扬尘或其他有易耗品更换的治理措施所带来的固废二次污染。
		碳排放影响 (C ₃)	电能消耗 (D ₅)	主要污染治理设施所使用的电机或除尘器功率和工作时长折算出除尘设施运行过程中所消耗的电能情况。
			化石能源消耗 (D ₆)	指雾炮车、洒水车或其他除尘机械在运行过程中所消耗的石油、柴油等化石能源的量。
	经济指标 (B ₂)	技术成本 (C ₄)	工程建设投资 (D ₇)	指采用治理措施的一次性建设投资费用 (包括土地费用、土建费用和设备购置、设备安装及其他费用), 可按电耗折算值表示。
			直接运行成本 (D ₈)	指采用治理措施年直接运行成本 (包括水、电、耗材、人工和其他费用), 可按电耗折算值表示。
		技术收益 (C ₅)	技术应用生产收益 (D ₉)	指采用不同治理技术, 直接导致的生产作业环节的工作效率, 一般可按照采用不同治理技术完成同一作业所需时间表示。
			货物节约效益 (D ₁₀)	根据干散货储存量, 利用煤炭装卸煤粉尘排污系数计算出不同治理技术可节约货物所带来的经济效益。(参照《排污申报登记实用手册》“煤炭堆存、装卸系数”)
	技术指标 (B ₃)	技术可靠性 (C ₆)	运行安全性 (D ₁₁)	一般指扬尘污染防治设施在实际运行中的安全性或可能造成安全生产事故的概率。
			治理稳定性 (D ₁₂)	根据检测情况分析治理设施污染物削减率的稳定程度。
			设施耐久性 (D ₁₃)	一般指扬尘污染防治设施在实际应用过程中的使用寿命或配件易耗程度。
		技术实操性 (C ₇)	操作难易度 (D ₁₄)	定性指标, 一般通过文献资料、工作经验或专家评估方法确定扬尘污染防治设施实际操作难易程度。

			使用灵活度 (D ₁₅)	定性指标，一般指污染防治技术在实际应用过程中在同一作业环节不同作业点位间的操作灵活度。
			技术适用性 (D ₁₆)	定性指标，主要指技术在不同使用场景的实际应用性，例如季节影响、气候影响或货物种类影响等。

4.5.3. 判断矩阵构建

使用1-9标度法，分别对准则层、要素层、指标层各指标两两进行性对重要程度分析，建立判断矩阵。其中 a_{ij} 表示要素i与要素j之间重要度的比较，并且有 $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ 成立。给出了各因素间重要性比例标度表如下：

表4.5-2 标度对照表

标度	含义
1	表示两个元素对比，具有同样的重要性
3	表示两个元素对比，前者比后者稍微重要
5	表示两个元素对比，前者比后者明显重要
7	表示两个元素对比，前者比后者非常重要
9	表示两个元素对比，前者比后者极端重要
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若元素i与元素j的重要性之比则为 a_{ij}
	若元素j与元素i的重要性之比则为 $\frac{1}{a_{ij}}$

4.5.4. 权重计算

根据各层指标体系判断矩阵，进行归一化处理，再进行特征根及特征向量的计算，计算公式如下：

$$W_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}, \quad i=1,2, \dots, n \quad (\text{公式 1})$$

式中： W_i 为各层级矩阵的特征向量；

a_{ij} 为各层级判断矩阵标度值。

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} \quad (\text{公式 2})$$

式中： $\lambda_{\max}$ 为最大特征根；

A 为各层级判断矩阵。

4.5.5. 一致性检验

(1) 层次单排序一致性检验

基于最大特征值计算判断矩阵的一致性指标 CI，基于一致性指标 CI 计算一致性比率 CR，若 $CR < 0.1$ ，则一致性检验通过，否则应重新调整判断矩阵取值，计算公式如下：

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (\text{公式 3})$$

式中： CI 为判断矩阵一致性指标；

CR 为一致性比率。

(2) 层次总排序一致性检验

基于各层次特征向量与一致性指标 CI 计算要素层、指标层层次总排序一致性比率 CR，若 $CR < 0.1$ ，则一致性检验通过，否则应重新调整判断矩阵取值，计算公式如下：

$$CR = \frac{\sum_{i=1}^n W_i CI_i}{\sum_{i=1}^n W_i RI_i} \quad (\text{公式 4})$$

式中： W_i 为各层级矩阵的特征向量，即各因素的相对权重；

a_{ij} 为各层级判断矩阵标度值。

表 4.5-3 随机一致性指标 RI 数值

阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

4.5.6. 各层次权重值及一致性检验

4.5.6.1. 准则层权重值及一致性检验

通过对扬尘污染防治技术相关文献资料调查，结合以往工作经验和企业发展实际情况，利用标度法构建 A 指标准则层判断矩阵。环

境指标是扬尘污染防治技术绩效评估中最重要的评价指标，经济指标虽会对企业自身的投资成本有直接影响，但是要以环境指标为前提，良好的环境治理效果能够减轻企业的多余改造成本支出，同时技术指标可以反映经济指标的投入效果，技术应用效果可决定企业后期运行成本起到关键作用，所以按照优先等级应为环境指标明显重要于经济指标、稍微重要于技术指标，技术指标略明显重要于经济指标。

按照公式 1、公式 2、公式 3 分别计算各指标权重值（W）并经过一致性检验通过，各计算结果如下表：

表 4.5-4 A 指标准则层判断矩阵、权重值及一致性检验结果

A	B ₁	B ₂	B ₃	W	$\lambda_{\max}$	CI	RI	CR	一致性
B ₁	1	5	3	0.626	3.086	0.043	0.58	0.074	CR < 0.1
B ₂	1/5	1	1/4	0.094					
B ₃	1/3	4	1	0.28					

4.5.6.2. 要素层权重值及一致性检验

通过对扬尘污染防治技术相关文献资料调查，结合以往工作经验和企业发展实际情况，利用标度法构建 B₁ 指标要素层判断矩阵。环境指标层下最主要的评价指标为抑尘效果，同时还应考虑到扬尘污染防治技术的应用所带来的二次污染，随着“碳达峰、碳中和”工作任务的持续推进，作为重要的港口码头企业，碳排放影响也应作为重点评价指标，所以按照优先等级应为抑尘效果稍微重要于二次污染、碳排放影响，碳排放影响略重要于二次污染。

按照公式 1、公式 2、公式 3 分别计算各指标权重值（W）并经过一致性检验通过，各计算结果如下表：

表 4.5-5 B₁ 指标要素层判断矩阵、权重值及一致性检验结果

B ₁	C ₁	C ₂	C ₃	W	$\lambda_{\max}$	CI	RI	CR	一致性
C ₁	1	3	3	0.594	3.054	0.027	0.58	0.046	CR < 0.1
C ₂	1/3	1	1/2	0.157					

C ₃	1/3	2	1	0.249					
----------------	-----	---	---	-------	--	--	--	--	--

B₂、B₃ 指标要素层下仅有两个指标，将这两个指标构建成二阶判断矩阵，二阶矩阵具有一致性所以不用进行一致性检验，经济指标下的技术成本是企业提升环境治理水平时考虑的重点，技术收益主要为扬尘污染防治技术实际应用后带来的附属效果，所以按照优先等级应为技术成本略明显重要于技术收益；技术能够直接影响扬尘污染防治设施的运行效果和治理效率，操作的难易程度也是技术选取的重点因素，但是相较于可靠性优先程度略低，所以按照优先等级应为可靠性明显重要于难易度，判断矩阵及权重值（W）如下表：

表 4.5-6 B₂ 指标要素层判断矩阵、权重值

B ₂	C ₄	C ₅	W
C ₄	1	4	0.8
C ₅	1/4	1	0.2

表 4.5-7 B₃ 指标要素层判断矩阵、权重值

B ₃	C ₆	C ₇	W
C ₆	1	5	0.833
C ₇	1/5	1	0.167

4.5.6.3. 指标层权重值及一致性检验

通过对扬尘污染防治技术相关文献资料调查，结合以往工作经验和企业实际发展情况，利用标度法构建 C₂、C₆、C₇ 指标层判断矩阵。综合考虑不同治理技术的实际应用，一般二次污染中固体废物所带来的收集、处理问题较为明显，一般为委托外部单位进行处理，会对环境造成一定影响同时增加企业运行成本，废水一般多为企业自行处理后排放或回用于日常生产，二次废气环境污染现状情况一般无需特别治理，所以按照优先等级应为固废影响稍重要于二次废影响气、略重要于废水影响，废水影响略重要于二次废气影响；运行安全性作为企

