



三、 学生科研训练、实践训练撰写报告及汇报封面（举例）

 <p>中国地质大学 CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES 北京·BEIJING</p> <p>校内建筑热舒适度评价</p> <p>学 院： _____ 工程技术学院 _____ 班 级： _____ 10022041 班 _____ 姓 名： 芦意、黄振宇、姜瑞麟、张瑞、王家峻 指导老师： _____ 裴晶晶、孙辰晨 _____</p>	<p>职业卫生工程学</p> <p>校园环境噪声的监测及评价</p> <p>小组成员： 1002204117 卢飞洋 1002204109 虞程皓 1002204126 彭若哈 1002204107 高 振 1002204121 付子健 1002204130 朱今驰</p> <p>课程名称： 职业卫生工程学 指导老师： 裴晶晶 报告时间： 2023 年 5 月</p>
--	---

<p>水泥厂立窑废气除尘设计</p> <p>课 程： _____ 《职业卫生工程学》 _____ 成 员： _____ 杨嘉诚 李嘉汇 李兆桐 _____ _____ 霍腾飞 柯建国 赵富海 _____ 指导老师： _____ 裴晶晶 孙辰晨 _____ 日 期： _____ 2023 年 5 月 19 日 _____</p>	 <p>中国地质大学 CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES 北京·BEIJING</p> <p>学院实验室危险有害因素识别 及个人防护设施建设方案</p> <p>项目成员： _____ 王曦林、武爱、刘慧敏、冯悦 _____ 学 校： _____ 中国地质大学（北京） _____ 院 系： _____ 工程技术学院 _____ 开课时间： _____ 2021 年 7 月 _____</p>
---	---



—地铁隧道施工中粉尘浓度检测与防治对策

指导教师：裴晶晶

学院：工程技术学院

组长：栾天一 1002164216

组员：孙玉京 1002164130

杨汶瑾 1002164224

乔 晗 1002164226

郝兴家 1002164218

陆芳炫 1002164205

2. 地铁施工现场（昌平线南延工程西土城站）职业健康环境测评及分析项目报告

2.1 概述

根据《职业病防治法》的有关规定，本组将对地铁昌平线南延工程西土城站施工现场进行职业病危害因素评价。

评价的目的是：

(1) 贯彻国家有关职业健康的法律、法规、规章和标准，预防、控制、减少和消除职业危害，保护劳动者健康。

(2) 对生产经营单位职业健康条件进行综合分析和审计评估，对不符合职业健康条件的生产经营单位及其作业场所提出防治对策和建议。

(3) 为政府部门职业健康监管监察工作提供技术支持。

(4) 为生产经营单位综合防治职业危害提供依据。

为实现本次评价研究的目的，在地下施工现场进行考察和数据采集。在此基础上，应用国家标准对施工现场的职业健康因素进行辨识，并设计职业健康因素辨识方法，最终给出改进措施及建议。

2.2 评价依据



个人防护用品

Personal protective equipment

小组成员：
邓骏华 王振伟 王志飞 夏好岩



国内外企业职业健康管理现状与分析

汇报人：杨紫茹




中国地质大学
CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES
10084 · BEIJING

国际（内）职业健康管理、法律现状及分析

汇报人：王家峻



国内外职业病情况统计分析

小组成员：卢飞洋、霍腾飞、彭若涵、朱今驰

汇报人：朱今驰



企业防控职业危害因素的措施分析

Analysis of measures to prevent and control occupational hazards in enterprises

汇报人：刘力玮
2023年3月



工作相关疾病

Work-Related Diseases

第三小组

四、 学生科研训练、实践训练撰写报告全文（举例）

1. 企业防控职业危害因素的措施分析
2. 国际（内） 职业健康管理、 法规现状及分析
3. 地铁隧道施工中粉尘浓度检测与防治对策

企业防控职业危害因素的措施分析

课 程： 《职业卫生工程学》

班 级： 10022041

姓 名： 杨嘉诚 李兆桐 刘力玮 赵富海

指导老师： 裴晶晶，孙辰晨

日 期： 2023年3月23日

摘要：本文以粉尘和噪声为研究对象，分析了企业防控职业危害因素的措施，并对比了国内外企业的不同做法。研究发现，通过采取有效的粉尘和噪声防控措施，可以降低职业危害对员工健康的影响，以及促进职业卫生事业的发展。本文采用了资料调研、对比分析等方法，对粉尘和噪声防控措施进行了深入探讨。结果显示，国内外企业在粉尘和噪声防控方面存在着一定的差异。国内企业可以向外国企业借鉴防控措施方面的做法，包括借鉴先进的防控技术和设备，引进先进的管理经验和技术等。此外，借鉴外国企业的防控措施还需要注意适应本土化的实际情况，结合国内的法律法规和标准进行创新和改进。

关键词：噪声；粉尘；防控措施；对比分析

目录

1 绪论	1
1.1 选题的背景	1
1.2 选题的意义	1
2 粉尘防控措施	2
2.1 中国神华集团粉尘控制概况	2
2.1.1 企业简介	2
2.1.2 管理制度	2
2.1.3 工程措施	2
2.1.4 设备技术	5
2.2 Peabody Energy 公司粉尘控制概况	6
2.2.1 企业简介	6
2.2.2 案例背景	7
2.2.3 粉尘控制措施	7
2.2.4 控制可呼吸粉尘释放的具体措施	11
2.3 国内外粉尘控制相同点	13
2.3.1 粉尘浓度限制	13
2.3.2 粉尘控制措施	13
2.4 国内外粉尘控制不同点	13
2.4.1 技术手段	13
2.4.2 标准要求	13
2.4.3 防护措施	14
3 噪声防控措施	15
3.1 中国宝武集团噪声控制概况	15
3.1.1 企业简介	15
3.1.2 噪声标准	15
3.1.3 噪声控制设计	15
3.1.4 宝钢三热轧厂噪声治理	16
3.2 Zagros Steel 噪声控制概况	19
3.2.1 企业简介	19
3.2.2 控制策略	19
3.2.3 高炉区噪声控制	20
3.3 国内外噪声控制相同点	23

3.3.1 重视职业健康和安全	23
3.3.2 采取类似的防护措施	23
3.3.3 倡导员工的职业保护	23
3.4 国内外噪声控制不同点	24
3.4.1 相关法规和标准	24
3.4.2 管理体系和监测方法	24
3.4.3 地域和文化背景	24
4 分析总结	25
4.1 存在问题	25
4.2 总结	25
参考文献	26

1 绪论

1.1 选题的背景

随着工业生产的快速发展，职业危害因素已成为制约企业可持续发展的重要问题。粉尘和噪声是常见的职业危害因素。粉尘会导致呼吸系统疾病、皮肤病等健康问题，噪声则会导致听力受损、精神疾病等。有效防控粉尘和噪声的影响，不仅可以保障员工的身体健康和安全，也可以提高员工的工作效率和生产能力，促进企业的可持续发展。近年来，国内外对噪声控制和粉尘控制的研究和实践不断发展，通过技术手段，如屏障、除尘器、个体防护装备等，以及管理手段如环境监测、标准制定等，不断提高环境质量和人们的健康安全。

为了保障员工的身体健康和安全，国家制定了一系列严格的职业卫生法规，企业必须依据相关法规对职业危害因素进行防控。企业是职业危害防控的主体，企业应该积极采取有效措施，防止和控制职业危害因素的影响，保障员工的身体健康和安全。因此，研究如何有效防控粉尘和噪声的影响，对于提高企业的竞争力和可持续发展具有重要意义。

1.2 选题的意义

随着人们对健康和安全的关注度越来越高，企业防控职业危害因素已经成为了一个备受关注的话题。企业作为社会的一份子，应该承担起保障员工身体健康和安全的重要责任，通过对职业危害因素的防控，保障员工的健康和安全。通过有效的职业危害防控，可以减少职业病的发生，提高员工的工作效率和生产能力，促进企业的可持续发展。

不同国家和企业在防控职业危害因素方面的做法存在差异。在此背景下，本文将重点比较国内外企业在粉尘和噪声防控方面的不同做法，探讨其原因和优缺点，从而为我国企业制定更为有效的职业危害防控措施提供参考。同时，本研究还将针对国内企业粉尘和噪声防控的现状和问题进行深入分析，提出改进建议，为企业实施职业卫生防控工作提供指导。

2 粉尘防控措施

2.1 中国神华集团粉尘控制概况

2.1.1 企业简介

中国神华能源股份有限公司（简称中国神华）是全球领先的以煤炭为基础的综合能源上市公司，以煤炭采掘业务为起点，利用自有运输和销售网络，以及下游电力、煤化工和新能源产业，实行跨行业、跨产业纵向一体化发展和运营模式。在普氏能源资讯公布的“全球能源公司 2021 年 250 强”榜单中，中国神华位居第 2 位、中国企业第 1 位。

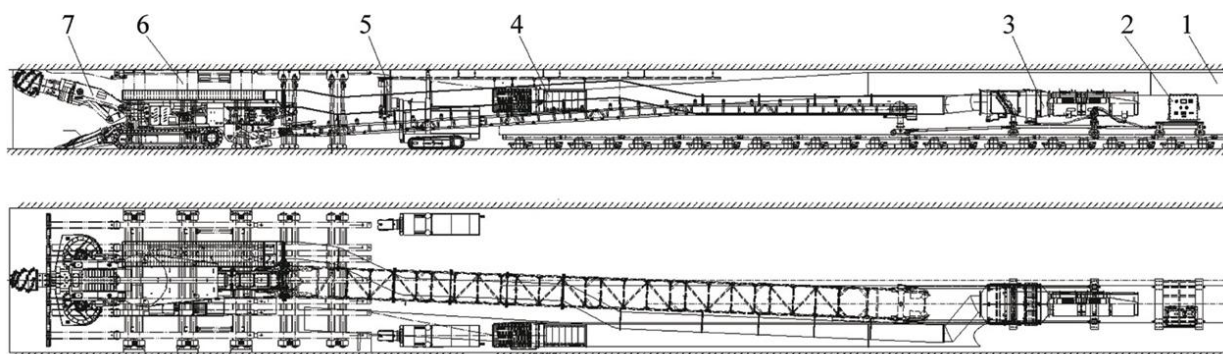
2.1.2 管理制度

中国神华依据 GBZ/T 192、GB 15577、MT/T、AQ 1020 等标准，制定了严格的粉尘防治管理制度，例如《神华集团公司粉尘防治管理办法》、《煤矿井下粉尘防治规定》、《煤矿井下防尘与治尘技术规程》、《煤矿井下粉尘危害监测规定》等，其中包括安全文化建设、设备检修制度、个人防护制度、教育培训制度。这些制度明确了各个环节的职责和要求，规范了企业的操作流程，有效地保障了生产安全和环境保护。

2.1.3 工程措施

一、井下粉尘防治

神华集团在煤矿井下采取了一系列的措施来防止粉尘的产生和扩散。例如，在掘进作业中，采用湿式掘进和封闭式掘进技术；在采煤作业中，采用水雾喷淋和液态润滑剂喷洒等措施来控制粉尘的产生和扩散。



1—供风风筒；2—PLC控制箱；3—除尘设备；4—控尘装置；5—锚杆机；6—超前支护支架；7—掘进机

图 2-1 过滤式湿式除尘器

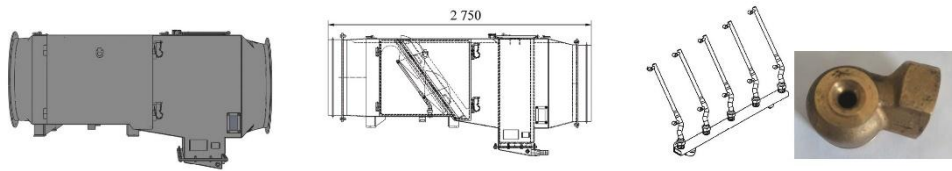


图 2-2 湿式除尘器外形及其喷雾组件

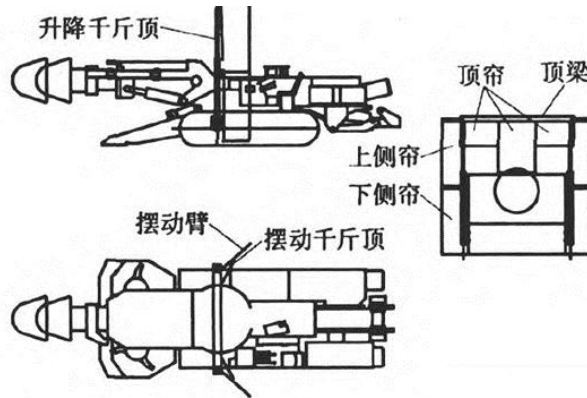


图 2-3 采掘器挡尘帘结构示意图

二、矿山地面粉尘防治

神华集团在矿山地面也采取了一系列的措施来控制粉尘的产生和扩散。例如，在装卸煤炭的过程中，采用密闭式传送和覆盖式传送等措施来控制粉尘的扩散；在煤炭储存过程中，采用覆盖式储存和湿式储存等措施来控制粉尘的产生和扩散。

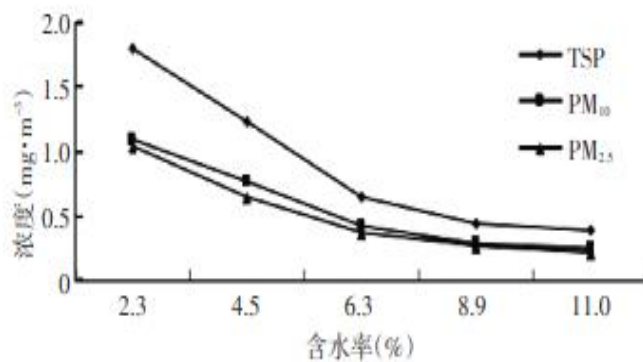


图 2-4 煤层表面含水率对抑尘效果的影响



图 2-5 封闭式传送



图 2-6 湿式传送



图 2-7 覆盖式储存



图 2-8 湿式储存

三、粉尘监测措施

神华集团对煤矿井下和矿山地面的粉尘进行监测，并制定相应的治理措施。例如，在煤矿井下，定期对粉尘浓度进行监测，一旦发现超标，立即采取相应的治理措施，如增加水雾喷淋量、加强通风；在矿山地面，定期对环境空气质量进行监测，一旦发现超标，立即采取相应的治理措施，如地面湿式喷淋等。

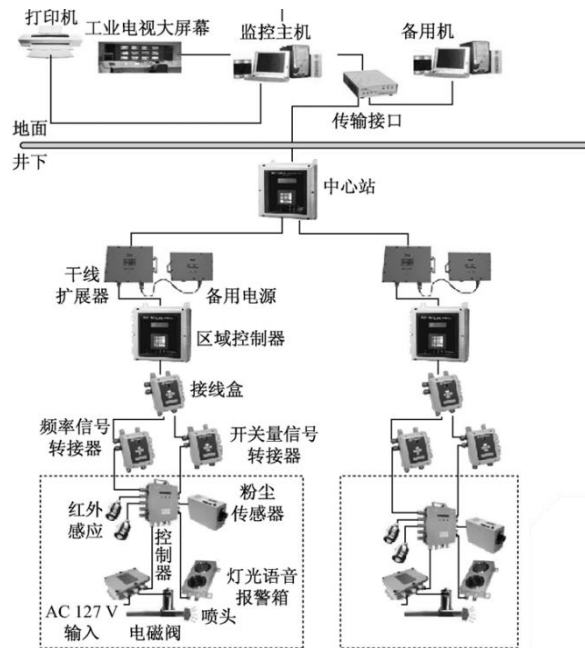


图 2-9 粉尘检测系统设置

2.1.4 设备技术

神华集团在粉尘治理设备和技术方面不断进行研究和改进，大力推广先进的粉尘治理技术和设备。

集尘系统：在煤炭生产和加工过程中，神华集团采用集尘系统收集煤尘。集尘系统可以将煤尘从生产和运输过程中收集起来，减少煤尘的扩散和污染，保护员工的健康。



图 2-10 中央集尘系统

湿式喷雾：在煤炭生产和加工过程中，神华集团采用湿式喷雾技术。湿式喷雾可以在物料输送和加工的过程中添加水，使其变得湿润，减少粉尘的产生和扩散。

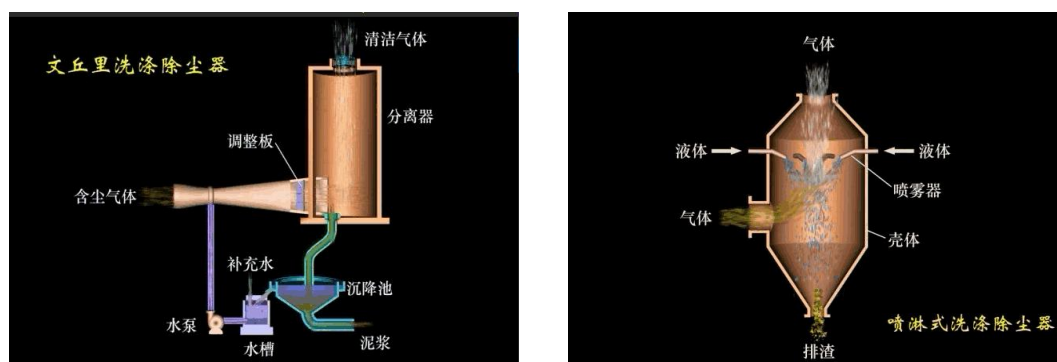


图 2-11 湿式除尘器工作原理

密闭输送：在煤炭生产和加工过程中，神华集团采用密闭输送技术。密闭输送可以将煤炭从生产和运输过程中密闭输送，减少煤尘的扩散和污染，保护员工的健康。

覆盖和喷淋：在煤炭生产和加工过程中，神华集团采用覆盖和喷淋技术。

覆盖可以将煤堆覆盖起来，减少煤尘的扩散和污染。喷淋可以在物料输送和加工的过程中添加水，使其变得湿润，减少粉尘的产生和扩散。

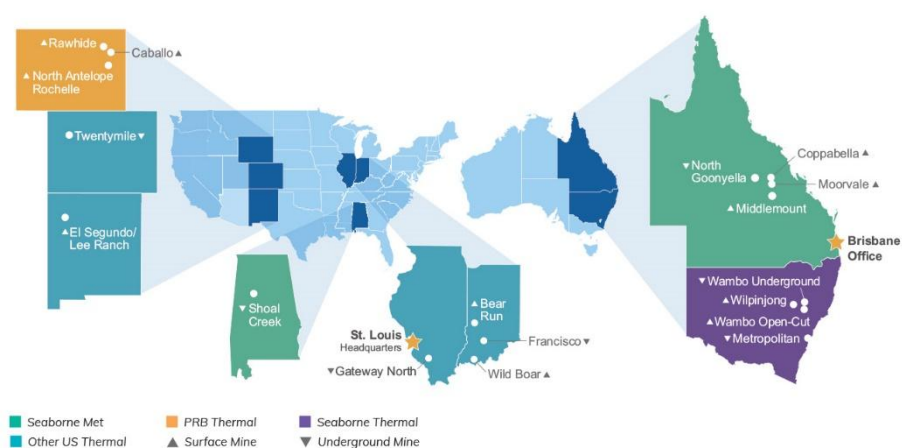
2.2 Peabody Energy 公司粉尘控制概况

2.2.1 企业简介

Peabody Energy 是一家煤炭开采和能源公司，总部位于密苏里州圣路易斯。其主要业务包括煤炭的开采、销售和分销，购买这些煤炭用于发电和炼钢。Peabody 还通过在在中国、澳大利亚、英国和美国的办事处营销、代理和交易煤炭。在美国，公司拥有的矿山位于阿拉巴马州、怀俄明州、科罗拉多州、亚利桑那州、新墨西哥州、伊利诺伊州和印第安纳州。