业日常生产过程中较重要指标，按照略明显重要于设施耐久性、稍重要于治理稳定性标度取值，治理稳定性作为保障污染治理效果稳定的重要前置条件，按照略重要于设施耐久性标度取值；操作难易度能够直观体现扬尘污染技术的实操性，按照略重要于使用灵活度、技术适用性标度取值，技术适用性能够客观评价扬尘污染防治技术在不同使用场景下的适用程度，按照略重要于使用灵活度标度取值。

按照公式 1、公式 2、公式 3 分别计算各指标权重值（W）并经过一致性检验通过，各计算结果如下表：

表 4.5-8 C₂ 指标层判断矩阵、权重值及一致性检验结果

C ₂	D ₂	D ₃	D ₄	W	$\lambda_{\max}$	CI	RI	CR	一致性
D ₂	1	1/2	1/3	0.163	3.009	0.005	0.58	0.008	CR < 0.1
D ₃	2	1	1/2	0.297					
D ₄	3	2	1	0.54					

表 4.5-9 C₆ 指标要素层判断矩阵、权重值及一致性检验结果

C ₆	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	W	$\lambda_{\max}$	CI	RI	CR	一致性
D ₁₁	1	3	4	0.625	3.018	0.009	0.58	0.016	CR < 0.1
D ₁₂	1/3	1	2	0.238					
D ₁₃	1/4	1/2	1	0.136					

表 4.5-10 C₇ 指标要素层判断矩阵、权重值及一致性检验结果

C ₇	D ₁₄	D ₁₅	D ₁₆	W	$\lambda_{\max}$	CI	RI	CR	一致性
D ₁₄	1	2	2	0.493	3.054	0.027	0.58	0.046	CR < 0.1
D ₁₅	1/2	1	1/2	0.196					
D ₁₆	1/2	2	1	0.311					

C₁ 指标层仅有一个指标，指标权重为 1；C₃、C₄、C₅ 指标层下仅有两个指标，将这两个指标构建成二阶判断矩阵，二阶矩阵具有一致性所以不用进行一致性检验，电能消耗为碳排放影响最直观的体现，结合企业生产实际，部分扬尘污染防治技术所消耗的电能为化石能源转换而来，所以按照优先等级应为电能消耗略重要于化石能源消耗；

工程建设投资为一次性投入，直接运行成本为长期性投入，企业在选取污染防治技术时，应将污染防治技术所带来的长期影响作为评估的重点要素，所以按照优先等级应为直接运行成本稍重要于工程建设投资；技术应用生产收益主要是针对采用评估治理技术后，企业在货物吞吐量上的直观变化和经济收益带来的直接影响，货物节约效益为污染防治技术应用所带来的附属影响，所以按照优先等级应为技术应用生产收益略明显重要于货物节约效益，判断矩阵及权重值（W）如下表：

表 4.5-11 C₃ 指标要素层判断矩阵、权重值

C ₃	D ₅	D ₆	W
D ₅	1	2	0.667
D ₆	1/2	1	0.333

表 4.5-12 C₄ 指标要素层判断矩阵、权重值

C ₄	D ₇	D ₈	W
D ₇	1	1/3	0.25
D ₈	3	1	0.75

表 4.5-13 C₅ 指标要素层判断矩阵、权重值

C ₅	D ₉	D ₁₀	W
D ₉	1	4	0.8
D ₁₀	1/4	1	0.2

4.5.6.4. 层次总排序一致性检验

对要素层、指标层进行层次总排序一致性检验，根据公式 4 计算汇总结果如下表：

表 4.5-14 要素层、指标层一致性检验结果

层次	$\sum_{i=1}^n W_i C I_i$	$\sum_{i=1}^n W_i R I_i$	CR	一致性
要素层 C	0.0133	0.2859	0.0466	CR < 0.1
指标层 D	0.0118	0.2251	0.0523	CR < 0.1

4.5.7. 层次权重综合排序

通过对各层次单排序、总排序权重进行计算并通过一致性检验，得到重要程度排序：

（1）准则层重要程度依次为：环境指标（0.493）> 技术指标（0.311）> 经济指标（0.196）；

（2）要素层重要程度依次为：抑尘效果（0.293）> 技术可靠性（0.259）> 技术成本（0.157）> 碳排放影响（0.123）> 二次污染（0.077）> 技术实操性（0.052）> 技术收益（0.039）；

（3）指标层重要程度依次为：总悬浮颗粒物去除率（0.293）> 运行安全性（0.162）> 直接运行成本（0.118）> 电能消耗（0.082）> 治理稳定性（0.062）> 固废污染影响（0.042）> 化石能源消耗（0.041）> 工程建设投资（0.039）> 设施耐久性（0.035）> 技术应用生产收益（0.031）> 操作难易性（0.026）> 废水污染影响（0.023）> 技术适用性（0.016）> 大气污染影响（0.013）> 使用灵活度（0.01）> 货物节约效益（0.008）。

各层次单排序权重、总排序权重结果表达汇总如下表：

表 4.5-15 层次单排序权重、层次总排序权重结果表达

目标层 A	准则层 B	权重	要素层 C	单排序权重	总排序权重	指标层 D	单排序权重	总排序权重
扬尘污染防治技术绩效评估 (A)	环境指标 (B ₁)	0.493	抑尘效果 (C ₁)	0.594	0.293	总悬浮颗粒物去除率 (D ₁)	1	0.293
			二次污染 (C ₂)	0.157	0.077	大气污染影响 (D ₂)	0.163	0.013
						废水污染影响 (D ₃)	0.297	0.023
						固废污染影响 (D ₄)	0.54	0.042

		碳排放影响 (C ₃)	0.249	0.123	电能消耗 (D ₅)	0.667	0.082
					化石能源消耗 (D ₆)	0.333	0.041
	经济指标 (B ₂)	技术成本 (C ₄)	0.8	0.157	工程建设投资 (D ₇)	0.25	0.039
					直接运行成本 (D ₈)	0.75	0.118
		技术收益 (C ₅)	0.2	0.039	技术应用生产收益 (D ₉)	0.8	0.031
					货物节约效益 (D ₁₀)	0.2	0.008
	技术指标 (B ₃)	技术可靠性 (C ₆)	0.833	0.259	运行安全性 (D ₁₁)	0.625	0.162
					治理稳定性 (D ₁₂)	0.238	0.062
					设施耐久性 (D ₁₃)	0.136	0.035
		技术实操性 (C ₇)	0.167	0.052	操作难易度 (D ₁₄)	0.493	0.026
					使用灵活度 (D ₁₅)	0.196	0.01
					技术适用性 (D ₁₆)	0.311	0.016

4. 6. 评估方法

通过线性无纲量化方法对技术指标实际数据进行归一化处理，具体应用无纲量化方法中的最大值法分别对正向影响指标（总悬浮颗粒物、技术应用生产收益、货物节约效益、治理稳定性、操作难易度）、

负向影响指标（大气污染影响、废水污染影响、固废污染影响、电能消耗、化石能源消耗、工程建设投资、直接运行成本、运行安全性、设施耐久性）进行计算，将评估选取的多个污染防治技术中指标最优数值假定为该评价指标标杆值，以消除主观判断影响，客观的对不同污染防治技术进行有效对比，计算公式如下：

正向影响指标：

$$y_i = \frac{X_i}{M_{xi}} \quad (\text{公式 5})$$

负向影响指标：

$$y_i = \frac{M_{xi}}{X_i} \quad (\text{公式 6})$$

式中： y_i 为归一化后指标 i 距离标杆值的距离；

x_i 为评价指标 i 的实际数据；

M_{xi} 为评价指标 i 的标杆值。

4.7. 评估结果表达

综合评估结果分为两种表达形式，其中准则层指标采用三维坐标系表达，将环境指标、经济指标、技术指标三个维度的数值以（ x ， y ， z ）坐标表示，通过三维空间将评估结果可视化，得到各评估指标综合情况；要素层指标采用雷达图表达，将抑尘效果、二次污染、碳排放影响、技术成本、技术收益、可靠性、难易性七个评价指标通过雷达图表示，直观得到每一指标基本情况。表达方式框架图如下：

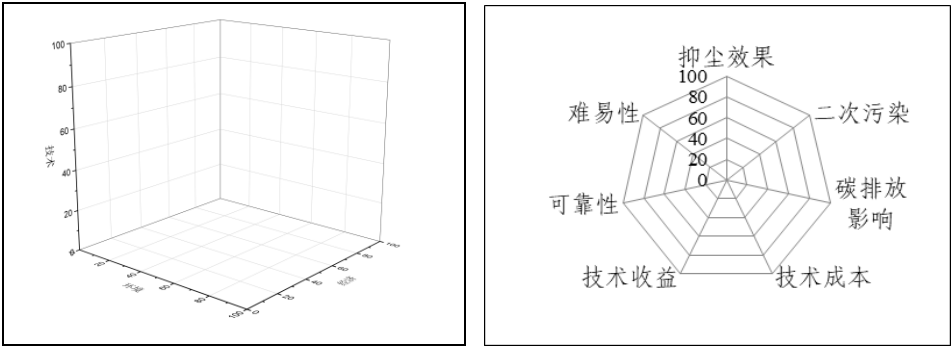


图 4.7-1 综合评估结果表达框架

5. 企业实际应用情况

5.1. A 干散货码头应用情况

5.1.1. 评估对象

拟将绩效评估指标体系应用于 A 干散货码头在对焦炭利用装载机装车过程中所使用的移动式雾炮抑尘措施、固定式雾炮抑尘措施、装载机干雾抑尘一体措施三种技术，通过调查三种技术在各评估指标下不同数值，应用绩效评估指标体系计算模型，综合分析三种扬尘污染防治技术在实际使用中的相对合理性和适用性。评估对象如下：

表 5.1-1 评估对象情况

评估作业环节	装车作业
作业设备	装载机
评估扬尘污染防治措施	移动式雾炮抑尘措施
	固定式雾炮抑尘措施
	装载机干雾抑尘一体措施

5.1.2. 评估技术简介

5.1.2.1. 移动式雾炮抑尘措施

A 码头移动式雾炮主要通过柴油驱动电机将水雾化的形式，作业过程采用叉车进行移动，人工进行设备的开启与关闭，能够有效减少装车过程中的扬尘污染，具有治理效率高的特点，同时受外界气候环境影响较大，是日常装卸过程使用较为常见的污染防治措施。

5.1.2.2. 固定式雾炮抑尘措施

与移动式雾炮相比，固定式雾炮机固定在平台、塔架等位置，根据现实需要，对粉尘源头进行定点喷雾，固定式雾炮主要特点在于可将其固定在塔架上，增加了雾炮机的高度，扩大远程射雾器除尘范围，更好捕捉漂浮在上空灰尘，增加了除尘效果，强化了在面积较大的使用场景中的功效，由于不可移动，使用灵活度欠佳，同时受自然条件影响较大。

5.1.2.3. 装载机干雾抑尘一体措施

装载机干雾抑尘一体措施主要是将干雾抑尘装置安装于装载机作业铲斗内沿,通过电控系统,在进行装卸作业时自动开启干雾抑尘,达到边作业边治理的效果,有效的将污染防治措施迁移,能够对起尘源头进行有效控制,相较于普通移动式雾炮,操作更为简单,具有治理效率高、使用过程耗水少的特点,同时存在对运行环境和条件的要求苛刻、对产尘处的密闭要求高,对水质的要求高,水质不好时喷嘴易堵,电伴热系统易发生故障,维修量大,维修清洗困难,调解不好会产生飘雾,甚至冬季结冰,造成安全隐患,影响安全运行等缺点。

5.1.3. 评估指标数值获取

根据评估指标体系,分别对 A 码头所采用的移动式雾炮抑尘措施、固定式雾炮抑尘措施、装载机干雾抑尘一体措施相关指标进行数据获取,保证评价过程中各指标前提情况相对统一,且适用于企业实际情况,有针对性的设置调查信息,具体调查信息及数据获取情况如下表:

表 5.1-2 评估污染防治措施指标数据调查

评估技术 指标名称	移动式雾炮抑尘措施	固定式雾炮抑尘措施	装载机干雾抑尘一体措施
总悬浮颗粒物去除率	本次评估属指标体系试应用,结合文献及相同类型企业污染物去除效率取值 78%。	本次评估属指标体系试应用,结合文献及相同类型企业污染物去除效率取值 60%	本次评估属指标体系试应用,结合文献及相同类型企业污染物去除效率取值 90%。
大气污染影响	移动式雾炮主要利用柴油驱动喷洒水,根据 A 码头提供机械用油量进行污染物折算,用油量为 4L/h。	固定式雾炮主要采用电驱动,不涉及油类消耗,不产生二次大气污染。	干雾抑尘主要通过液压油驱动水泵工作,因企业实际工作过程用油量可忽略不计,故不考虑大气二次污染。
废水污染影响	根据 A 码头所提供的移动式雾炮用水量数据,按照 50%折算废水产生量,用水量为	考虑固定式雾炮使用过程中蒸发等消耗,按照 40%折算废水产生量,用水量为	根据 A 码头所提供的装载机干雾抑尘措施用水量数据,按照 30%折算废水产生量,

	0.8t/h。	0.6t/h。	用水量为 0.06t/h。
固废污染影响	移动式雾炮车主要为湿法作业，设备本身及使用过程不涉及固废污染物产生。	固定式雾炮车主要为湿法作业，设备本身及使用过程不涉及固废污染物产生。	装载机干雾抑尘属湿法抑尘，抑尘设备与装载机为一体设计，使用过程不涉及固废二次污染。
电能消耗	移动式雾炮主要通过柴油驱动水喷淋，不涉及电能消耗。	固定式雾炮主要采用电驱动，功率约为 30kW。	装载机干雾抑尘由装载机驱动装置运行，不涉及电能消耗。
化石能源消耗	移动式雾炮主要利用柴油驱动喷洒水，根据 A 码头提供数据，机械用油量为 4L/h。	固定式雾炮主要采用电驱动，不涉及油类消耗，故不考虑化石能源消耗。	干雾抑尘主要通过液压油驱动水泵工作，因企业实际工作过程用油量可忽略不计，故不考虑化石能源消耗。
工程建设投资	主要为移动式雾炮购置成本费用，根据 A 码头提供数据，每台移动式雾炮购置费用约 2 万元。	主要为固定雾炮购置成本费用，每台固定式雾炮购置费用约 1.8 万元。	主要包括装载机线路改造、电脑调试及安装其他附属配件合计费用，根据 A 码头提供数据，每台装载机加装干雾抑尘设施费用合计约 3.4 万元。
直接运行成本	根据 A 码头提供数据，移动式雾炮年维护保养费用为 1500 元，用油量为 4L/h，用水量为 0.8t/h。根据各费用单价折算直接运行成本。	固定式雾炮年维护保养费用为 1500 元，用水量为 0.6t/h。根据各费用单价折算直接运行成本。	根据 A 码头提供数据，装载机干雾抑尘一体措施无维护保养、用油费用，用水量为 0.06t/h。根据用水费用单价折算直接运行成本。
技术应用生产收益	主要评估采用治理技术后货物装车的效率变化，本次根据移动式雾炮每次使用从摆放到位、启动等准备时间进行计算，根据 A 码头提供数据，每次使用准备到位时间为 0.5 小时。	主要评估采用治理技术后货物装车的效率变化，固定式雾炮实际使用过程中随作业过程随启随停，无需前期准备时间。	主要评估采用治理技术后货物装车的效率变化，装载机干雾抑尘一体技术实际使用过程中随作业过程随启随停，无需前期准备时间。
货物节约效益	根据移动式雾炮治理效率 78%，按照使用抑尘措施治理 1 吨污染物（货物）所减少的货损量，即为货物节约效益。	根据固定式雾炮治理效率 60%，按照使用抑尘措施治理 1 吨污染物（货物）所减少的货损量，即为货物节约效益。	根据干雾抑尘治理效率 90%，按照使用抑尘措施治理 1 吨污染物（货物）所减少的货损量，即为货物节约效益。

运行安全性	移动式雾炮采用人工移动至作业点位，然后开启进行水喷淋，根据文献查阅及企业调查，一般涉及安全风险包括机械自燃和燃油泄露两种情况，但发生概率极低，运行安全性较高。	固定式雾炮采用全自动喷淋系统，无需人工进行其他操作，安全性能高。	装载机干雾抑尘采用全自动喷淋系统，无需人工进行其他操作，安全性能高。
治理稳定性	以移动式雾炮连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估，本次根据文献及相同类型企业调研，标准差取值 0.36。	以固定式雾炮连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估，本次根据文献及相同类型企业调研，标准差取值 0.45。	以装载机干雾抑尘连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估，本次根据文献及相同类型企业调研，标准差取值 0.24。
设施耐久性	移动式雾炮需进行日检，除此以外每工作 100 小时，需进行一次设备维护保养。	固定式雾炮需进行日检，除此以外每工作 100 小时，需进行一次设备维护保养。	干雾抑尘装置需进行日检，除此以外无其他维护保养工作。
操作难易性	移动式雾炮需根据装载机作业位置，通过人力进行移动并开闭，需投入专职人员负责，操作难易程度一般。	固定式雾炮主要通过电控开关，操作难易度简单。	装载机干雾抑尘一体措施通过装载机装载机大臂和铲斗绞轴上的角度传感器自动进行喷雾，操作难易度简单。
使用灵活度	移动式雾炮可随作业点位的变化随时移动，使用灵活度较高。	固定式喷淋不可随意移动，仅应用于喷淋范围内作业区域，使用灵活度低。	装载机干雾抑尘技术随装载机移动，技术应用伴随装载机的移动，使用灵活度欠佳。
技术适用性	移动式雾炮水箱可随用随灌，同时喷淋强度较大，冬季适用性相对较高。	固定式雾炮水管线较细，冬季使用易发生结冻现象。	装载机干雾抑尘技术通过将水雾化喷淋降尘，冬季使用易发生结冻现象。