图 2-12 Peabody 最大的业务地点——北羚羊罗谢尔煤矿，怀俄明州



2.2.2 案例背景

长壁开采是美国地下煤矿开采方法中生产率最高的开采方法，系按前进或后退方式进行开采，整个煤层都可采出，后面不留矿柱或支护。2018 年，长壁矿山平均每员工小时生产 5.41 吨，相比连续开采作业平均每员工时生产 3.04 吨高了近一倍，更多的煤炭开采量会导致更高水平的可吸入粉尘产生。

2.2.3 粉尘控制措施

一、通风

通风是指在整个地下矿井中供应通风空气，将空气中的污染物（如灰尘、甲烷和柴油废气）稀释到安全水平，并将这些污染物从矿井工人身上清除。供应的空气量和速度可能是控制煤矿工人暴露于这些空气污染物的最关键组成部分。因此，地下煤矿法规要求了每种采矿类型在特定位置的最低空气供应量。此外，矿山运营商需要为每个工作段或机械化采矿单元（MMU）制定通风计划，并在该 MMU 开始生产之前将该计划提交给 MSHA 地区经理批准。该计划将规定将供应给 MMU 的最小空气量，并且必须始终保持该最小空气量。对于任何来源产生的灰尘，增加通风空气的量将导致灰尘的更大稀释，并降低工人可能接触的浓度。此外，通风的速度决定了灰尘从工人身上脱离速度，更高的速度将最大限度地减少灰尘留在工人附近的时间。因此，空气量和空气速度都是控制煤矿工人可呼吸粉尘暴露的重要因素。对于美国的长壁工作面，进气从井口导向尾门。这使井口入口的工人和井口采煤机操作员位于采煤机产生的粉尘的上风向。

二、喷水

喷水可以通过三种不同的方法帮助控制矿山工人的粉尘暴露：抑制、空气中的粉尘捕获和定向喷雾法。

(1) 为了进行抑制，需要在粉尘产生点（如切割钻头、输送机输送点、破碎机）用水润湿煤炭，使可吸入颗粒物符合《联邦法规》14 中的规定。这样做的目的是防止产生的可吸入灰尘被通风空气夹带。

(2) 对于空气中的灰尘捕获，是通过使喷水液滴与灰尘颗粒碰撞并聚集的方法，增加颗粒的质量，使其从气流中沉淀出来。如图所示，与水滴周围气流中的颗粒相比，尺寸更接近灰尘颗粒的水滴更有可能影响灰尘颗粒。

(3) 定向喷雾法的原理是所有的水喷雾都会在一定程度上通过其喷雾模式引起气流运动，如果位置合适，可以使用喷雾器将空气中的灰尘直接从矿工的呼吸区带走。

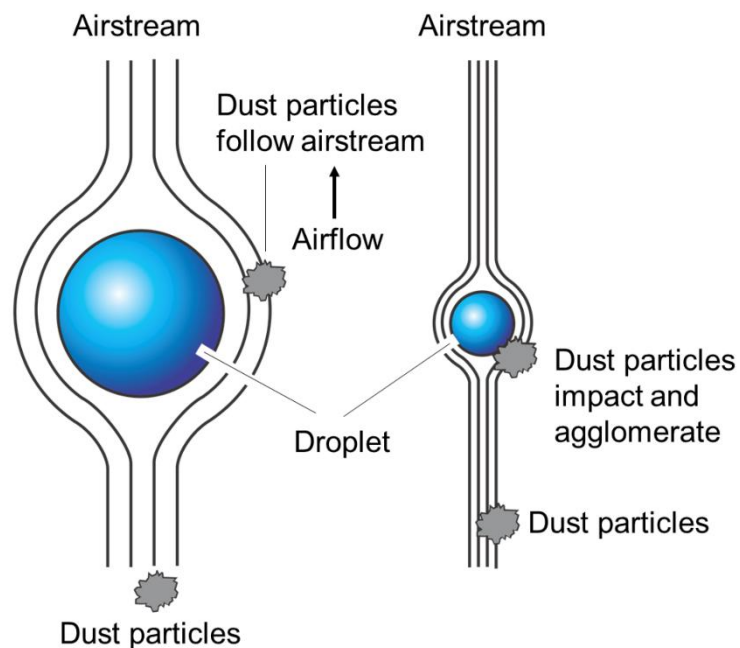


图 2-14 水滴尺寸对粒子撞击器的影响

喷嘴类型、操作参数以及喷嘴位置和方向是决定每次喷雾应用相对成功的关键因素，具体取决于所需的灰尘控制方法。

空心锥喷嘴（图左）产生圆形外环喷雾模式，通常会产生尺寸较小的液滴。过去的研究表明，更小、更快的飞沫会增加对空气中可吸入灰尘的捕获。此外，中空锥形喷嘴可比大多数其它喷嘴引起更多的气流运动。由于其较大的孔口，这些喷嘴不太可能堵塞。因此，空心锥喷雾在矿山操作员中是一种受欢迎的选择，并被用于多种采矿应用。



图 2-15 空心锥形喷嘴（左）和喷雾模式（右）

全锥形喷嘴产生的喷雾通常具有圆形冲击区域，如图右所示。这些喷雾产生中到大尺寸的液滴，可以比空心锥喷雾液滴传播更长的距离。当喷雾需要位于离尘源更远的位置时，或者当需要均匀的润湿模式时，通常使用它们。全锥喷雾器可在各种操作压力和流量下使用，可用于润湿材料进行抑制。



图 2-16 全锥形喷嘴（左）和喷雾模式（右）

扁平风扇喷嘴喷雾如图。这些喷雾产生中等尺寸的水滴，在整个模式中均匀分布。扁平风扇为喷击提供了广泛的喷雾角度，可以用作控制灰尘的手段。



图 2-17 扁平风扇喷嘴（左）和喷雾模式（右）

空气雾化喷嘴如图左，其使用压缩空气将水雾化，产生非常细的液滴，液滴比所讨论的大多数其他喷嘴产生的液滴更小、速度更高。这些喷嘴可用于产生锥形或平面喷雾图案，但其需要专门的压缩空气管线。

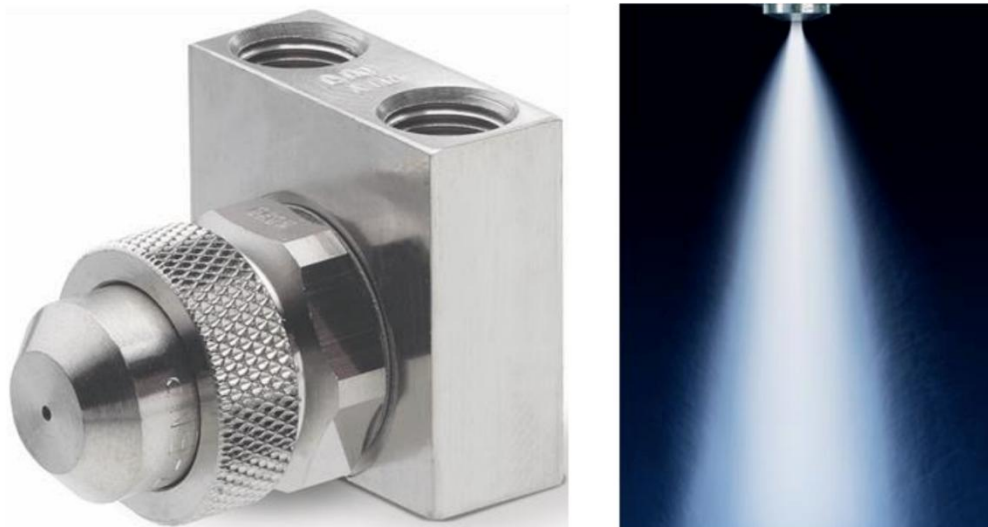


图 2-18 空气雾化喷嘴（左）和平面喷雾模式（右）

在一系列工作压力下，四种不同喷嘴的空气可吸入粉尘捕获性能存在差异，需要根据实际生产情况，具体考虑。

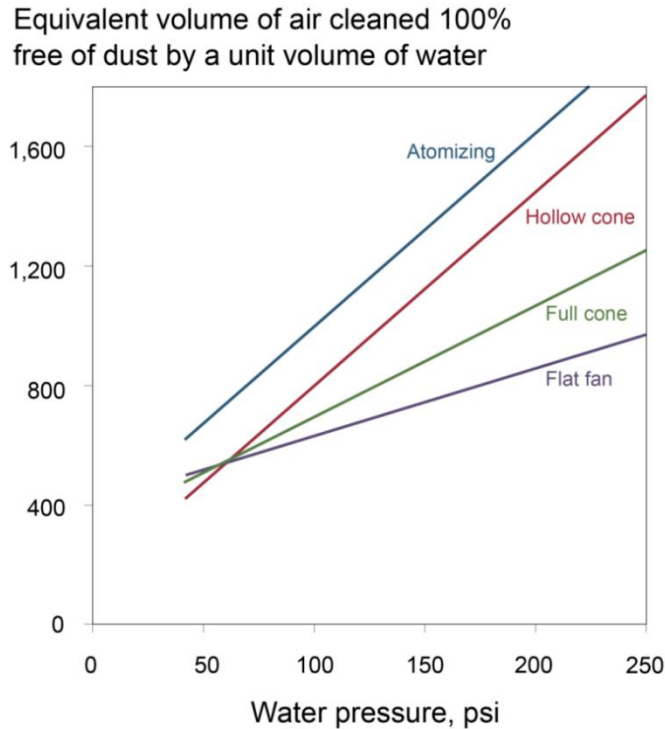


图 2-19 四种喷嘴类型捕捉空气中可吸入粉尘的性能对比

2.2.4 控制可呼吸粉尘释放的具体措施

1. 限制生产轮班期间的外出支援活动

一些外出支援活动比如车辆移动、卸载物资、拆除皮带结构和拆除支架等会将可吸入的灰尘释放到进气中。这些灰尘可能以与吸入的空气一起携带到长壁工作面，并使工人暴露在外。如果这些活动可以转移到长壁面不生产的时候，那么对于井口和工作面上的生产工人来说，这种潜在的吸入灰尘暴露源将被“消除”。从控制层次角度看的，消除是控制职业危害的首选方法。

2. 使用水沉降粉尘

如果矿井底板由松散的干燥材料组成，添加水分对于减少吸入空气中的可吸入粉尘浓度至关重要。如果开采的煤炭在工作面和破碎机和分级给料机中充分润湿，则在沿皮带入口和随后的输送点运输过程中释放的灰尘将减少。当考虑到长壁工作区的长度和当前矿山的带式输送机距离时，可能需要沿带式输送机以多个间隔重新润湿煤炭。扁平扇形喷嘴和全锥形喷嘴通常用于沿输送带润湿煤，并且应在约 50 psi 的工作压力下用水。NIOSH 研究人员在皮带转移处的喷水添加了润湿剂，以评估对可呼吸和浮尘水平的影响。结果表明，润湿剂可将可吸入的灰尘减少 46%，而使用普通水可减少 28%。

3. 吸湿化合物和表面活性剂

吸湿化合物，如氯化钙、氯化镁、熟石灰和硅酸钠，通过从空气中提取水

分来增加路面水分。这些材料的应用将有助于保持路面的含水量。肥皂和洗涤剂表面活性剂可溶解在水中，有利于保持进水道路的适当含水量。表面活性剂降低了水的表面张力，这使得可用的水分能够润湿单位体积的更多颗粒。这些化学品种类繁多，实现最大效果的关键是根据个别产品供应商的建议进行相对的应用。

4.控制皮带入口的可吸入灰尘

为了防止扬尘被带到工作面区域，操作员必须认真、正确地执行和维护皮带入口抑尘控制措施。以下做法有助于控制皮带入口的可吸入灰尘水平。

(1) 对皮带的维护

正确装载皮带并保持皮带对齐是将皮带入口产生的可吸入灰尘降至最低所需的关键操作规程。装载不均、滚筒缺失、皮带打滑和皮带磨损会导致皮带错位，并产生溢出物，导致通风空气中夹带灰尘。

(2) 使用刮刀和刷子清洁皮带

当皮带上的开采材料被适当润湿以减少运输过程中的灰尘释放时，这些材料的一部分可能会在返回尾滑轮时粘附在皮带上。随着材料的干燥和皮带经过返回辊，可吸入的灰尘可能会释放到空气中，较大的材料会沉积在矿井地面上。这些沉积的灰尘会堆积起来，最终必须要清理干净，这可能是一个安全和环境的问题。为了最大限度地减少皮带产生的灰尘量，应提前将皮带轮卸料口处的背车从皮带上卸下。通常使用一级刮刀和二级刮刀从皮带上清除回料。图左侧显示了初级和次级刮板的首选位置。主刮板通常位于头部皮带轮的下部，刚好位于材料排放点下方，而副刮板的理想位置靠近头部皮带轮。图右是安装在矿山输送带上的主刮板的照片。

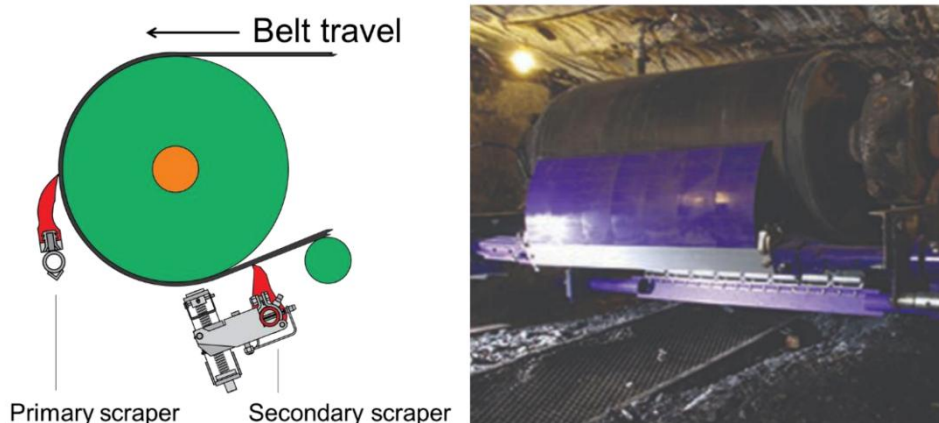


图 2-20 一级和二级皮带刮板的典型位置（左）和安装的一级皮带刮板照片（右）

2.3 国内外粉尘控制相同点

2.3.1 粉尘浓度限制

神华集团和 Peabody Energy 公司均在生产车间中设置了粉尘浓度的限制值，以确保工人在安全的环境中工作。

2.3.2 粉尘控制措施

两个公司都采取了一系列的粉尘控制措施，如增加通风量、使用湿式喷雾器和建造密封化的设备，以减少粉尘的产生和散布。此外，两个公司都使用了呼吸器和其他个人防护装备来降低工人对粉尘的暴露。

2.4 国内外粉尘控制不同点

2.4.1 技术手段

国外企业在粉尘控制方面更加注重技术手段的研发和创新，例如使用远程控制系統、仿真模拟培训、微型尘埃监测仪等。国内企业则通常采用经济实惠的技术手段来控制粉尘，如使用封闭式设备、湿式处理等。这些技术手段虽然成本相对较低，但控制效果可能不如国外先进技术手段。

2.4.2 标准要求

国外企业对粉尘控制的要求通常比国内企业更为严格。

美国煤矿企业的粉尘浓度控制标准由美国矿业安全与健康管理局（MSHA）制定和执行。MSHA 制定了不同类型的煤矿的粉尘控制标准。根据 MSHA 标准，以下是一些常见的煤矿工作环境下的粉尘控制标准：煤矿开采工作面：呼吸性粉尘浓度不得超过 2 mg/m^3 ；煤矿生产和处理设备操作区域：呼吸性粉尘浓度不得超过 1 mg/m^3 。

中国煤矿企业的粉尘浓度控制标准由中国煤矿安全监察局制定和执行。根据中国国家标准《煤矿安全规程》规定，以下是一些常见的煤矿工作环境下的粉尘控制标准：煤矿井下开采工作面：呼吸性粉尘浓度不得超过 3 mg/m^3 ，总粉尘不得超过 10 mg/m^3 ；煤矿生产和处理设备操作区域：呼吸性粉尘浓度不得超过 4 mg/m^3 ，总粉尘不得超过 10 mg/m^3 。

此外，国外企业通常会遵守更为严格的环境保护法律法规，如美国环保署（EPA）的相关法规等。而国内企业对粉尘控制的法律法规较多，但执行力度

不一定足够。

2.4.3 防护措施

国内外企业在防护措施方面的要求相似，都会对员工进行防护培训，并提供相关防护设备，如口罩、防护服等。但是国外企业通常会实施更为严格的防护措施，如在高风险的粉尘环境中要求员工使用气密性更好的防护设备，并对员工进行健康监测和评估。

3 噪声防控措施

3.1 中国宝武集团噪声控制概况

3.1.1 企业简介

中国宝武钢铁集团有限公司是中国的一家钢铁生产公司，积极推进绿色精品智慧制造，成为世界一流的碳钢、特钢、不锈钢等为主体的综合材料解决方案供应商。中国宝武建立以专业化聚焦和区域化协同相结合的“一总部、多基地”管控模式，实现“超亿吨”规模的高质量发展。近年来，宝武继续保持行业领先地位，经营规模和盈利水平位居全球钢企第一。

3.1.2 噪声标准

宝钢总体规划由日本新日铁公司设计，一期工程由日本与西德厂商承包，由于当时我国还没有制订区域环境噪声标准、以及工业企业噪声卫生标准，同意以新日铁大分厂的实际水平和日、德当时所能达到的水平为依据，本着不低于日本分厂水平的精神，确定了宝钢的噪声标准厂界噪声不大于 A 声级 65dB；车间操作地点噪声，在有技术措施的车间，等效声级控制在 A 声级 100dB 以下，在技术上有可能的场合，等效声级应控制在 A 声级 90dB 以下。

3.1.3 噪声控制设计

从噪声源对环境的影响、以及操作人员接触噪声源的状况分析，有三种类型：

- 1.操作人员经常在噪声源周围操作
- 2.操作人员仅在巡回检查时才接触噪声源

3.噪声源附近无人操作，但噪声源较强，对周围环境可引起干扰，甚至会导致厂界噪声超过规定标准。

显然，第 1.3 两种噪声源在可能的条件下必须采取噪声控制措施，而第 2 种噪声源处理比较灵活，可根据实际情况定。但为了保险起见，产生噪声的设备凡是可以采取控制措施的皆使用控制措施。

宝钢工程中所采用的噪声控制措施，主要可分两类：消声和隔声。

消声降噪措施：为净化排放气体，宝钢工程中大量采用各种类型的除尘器，其结果，增加了大量的空气动力性噪声源，而且一般都设置在厂房之外因而一般地说，吸入式负压除尘器都在风机的出口安装了消声器，有的则在风机进出

口都安装消声器。

隔声降噪措施：当噪声源足以影响周围环境或劳动卫生条件，但目前又无法从噪声源本身降低噪声时，只能在工艺条件许可的情况下，消极地采取隔声措施，将一台设备或一个区域用围护结构包围起来，以减少噪声干扰。

3.1.4 宝钢三热轧厂噪声治理

该厂区的主要噪声来自除尘设备风机、汽车板及硅钢生产线、煤气加压站和江杨路沿线的交通噪声等，这些噪声源共同作用，对员工职业健康产生了较大影响。

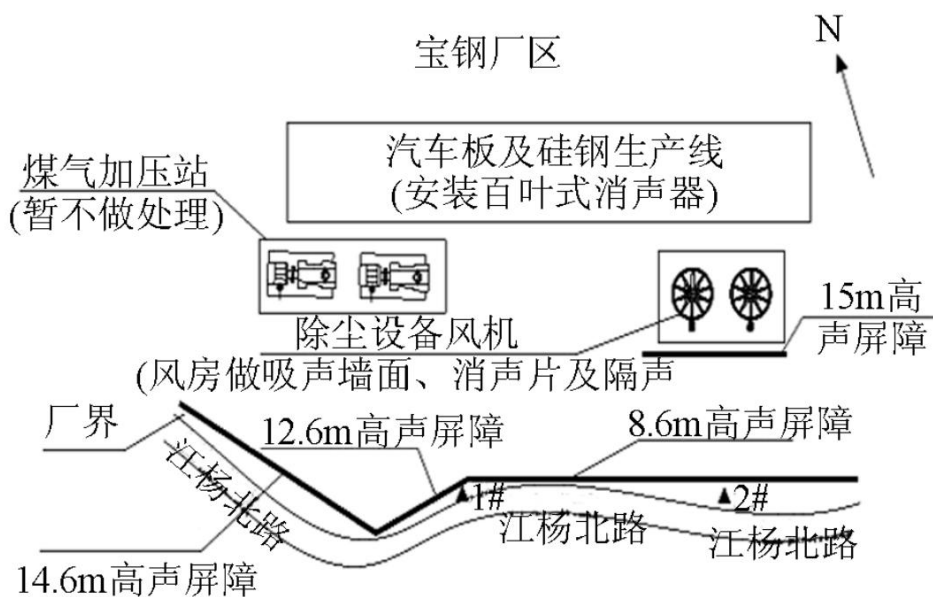


图 3-1 厂区声源分布及降噪措施配置图

该厂区的噪声源比较多，部分声源的位置较高，噪声辐射较广，如果仅对一个噪声源进行治理，需要针对不同的声源分别采取措施。

①除尘设备风机主要措施

(1)增加吸隔声屏障，即正对道路靠近噪声源一侧安装长约 21m 吸隔声屏障，根据声屏障声学设计和测量规范（HJ/T90-2004）及经济性考虑，确定吸隔声屏障的高度为 15m。

(2)在原有除尘设备风机站土建风道内增设吸声墙面、安装隔声门及导流消声片。土建风道壁面粘贴吸声材料后（该材料在 125~2000Hz 频段的 1/3 倍频程中心频率平均吸声系数为 0.52），可使壁面的反射声减少 50%左右，对风道的辐射声减少 3dB 左右。

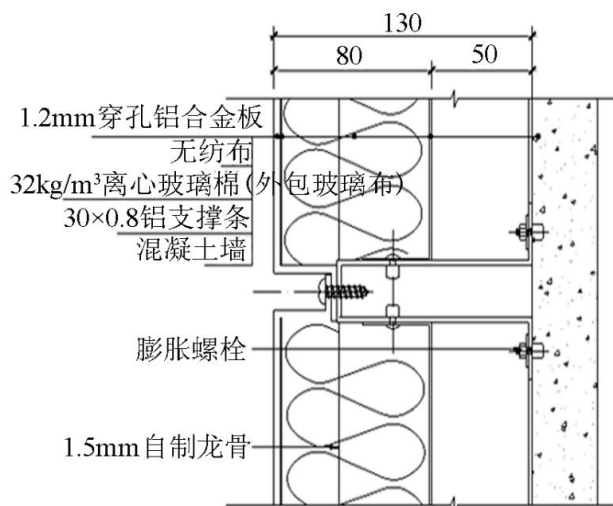


图 3-2 土建风道吸声墙面安装图

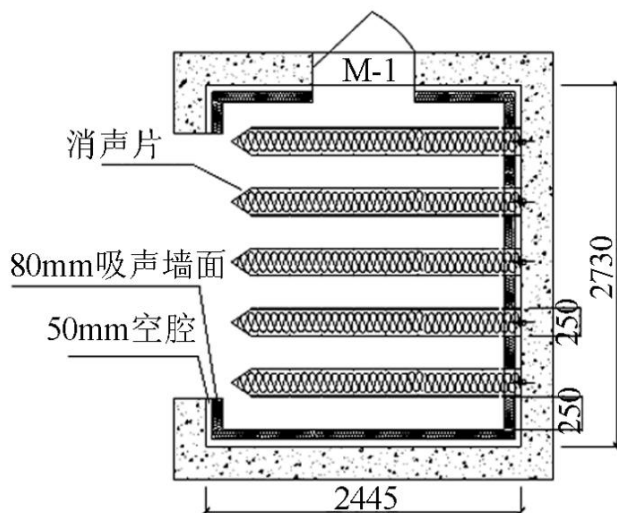


图 3-3 土建风道消声片布置图

②汽车板及硅钢生产线主要措施

该处噪声源噪声约为 66dB(A)，但声源较高，根据现场实际情况，将原有的排风百叶窗更换为百叶式消声器。

③ 煤气加压站主要措施

煤气加压站的噪声主要由煤气加压机运行产生，初建时因功率选用过大，在运行期间常常要半开半闭压力阀门，致使噪声较大。选用更换设备投资较大，与业主协商后决定暂且不对它进行处理。

④ 三热轧煤气加压站区域声屏障措施

在三热轧煤气加压站区域设置声屏障，高约 14.6m，总长约 336m。声屏障下段为 3.5m 高的实体墙体，考虑到景观效应，中段采用 8mm PMMA 板，高度为 10m，顶部是 1.1m 高铝纤维吸声屏障。声屏障主框架间隔跨度为 12m，主框

架采用打桩基础。声屏障主、辅框架表面涂刷防腐漆和面漆，铝纤维吸声屏体表面做喷塑处理，颜色与厂房外墙一致。

⑤汽车板及硅钢生产线区域声屏障措施

在汽车板及硅钢生产线区域设置声屏障，高约 8.6m，总长 732m。声屏障下段为 3.5m 高的实体墙体，中段采用 8mm PMMA 板，高度为 4m，顶部是 1.1m 高铝纤维吸声屏障。

⑥过渡段声屏障措施

过渡段声屏障高约 12.6m，总长约 48m。声屏障下段为 3.5m 高的实体墙体，中段采用 8mm PMMA 板，高度为 8m，顶部是 1.1m 高铝纤维吸声屏障。



图 3-4 除尘设备机站治理后图片



图 3-5 汽车板及硅钢生产线治理后图片



图 3-6 江杨北路沿线治理后图片

经过治理后监测表明，1#和 2#测点在白天和夜间的噪声水平均达标，有效保障了员工的职业安全与健康。

表 3-1 治理后噪声测试数据

测点	测点位置	实测值 $L_{eq}/dB(A)$	背景值 $L_{eq}/dB(A)$	噪声来源	监测时段	修正后值 $/dB(A)$
1#煤气加压站	边界外 1m	60.1	59.1	交通环境	22:23 (夜)	53.2
2#除尘设备风机	边界外 1m	61.2 59.9	60.3 59.0	交通环境	17:14 (昼) 22:09 (夜)	53.9 52.6

3.2 Zagros Steel 噪声控制概况

3.2.1 企业简介

Zagros Steel 是伊朗的一家著名钢铁生产商，其生产设施包括高炉、热轧和冷轧生产线等。在钢铁行业，特种设备包括泵、压缩机、熔炉、鼓风机、冷却塔、管道、气体和蒸汽使用阀门和其他振动设备，被认为是主要的噪音污染源。为了解决这个问题，Zagros Steel 采取了一系列噪声控制策略。

3.2.2 控制策略

- a. 工程控制：减少或消除噪声源，改变材料、工艺或工作场所布局（NIOSH 1997）
 - 选择声压级较低的工艺

- 封闭噪声源并防止噪声传播
- 隔离操作人员的控制室
- 将高噪音的机器移动到其他区域
- 维护和润滑设备
- 清洁和维护风机消声器
- 更换或修理有缺陷的消声器
- 使用遥控器操作机器

b. 行政控制：改变工作实践、管理政策或工人行为（NIOSH 1997）

- 限制员工在高噪声水平区域的工作时间
- 设置作业轮换制度
- 让矿工定期接受医疗检查以检查听力
- 不使用设备时关闭设备

c. 个人听力保护装置（NIOSH 1998）

- 为暴露于职业噪声的工人提供耳塞、耳罩或隔音头盔等
- 培训工人使用个人护具并解释其优点

d. 听力监测：监测暴露工人的听力水平（NIOSH 1998）

- 配备个人噪声剂量计，在早、晚、夜三班期间分别测量噪声水平。
- 建立并维持听力测试程序，包括：听力基准图、年度听力图、培训和跟踪程序。

3.2.3 高炉区噪声控制

高炉是钢铁工业中用于炼铁、生产钢和铸铁的最重要的大型设备之一。其熔炼功能与其他附属设备如鼓风机、锅炉和鼓风机或空气预热器一起执行。在运行过程中，高压气流在直径为 0.8 米的管道入口处流出，产生高噪声水平。频率分析表明，高炉噪声主频率为 4000Hz 左右。目前的研究发现，高炉工人所受的噪声剂量大于标准的 200%，所以高炉被认为是钢铁工业的噪声控制重点。

根据 OSHA（职业安全与健康管理局）噪声监测标准，Zagros Steel 根据噪音水平将区域分为安全区域（声压级<65dbA）、警告区域（65≤声压级≤85dbA）和危险区域（声压级>85dbA）三组，分别用绿色、黄色和红色标注在噪声地图上。

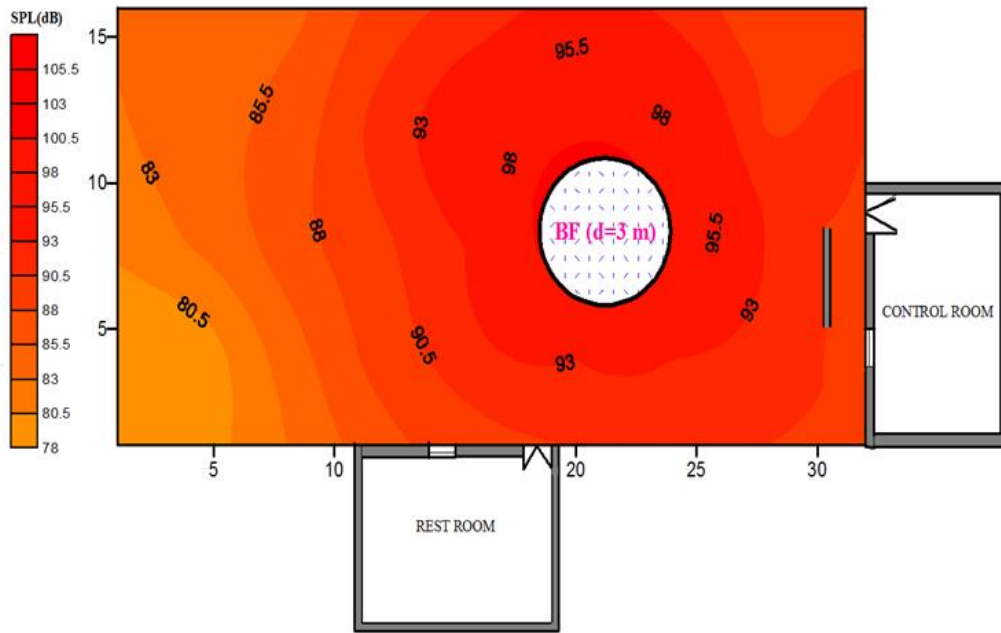


图 3-7 高炉噪声热力图

根据声学分析结果，Zagros Steel 以干预成本、效率和效果作为三个标准，对控制室和休息室进行了预先性的噪声控制设计。在控制室中，为了确保设备的安全运行，该企业设计了 90° 旋转双入口，同时采用了 0.8×0.8 米的 UPVC 真空双层玻璃窗和 2.0×1.2 米的隔音门，有效减少了噪声的传播。对于休息室，该企业采用了多重噪音控制措施，一方面是将门和窗户的位置改向炉的外侧，并安装了两个摄像头来监控设备在休息时间的运行情况。既保证了员工的休息环境，也确保了设备的安全运行。另一方面，在休息室入口处建造了一面 9×3×0.2 米的混凝土墙，旋转 90° 朝向炉子，从而有效隔绝了噪音。此外，该业还在休息室后方的炉外侧安装了一扇 1.0×1.2 米的真空双层玻璃窗，以提供自然采光，使得休息室环境更加舒适。

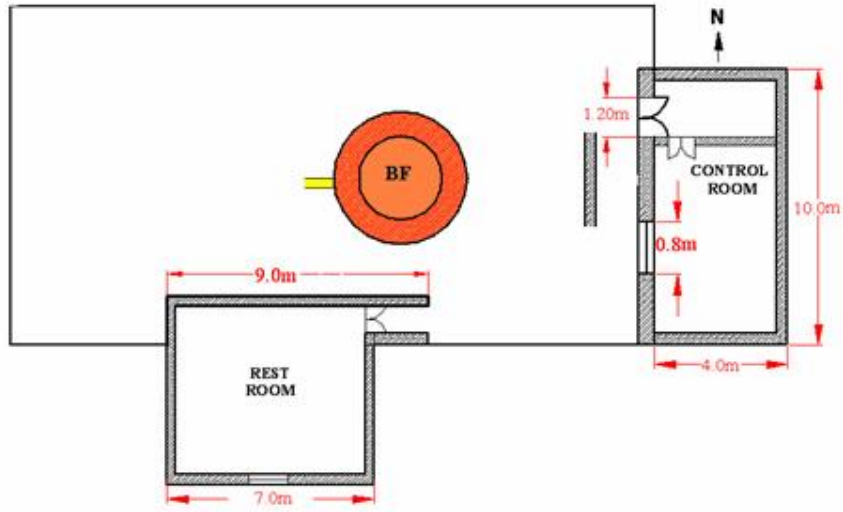


图 3-8 控制室和休息室结构图



图 3-9 双层玻璃控制室

经过测试，控制和休息室的噪声水平分别下降到为 55 分贝和 34 分贝。

表 3-2 控制室和休息室的噪声水平

Target	SPL ^a before intervention dB (L)	Control interventions	Noise reduction, dB (L)			SPL after intervention dB (L)
			Theoretical	Predicted with the 0.001 opening	Actual	
Control room	80.0	Steel door, UPVC window with vacuumed double-layered glasses. Screw entrance by 90°	55	30	27.4	52.6
Rest room	86.1	Armed concrete wall, Screw entrance by 90°	34	30	27.7	58.4

^a Sound Pressure Level

Zagros Steel 同时将员工的噪声测量纳入计划。剂量计一般连接在工人的腰部区域，麦克风附在衣领后面，雇主在早、晚、夜三班期间分别测量噪声水平。

表 3-3 三个典型班次中的个人噪音剂量

Work shift	Noise dose (%)	Daily exposure limits (h) ^a	Ratio of increased exposure limits
Morning	137	5.83	1.75
Evening	130	6.15	1.81
Night	122	6.55	1.92
Average	130	6.18	1.83