5.1.4. 评估指标整理计算

（一）总悬浮颗粒物去除率

1.总悬浮颗粒物去除率：定量指标，本次结合文献及相同类型企业污染物去除率监测值确定。

（1）移动式雾炮抑尘措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 78%。

(2) 固定式雾炮抑尘措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 60%。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 90%。

(二) 二次污染

1. 大气污染影响：定量指标，本次评估通过每小时燃油使用量折算。计算方法如下：

$$S_{FQ} = \sum_{i=1}^{\text{污染物种类}} Y_{\text{油}} \times X_i$$

式中： S_{FQ} 为废气排放量，kg/h；

$Y_{\text{油}}$ 为机械柴油使用量，L/h；

X_i 为各污染物燃料废气排放系数，g/L。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：机械用油量为 4L/h，根据《排污申报登记使用手册》中以柴油为燃料汽车废气排放系数计算，其中 SO_2 排放系数为 3.24g/L， NO_x 排放系数为 44.4g/L，大气污染排放量计算结果为 0.19kg/h。

(2) 固定式雾炮抑尘措施：主要采用电驱动，不涉及油类消耗，不产生二次大气污染。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：实际工作过程用油量可忽略不计，即为无大气二次污染。

2. 废水污染影响：定量指标，通过废水排放统计量或根据用水量折算。计算方法如下：

$$S_{FS} = S_{YS} \times \text{折算系数}$$

式中： S_{FS} 为废水排放量，t/h；

S_{YS} 为污染治理设施用水量，t/h。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：用水量为 0.8t/h，按照 50%折算每小

时废水产生量，计算结果为 0.4t/h。

(2) 固定式雾炮抑尘措施：用水量为 0.6t/h，考虑固定式雾炮使用过程中蒸发等消耗，按照 40% 这算废水产生量，计算结果为 0.24t/h。。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：用水量为 0.06t/h，按照 30% 折算每小时废水产生量，计算结果为 0.018t/h。

3. 固废污染影响：定量指标，通过治理措施实际固废产生量计。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：使用过程不涉及固废污染物产生。

(2) 固定式雾炮抑尘措施：使用过程不涉及固废污染物产生。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：使用过程不涉及固废污染物产生。

(三) 碳排放影响

1. 电能消耗：定量数据，通过治理措施实际用电量计。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：使用过程不涉及电能消耗。

(2) 固定式雾炮抑尘措施：主要采用电驱动，功率约为 30kW，用电量为 30kW·h。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：使用过程不涉及电能消耗。

2. 化石能源消耗：定量数据，通过污染治理设施每小时化石能源实际使用量计。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：主要利用柴油驱动喷洒水，机械用油量为 4L/h。

(2) 固定式雾炮抑尘措施：主要采用电驱动，不涉及油类消耗，故不考虑化石能源消耗。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：实际工作过程用油量可忽略不计。

（四）技术成本

1.工程建设投资：定量指标，通过单台治理设施一次性投资费用计。

（1）移动式雾炮抑尘措施：每台移动式雾炮购置费用约 2 万元。

（2）固定式雾炮抑尘措施：每台固定式雾炮购置费用约 1.8 万元。

（3）装载机干雾抑尘一体措施：每台装载机加装干雾抑尘设施费用合计约 3.4 万元。

2.直接运行成本：定量指标，通过不同治理技术年运行过程中所投入成本，按照油费 7.28 元/L、水费 7.9 元/t 计。

（1）移动式雾炮抑尘措施：根据 A 码头提供数据，移动式雾炮年维护保养费用为 1500 元，用油量为 4L/h，用水量为 0.8t/h，按照年工作 2400 小时计算，直接运行成本约 86556 元/a。

（2）固定式雾炮抑尘措施：固定式雾炮年维护保养费用为 1500 元，用水量为 0.6t/h，按照年工作 2400 小时计算，直接运行成本约 12876 元/a。

（3）装载机干雾抑尘一体措施：根据 A 码头提供数据，装载机干雾抑尘一体措施无维护保养、用油费用，用水量为 0.06t/h，按照年工作 2400 小时计算，直接运行成本约 1137.6 元/a。

（五）技术收益

1.技术应用生产收益：定量指标，主要通过计算不同治理措施每次使用前的准备时间，折算为货物装载量。

（1）移动式雾炮抑尘措施：每次使用准备到位时间为 0.5 小时，按照货物装载量 60t/h 计，准备时间货物装载量减少约 30t/h。

（2）固定式雾炮抑尘措施：使用过程中随作业随启随停，无需

前期准备时间。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：使用过程中随作业随启随停，无需前期准备时间。

2. 货物节约效益：定量指标，根据治理措施污染治理效率，以处理 1t 污染物为例，计算处理 1t 污染物所减少的排放，即为货损节约效益。

$$J_{HW}=X \times Y_{\text{颗粒物}}$$

式中： J_{HW} 为货物节约量，t/a；

X 为不同治理技术治理效率，%；

$Y_{\text{颗粒物}}$ 为颗粒物排放量，以 1t 计。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 78%，故货损节约量为 0.78t。

(2) 固定式雾炮抑尘措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 60%，故货损节约量为 0.6t。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 90%，故货损节约量为 0.9t。

(六) 技术可靠性

1. 运行安全性：定性指标，根据文献查阅及企业调查获得。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：采用人工移动至作业点位，然后开启进行水喷淋，根据文献查阅及企业调查，一般涉及安全风险包括机械自燃和燃油泄露两种情况，但发生概率极低，运行安全性较高。

(2) 固定式雾炮抑尘措施：采用全自动喷淋系统，无需人工进行其他操作，安全性能高。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：采用全自动喷淋系统，无需人工进行其他操作，安全性能高。

2.治理稳定性：定量指标，通过污染物去除率平均值标准差计。

（1）移动式雾炮抑尘措施：根据连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估，本次根据文献及相同类型企业调研，标准差取值 0.36。

（2）固定式雾炮抑尘措施：根据连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估，本次根据文献及相同类型企业调研，标准差取值 0.45。

（3）装载机干雾抑尘一体措施：根据连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估，本次根据文献及相同类型企业调研，标准差取值 0.24。

3.设施耐久性：定性指标，通过调查企业治理设施实际检查及维保情况获得。

（1）移动式雾炮抑尘措施：需进行日检，除此以外每工作 100h，需进行一次设备维护保养，以每天工作 10h，每月工作 20d 计算，设施每月共需进行 20 次检查及 2 次维保工作。

（2）固定式雾炮抑尘措施：需进行日检，除此以外每工作 100h，需进行一次设备维护保养，以每天工作 10h，每月工作 20d 计算，设施每月共需进行 20 次检查及 2 次维保工作。

（3）装载机干雾抑尘一体措施：需进行日检，除此以外无其他维护保养工作，以每月工作 20d 计算，设施每月共需进行 20 次检查工作。

（七）技术实操性

1.操作难易性：定性指标，根据文献查阅及企业调查获得。

（1）移动式雾炮抑尘措施：需根据装载机作业位置，通过人力进行移动并开闭，需投入专职人员负责，操作难易程度一般。

(2) 固定式雾炮抑尘措施：固定式雾炮主要通过电控开关，操作难易度简单。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：通过装载机装载机大臂和铲斗绞轴上的角度传感器自动进行喷雾，操作难易度简单。

2.使用灵活度：定性指标，根据文献查阅及企业调查获得。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：移动式雾炮可随作业点位的变化随时移动，使用灵活度较高。

(2) 固定式雾炮抑尘措施：固定式喷淋不可随意移动，仅应用于喷淋范围内作业区域，使用灵活度低。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：装载机干雾抑尘技术随装载机移动，技术应用伴随装载机的移动，使用灵活度欠佳。

3.技术适用性：定性指标，根据文献查阅及企业调查获得。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：移动式雾炮水箱可随用随灌，同时喷淋强度较大，冬季适用性相对较高。

(2) 固定式雾炮抑尘措施：固定式雾炮水管线较细，冬季使用易发生结冻现象。

(3) 装载机干雾抑尘一体措施：装载机干雾抑尘技术通过将水雾化喷淋降尘，冬季使用易发生结冻现象。

评估指标整理计算结果统计如下表：

表 5.1-3 计算结果汇总

评估技术 指标名称	移动式雾炮抑尘措施	固定式雾炮抑尘措施	装载机干雾抑尘一体措施
总悬浮颗粒物去除率	78%	60%	90%
大气污染影响	0.19kg/h	0	0
废水污染影响	0.4t/h	0.24t/h	0.018t/h
固废污染影响	0	0	0
电能消耗	0	30kW·h	0
化石能源消耗	4L/h	0	0
工程建设投资	2 万元/台	1.8 万元/台	3.4 万元/台

直接运行成本	86556 元/a	12876 元/a	1137.6 元/a
技术应用生产收益	-30t/h	0	0
货物节约效益	0.78t	0.6t	0.9t
运行安全性	较高	较高	高
治理稳定性	0.36	0.45	0.24
设施耐久性	22 次/月	22 次/月	20 次/月
操作难易性	一般	简单	简单
使用灵活度	较高	较低	一般
技术适用性	一般	较低	较低

5.1.5. 归一化处理

通过线性无纲量化方法对技术指标实际数据进行归一化处理，具体应用无纲量化方法中的最大值法分别对正向影响指标（总悬浮颗粒物、技术应用生产收益、货物节约效益、治理稳定性、操作难易度、使用灵活度、技术适用性）、负向影响指标（大气污染影响、废水污染影响、固废污染影响、电能消耗、化石能源消耗、工程建设投资、直接运行成本、运行安全性、设施耐久性）进行计算，将评估选取的多个污染防治技术中指标最优数值假定为该评价指标标杆值，以消除主观判断影响，客观的对不同污染防治技术进行有效对比，按照公式 5、公式 6 分别对 A 码头移动式雾炮、固定式雾炮和装载机干雾抑尘一体化三种技术评估指标所整理计算的数值带入公式中，得到各指标归一化结果如下表：

表 5.1-4 评估指标归一化结果

评估技术 指标名称	移动式雾炮抑尘措施	固定式雾炮抑尘措施	装载机干雾抑尘一体措施
总悬浮颗粒物去除率	0.87	0.67	1
大气污染影响	0	1	1
废水污染影响	0.05	0.08	1
固废污染影响	1	1	1
电能消耗	1	0	1
化石能源消耗	0	1	1
工程建设投资	0.9	1	0.53
直接运行成本	0.01	0.09	1

技术应用生产收益	0	1	1
货物节约效益	0.87	0.67	1
运行安全性	0.8	0.9	1
治理稳定性	0.67	0.53	1
设施耐久性	0.9	0.9	1
操作难易性	0.8	1	1
使用灵活度	1	0.6	0.8
技术适用性	1	0.7	0.8

5.1.6. 评估结果

将获取的指标层指标数据值归一化后，结合各指标层权重值，分别对要素层、准则层和综合评估得分计算，计算得分如下表：

表 10.1-5 扬尘污染防治措施综合评估结果

目标层	综合得分	准则层指标	准则层得分	要素层指标	要素层得分
移动式雾炮抑尘措施	67.22	环境指标	77	抑尘效果	87
				二次污染	55.49
				碳排放影响	66.7
		经济指标	22.08	技术成本	23.25
				技术收益	17.4
		技术指标	80.18	技术可靠性	78.19
				技术实操性	90.14
固定式雾炮抑尘技术	62.21	环境指标	59.5	抑尘效果	67
				二次污染	72.68
				碳排放影响	33.3
		经济指标	44.08	技术成本	31.75
				技术收益	93.4
		技术指标	77.92	技术可靠性	81.1
				技术实操性	62.03
装载机干雾抑尘一体化措施	97.61	环境指标	100	抑尘效果	100
				二次污染	100
				碳排放影响	100
		经济指标	90.6	技术成本	88.25
				技术收益	100
		技术指标	98.22	技术可靠性	99.9
				技术实操性	89.86

综合评估结果分为两种表达形式，其中准则层指标采用三维坐标系表达，将环境指标、经济指标、技术指标三个维度的数值以（x，y，z）坐标表示，通过三维空间将评估结果可视化，得到各评估指标综

合情况；要素层指标采用雷达图表达，将抑尘效果、二次污染、碳排放影响、技术成本、技术收益、技术可靠性、技术实操性七个评价指标通过雷达图表示，直观得到每一指标基本情况。表达结果如下：

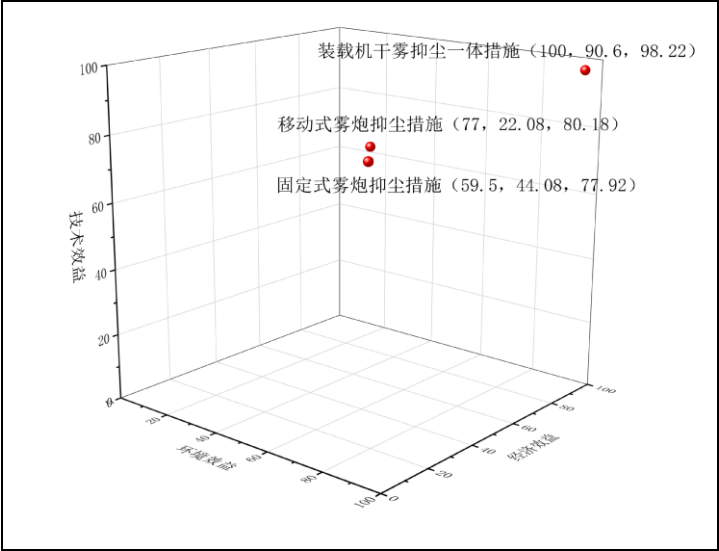


图 5.1-1 准则层指标结果表达三维图

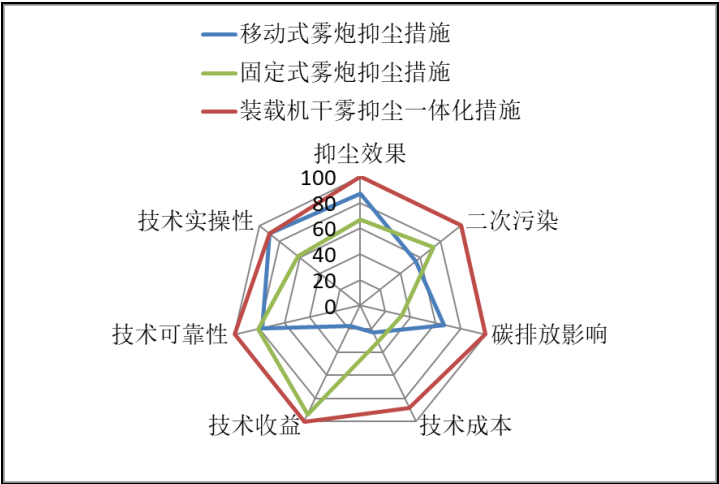


图 5.1-2 要素层指标结果表达雷达图

通过对三种技术的相对优劣性进行比较，根据评估得分及评估结果表达图可知，装载机干雾抑尘一体措施在环境、经济、技术方面均优于两外两种技术，移动式雾炮在抑尘效果、技术实操性和碳排放方面较固定式雾炮有一定的优势，固定式雾炮在二次污染、技术收益方面较移动式雾炮有一定的优势。

综上所述，在干散货装载机装车作业过程中，选用装载机干雾抑尘一体措施作为扬尘污染防治技术的综合水平较高，同时企业也可根

据实际需要，选择侧重点优势明显及污染防治技术。

5.2.B 干散货码头应用情况

5.2.1. 评估对象

拟将绩效评估指标体系应用于 B 干散货码头在对矿石利用装车楼装火车过程中所使用的移动式雾炮抑尘措施、静电除尘措施、干雾抑尘措施和软帘抑尘措施四种技术，通过调查四种技术在各评估指标下不同数值，应用绩效评估指标体系计算模型，综合分析四种扬尘污染防治技术在实际使用中的相对合理性和适用性。评估对象如下：

表 5.2-1 评估对象情况

评估作业环节	装火车作业
作业设备	装车楼
评估扬尘污染防治措施	移动式雾炮抑尘措施
	静电除尘措施
	干雾抑尘措施
	软帘抑尘措施

5.2.2. 评估技术简介

5.2.2.1. 移动式雾炮抑尘措施

B 码头移动式雾炮主要通过柴油驱动电机将水雾化的形式，作业过程采用叉车进行移动，人工进行设备的开启与关闭，能够有效减少装车过程中的扬尘污染，具有治理效率高的特点，同时受外界气候环境影响较大，是日常装卸过程使用较为常见的污染防治措施。