3.3 国内外噪声控制相同点

3.3.1 重视职业健康和安全

两家企业都高度重视职业健康和安全，注重从源头上控制噪声污染，保障员工的健康和安全。

宝钢企业在生产设备上采用了各种降噪设备，如吸声隔音板、降噪器等，以降低噪声污染；Zagros Steel 也重视员工职业健康和安全，在生产设备上采取了降噪措施，此外，该企业还向员工提供了各种个人防护用品，如耳塞、耳罩等，并对员工进行了相关的职业健康教育和培训，以提高员工的职业健康意识。

3.3.2 采取类似的防护措施

两家企业都采取类似的防护措施，如加装隔音板、采用降噪设备等，以降低噪声对员工和环境的影响。

宝钢企业在工厂内采用了隔声、隔热、降噪等综合措施；Zagros Steel 企业也采取了类似的防护措施，在工厂内加装隔音设备、降噪材料等，以减少噪声污染。此外，该企业还建立了噪声监测系统，定期对噪声进行监测和评估。

3.3.3 倡导员工的职业保护

两家企业都倡导员工自我保护，如提供耳塞、耳罩等个人防护用品，并对员工进行相关的培训和宣传，以提高员工的职业保护意识和能力。

宝钢企业为员工提供各种个人防护用品，并定期开展职业健康教育和培训，加强员工对职业健康和安全认识，提高员工的职业保护意识和能力。Zagros Steel 企业也为员工提供各种个人防护用品，并加强员工的职业健康教育和培训，提高员工的职业保护意识和能力。此外，该企业还建立了职业健康监测系统，

对员工的职业健康状况进行监测和评估。

3.4 国内外噪声控制不同点

3.4.1 相关法规和标准

中国和伊朗的法律法规和标准有所不同，可能会影响企业采取的防护措施和监测方法的具体实施。例如，在噪声防护方面，中国的相关标准和法规对于工业企业的噪声限制值有着具体的规定，而伊朗的相关标准和法规和中国存在差异。

3.4.2 管理体系和监测方法

企业的职业健康管理体系和职业健康监测方法也有所不同。例如，宝钢企业可能采取了更加科学和严格的职业健康管理体系，而 Zagros Steel 企业则可能更注重现场实践和经验总结。

3.4.3 地域和文化背景

中国和伊朗的地域和文化背景也有所不同，这也会影响企业在职业健康和安全方面的理念和实践。例如，中国强调“安全第一”的理念，伊朗更注重人与自然的和谐共处。这些理念和文化背景可能会影响企业在职业健康和安全方面的决策和实践。

4 分析总结

4.1 存在问题

在查阅和梳理国内外企业对于职业危害措施的防控措施的过程中，我们也发现目前防控措施遇到的一些困难，既包括设计阶段，也包括实践阶段的。

例如，在不同的行业中，大多数研究只是提供了控制噪声水平及确定主要噪声源后的策略，没有一项策略考虑根据工业不同部分对噪音污染的重要性，为实施噪音控制措施设定优先次序和排名，这是综合考虑经济成本以及现实效果的问题。

同时，许多操作人员在安装处理系统时，并不知道预期效果如何，也不知道安装后实际效果如何。在某些情况下，由于材料选择、放置或安装不当，往往会浪费了时间和金钱，这也是需要不断改进的细节。

4.2 总结

本文对企业防控职业危害因素的措施进行了深入研究，重点关注了粉尘和噪声的防控工作。研究发现，企业应采取一系列针对性的防控措施，包括采用先进设备和技术、配置个人防护用品、对员工进行培训和教育等。

同时，本文还通过比较国内外企业的做法，指出了国内企业可以从外国企业借鉴先进的防控技术、设备和管理经验等，以提高职业卫生水平，保障员工健康和安​​全。例如对于中国宝武，可以学习 Zagros Steel 企业利用复式建筑结构或配置个人噪声剂量计进行防控的措施。对于中国神华，可以学习 Peabody Energy 企业开发和设计采掘远程操作站、在安全培训中应用虚拟仿真实训以及配备连续式个人粉尘检测仪等个人防护装备的措施。在借鉴外国企业的经验时，还应注意适应本土化的实际情况，创新和改进措施，符合国内的法律法规和标准。

本文为企业防控职业危害因素的研究提供了新的思路和探索方向，同时也为企业防控工作的实践提供了指导和帮助，具有重要的实践意义和现实价值。

参考文献

- [1] 汪大春.黄骅港粉尘治理技术研究[J].神华科技,2017,15(05):89-92.
- [2] 张喜武. 神东矿区可持续发展战略及其保障系统研究[D].辽宁工程技术大学,2003.
- [3] 赵钢. 神华天津煤炭码头二期工程环保问题研究[D].大连海事大学,2010.
- [4] 张斌,贺瑞芳.神华准格尔能源公司储煤场粉尘治理研究[J].内蒙古民族大学学报,2010,16(05):67-68.
- [5] Cecala A B , O'Brien A D , Schall J , et al. Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing[J]. national institute for occupational safety & health, 2012.
- [6] 惠风,陈殿赋.掘进工作面粉尘综合治理技术与实践[J].矿业安全与环保,2020,47(05):90-94.DOI:10.19835/j.issn.1008-4495.2020.05.018.
- [7] Colinet J F , Rider J P , Listak J M , et al. Best practices for dust control in coal mining[J]. National Institute for Occupational Safety & Health, 2010.
- [8] 康富军.湿式除尘技术在小断面巷道快速掘进系统中的应用[J].智能矿山,2021,2(02):65-69.
- [9] 何金龙.宝钢三热轧厂界噪声治理[J].声学技术,2010,29(04):414-417.
- [10] 顾德俊.宝钢的噪声控制概况[J].噪声与振动控制,1987(01):30-35.
- [11] 魏志勇.以标准发展推进职业性噪声防治[J].劳动保护,2022(04):17-19.
- [12] 朱从云,赵则祥,李春广,黄其柏.噪声控制研究进展与展望[J].噪声与振动控制,2007(03):1-8+19.
- [13] 任文堂.噪声控制技术和设备的发展现状和展望[J].应用声学,1999(06):1-5.
- [14] Golmohammadi R, Giahi O, Aliabadi M, et al. An intervention for noise control of blast furnace in steel industry[J]. Journal of research in health sciences, 2014, 14(4): 287-290.
- [15] Peeters B, Van Blokland G J. Decision and cost/benefit methods for noise abatement measures in Europe[J]. Prepared for the Interest Group on Traffic Noise Abatement of the EPA Network (IGNA-EPA), report M+ P. BAFU, 2018, 15(1).

[16] Verbeek J H, Kateman E, Morata T C, et al. Interventions to prevent occupational noise-induced hearing loss[J]. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2012 (10).



中国地质大学
CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES
北京·BEIJING

国际（内）职业健康管理、 法规现状及分析

课程名称：	职业健康工程学
任课教师：	裴晶晶、孙辰晨
姓名：	1002204123 姜瑞麟 1002204118 王家峻 1002204129 柯建国 1002204119 黄振宇

小组成员表

成员	主要完成内容
王家峻	整理资料、PPT 制作、汇报
姜瑞麟	资料收集、统筹、word 文档制作
柯建国	资料收集、word 文档制作、排版
黄振宇	资料收集、word 文档制作、PPT 制作

目录

1 引言	2
2 职业健康	2
2.1 职业健康的定义	2
2.2 职业健康管理的目标	2
3 中国职业健康管理情况	3
3.1 历史背景	3
3.2 职业健康管理现状	4
3.3 管理理念	4
3.4 总结	5
4 美国职业健康管理情况	5
4.1 历史背景	5
4.2 职业健康管理现状	6
4.3 管理理念	8
4.4 总结	8
5 英国职业健康管理情况	8
5.1 历史背景	8
5.2 英国职业健康管理现状	9
5.2.1 英国职业健康法规现状	9
5.2.2 英国职业健康机构现状	10
5.3 管理理念	11
5.4 总结	12
6 德国职业健康管理情况	12
6.1 历史背景	12
6.2 职业健康管理现状	13
6.3 职业健康管理理念	14
6.4 总结	14
7 结论与展望	15
参考文献	16

1 引言

随着全球经济的发展和劳动力市场的变化，职业健康管理越来越受到人们的关注。职业健康管理是指通过对工作环境、工作过程和工作人员进行监测、评估和控制，预防和控制职业病、职业伤害和职业危害，保护和促进工人身体健康的一项综合性管理活动。在全球范围内，各国政府和企业都高度重视职业健康管理，制定了一系列法规、标准和政策来保障工人的权益。

中国是世界上最大的劳动力市场之一，也是世界上职业病发病率最高的国家之一。为了保障工人的权益，中国政府制定了一系列法规、标准和政策来规范职业健康管理工作。与此同时，德国、英国和美国等发达国家也制定了一系列法规、标准和政策来保障工人的权益，并建立了完善的职业健康管理体系。

本文旨在分析中国、美国、德国、英国四个国家的职业健康管理法规现状、标准体系以及职业病防治情况，为相关研究提供参考。

2 职业健康

2.1 职业健康的定义

根据世界卫生组织的定义，职业健康是指公共卫生的一个工作领域，旨在促进和维持所有职业工人的最高程度的身体、精神和社会福祉。

职业健康的科学与实践涉及职业医学、护理学、人体工程学、心理学、卫生学、安全等多个学科。

2.2 职业健康管理的目标

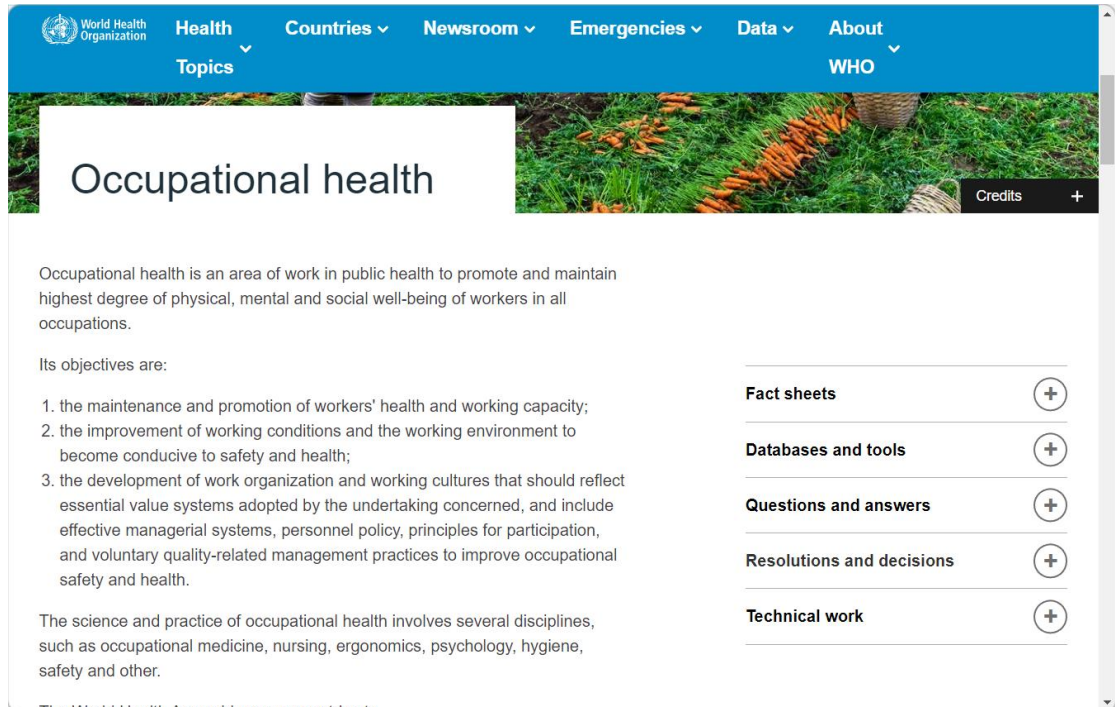
一、进行职业健康管理的目标是：

1. 维护和促进工人的健康和工作能力；
2. 改善工作条件和工作环境，使其有利于安全和健康；
3. 发展工作组织和工作文化，应反映有关企业采用的基本价值体系，并包括有效的管理系统、人事政策、参与原则和自愿的质量相关管理实践，以改善职业安全和健康。

二、世界卫生大会敦促各国：

1. 制定国家政策和行动计划，建设职业卫生方面的机构能力；
2. 通过预防和控制职业病和与工作有关的疾病和伤害以及职业卫生服务的基本干预措施扩大覆盖面；

3. 确保与其他相关的国家卫生规划合作，例如处理传染病和非传染性疾病、预防伤害、健康促进、精神卫生、环境卫生和卫生系统发展的规划。



图表 1 世界卫生组织关于职业健康的定义

3 中国职业健康管理情况

3.1 历史背景

中国职业健康管理的历史背景可以追溯到新中国成立初期。从新中国成立到文革前，我国在职业卫生监督管理和职业病防控方面，处于探索阶段。随着时间的推移，我国的职业健康管理体系得到了不断完善和发展。现在，我国已经建立了一套完整的职业健康管理制度，包括法律法规、标准规范、监督检查等。

在建国初期，我国职业病防治工作处于探索阶段，到了 20 世纪 80 年代，我国开始开展职业卫生监督管理工作。2002 年，我国颁布了《职业病防治法》，并将其纳入了国家立法计划。

其中，我国职业健康管理的法律法规主要包括《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国职业病防治法》等。此外，我国还制定了一系列标准规范，如《职业病危害因素分类与代码》、《工作场所空气质量标准》等。

3.2 职业健康管理现状

目前，随着我国经济的快速发展，我国的职业健康安全形势严峻。从职业健康安全状况分析，我国近年来作业场所职业健康 10 万人死亡率达到 8.3 人左右，相比较国际上职业健康安全管理出色的职业健康的 10 万人死亡率相差很大；从职业健康安全管理体系（OHSAS1801）内容上分析，我国的工作量、工作时间等在职业健康安全管理体系中没有体现；从职业健康安全管理体系的深度上分析，我国在心理健康、社会责任、知识管理、风险管理等方面比较薄弱，没有形成系统化；从职业健康安全管理体系运行绩效及可持续发展的角度分析，我国长期以来片面追求经济效益、忽略了社会效益和环境效益，导致了由于以人为本的关注较少、职业伦理缺失、社会责任担当不够风险管理水平低下等结果造成的可持续发展失衡。

从职业健康安全状况的角度分析，职业伤害不仅给职工家属带来极大的痛苦，同时也造成巨大的经济损失，制约着我国经济的快速发展与转型升级。每次煤矿事故，都要支付相当多的医疗费用、抚养费、抚恤费等。据山西某矿务局的分析报告，每一人死亡，造成的平均直接经济损失不低于 20 万元。例如，1996 年 5 月 2 日平顶山煤业集团有限公司瓦斯爆炸事故发生，直接造成 84 人死亡，所造成的直接经济损失达 984 万元，间接损失约 1 亿元，相当于每 1 人死亡就会损失 119 万元。2004 年的郑州大坪乡 10 月 20 日的瓦斯爆炸，导致巷道的破坏，通风系统的破坏，机电设备的破坏等，造成的直接经济损失达 3935 万元，3099 万元的间接损失，1055 万元的不可预知的损失，共计 8098 万元的经济损失。在同一年，在陕西铜川煤矿瓦斯爆炸造成的直接经济损失达 1709 万元。

3.3 管理理念

目前，党和政府对职业健康安全管理的高度重视体现在以下三个方面：

一方面，2016 年 12 月 26 日国务院办公厅为了提高职业病防治的工作，依据《中华人民共和国职业病防治法》，制定和颁发了《国家职业病防治规划（2016~2020 年）》。《规划》阐述了职业病防治工作的重要性，总结了《国家职业病防治规划（2009~2015 年）》实施以来取得的成绩，分析了面临的主要问题和挑战，明确了“十三五”期间的工作定位。提出坚持正确的卫生与健康工作方针，坚持依法防治、源头治理和综合施策的基本原则，明确了 2020 年总体工作目标和加大职业卫生监督执法力度等 10 个可量化的具体工作指标。

另一方面，2017 年 1 月 12 日党中央、国务院和政府提出了加强安全生产工作的部署，根据《中华人民共和国安全生产法》等和《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个

五年规划纲要》，制定了《国务院办公厅关于印发安全生产“十三五”规划的通知》。《规划》提出来 2020 年的基本目标及要求，提出了我国仍处于新型工业化过程之中，安全生产预防工作仍然面临诸多的挑战、同时在“十三五”时期，我国的安全生产工作也面临着诸多的有利条件和机遇。

3.4 总结

我国职业健康安全状况制约着我国的经济的发展，我国政府对职业健康安全管理绩效的给予了高度重视，同时全球安全经济一体化对我国的职业健康安全运行绩效提出了更高的要求，这集中体现在我国职业健康安全管理体系的重要性的和亟待完善的必要性。在目前经济新常态下，如何面对挑战、迎接机遇、切实保障劳动者职业健康权益，促进经济社会持续健康发展，为推进健康中国建设奠定重要基础，完善我国职业健康安全管理体系的可持续发展，已经成为我国的管理者和研究者深层次挖掘的关键问题，也是职业健康安全管理体系的难点问题。

4 美国职业健康管理情况

4.1 历史背景

上世纪 70 年代以前，每年有超过 1.4 万名工人死于各种安全事故，将近 250 万人在事故中致残或受伤，约有 30 万人患职业病。

为了确保美国工人的安全和健康，1970 年 12 月 29 日，由美国总统尼克松签署通过《1970 年职业安全与健康法》，同时根据该法成立美国职业安全与健康管理局(OSHA)。



图表 2 OSH Act of 1970

该法案自 1971 年 4 月 28 日起生效。1970 法案的主要目标是减少职业伤亡和职业病的发生率，同时保护美国工人的权利和利益。1970 法案的主要内容包括：制定和执行职业安全和健康标准，提供培训、教育和援助，以确保工人的安全和健康的工作条件，以及制定和执行标准，以确保工人的安全和健康的工作条件。1970 法案还规定了联邦政府和州政府的职责和职权，以确保工人的安全和健康的工作条件。