5.2.2.2. 静电除尘措施

静电除尘主要作用于装车楼顶端及输送通道中，通过在物料输送过程中对货物进行荷电，从而有效控制扬尘污染物产生，但是实际应用过程中普遍存在无法达到预期治理效果的情况，同时静电除尘改造费用较其他治理技术一次性成本和使用成本均较高。

5.2.2.3. 干雾抑尘措施

装车楼干雾抑尘措施主要应用于装车漏斗末端，通过在装车作业

过程中由四周对货物进行喷雾，有效减少扬尘逸散污染，该技术在应用于装车楼过程中具有治理效率高，技术成熟稳定的优点，同时对水质存在一定的要求，实际应用过程中对于作业环境条件要求较高。

5.2.2.4. 软帘抑尘措施

软帘抑尘措施主要应用于装车楼末端向运输车辆输送环节，通过末端治理的方式，减少作业过程的扬尘污染，该技术实际应用过程中操作方便，安装简单，但是由于软帘无法遮蔽物料落点位置，故在物料输送过程中的实际抑尘效果不佳。

5.2.3. 评估指标数值获取

根据评估指标体系，分别对 A 码头所采用的移动式雾炮抑尘措施、静电除尘措施、干雾抑尘措施和软帘抑尘措施相关指标进行数据获取，保证评价过程中各指标前提情况相对统一，且适用于企业实际情况，有针对性的设置调查信息，具体调查信息及数据获取情况如下表：

表 5.2-2 评估污染防治措施指标数据调查

评估技术 指标名称	移动式雾炮抑尘措施	静电除尘措施	干雾抑尘措施	软帘抑尘措施
总悬浮颗粒物去除率	本次评估属指标体系试应用，结合文献及相同类型企业污染物去除效率取值 78%。	本次评估属指标体系试应用，结合文献及相同类型企业污染物去除效率取值 60%	本次评估属指标体系试应用，结合文献及相同类型企业污染物去除效率取值 90%。	本次评估属指标体系试应用，结合文献及相同类型企业污染物去除效率取值 40%。
大气污染影响	移动式雾炮主要利用柴油驱动喷洒水，根据 A 码头提供机械用油量进行污染物折算，用油量为 10L/h。	静电除尘主要采用电驱动，不涉及油类消耗，不产生二次大气污染。	干雾抑尘主要采用电驱动，不涉及油类消耗，不产生二次大气污染。	软帘密闭不涉及大气二次污染。
废水污染影响	移动式雾炮用水量按照 60%	静电除尘不涉及废水二次污	干雾抑尘措施用水量按照	软帘密闭不涉及废水二次污

	折算废水产生量，用水量为2.5t/h。	染。	40%折算废水产生量，用水量为0.2t/h。	染。
固废污染影响	移动式雾炮主要为湿法作业，设备本身及使用过程不涉及固废污染物产生。	静电除尘不涉及固废污染物产生。	干雾抑尘属湿法抑尘，使用过程不涉及固废二次污染。	软帘密闭涉及每年更换6次软帘产生固废二次污染。
电能消耗	移动式雾炮主要通过柴油驱动水喷淋，不涉及电能消耗。	静电除尘措施电机功率约为8.5kW。	干雾抑尘措施电机功率约为50kW。	软帘密闭不涉及电能消耗
化石能源消耗	移动式雾炮主要利用柴油驱动喷洒，用水量为10L/h。	静电不涉及油类消耗，故不考虑化石能源消耗。	干雾抑尘主要通过电驱动，故不考虑化石能源消耗。	软帘密闭不涉及化石能源消耗。
工程建设投资	全厂移动式雾炮购置成本费用约68万元。	装车楼整体静电除尘加装费用约1460万元。	所有装车楼干雾抑尘加装费用合计约115万元。	全厂软帘加装费用约2万元。
直接运行成本	移动式雾炮年用油、用水、维保费用合计约24.9万元。	静电除尘年用电、维保费用约8万元。	干雾抑尘措施年用电、用水、维保费用合计约6.4万元。	软帘年更换费用约12万元。
技术应用生产收益	移动式雾炮每次使用从摆放到位、启动等准备时间约为0.5小时。	静电除尘实际使用过程中随作业过程随启随停，无需前期准备时间。	干雾抑尘措施实际使用过程中随作业过程随启随停，无需前期准备时间。	软帘抑尘实际使用过程中随作业过程随启随停，无需前期准备时间。
货物节约效益	根据移动式雾炮治理效率78%，按照使用抑尘措施治理1吨污染物（货物）所减少的货损量，即为货物节约效益。	根据静电除尘治理效率60%，按照使用抑尘措施治理1吨污染物（货物）所减少的货损量，即为货物节约效益。	根据干雾抑尘治理效率90%，按照使用抑尘措施治理1吨污染物（货物）所减少的货损量，即为货物节约效益。	根据软帘抑尘治理效率40%，按照使用抑尘措施治理1吨污染物（货物）所减少的货损量，即为货物节约效益。
运行安全性	移动式雾炮采用人工移动至作业点位，然后开启进行水喷淋，根据文献查阅及企业调查，	静电除尘不涉及人工操作，主要存在浓度过高导致的设备故障及用电安全隐患，总体安	干雾抑尘采用自动喷淋系统，无需人工操作，无其他潜在安全隐患，安全性能高。	软帘密闭不涉及人工操作，但作业过程软帘对操作过程具有一定限制性，有一定安全隐

	一般涉及安全风险包括机械自燃和燃油泄露两种情况。	全性一般。		患。
治理稳定性	以移动式雾炮连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估,本次根据文献及相同类型企业调研,标准差取值 0.36。	以静电除尘连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估,本次根据文献及相同类型企业调研,标准差取值 0.5。	以干雾抑尘连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估,本次根据文献及相同类型企业调研,标准差取值 0.24。	以加装软帘连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估,本次根据文献及相同类型企业调研,标准差取值 0.65。
设施耐久性	移动式雾炮维保周期为 3 次/年。	静电除尘维保周期为 6 次/年。	干雾抑尘维保周期为 2 次/年。	软帘更换周期为 6 次/年。
操作难易性	移动式雾炮需通过人力进行移动并开闭,投入专职人员负责,操作难易程度一般。	静电除尘治理为固定治理设施,自动电控操作简单。	干雾抑尘治理为固定治理设施,自动电控操作简单。	软帘密闭治理为固定治理设施,无需进行其他人工操作。
使用灵活度	移动式雾炮可根据不同作业环节,进行自由移动,使用灵活度较高。	静电除尘一般为固定抑尘措施,使用灵活度一般。	干雾抑尘一般为固定抑尘措施,使用灵活度一般。	软帘密闭措施一般为固定抑尘措施,使用灵活度一般。
技术适用性	移动式雾炮受天气影响,一般大风天气、冬季适用性较差。	受气体温、湿度等的操作条件影响较大,不同温度、湿度下操作,所得的效果不同。	干雾抑尘措施受天气影响,一般冬季适用性较差,距作业距离较近,受大风天气影响较小。	软帘密闭措施距作业距离较近,受大风等外界环境影响较小。

5.2.4. 评估指标整理计算

(一) 总悬浮颗粒物去除率

1.总悬浮颗粒物去除率: 定量指标, 本次结合文献及相同类型企业污染物去除率监测值确定。

(1) 移动式雾炮抑尘措施: 根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值, 拟取值 78%。

(2) 静电除尘措施: 根据调查文献及相同类型企业污染物去除

率取值，拟取值 60%。

(3) 干雾抑尘措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 90%。

(4) 软帘抑尘措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 40%。

(二) 二次污染

1. 大气污染影响：定量指标，本次评估通过每小时燃油使用量折算。计算方法如下：

$$S_{FQ} = \sum_{i=1}^{\text{污染物种类}} Y_{\text{油}} \times X_i$$

式中： S_{FQ} 为废气排放量，kg/h；

$Y_{\text{油}}$ 为机械柴油使用量，L/h；

X_i 为各污染物燃料废气排放系数，g/L。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：机械用油量为 10L/h，根据《排污申报登记使用手册》中以柴油为燃料汽车废气排放系数计算，其中 SO_2 排放系数为 3.24g/L， NO_x 排放系数为 44.4g/L，大气污染排放量计算结果为 0.48kg/h。