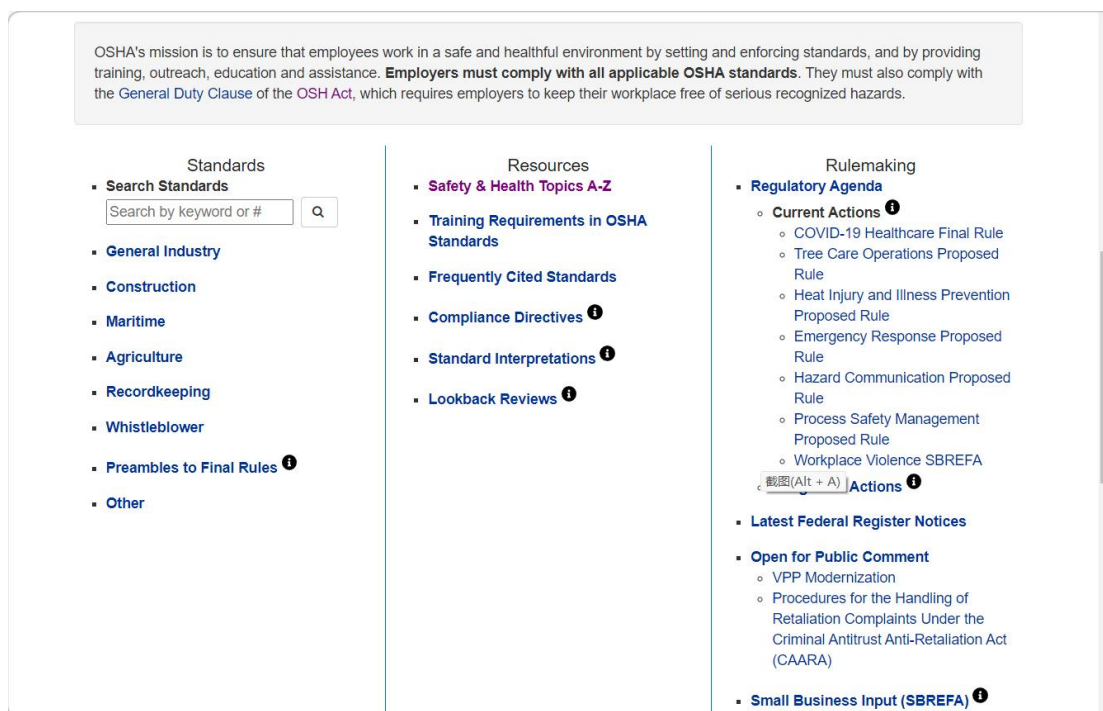
美国职业安全与健康管理局是设在美国劳工部内，具备独立地制定职业安全与健康标准，并对职业事故拥有裁决权，以减少职业场所伤亡率和职业病为目的的联邦政府机构。

美国职业安全与健康管理局通过采取强有力、公平有效的执行，加强培训、教育和咨询，以及建立战略伙伴关系和发展其他合作项目等行动，来帮助雇主和雇员减少职业伤害、疾病和死亡。美国职业安全与健康管理局成立五十多年来，在职业安全与健康领域已取得实质性进展：职业场所死亡率降低 62%，职业伤害和疾病率减少 42%。美国的职业安全与健康管理体系逐渐完善，真正有效地保护了职工的安全和健康。

4.2 职业健康管理现状

美国的职业健康管理是由美国劳工部（U.S. Department of Labor）负责监管的。美国劳工部的使命是确保美国工人的安全和健康工作环境，通过制定、实施和执行标准，并提供外展、教育、培训和合规援助。

美国职业安全与健康管理局（OSHA）的使命是通过制定和执行标准以及提供培训，外展（*Outreach* 是指通过与社区、组织和个人建立联系，提供信息、教育和援助，以帮助他们更好地了解 and 遵守 OSHA 的标准和规定），教育和援助，确保员工在安全和健康的环境中工作。雇主必须遵守所有适用的 OSHA 标准，OSHA 制定了许多标准，旨在确保员工在安全和健康的环境中工作。这些标准包括**建筑业、造船业、海上作业、农业**等行业的标准。雇主必须遵守所有适用的 OSHA 标准。



图表 3 OSHA 的法律法规

当然，同时雇主还必须遵守《职业安全与健康法》的一般责任条款，该条款要求雇主保持其工作场所没有严重公认的危险。

根据美国职业安全与健康管理局（OSHA）的数据，自 1970 年以来，美国每天的工人死亡人数从平均每天 38 人下降到 2020 年的每天 13 人。2021 年，私营企业雇主报告了 290 万起非致命性工作场所伤害和疾病，这是从 2020 年的 350 万起下降了 60 万起。伤害和疾病案例的下降是由于疾病案例的下降，私营企业雇主报告的 2021 年非致命性疾病为 36.52 万起，较 2020 年的 54.46 万起下降了 32.9%。这种下降是由于 2021 年雇主报告的呼吸系统疾病案例下降了 37.1%，从 2020 年的 42.87 万起下降到 26.96 万起。

4.3 管理理念

美国职业安全与健康管理局的使命就是保护职业场所的每一个人——包括企业主和员工——的安全和健康。以此为出发点，通过推行强制性标准，加强安全检查与企业自检，强化职工安全与自我保护意识，鼓励工作场所的持续改进，以最大限度减少工作场所的安全事故和对职工的职业伤害。

美国职业安全与健康标准的修订与增补常常取决于事故调查结果及其对职业健康危害的程度。随着社会、经济、科学技术的不断发展，一些新的职业安全与健康标准也相应出台以更好地保护职工的安全和健康。

美国的职业安全与健康的管理虽然在部分地区实行许可，但行政许可仅仅是其采用的管理手段之一。最主要的管理方式是通过不同的合作项目，鼓励企业自发地加强职业安全与健康的管理，以达到相关标准要求。此外，美国的职业安全健康管理有一套完善的投诉和举报处理机制，以充分发挥职工的监督作用，这在很大程度上有效促进了职业场所安全与健康条件的不断改进。

美国的职业安全与健康的管理还强调公众参与。通过不同的合作项目，除企业自身以外，让相关政府机构、协会、学校、研究机构以及其他非政府组织（NGOs）都参与进来共同监督和促进职业安全与健康的发展。这些部门还为提供许多共享资源及加强职业安全与健康的教育做出了积极的贡献。

4.4 总结

美国的职业安全与健康的管理对频繁的职业场所伤害和事故起到有效的遏制作用，同时对美国的社会、经济、科技发展起到积极的促进作用。其主要经验包括直面问题，职业安全与健康并重，强调双赢，法律保障和协作机制。政府、企业及协会在强调安全的同时，也积极关注职业健康的进步。

5 英国职业健康管理情况

5.1 历史背景

英国职业健康安全管理的建立背景可以追溯到 19 世纪末和 20 世纪初期。在这个时期，英国的工业化进程加速，工业部门的生产和就业不断增加，同时工作条件也变得越来越危险和不健康。据统计，19 世纪末和 20 世纪初期，英国职业病发病率和死亡率呈上升趋势，

工人经常在危险的机器和设备周围工作，没有适当的防护措施和培训，导致职业病和工伤的发生率不断上升。这种情况引起了公众的关注和议论，一些社会运动家开始呼吁政府采取措施来保护工人的健康和安​​全。

在这个背景下，英国政府于 1833 年颁布了工厂法，规定了一些基本的安全和健康要求，如限制工作时间、禁止童工、规定机器安全等。然而，这些法律的执行并不严格，而且范围有限，许多行业和企业仍然存在严重的安全和健康问题。

在这种情况下，工人和工会开始组织自己的职业健康安全活动，通过集体斗争和协商来争取更好的安全和健康条件。一些先进的企业也开始采取一些自发的安全和健康措施，以提高工人的生产效率和保护工人的健康。这些自发的努力逐渐引起了政府和公众的关注，也促进了职业健康安全管理的发展和完​​善。

在 20 世纪，随着工业部门的不断扩大和技术的不断更新，职业健康安全问题变得更加复杂和严峻。为了应对这些问题，英国政府和企业开始采取更为积极的措施，如成立职业健康安全委员会、推出安全法规和标准、加强安全培训和宣传等。这些措施为职业健康安全管理奠定了坚实的基础，也为英国职业健康安全管理的现代化发展打下了良好的基础。

5.2 英国职业健康管理现状

5.2.1 英国职业健康法规现状

职业安全与健康法（Health and Safety at Work Act，简称 HSWA）：这是英国最重要的职业健康安全法律法规之一，要求雇主采取一切合理的措施，以确保员工的安全和健康，同时要求员工自己也必须采取合理的措施保护自己和他人的安全和健康。

管理健康与安全的卫生法（Management of Health and Safety at Work Regulations）：这个法规详细规定了雇主如何管理职业健康安全，包括风险评估、培训、监督和记录等方面。

工业安全法（Factories Act）：这个法规主要适用于制造业和加工业，要求雇主确保工厂和机器的安全和健康。

职业疾病和职业伤害的预防和补偿法（Employment Injuries and Diseases Act）：这个法规规定了雇主应该提供哪些职业疾病和职业伤害的补偿措施，以及如何预防这些问题的发生。

职业安全与健康法是基础法规，规定了雇主必须确保员工的安全和健康，同时员工也有责任采取合理的措施保护自己和他人的安全和健康。管理健康与安全的卫生法则对职业

安全与健康法进行了详细的解释和补充，要求雇主采取一系列措施确保职业健康安全。工业安全法则是对制造业和加工业的职业健康安全进行了更具体的规定。职业疾病和职业伤害的预防和补偿法则规定了如何预防和补偿职业疾病和职业伤害。

这些法规之间相互关联，共同构成了英国的职业健康安全管理体系统。

除了以上提到的法规外，英国还有其他一些职业健康安全方面的法规，包括但不限于：

1. 建筑业安全法（Construction (Design and Management) Regulations）：主要适用于建筑业，要求雇主、设计师和承包商共同确保建筑工地的安全和健康。
2. 食品卫生法（Food Safety Act）：主要适用于食品生产和销售行业，要求食品生产商和销售商确保食品安全和卫生。
3. 消费品安全法（Consumer Protection Act）：主要保护消费者免受不安全或有缺陷的产品的伤害或损失。
4. 爆炸物品安全法（Explosives Regulations）：主要规定了生产、贮存和使用爆炸物品的安全要求。
5. 煤矿安全法（Mines and Quarries Act）：主要适用于煤矿和采石场等行业，要求雇主确保工作场所的安全和健康。
6. 海上安全法（Merchant Shipping Act）：主要规定了英国海上运输行业的安全标准。
7. 高压气体安全法（Pressure Systems Safety Regulations）：主要规定了高压气体系统的安全要求。
8. 放射性物质管理法（Ionising Radiations Regulations）：主要规定了放射性物质的安全管理要求。

这些法规共同构成了英国职业健康安全管理的**法律框架**，旨在确保工人的安全和健康。

5.2.2 英国职业健康机构现状

Health and Safety Executive (HSE)：英国职业健康安全管理的主要监管机构，负责制定和执行相关法律法规，对工作场所进行监督和检查，以及提供相关培训和指导。

Local authorities：地方政府也对职业健康安全管理负有一定的责任，负责对当地企业和工作场所进行检查和监督。

Advisory, Conciliation and Arbitration Service (ACAS)：负责协助企业解决与员工相关的纠纷和争议，包括职业健康安全问题。

Institution of Occupational Safety and Health (IOSH)：英国职业健康安全管理领域最大的职业组织，致力于促进职业健康安全的发展和提高相关专业人员的素质。

British Safety Council (BSC)：英国的另一个职业健康安全管理组织，提供职业健康安全管理方面的培训和认证服务。

The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)：负责研究和评估职业健康安全问题，提供科学依据和指导。

The Occupational Safety and Health Consultants Register (OSHCR)：注册了一批独立的职

业健康安全顾问，为企业提供专业的职业健康安全咨询和指导。

Trades Union Congress (TUC): 英国最大的工会组织之一，代表着数百万工人的利益，致力于推动职业健康安全法规的改进和实施。

Royal Society for the Prevention of Accidents (RoSPA): 致力于推动职业健康安全的发展和提高，通过提供培训和认证等服务来支持企业和个人的职业健康安全管理。

这些机构之间的关系主要体现在监管、培训和指导等方面。HSE 是主要的监管机构，负责制定和执行相关法律法规，并对工作场所进行监督和检查。Local authorities 则负责对当地企业和工作场所进行检查和监督。ACAS 则协助企业解决与员工相关的纠纷和争议，包括职业健康安全问题。IOSH 和 BSC 等职业组织则提供职业健康安全管理方面的培训和认证服务，以提高专业人员的素质。NIOSH 负责提供科学依据和指导，OSHC 提供专业的职业健康安全咨询和指导，TUC 代表工人的利益，推动职业健康安全法规的改进和实施，RoSPA 则致力于推动职业健康安全的发展和提高，提供培训和认证等服务来支持企业和个人的职业健康安全管理。这些机构之间也可能有一定的合作和协调关系。

5.3 管理理念

英国在职业健康安全管理方面有着广泛的经验和深厚的理论基础，它的职业健康安全管理理念包括以下几个方面：

风险评估和管理：英国的职业健康安全管理理念强调风险评估和管理。在职业健康安全管理中，首要任务是识别可能会对员工健康和 safety 造成影响的风险。风险评估和管理的目标是确保采取合适的措施来减轻和消除潜在风险。

法律法规遵从：英国职业健康安全管理理念强调法律法规的遵守。职业健康安全法规要求雇主对员工健康和 safety 负有责任，并且必须采取必要措施来确保员工受到保护。

参与和协作：英国职业健康安全管理理念强调员工和雇主之间的参与和协作。这意味着雇主应该与员工合作制定和实施职业健康安全政策，员工也应该积极参与职业健康安全管理，例如报告任何健康和 safety 问题。

健康和 safety 文化：英国职业健康安全管理理念强调建立健康和 safety 文化。这意味着雇主应该鼓励员工参与职业健康安全管理，并制定政策和措施来确保员工的健康和 safety。

培训和教育：英国职业健康安全管理理念强调员工的培训和教育。培训和教育有助于员工了解可能对他们健康和 safety 造成影响的风险，并且提高员工对职业健康安全管理的认识和参与度。

总之，英国的职业健康安全管理理念注重风险评估和管理、法律法规遵守、参与和协作、健康和安全文化、以及培训和教育。

5.4 总结

英国职业健康安全管理体系的优点包括：

建立完善的法律法规体系：英国有一系列的法律法规，涉及职业健康安全管理的各个方面，包括雇主和员工的责任和义务、风险评估、培训和监督等。这些法律法规形成了一个完整的体系，为职业健康安全管理提供了明确的指导和规范。

强调雇主和员工的责任：英国职业健康安全管理体系强调雇主和员工的责任，雇主主要采取一切合理的措施确保员工的安全和健康，员工也要采取合理的措施保护自己和他人的安全与健康。这种责任意识的强调可以促进职业健康安全管理的实施和落实。

重视风险评估和预防措施：英国职业健康安全管理体系非常注重风险评估和预防措施的实施。雇主必须对工作环境进行全面的风险评估，并采取合理的措施预防和控制风险，以保护员工的安全和健康。

然而，英国职业健康安全管理体系也存在一些缺点：

实施成本较高：要求雇主采取一切合理的措施，以确保员工的安全和健康，可能需要较高的实施成本，这对于小型企业来说可能难以承担。

执行和监督不够严格：虽然英国职业健康安全管理体系建立了一套完善的法律法规体系，但在实际执行和监督方面仍然存在一定的问题。有些企业可能会忽视职业健康安全管理，或者在执行上不够严格，监管部门也可能存在监管不力的情况。

法规较为繁琐：英国职业健康安全管理的法规较为繁琐，对于一些中小型企业来说可能会存在一定的难度。此外，一些企业可能会采取一些不合规的做法，以规避法规带来的负面影响，从而增加了监管的难度。

总的来说，英国职业健康安全管理体系具有一定的优势和劣势。

6 德国职业健康管理情况

6.1 历史背景

德国职业安全与健康的法规可以追溯到 1947 年 7 月 11 日在日内瓦签订、自 1950 年开始实施的《手工业和流通业劳动监督第 81 号国际协议》。从那时开始，德国就全面、系统地开展了职业安全与健康管理工作，并且建立了较为完善的联邦立法、各州执法的工作运转模式，已经历时 60 年。

6.2 职业健康管理现状

1、“双元制”劳动保障体系

德国依照欧盟的相关规定建立了“双元制”劳动保护体系，即通过国家法律和工伤保险的自主法律对职业安全与健康工作进行约束和调整。前者是建立国家法律后，各州在此基础上建立联邦州的法律，由各劳动保护部门进行国家监督；后者是由工伤保险部门自主立法，建立相应的法律法规、条例，并自主监督法规的实施。二者互相配合，通过合作成立联邦职业保护战略联盟。

联邦设有专门的劳动社会部，各州设有劳动局，有州级执法专员 3500 人，专门负责职业安全与健康相关工作。法定工伤保险经办机构包括 9 个农业系统、27 个公共系统、13 个工商业系统，2007 年 6 月 1 日起，他们合并为目前的法定工伤保险机构（DGUV），共有约 6000 名工伤保险监管专员、2000 余名心理专家和众多的人体工程学专家。全德国参保人数总计为 7500 万人，其中包括 1707 万入托或上学的未成年人；参保的工商企业和机构 380 万家。与此同时，德国还有许多与职业安全与健康相关的联盟和研究机构，为职业安全与健康工作提供技术支持和咨询服务。

2、良好的职业安全与职业健康监管体系

德国政府对于企业的监督管理来自 2 个方面，一是企业依照《劳动保护法》缴纳工伤保险费。2009 年平均缴费金额为工资总额的 1.31%，最低缴费金额约为 0.8%（例如行政管理部），最高缴费金额约为 8%（例如建筑、采矿行业）。二是重罚机制。德国的事故成本非常高，如发生一起死亡事故，经法院确定为责任事故后，企业在下一年度将要大大增加保险费；反之，如果连续多年不发生工伤事故，则会减免保险费。这样就从根本上解决了企业不重视安全生产的问题，所以企业乃至全社会安全意识非常强，事故率和死亡率非常低。

德国职业安全与健康管理的**主要手段和措施**：

1、工伤保险机构的作用

德国工伤保险管理机构的主要职责：一是使用一切适当的方法，防止工伤事故、职业病，以及由于工作原因对健康造成的损害；二是查明事故发生的原因；三是保证在事故发生时有有效的急救措施；四是减轻工伤事故和职业病导致的后果。工伤保险的原则是“先预防后康复，先康复后赔偿”。为了保证工作中的安全与健康，他们采取的措施主要是咨询和监督、培训和进修、工作场所检测、工作危害调查、科学研究、定期体检、制定规章制

度、工作危害评估等。

2、企业内部的安全管理

德国的《劳动保护法》对雇主的安全责任进行了明确的规定，雇主有保证员工安全与健康的责任和义务。雇主在组织生产时，首先要考虑提供先进、安全可靠的技术措施来保护劳动者的安全与健康；要对各岗位的危险性进行安全评估，分析可能产生的事故隐患，并制定相应的措施加以防范。企业（雇主）设有安全保护机构，必须设置安全工程师、企业医生、安全员和工会人员、急救抢险队伍（由消防队和企业医生组成），安全工程师和企业医生必须取得国家认可的资格证书。企业内部安全管理分工详细、培训、监督到位。

3、注重咨询与安全科学研究 无论是政府管理机构还是保险机构，咨询研究都是一项非常重要的工作。譬如联邦各州劳动保护局和各行业工伤保险部门，都将 50%以上的工作精力用在向各有关部门和人员进行咨询，了解安全防护，特别是职业病防治方面的现状、存在的问题。在此基础上用 25%的精力对咨询的状况进行分析研究，从技术、设备及管理上找出解决问题的方法，不断推动技术进步，提高安全防范能力。各个行业公会都有自己的科研人员，通过咨询和科研，对事故的防范起到了积极的作用。

4、将教育培训作为预防事故的根本性措施 在德国，由政府出资设立职业学校，以培养技术工人和专业人员。学生在校期间除学习理论外，还进行实地训练。由于国家在教育上的高投入，使德国拥有了一支高素质的产业队伍，从根本上提高了从业人员的安全自我防护意识和防护能力，较好地解决了人的不安全因素。

6.3 职业健康管理理念

德国较早提出了劳动人道化的理念，其核心内容是在预防控制事故和职业病工作的基础上，还应努力保护员工精神和心理的身心健康。这个理念的提出,进一步拓展了劳动保护工作领域，丰富劳动保护工作内涵，使政府与工会逐步深化对劳动人道化理念的认识，目前正以多种形式开展劳动人道化活动，关心职工工作生活，保障职工在生产中的安全与健康。

6.4 总结

尽管德国强调人道劳动化的理念，法律系统与监管系统也较为完善，以职业协会监督的形式来履行各行业的职业健康监管职责，制定实施细则，并且强调保障劳工的职业健康与安全，劳动体系保护完善，但是其职业健康管理体系仍然存在不足之处，比如执行与监

督力度不够，实施成本依旧较高，难以实施，法规繁琐，不利于劳工的理解与实行等。

7 结论与展望

分析我国目前的现状，不难看出我们在以下几方面需要借鉴国外的经验。

(1) 责任追究的形式。我国目前十分重视对责任人员的责任追究。美国、英国、德国作为资本主义国家，企业属于私人所有，在发生事故后对责任人员并没有追究，但是由于事故发生而大大提高的保费使企业主不得不重视安全生产。我国正在建立具有中国特色的社会主义制度，如果在运用事故责任追究的同时，辅以经济手段制约，可能比一味追究责任人员责任更为有效。

(2) 保险公司的作用。我国目前保险公司的作用只是事故后的赔偿，这一点不同于国外。保险公司承担了事前监督和事后康复、赔偿的多重作用。

(3) 法定保险范围。我国目前法定的保险只有工伤保险，农民、个体工商户、学生、婴幼儿、无业群体等人群都是根据不同的经济状况自愿参加商业保险。而在遇到突发事故后，往往因为经济方面的原因不能得到很好的治疗，伤者劳动能力得不到有效恢复，给家庭和社会造成巨大压力。而德国法定参加保险人数占到总人口的 95% 以上，涵盖面非常之广。

(4) 教育培训。在德国，安全科研机构每年为 35 万人提供免费培训课程，技能培训、特种职业人员培训等费用都是由保险公司或者政府买单。而我国许多安全培训机构属于从政府机构分离出来的事业单位，与政府有着千丝万缕的联系，组织所有培训都是要收费的，这就导致企业主动参与培训的热情不高。并且有些培训机构单纯注重经济效益而忽视培训质量，培训效果难以保证，所以，往往员工虽然持证上岗了，但是专业素质没有得到根本提高，为发生事故埋下了隐患。

在分析我国目前职业安全与健康方面需要借鉴国外经验的几个方面后，可以进一步探讨如何进一步加强职业安全与健康的保护措施。其中，建立统一的职业安全与健康法律体系、构建完善的职业安全与健康标准体系和设立统一的监管部门也是几个非常重要的方面。因此，以下是对这三个方面的具体探讨：

第一，建立统一的职业安全与健康法律体系。我国目前已经制定了近三十部关于职业安全与健康的专门法律、行政法规。国家安全生产监督管理总局等相关部委制定的规章以及各个地方制定的地方性法律法规也非常多。可以说，我国已经初步建立了职业安全与健康的法律体系。不过，我国的立法模式主要是按照部门划分各自为重，而且将具有紧密联系

以及统一共性的职业安全与健康问题割裂开来,而并未建立起以保护劳动者职业安全与健康权利为基点的法律体系。我国可以借鉴美国的立法模式,制定统一的职业安全与健康法,将职业安全与健康问题进行统一规制,最大化地促进工作场所的职业安全与健康状况。

第二,构建完善的职业安全与健康标准体系,加强对企业执行标准的检查。尽管近年来我国出台了一系列职业安全与健康标准,初步形成了我国职业安全与健康的标准体系,有力地推动了我国安全生产和职业病防治工作,但是与美国的准体系相比较,我们仍需加强,对于特殊行业领域需要制定更为具体的标准。

第三,指定或设立统一的监管部门。我国当前在生产安全与职业健康领域由国家安全生产监督管理总局、国家煤矿安全监察局、国务院卫生行政部门等多部门分散管理,缺乏统一的规制与监督管理机构,易产生多头管理。借鉴美国的经验,我国可以指定或者专门设立统一的监管部门对具有紧密联系的职业安全与健康问题进行统一管理。

参考文献

- [1]《中国职业医学》编辑部. 国家职业病防治规划(2021-2025年)解读[J]. 中国职业医学, 2021(048-006).
- [2]陈卫红, 邬堂春. 健康中国,职业卫生先行——中国职业卫生发展 70 年回顾与展望[J]. 中华疾病控制杂志, 2019, 23(10):4.
- [4]吴大明. 国外职业安全健康监管机构改革之路(一)[J]. 中国安全生产, 2016(9):2.
- [5]Health and Safety Executive. (2017). The Health and Safety System in Great Britain.
- [6]Legg, S., Olsen, K., Brammer, A., & Burton, J. (2014). Health and safety management systems: A review of British and international literature. *Journal of Risk Research*, 17(2), 207-232.
- [7]Hämäläinen, P., Takala, J., & Saarela, K. L. (2015). Global estimates of occupational accidents and work-related illnesses 2017. Helsinki: International Labour Organization.
- [8]Walters, D., & Frick, K. T. (2017). Occupational health and safety in the UK: A practical guide. CRC Press.
- [9]European Agency for Safety and Health at Work. (2018). Occupational safety and health (OSH)

in micro and small enterprises (MSEs).

[10]Cox, S., & Cox, T. (1998). The structure of employee attitudes to safety: A European example.

Work & Stress, 12(4), 293-307.



职业卫生工程学实习报告

—地铁隧道施工中粉尘浓度检测与防治对策

指导教师：裴晶晶

学院：工程技术学院

组长：栾天一 1002164216

组员：孙玉京 1002164130

杨汶瑾 1002164224

乔 晗 1002164226

郝兴家 1002164218

陆芳炫 1002164205

目录

1 研究背景	20
1.1 地铁隧道施工与粉尘产生与防止的背景	20
1.2 工程概况	20
1.2.1 线路概况	20
1.2.2 标段概况	20
1.2.3 标段水文地质情况	21
1.3 研究意义	21
2 研究方法	22
2.1 理论方法	22
2.1.1 浓度的计算	22
2.1.2 注意事项	23
2.2 实践方法	23
2.2.1 CGD-500 防爆测尘仪的使用方法	23
2.2.2 DHM-1 手摇干湿表/气象仪器使用方法	24
2.2.3 CFJD 机械电子风速表的使用方法	25
2.2.4 测定原则	25
3 实验数据	26
3.1 实验数据	26
3.2 数据分析	27
3.2.1 国标	27
3.2.2 数据对比分析	28
4 控制措施	29
4.1 技术措施	29
4.2 落实防尘八字方针	30

1 研究背景

1.1 地铁隧道施工与粉尘产生与防止的背景

我国地铁行业发展迅速，2016年城市轨道交通投资3847亿元，运营长度4152.8km，客运量160.9亿人次，创下历史新高。截至2016年末，全国共有48座城市的轨道交通建设项目获批，规划长度达7305.3km，目前我国至少有30座城市已开通城市轨道交通。地铁在缓解城市交通拥挤问题中起到至关重要的作用，但是在地铁隧道施工中会产生大量的粉尘。粉尘的存在伴随着一系列的安全问题，比如危害地铁隧道施工人员的身体健康、缩短精密仪器的使用寿命等。

1.2 工程概况

1.2.1 线路概况

起终点：北起西二旗站，南至蓟门桥站，与12号线换乘。本工程远期与9号线贯通运营

线路走向：沿京新高速、小营西路、学清路、学院路、西土城路敷设。

长度、车站数：全长12.6km，车站8座，换乘站5座。分别为：清河站、上清桥站、六道口站、西土城站、蓟门桥站

段场：不新设段场，利用十三陵景区预留停车库停车

建设工期：计划2017年9月开工，2020年底开通运营。

车辆选型：B型车6辆编组

1.2.2 标段概况

昌平线南延工程土建施工02合同段，包含一站（西土城站）、一区间（学

院桥站～西土城站区间)、一车站改造(10号线西土城站改造),全长1522m。投标合同金额6.94亿元,合同工期2017年8月31日~2020年12月31日。

工点	工法	建设规模
西土城站	四导洞PBA工法,侧墙咬合桩+底板冻结联合止水	车站总长212.3m(原189.3m),标准段宽25m(原24.3m)、高23.15m,顶板覆土约12m,地下三层三跨直墙拱形结构。
学院桥站~西土城站区间	矿山法+盾构法	250(暗挖)+1060(盾构)=1310(双延米、单洞单线)
10号线西土城站改造	PBA工法+明挖法	包含站内改造,出入口通道平直段地下厅改造和出入口地面厅改造

1.2.3 标段水文地质情况

区间隧道主要穿越地层为粉土层与卵石层,拱部地质为粉土和粉细砂;车站拱部地质为粉土和粉质黏土,车站拱顶范围以上为中粗砂和粉细砂。粉质黏土为隔水层,上层滞水位于上部杂填土层、粉土层,水位埋深0.9~7.5m;潜水位位于粉土层、粉细砂层,水位埋深为4~8m;层间潜水,水位埋深15~17m。层间承压水位于卵石层,水埋深25~28m;层间承压水位于底部卵石层。

1.3 研究意义

在地铁隧道施工中粉尘的危害经常被施工单位和施工作业人员所忽视,但粉尘的危害不仅存在,而且不可小觑。地铁隧道施工中产生的粉尘主要有以下4个方面的危害:

1)地铁隧道有限空间内的空气被污染,危害施工人员的身体健康,引起职业病;

- 2)降低隧道有限作业空间内的能见度，增加工伤事故发生的可能性；
- 3)缩短机械设备和精密仪器的使用寿命，影响施工进度；
- 4)粉尘加大了电磁波的衰减，影响地铁隧道施工无线通信设备的使用。

因此，如何防止粉尘的产生就尤为重要，通过良好的防尘技术更加高效地降低地铁隧道施工的粉尘浓度，从而更好地服务与促进我国地铁行业的发展，依然是一项非常艰巨的任务。我们通过对一系列现场数据的测定与分析，希望能为我国地铁隧道施工防尘提供可采纳的建议。

2 研究方法

2.1 理论方法

2.1.1 浓度的计算

- 1) 按式（1）计算空气中总粉尘的浓度：

$$C = \frac{m_2 - m_1}{Q \times t} \times 1000 \dots\dots (1)$$

式中：C — 空气中总粉尘的浓度，mg / m³；

m₂ — 采样后的滤膜质量，mg；

m₁ — 采样前的滤膜质量，mg；

Q — 采样流量，L / min；

t — 采样时间，min。

- 2) 粉尘的职业接触限值应为时间加权平均容许浓度，根据采样仪器的操作时间，在全工作日内进行2次或2次以上的采样后，按式（2）计算空气中总粉尘8小时时间加权平均浓度：

$$T\omega A = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2 + \dots + C_n T_n}{8} \dots\dots (2)$$

式中：TωA — 空气中有害物质 8h 时间加权平均浓度，mg/m³；

C₁、C₂、C_n — 测得空气中有害物质浓度，mg/m³；

T_1 、 T_2 、 T_n — 劳动者在相应的有害物质浓度下的工作时间，h；

8 — 时间加权平均容许浓度规定的8h。

2.1.2 注意事项

1) 本法为基本方法，如果用其他仪器或方法测定粉尘质量浓度时，必须以本法为基准。

2) 本法的最低检出浓度为0.2mg/m³（以0.01mg天平，采集500L空气样品计）。

3) 当过氯乙烯滤膜不适用时（如在高温情况下采样），可用超细玻璃纤维滤纸。

4) 长时间采样和个体采样主要用于PC-TWA评价时采样。短时间采样主要用于超限倍数评价时采样；也可在以下情况下，用于PC-TWA评价时采样：

（1）工作日内，空气中粉尘浓度比较稳定，没有大的浓度波动，可用短时间采样方法采集1个或数个样品；

（2）工作日内，空气中粉尘浓度变化有一定规律，即有几个浓度不同但稳定的时段时，可在不同浓度时段内，用短时间采样，并记录劳动者在此浓度下接触的时间。

5) 采样前后，滤膜称量应使用同一台分析天平。

6) 测尘滤膜通常带有静电，影响称量的准确性，因此，应在每次称量前除去静电。

2.2 实践方法

2.2.1 CCD-500 防爆测尘仪的使用方法

1) 检查是否安装或是否需要更换采样滤膜。

2) 打开电源开关。

3) 检查电池状态：主菜单下按测量键进行测量，屏幕将显示电池状态（测量中再按测量键退出），若电量显示低于30%，则充电后使用。

4) 选择测量模式为一般测量。

5) 在“一般模式”页面选择相应的参数后按确认键进入参数调整，参数调整包括采用时间调整和K值选择，参数设置完毕后按测量键开始测量。

2.2.2 DHM-1 手摇干湿表/气象仪器使用方法

1) 从仪器箱内取出手摇干湿表。

2) 检查各连接部分是否有松动的地方，温度表是否有断裂，毛细管顶部是否有水银滴。

3) 按下列程序扎上纱布：

(1) 切下一块清洁纱布，其宽度仅能遮住球部一层，相互重叠尺寸不超过 1.5-2 毫米，其长度约较球部长一倍。为避免产生毛边，切纱布时应顺着线纹去切。

(2) 纱布用清洁蒸馏水润湿，并顺着球部放置，使其上边缘超过球部上端颈部 2-3 毫米，然后卷住球部。

(3) 用丝线打一个圈，套在球部颈部之纱布上，扎紧后，切断多余线。

(4) 拉紧纱布末端，整理边缘，并用丝线打成圈，套在球部的中部并轻轻的拉至球部末端，收紧扎住并切去多余线。

(5) 切去多余的纱布，这是纱布应当紧紧地贴在温度表球部的壁上。

(6) 用注水器内的蒸馏水润透湿球表球部值脱脂面纱。观测员迎风而立，并选择周围无障碍物的地方，握住手把，将表举过颈部，以每分钟约 150 转的速度水平旋转。旋转 2 分钟后，将干湿表垂直地放到与眼睛大致等高的位置上，用手遮住太阳，迅速读数。

(7) 第一次读数后，继续旋转干湿表约一分钟，重新读数，如果两次读数相符，即将其记下，否则应重新摇转和读数，直到湿球表上湿度不再下降为止。

(8) 读数时，应先读湿球表后读干球表，先读小数后读整数，禁止用手碰到温度表球部

(9) 根据修正后的温度读数，查表计算出相对湿度和绝对湿度。

(10) 润湿脱脂纱布的水，只能使用蒸馏水，或者清洁的雪水，万不得已时才允许用过滤后的与煮沸的雨水，不允许用泉水或井水，因为它们会把盐分沉积在纱布上。

(11) 纱布一般使用 50-60 次，但当发现污垢时，应当立即更换。

2.2.3 CFJD 机械电子风速表的使用方法

1) 风速测量:

按开键显示 888, 蜂鸣器响一声后显示 000, 仪表进入正常测量状态。

按启动键, 指示灯每秒闪烁一次测量开始, 显示值为每秒钟的瞬时值, 到一分钟时, 仪表连响三声, 此测点风速测量完毕, 显示的定值即为该测量点 1 分钟的平均风速。如需重新测量, 可再按启动键。按同样方法也可以测出 N 秒钟的平均风速值。

2) 测量值的存入和调出:

风表在启动测量中如需保存所测风速值, 待平均风速测完报响后按存键, 然后显示序号下即为对应的数据。再继续测量, 存入数据, 最多可存 30 个测量值。

风表在非启动测量中, 按一下取键, 显示器先显示存储号, 然后显示此序号下存储的测量值。

2.2.4 测定原则

1) 测定时间的选取: 测定天数为 3 天, 测定时取一天中上午与下午两个施工时间进行测定, 上午从 8 点开始进行测定, 下午则从 2 点开始。

2) 测定点的选取: 根据 GBZ-159-2004 中对于定点采样的规定取测定点并依次标号。

3) 采样点的选择原则

(1) 选择有代表性的工作地点, 其中应包括空气中有害物质浓度最高、劳动者接触时间最长的工作地点。

(2) 在不影响劳动者工作的情况下, 采样点尽可能靠近劳动者; 空气收集器应尽量接近劳动者工作时的呼吸带。

(3) 在评价工作场所防护设备或措施的防护效果时, 应根据设备的情况选定采样点, 在工作地点劳动者工作时的呼吸带进行采样。

(4) 采样点应设在工作地点的下风向, 应远离排气口和可能产生涡流的地点。

4) 采样点数目的确定

(1) 工作场所按产品的生产工艺流程，凡逸散或存在有害物质的工作地点，至少应设置 1 个采样点。

(2) 一个有代表性的工作场所内有多台同类生产设备时，1~3 台设置 1 个采样点；4~10 台设置 2 个采样点；10 台以上，至少设置 3 个采样点。

(3) 一个有代表性的工作场所内，有 2 台以上不同类型的生产设备，逸散同一种有害物质时，采样点应设置在逸散有害物质浓度大的设备附近的工作地点；逸散不同种有害物质时，将采样点设置在逸散待测有害物质设备的工作地点。

(4) 劳动者在多个工作地点工作时，在每个工作地点设置 1 个采样点。

(5) 劳动者工作是流动的时，在流动的范围内，一般每 10 米设置 1 个采样点。

(6) 仪表控制室和劳动者休息室，至少设置 1 个采样点。

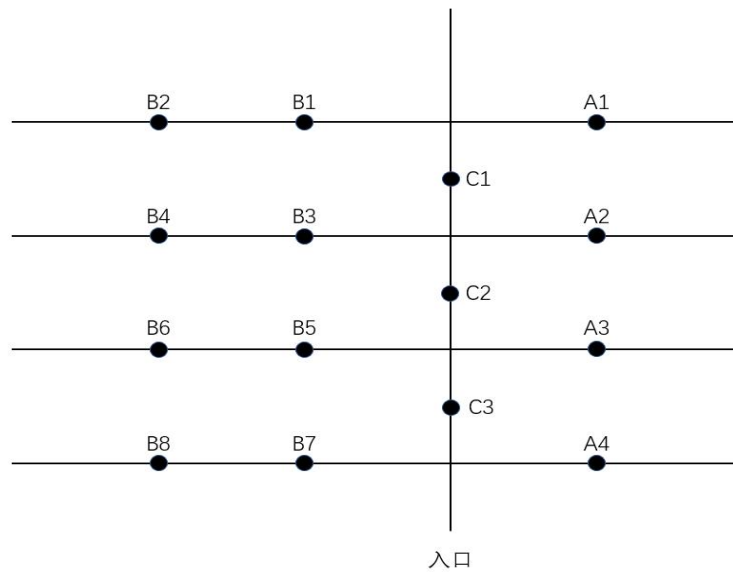
3 实验数据

3.1 实验数据

用 CCD-500 防爆测尘仪进行粉尘测定，机械电子风速表测定风速，DHM-1 手摇干湿表测定温度与湿度等相关数据。每个测定点的测定时间为 2min。

采样点		A1	A2	A3	A4	C1	C2	C3	
风速 (km/h)		1.3	0	0	0.6	0.3	0.2	0.5	
湿度 (%)		58.5	63.9	72.1	60.7	64.5	67.9	67.9	
温度 (°C)		32.1	32.2	32	31.4	32.1	32.1	31.7	
粉尘浓度 (mg/m ³)	上午	0.021	0.023	0.04	0.03	0.021	0.018	0.017	
	下午	0.016	0.017	0.018	0.111	0.016	0.016	0.022	
采样点		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
风速 (km/h)		0	0	0	0	0	0	1.5	1.5
湿度 (%)		69.2	69.2	66.4	66.4	69.5	69.5	69.5	69.5
温度 (°C)		31.8	31.8	32.2	32.2	32.1	32.1	31.3	31.3
粉尘浓度	上午	0.019	0.023	0.03	0.03	0.024	0.024	0.032	0.03

(mg/m ³)	下午	0.013	0.016	0.016	0.018	0.02	0.019	0.015	0.015
----------------------	----	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------



3.2 数据分析

3.2.1 国标

根据标准 TB10304-2009 铁路隧道工程施工安全技术规程中 11.1 通风与防尘中的规定：

11.1.1 通风与防尘作业应考虑下列主要危险源、危害因素：

1. 供风量不足，通风不畅；
2. 隧道内一氧化碳、二氧化碳、瓦斯等有毒有害气体超标；
3. 粉尘超标；
4. 通风系统破坏。

11.1.4 隧道施工应保证对每一作业人员供应新鲜空气不小于 3m³/min，采用内燃机械作业时，供风量不应小于 3m³/(min·kW)。

11.1.5 隧道施工通风的风速，全断面开挖时不应小于 0.15m/s，在分部开挖的坑道中不应小于 0.25m/s。

11.1.6 隧道施工环境必须符合国家有关规定，并应满足下列卫生及安全标准的要求：

1. 空气中氧气含量按体积计不得低于 20%。

2. 粉尘容许浓度，每立方米空气中含有 10%以上的游离二氧化硅的粉尘不得大于 2mg。每立方米空气中含有 10%以下的游离二氧化硅的矿物性粉尘不得大于 4mg。

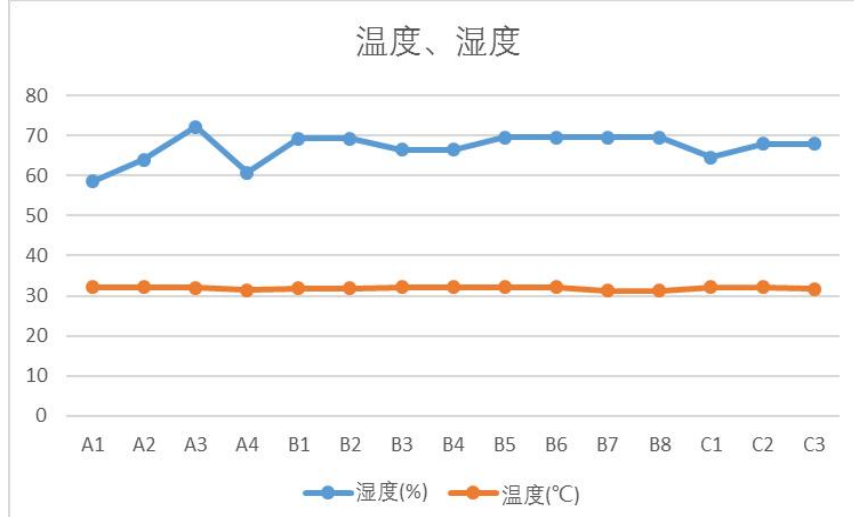
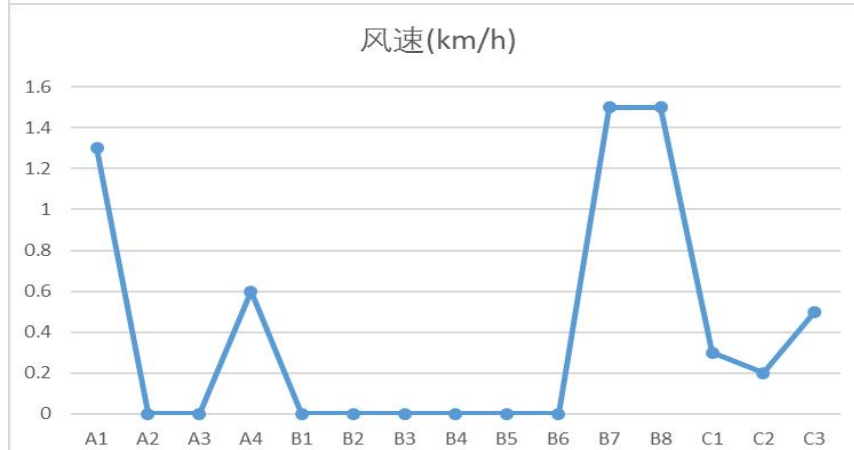
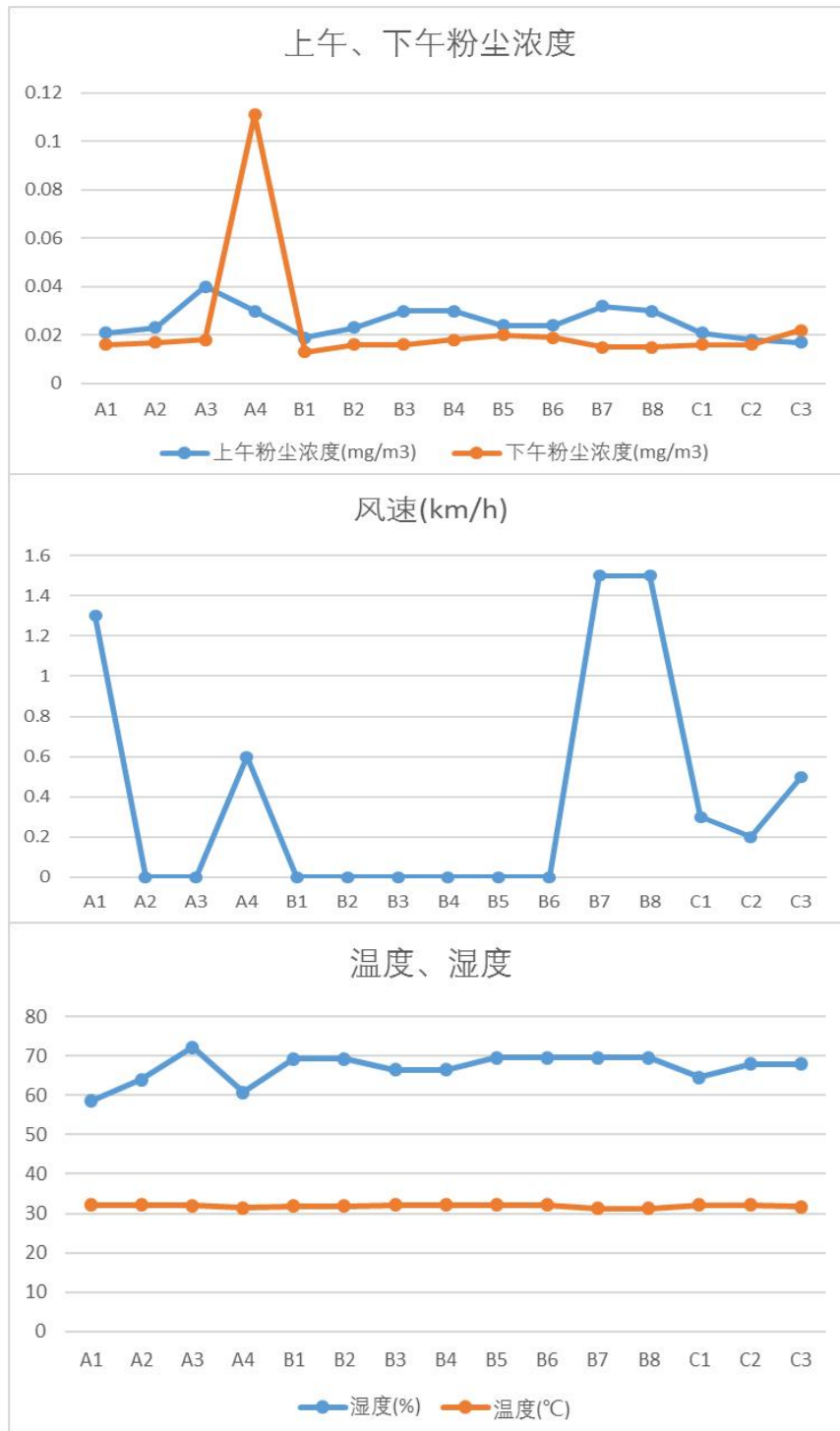
3. 常见有害气体容许浓度

1) 一氧化碳容许浓度不得大于 30mg/m³，在特殊情况下，施工人员必须进入开挖工作面时，浓度可为 100mg/m³，但工作时间不得大于 30min；

2) 二氧化碳按体积计不得大于 0.5%；

3) 氮氧化物（换算成 NO₂）浓度应在 5mg/m³ 以下。

4) 隧道内气温不得高于 28° C。



11.1.9 隧道施工应采取综合防尘措施，并配备专用检测设备及一起，按规定时间测定粉尘和有害气体浓度。

3.2.2 数据对比分析

粉尘浓度的影响因素有温度、湿度和风速，粉尘浓度随温度增加而增加，随湿度和风速增加而减少，由图可以看出，上午下午粉尘浓度除 A4 点变化不大，A4 点风速较大但粉尘浓度较大，是由于下午测定 A4 点粉尘浓度时，A4 隧道在进行水泥混合作业，且湿度较低不易于粉尘沉降，导致粉尘飞扬，粉尘浓度激增。由图像整体可看出，除 A4 点粉尘浓度均较低，经调查得知，测量前一天，施工现场进行了大规模除尘等作业。

4 控制措施

4.1 技术措施

现有的隧道施工技术，粉尘主要产生于锚喷粉尘、水泥、石子、砂子等，

水泥、石子、砂子按配合比拌合成三相物料在喷枪处加水产生粉尘，产生的高速气流会破坏团粒的粘结，并和空气中的粉尘一起形成物料气体双相流，从而造成锚喷粉尘污染源的产生，悬浮的尘粒数量就越多，尘粒就越大。粉尘防治是综合性的控制技术主要体现如下几个方面：

（1）采用湿式凿岩技术，缩短循环作业时间，避免造成废气循环积累，杜绝在隧道内使用无水凿岩。

（2）在围岩地质条件允许的情况下，广泛推广水封爆破技术和水压爆破技术，保持洞内道路平整，采用水幕降尘进行粉尘控制。

（3）喷射混凝土采用湿喷法，杜绝在隧道内采用干喷混凝土施工方法。

（4）广泛推广应用水雾帘幕降尘技术，在柴油中加入 S30—30 柴油添加剂以净化尾气减少空气污染，采用远程控制和自动控制装置，提高水雾降尘方法的实用性和易操作性。

4.2 落实防尘八字方针

（1）“革”即革新工艺及设备，使生产过程不产生或少产生粉尘，是控制粉尘危害的主要途径；

（2）“水”即湿式作业，为一种既经济又简便实用的防尘措施，在生产工艺许可的情况下应尽量采用；

（3）“密”即密闭尘源；

（4）“风”及通风除尘，在实际工作中，常把“密”和“风”结合起来应用，组成密闭通风除尘系统；

（5）“护”即加强个人防护，包括加强个人防护用品的应用和采取措施提高人体抵抗力等；

（6）“管”即加强防尘工作的管理，建立完善的管理制度；

（7）“教”即加强对企业领导和职工的职业卫生法律、法规和卫生知识的宣传教育；

（8）“查”即做好防尘工作的定期监督监测检查，内容包括：对相关法律、法规、管理制度和操作规程执行情况的检查、对防尘措施效果的监督检查、对工作场所粉尘浓度的定期监测检查以及对粉尘作业工人的职业健康监护检查。

小组成员任务表

姓名（学号）	小组分工	分数
栾天一 (1002164216)	分配任务，制定粉尘测量方案，绘制测量图纸， 测量粉尘浓度，数据分析，制定控制措施，归纳 整理	95
杨汶瑾 (1002164224)	制定粉尘测量方案，测量粉尘浓度，数据分析， 制定控制措施	95
郝兴家 (1002164218)	制定粉尘测定方案，绘制测量图纸，测量粉尘浓 度	95
陆芳炫 (1002164205)	记录地铁实况，记录数据，制定粉尘测定方案， 测量粉尘浓度，整理格式	90
孙玉京 (1002164130)	记录数据，制定粉尘测定方案，测定粉尘浓度	90
乔 晗 (1002164226)	制定粉尘测量方案，测量粉尘浓度	90

五、 教学设计样例

《职业卫生工程学》

(教学设计样例：呼吸防护装备的防护水平)

一、课程信息

（一）基本信息

【课程名称】 职业卫生工程学(Engineering of Occupational Health)

【课程性质】 专业核心课程

【授课对象】 安全工程专业本科三年级

【学时学分】 授课 30 学时 + 实验 2 学时

（二）课程简介

安全工程专业面向国民经济建设和社会需求，旨在培养安全技术及工程、安全监察与管理、应急管理、安全评价与咨询、职业健康与安全科学研究等领域，“品德优良、基础厚实、知识广博、专业精深”的“管理+技术”型高级专业人才（见图1）。

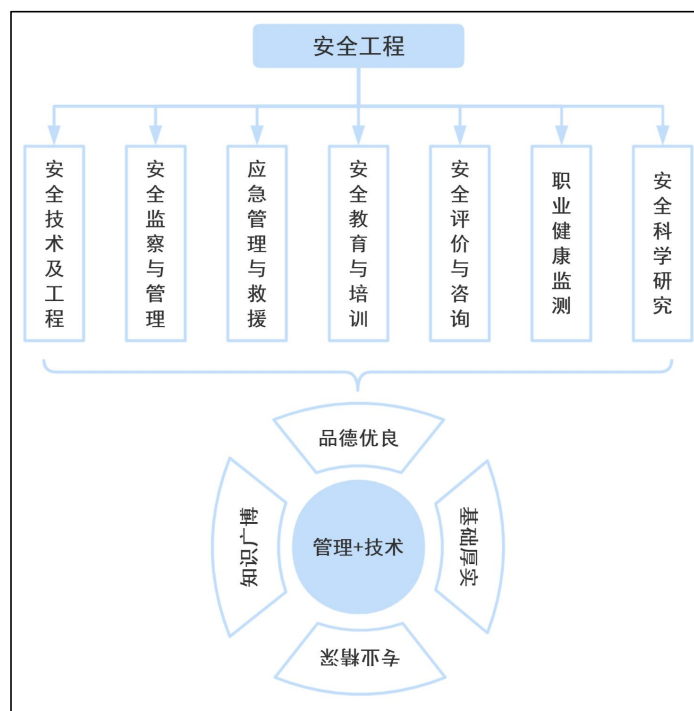


图1 安全工程专业人才培养

职业卫生工程学为专业核心课程之一，依据国家“卓越工程师培养计划”以及国际工程教育专业认证要求，坚持以学生全面发展为宗旨，在教学过程中注重理论性与实践性相统一、知识性与价值性相结合。通过