(2) 静电除尘措施：主要采用电驱动，不涉及油类消耗，不产生二次大气污染。

(3) 干雾抑尘措施：主要采用电驱动，不涉及油类消耗，不产生二次大气污染。

(4) 软帘抑尘措施：不涉及大气二次污染。

2. 废水污染影响：定量指标，通过废水排放统计量或根据用水量折算。计算方法如下：

$$S_{FS} = S_{YS} \times \text{折算系数}$$

式中： S_{FS} 为废水排放量，t/h；

S_{YS} 为污染治理设施用水量, t/h。

(1) 移动式雾炮抑尘措施: 用水量为 2.5t/h, 按照 60%折算每小时废水产生量, 计算结果为 1.5t/h。

(2) 静电除尘措施: 不涉及废水二次污染。

(3) 干雾抑尘措施: 用水量为 0.2t/h, 按照 40%折算每小时废水产生量, 计算结果为 0.08t/h。

(4) 软帘抑尘措施: 不涉及废水二次污染。

3. 固废污染影响: 定量指标, 通过治理措施实际固废产生量计。

(1) 移动式雾炮抑尘措施: 使用过程不涉及固废污染物产生。

(2) 静电除尘措施: 使用过程不涉及固废污染物产生。

(3) 干雾抑尘措施: 使用过程不涉及固废污染物产生。

(4) 软帘抑尘措施: 每年更换 6 次软帘产生固废二次污染。

(三) 碳排放影响

1. 电能消耗: 定量数据, 通过治理措施实际用电量计。

(1) 移动式雾炮抑尘措施: 使用过程不涉及电能消耗。

(2) 静电除尘措施: 主要采用电驱动, 功率约为 8.5kW, 用电量为 8.5kW·h。

(3) 干雾抑尘措施: 主要采用电驱动, 功率约为 50kW, 用电量为 50kW·h。

(4) 软帘抑尘措施: 使用过程不涉及电能消耗。

2. 化石能源消耗: 定量数据, 通过污染治理设施每小时化石能源实际使用量计。

(1) 移动式雾炮抑尘措施: 主要利用柴油驱动喷洒水, 机械用油量为 10L/h。

(2) 静电除尘措施: 主要采用电驱动, 不涉及油类消耗, 故不

考虑化石能源消耗。

(3) 干雾抑尘措施：主要采用电驱动，不涉及油类消耗，故不考虑化石能源消耗。

(4) 软帘抑尘措施：不涉及化石能源消耗。

(四) 技术成本

1. 工程建设投资：定量指标，通过治理设施一次性投资费用计。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：全厂购置费用约 68 万元。

(2) 静电除尘措施：装车楼全部加装费用约 1460 万元。

(3) 干雾抑尘措施：装车楼改造加装费用约 115 万元。

(4) 软帘抑尘措施：全厂加装费用约 2 万元。

2. 直接运行成本：定量指标，通过不同治理技术年运行过程中所投入成本，按照油费 7.28 元/L、水费 7.9 元/t 计。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：年用油、用水、维保费用合计约 24.9 万元。

(2) 静电除尘措施：用电、维保费用约 8 万元。

(3) 干雾抑尘措施：年用电、用水、维保费用合计约 6.4 万元。

(4) 软帘抑尘措施：年更换费用约 12 万元。

(五) 技术收益

1. 技术应用生产收益：定量指标，主要通过计算不同治理措施每次使用前的准备时间，折算为货物装载量。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：每次使用准备到位时间为 0.5 小时，按照货物装载量 60t/h 计，准备时间货物装载量减少约 30t/h。

(2) 静电除尘措施：使用过程中随作业随启随停，无需前期准备时间。

(3) 干雾抑尘措施：使用过程中随作业随启随停，无需前期准

备时间。

(4) 软帘抑尘措施：使用过程中随作业随启随停，无需前期准备时间。

2. 货物节约效益：定量指标，根据治理措施污染治理效率，以处理 1t 污染物为例，计算处理 1t 污染物所减少的排放，即为货损节约效益。

$$J_{HW}=X \times Y_{\text{颗粒物}}$$

式中： J_{HW} 为货物节约量，t/a；

X 为不同治理技术治理效率，%；

$Y_{\text{颗粒物}}$ 为颗粒物排放量，以 1t 计。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 78%，故货损节约量为 0.78t。

(2) 静电除尘措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 60%，故货损节约量为 0.6t。

(3) 干雾抑尘措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 90%，故货损节约量为 0.9t。

(4) 软帘抑尘措施：根据调查文献及相同类型企业污染物去除率取值，拟取值 40%，故货损节约量为 0.4t。

(六) 技术可靠性

1. 运行安全性：定性指标，根据文献查阅及企业调查获得。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：采用人工移动至作业点位，然后开启进行水喷淋，根据文献查阅及企业调查，一般涉及安全风险包括机械自燃和燃油泄露两种情况。

(2) 静电除尘措施：不涉及人工操作，主要存在浓度过高导致的设备故障及用电安全隐患，总体安全性一般。

(3) 干雾抑尘措施：采用自动喷淋系统，无需人工操作，无其他潜在安全隐患，安全性能高。

(4) 软帘抑尘措施：不涉及人工操作，但作业过程软帘对操作过程具有一定限制性，有一定安全隐患。

2.治理稳定性：定量指标，通过污染物去除率平均值标准差计。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：根据连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估，本次根据文献及相同类型企业调研，标准差取值 0.36。

(2) 静电除尘措施：根据连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估，本次根据文献及相同类型企业调研，标准差取值 0.5。

(3) 干雾抑尘措施：根据连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估，本次根据文献及相同类型企业调研，标准差取值 0.24。

(4) 软帘抑尘措施：根据连续监测次数抑尘效果平均值标准差进行评估，本次根据文献及相同类型企业调研，标准差取值 0.65。

3.设施耐久性：定性指标，通过调查企业治理设施实际检查及维保情况获得。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：维保周期为 3 次/年。

(2) 静电除尘措施：维保周期为 6 次/年。

(3) 干雾抑尘措施：维保周期为 3 次/年。

(4) 软帘抑尘措施：更换周期为 6 次/年。

(七) 技术实操性

1.操作难易性：定性指标，根据文献查阅及企业调查获得。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：需通过人力进行移动并开闭，投入专职人员负责，操作难易程度一般。

(2) 静电除尘措施：为固定治理设施，自动电控操作简单。

(3) 干雾抑尘措施：为固定治理设施，自动电控操作简单。

(4) 软帘抑尘措施：为固定治理设施，无需进行其他人工操作。

2.使用灵活度：定性指标，根据文献查阅及企业调查获得。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：可根据不同作业环节，进行自由移动，使用灵活度较高。

(2) 静电除尘措施：一般为固定抑尘措施，使用灵活度一般。

(3) 干雾抑尘措施：一般为固定抑尘措施，使用灵活度一般。

(4) 软帘抑尘措施：一般为固定抑尘措施，使用灵活度一般。

3.技术适用性：定性指标，根据文献查阅及企业调查获得。

(1) 移动式雾炮抑尘措施：受天气影响，一般大风天气、冬季适用性较差。

(2) 静电除尘措施：受气体温、湿度等的操作条件影响较大，不同温度、湿度下操作，所得的效果不同。

(3) 干雾抑尘措施：受天气影响，一般冬季适用性较差，距作业距离较近，受大风天气影响较小。

(4) 软帘抑尘措施：距作业距离较近，受大风等外界环境影响较小。

评估指标整理计算结果统计如下表：

表 5.2-3 计算结果汇总

评估技术 指标名称	移动式雾炮抑 尘措施	静电除尘措施	干雾抑尘措施	软帘抑尘措施
总悬浮颗粒 物去除率	78%	60%	90%	40%
大气污染影 响	0.48kg/h	0	0	0
废水污染影 响	1.5t/h	0	0.08t/h	0
固废污染影 响	0	0	0	6 次
电能消耗	0	8.5kW·h	50kW·h	0
化石能源消	10L/h	0	0	0

耗				
工程建设投资	68 万元	1460 万元	115 万元	2 万元
直接运行成本	24.9 万元/a	8 万元/a	6.4 万元/a	12 万元/a
技术应用生产收益	-30t/h	0	0	0
货物节约效益	0.78t	0.6t	0.9t	0.4t
运行安全性	较高	一般	高	一般
治理稳定性	0.36	0.5	0.24	0.65
设施耐久性	3 次/a	6 次/a	3 次/a	6 次/a
操作难易性	一般	简单	简单	简单
使用灵活度	较高	一般	一般	一般
技术适用性	较低	一般	较高	一般

5.2.5. 归一化处理

通过线性无纲量化方法对技术指标实际数据进行归一化处理，具体应用无纲量化方法中的最大值法分别对正向影响指标（总悬浮颗粒物、技术应用生产收益、货物节约效益、治理稳定性、操作难易度、使用灵活度、技术适用性）、负向影响指标（大气污染影响、废水污染影响、固废污染影响、电能消耗、化石能源消耗、工程建设投资、直接运行成本、运行安全性、设施耐久性）进行计算，将评估选取的多个污染防治技术中指标最优数值假定为该评价指标标杆值，以消除主观判断影响，客观的对不同污染防治技术进行有效对比，按照公式 5、公式 6 分别对 B 码头移动式雾炮抑尘、静电除尘、干雾抑尘和软帘抑尘四种技术评估指标所整理计算的数值带入公式中，得到各指标归一化结果如下表：

表 5.2-4 评估指标归一化结果

评估技术 指标名称	移动式雾炮抑 尘措施	静电除尘措施	干雾抑尘措施	软帘抑尘措施
总悬浮颗粒 物去除率	0.87	0.67	1	0.44
大气污染影 响	0	1	1	1

废水污染影响	0	1	0	1
固废污染影响	1	1	1	0
电能消耗	1	0	0	1
化石能源消耗	0	1	1	1
工程建设投资	0.03	0	0.02	1
直接运行成本	0.23	0.8	1	0.53
技术应用生产收益	0	1	1	1
货物节约效益	0.87	0.67	1	0.44
运行安全性	0.9	0.8	1	0.8
治理稳定性	0.67	0.48	1	0.37
设施耐久性	1	0.5	1	0.5
操作难易性	0.9	1	1	1
使用灵活度	1	0.7	0.7	0.7
技术适用性	0.8	0.8	1	0.8

5.2.6. 评估结果

将获取的指标层指标数据值归一化后，结合各指标层权重值，分别对要素层、准则层和综合评估得分计算，计算得分如下表：

表 5.2-5 扬尘污染防治措施综合评估结果

目标层	综合得分	准则层指标	准则层得分	要素层指标	要素层得分
移动式雾炮抑尘措施	68.19	环境指标	76.76	抑尘效果	87
				二次污染	54
				碳排放影响	66.7
		经济指标	17.88	技术成本	18
				技术收益	17.4
		技术指标	86.31	技术可靠性	85.8
				技术实操性	88.85
静电除尘措施	65.53	环境指标	63.79	抑尘效果	67
				二次污染	100
				碳排放影响	33.3
		经济指标	66.68	技术成本	60
				技术收益	93.4
		技术指标	67.57	技术可靠性	68.22

				技术实操性	64.31
干雾抑尘措施	85.34	环境指标	78.73	抑尘效果	100
				二次污染	70.3
				碳排放影响	33.3
		经济指标	80.4	技术成本	75.5
				技术收益	100
		技术指标	98.93	技术可靠性	99.9
				技术实操性	94.12
软帘抑尘措施	63.92	环境指标	58.26	抑尘效果	44
				二次污染	46
				碳排放影响	100
		经济指标	69.56	技术成本	64.75
				技术收益	88.8
		技术指标	69.33	技术可靠性	65.61
				技术实操性	87.9

综合评估结果分为两种表达形式，其中准则层指标采用三维坐标系表达，将环境指标、经济指标、技术指标三个维度的数值以（x，y，z）坐标表示，通过三维空间将评估结果可视化，得到各评估指标综合情况；要素层指标采用雷达图表达，将抑尘效果、二次污染、碳排放影响、技术成本、技术收益、技术可靠性、技术实操性七个评价指标通过雷达图表示，直观得到每一指标基本情况。表达结果如下：

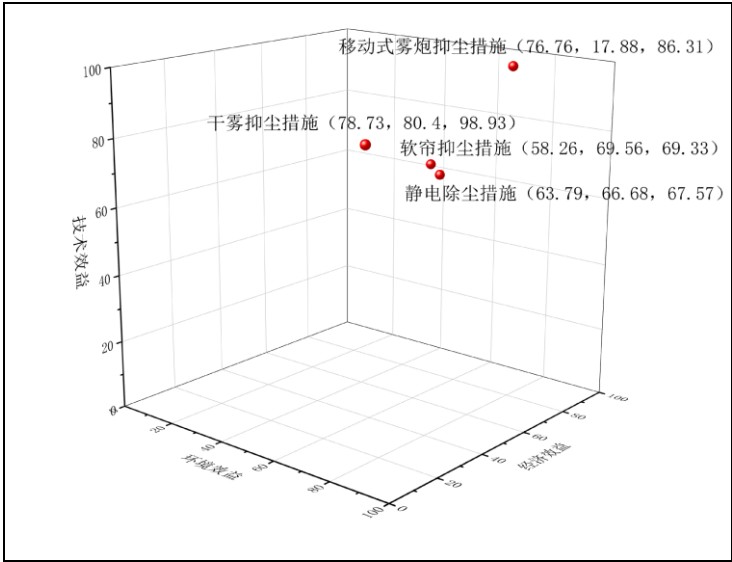


图 5.2-1 准则层指标结果表达三维图

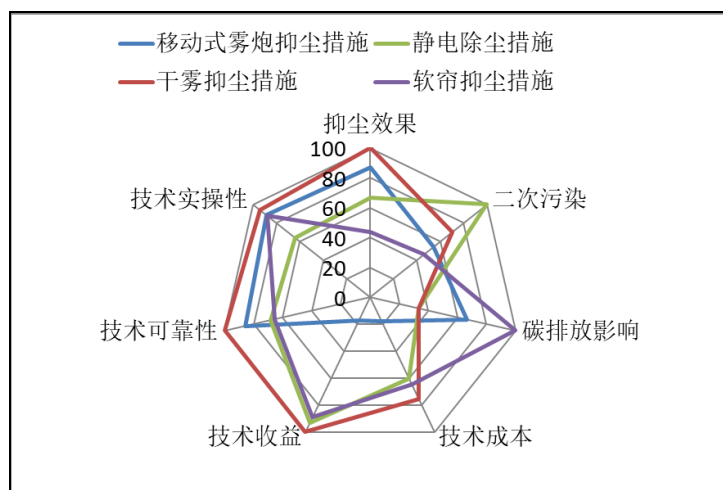


图 5.2-2 要素层指标结果表达雷达图

通过对四种技术的相对优劣性进行比较，根据评估得分及评估结果表达图可知，干雾抑尘措施在环境、经济、技术方面均优于另外两种技术，干雾抑尘在抑尘效果、技术收益、技术成本、技术可靠性方面较其他技术有一定的优势，静电除尘措施在控制二次污染产生上有一定优势，软帘抑尘能够有效减少碳排放影响。

综上所述，在装车楼装火车作业过程中，选用干雾抑尘措施作为扬尘污染防治技术的综合水平较高，同时企业也可根据实际需要，选择侧重点优势明显及污染防治技术。

6. 与相关标准的关系分析

目前针对干散货码头扬尘污染防治，国家相继出台《煤炭矿石码头粉尘控制设计规范》(JTS 156-2015)、《水运工程环境保护设计规范》(JTS 149-2018) 等政策标准，同时地方也发布相关政策标准，以天津市为例，天津市相继出台《天津市生态环境保护“十四五”规划》、《天津市大气污染防治条例》(2020 年修正)、《天津市工业企业堆场扬尘防治管理规定》、《天津市工业企业堆场扬尘防治技术导则》等政策，该类政策标准均对干散货码头扬尘污染防治提出了具体的规范要求，但是针对扬尘污染防治所采用的技术、措施未有明确规定，本标准的制定，既强化了已出台的有关政策标准支撑，又填补了企业在实

际技术选择中无标准可依的空白，同时也可对企业已采取的扬尘污染防治技术进行综合评估，提高污染治理效率的同时，为企业提供了全面的技术指导。

7. 采用国际标准的程度及水平说明

通过对国内外干散货码头扬尘污染防治技术评价有关文献资料的调研与分析，目前现状主要是针对评价体系框架与评价指标选取的研究，本标准拟在评价指标体系框架构建的基础上，开展更深入的继续研究，主要先进性体现在：一是通过指标体系分析方法的研究，开展各指标层指标权重值的计算及赋值，体现出不同评价指标的重要程度；二是开展企业应用，将研究成果进行实践校验，通过对天津港干散货码头的调研，为标准的科学性提供有力的数据支撑；三是在标准研究过程中选择的评价模型及计算方法均具有一定的成熟性。

8. 重大分歧或重难点的处理经过和依据

该标准的制定过程中，主要开展以下方面的研究：一是通过对文献、资料的广泛收集，类比同类项目中所采用的指标框架及结构，构建该项目评价指标体系的最终模型；二是通过对评价指标的选择，研究分析指标权重计算应采用的技术方法，以及综合评估所采用的分析方法；三是通过将初步成果进行企业应用测试，深入分析评价指标体系所存在的问题与不足，以实际评价效果助推评价指标体系标准的最终形成。

9. 标准推广应用措施及预期效果

本标准立足干散货码头扬尘污染防治方面面临的实际问题，可有效解决企业在同一作业环节不同扬尘污染防治技术选择上的难点，标准的应用，可进一步提升干散货码头企业污染防治综合水平，使污染防治技术更具环境、经济、技术效益，为实现企业绿色高质量发展提

供方向指引。

10. 标准征求意见情况