该课程的学习，学生将掌握各类职业有害因素基本知识、控制措施和控制原理，同时培养学生分析和解决复杂工程问题的能力、创新意识以及高阶思维。

（三）课程目标

依据国际工程教育专业认证标准，本课程以各类职业相关有害因素为导向，针对特定安全工程实践需求，培养学生掌握识别职业有害因素及其危害的基础知识、理解相关控制措施原理及方法（学），具备评价与设计解决方案的能力（践），并在设计环节考虑新技术与新理念，培养严谨与创新精神（悟）。具体课程目标如下：

课程目标 1：熟悉职业有害因素的分类与概念，能够识别工业过程中的危害因素。

课程目标 2：掌握粉尘、噪声与振动控制技术的理论基础与理论依据，能够综合考虑各种实践因素，有针对性地提出粉尘、噪声与振动控制相关的综合措施（预防措施、工程治理措施、个体防护措施等）。

课程目标 3：掌握正确评价粉尘、工业毒物、噪声与振动等危害控制手段的社会和环境影响的方法。

二、课程教学理念

全球每天上千名工人死于职业事故和职业病，随着社会的发展以及企业对职业健康的重视，具备职业卫生知识和专业技能的人才需求逐渐增加。职业卫生类课程是安全工程专业知识体系中的重要组成部分，也是培养专业人才的核心课程。然而，相关文献已指出，我国目前职业卫生与健康类课程设置内容相对陈旧，且与实践关联不够紧密。

针对以上问题，授课教师参考国际职业健康认证课程、国际原版教材，并结合我国实际情况，对课程设置进行了改进，例如我国每年尘肺病发病率仍然较高，占当年职业病病例总数的 90%，且全球超过一半的新确诊病例在中国，针对这一特点，在教学大纲设计中，增加了如粉尘

采样、粉尘控制技术等章节。为了提高知识与实践的融合程度，增加了实践教学环节，并在授课过程中，注重将知识性与实践性相统一，以实际问题为导向，培养学生解决工程问题的能力。与此同时，在教学过程中注重传达正确的价值观，通过将理论知识与实际应用案例或科学前沿等内容相结合，以润物细无声的方式引导学生树立正确价值观和科学严谨的求知精神。

三、课程教学思想

➤ 理论性与实践性相统一，培养解决工程问题能力：

在教学过程中，注重将职业卫生工程领域理论知识与工程实践相结合，以问题为导向，突出知识点，提升学生自主思考、解决和分析复杂工程问题的能力；同时加强学生思辨的能力，使学生形成深入学习理论并分析解决问题的自觉。

➤ 知识性与价值性相结合，培养学生严谨求知精神：

教学过程中，注重将理论知识与前沿热点、国家急迫需求相结合，引导学生认识科学本质，启发学生进行研究性学习，同时将德育教育贯穿课程，培养学生树立正确价值观、践行爱国主义教育，同时培养学生严谨认真、勇于探索学术高峰的精神。

四、本节课程学情分析及针对性措施

本节课授课主题是“呼吸防护装备过滤效率评估”，该教学内容是在学习了粉尘颗粒物基础知识、粉尘基本性质及采样测定、部分粉尘控制措施的基础上展开的。

学情 1——学生特点及对策

该门课程的授课对象是安全工程专业本科生三年级，学生对于信息化教学接受程度高，知识获取途径多种多样，喜欢新鲜事物。然而，学生获取信息相对庞杂，缺乏甄别与深入思考，学习行为碎片化。本节内容围绕呼吸防护装备的防护水平评估展开，在疫情期间，学生已经通过

日常生活、网络平台、新闻媒体中已经获取了部分关于呼吸防护装备相关的知识，然而仍然存在诸多疑问，如：“戴口罩（呼吸防护装备）是否有用？”、“N95 口罩（防颗粒物呼吸器）和 KN95 一样吗？”，探索相关知识的意愿和兴趣比较浓厚，但仍然缺乏从职业卫生角度的专业解读与分析，所掌握的知识仍缺乏系统的理解（见图 2）。

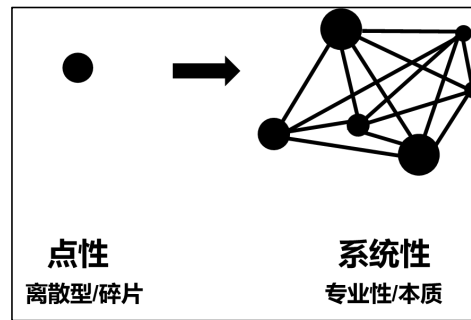


图 2 学术学习特点

针对措施：

从教学设计上，通过前面课程内容的回顾，讲解粉尘颗粒物的危害和颗粒物粒径之间的关系，引发学生关于职业健康领域和公共卫生领域呼吸系统疾病的思考，从而引出如何避免颗粒物的疑问，激发学生的学习兴趣；与此同时，通过分析我国典型尘肺病案例发生的共同原因，引导学生思考“如何获得有效的呼吸防护”，并以此问题做引导，引出呼吸防护装备防护水平评估的重要性，并由浅入深地系统讲解呼吸防护装备防护水平的关键影响因素：滤材过滤效率和密合度，实现学生为主体的研究型教学模式。让学生带着问题开始学习，以过滤效率评估方法为背景，深入理解纤维材料单纤维过滤原理及最易穿透粒径值的计算方法；以密合度的评估方法为契机，深入学习凝结核粒子计数器的原理，满足学生的探索欲望，提高学生分析和解决问题的能力，养成研究导向型学习习惯，实现理论性与实践性的统一。

如何避免吸入？呼吸防护装备是最后一道防线！

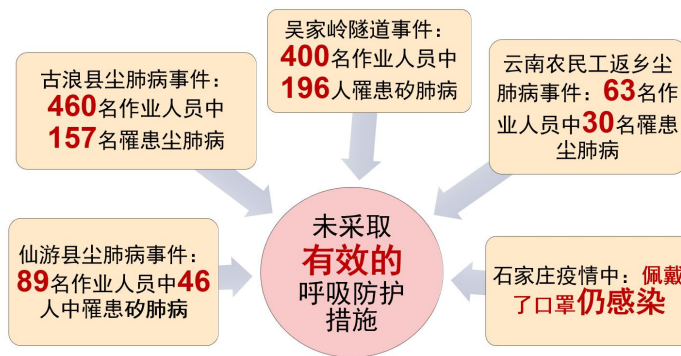


图3 涉及 N95/KN95 防颗粒物呼吸器官方文件梳理

学情 2——知识特点及对策

基于前期课程的学习，学生已掌握粉尘颗粒物基础知识、粉尘基本性质及采样测定、部分粉尘控制措施。作为控制措施之一的呼吸防护装备，学生已掌握了呼吸防护装备的分类及应用，为本节课深入学习呼吸防护装备过滤效率的评估方法奠定了良好的基础。然而，过滤效率的评估需要理解纤维材料的单纤维理论，该理论较抽象，容易造成学生学习起来枯燥乏味、理解困难的情况。与此同时，理解凝结检测技术原理需要部分物理学相关知识，不同同学的物理基础有较大差异，因此对该理论的理解程度会出现不一致的情况

针对措施：

分梯度设置课程内容，将复杂理论拆分成多个单一理论（见图4），针对每一理论单独讲解，帮助学生理解。在教学幻灯片设计中，针对复杂公式，应用动画清晰展示公式的内涵与说明，缓解学生厌烦或者看不懂公式的情况。在备课过程中，通过参考国内外相关教材和科研论文，扩充相关知识点，通过逐步深入的分析与讲解、问题互动和课后作业，引导学生深入理解，提高学习效果。

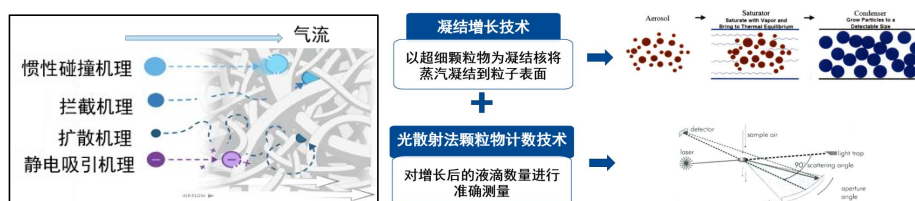


图 4 单纤维过滤理论、凝结核检测理论拆解

学情 3——价值观特点及对策

呼吸防护装备（防颗粒物呼吸器）是疫情防控的关键措施，对于特殊情况以及特殊人群均需要佩戴较高防护级别的防颗粒物呼吸器（口罩）。然而在诸多新闻报道、通知文件中，均出现了 N95 和 KN95 防颗粒物呼吸器混淆使用的情况，造成公众对于我国自主认证的 KN95 防颗粒物呼吸器的作用与防护水平存在偏见，甚至只认可美国认证的 N95 防颗粒物呼吸器的防护水平。

针对措施：

在教学过程中，以上述现象为例，引出防颗粒物呼吸器防护水平评估的方法及其重要性，并以单纤维过滤理论为依据，从本质上剖析我国认证的 KN95 与美国认证的 N95 之间的异同。与此同时，结合抗议期间出现的“口罩脸”的现象，引导学生对现实问题的思考，结合专业知识的系统分析，使学生掌握呼吸防护装备防护水平评估的原理和方法，肯定我国在个体防护装备标准领域的发展，弘扬爱国主义精神，引导学生树立正确的价值观，提升民族自豪感（见图 5）。实现知识性与价值性相结合。与此同时，利用该领域的前沿发展，引导学生积极探索未知领域，提升学习兴趣，培养学生研究型思维以及严谨求知精神。



图 5 认可我国个体防护标准的国际先进性、疫情防控的艰辛历程

五、教学目标及教学内容

（一）教学目标

➤ 知识目标

1. 掌握单纤维过滤理论及最易穿透粒径的应用；

2. 理解过滤材料过滤效率及适合性评估方法;

3. 掌握凝结检测技术原理。

➤ **能力目标**

1. 能够结合职业卫生实际应用场景判断应采用的控制措施;

2. 具备进行呼吸防护装备适合性检验的能力。

➤ **价值目标**

1. 通过抗击疫情中的先进事迹, 引导学生理解“大爱无疆、共克时艰”的伟大抗疫精神, 树立无私奉献、迎难而上的信念, 激励团结奋斗、拼搏进取的自觉性;

2. 通过对呼吸防护装备的学习, 理解抗疫成果的来之不易, 提升对中国特色社会主义的理论自信、制度自信和道路自信

(二) 教学内容

本节内容主要包含过滤效率评估方法、单纤维过滤原理、最易穿透粒径、适合性评估方法、凝结检测技术原理。着重介绍了呼吸防护装备防护水平分级原理、过滤材料过滤效率评估方法、单纤维理论在最易穿透粒径值范围确定的应用, 以及适合性评估原理。掌握本节内容, 对于从个体防护装备角度理解粉尘防控措施、掌握呼吸防护装备防护水平的影响因素、依据实际作业情况选择合适的呼吸防护装备、减少呼吸系统职业病的发生具有重要意义。

(三) 课前应掌握的基础知识

经过《系统安全工程》、《大学物理》、《安全监测与控制》等学科基础课程, 以及《毒害控制与辐射安全》等专业核心课程的学习, 已经具备了一定的系统思维、基本有害因素控制措施的相关知识。通过本课程前面章节的学习, 已经掌握了粉尘基本知识、粉尘的危害、不同粉尘采样分析技术, 以及呼吸防护装备的基本知识, 本节内容为以上内容

的延申和在应用领域的补充，主要围绕呼吸防护装备防护水平评估的方法和原理展开，并分别阐述了评估原理的应用。

（四）与后续知识的联系

呼吸防护装备是粉尘防护措施的最后一道防线，同时也是粉尘防护知识的最后一节。掌握本节内容，同时结合呼吸防护装备适合性评估方法，即可深入理解如何在实际职业卫生场景获得符合要求的、有效的呼吸防护水平。

（五）教学内容及时间分配（#为教学演示内容）

教学内容	时间
导入（粉尘的危害与粒度有什么关系）	1 分钟（#）
如何避免粉尘颗粒物的吸入？	1 分钟（#）
确定学习目标	1 分钟（#）
前测	5 分钟
粉尘粒度基础知识	4 分钟（#）
控制措施的 STOP 原则	4 分钟
过滤材料过滤效率评估概述	10 分钟（#部分内容）
呼吸防护装备适合性评估概述	12 分钟（#部分内容）
前沿拓展	2 分钟（#）
后测	3 分钟
总结，布置思考题课后作业及预习任务	2分钟（#）

六、教学重点、难点及措施

（一）教学重点

- 最易穿透粒径的成因与应用
- 呼吸防护装备定量适合性评估方法

（二）教学难点及措施

➤ 难点一：单纤维过滤原理

单纤维过滤理论是理解纤维滤材过滤特点的核心理论基础（见图6），也是呼吸防护装备过滤效率检测的重要依据，是理解呼吸防护装备防护等级划分及检测原理的基础。然而，该原理基于粒子和纤维的微观分析，相对抽象，且公式复杂，容易造成学生理解困难、学习枯燥的情况。

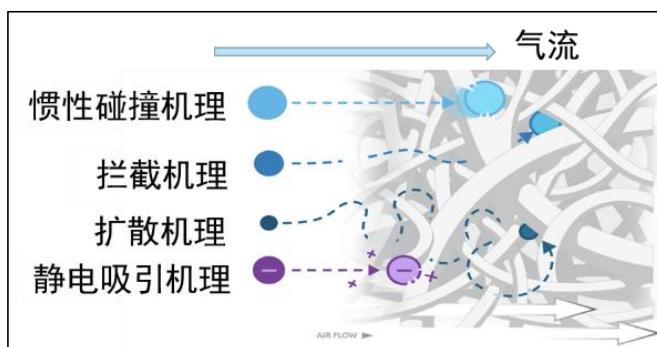


图6 单纤维过滤理论

【解决方法】

首先，通过学生感兴趣的、有疑问的社会问题引导学生进入理论知识的学习。其次，通过通俗易懂的描述帮助学生理解基本原理，同时辅以教具（见图7），用纸卷模拟单根纤维，用乒乓球模拟被过滤颗粒，帮助学生理解该抽象的原理，突破学习难点。

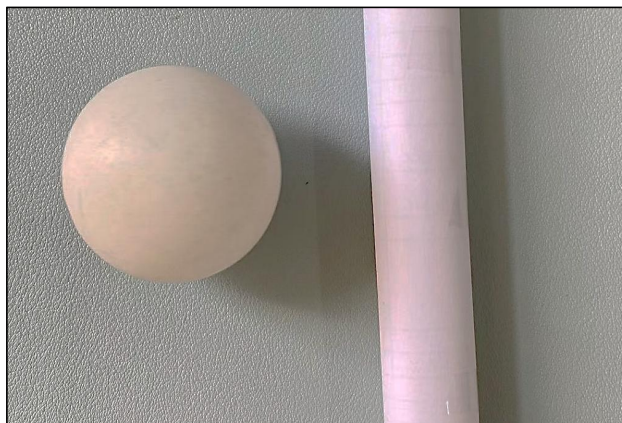


图7 该部分所使用的教具

➤ 难点二：凝结核粒子计数器测量原理

凝结检测技术是分析超细颗粒物的关键测量技术，该技术包含工作液过饱和、粒子生长、光学粒子检测原理，结构相对复杂，且蕴含一定物理知识和计算。

【解决方法】

首先通过通俗易懂的概述帮助学生理解基本原理，然后针对每一过程进行单独讲解；辅助以公式、图片、动画等方式，将该原理与凝结核粒子计数器真实结构相统一，帮助学生充分理解该测量原理及其适用范围，突破学习难点。

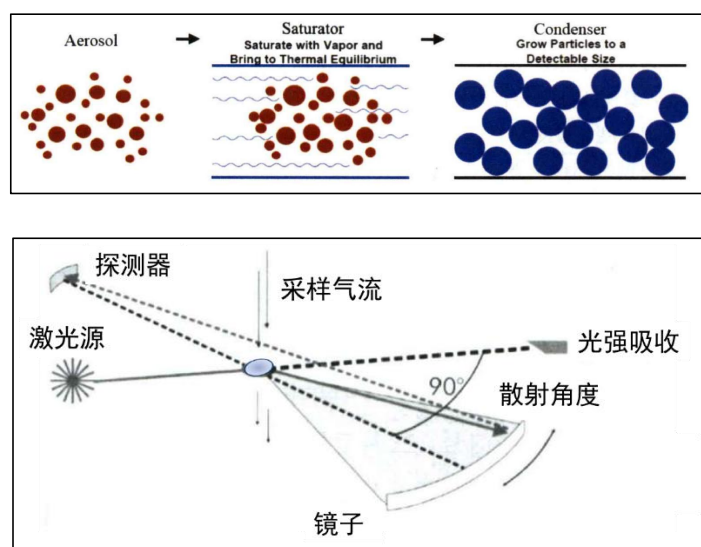


图 8 凝结检测技术原理拆解

七、教学媒体与资源选择

(一) 教学媒体

本节课的教学内容主要通过多媒体幻灯片呈现，包含视频、图片、动画和文字四类。幻灯片内容的播放顺序以及相应的文字注释可以帮助学生课后进一步理解教学内容。

此外，教具、板书，与日常事物的类比、肢体动作和语言都能传递重要的教学内容。以上教学媒体的具体作用和意义见教学过程中的详细说明。

（二）教学资源

本节课使用的教学资源来自国内外多本辅助教材，外文参考书籍，网络图片及动画，教师本人的科研经历和感悟，个人制作的PPT动画示意图。部分教学资源的详细信息如下：

➤ 本节主要参考书籍及资料

- (1) Pramod Kulkarni, Paul A. Baron, Klaus Willeke: Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications, John Wiley & Sons, Inc., ISBN:9780470387412, third Edition, 2011
- (2) 《大气污染控制工程》郭静、阮宜纶编著，化学工业出版社。
- (3) 《Aerosol Measurement》（第三版）Pramod Kulkarni Paul A. Baron Klaus Willeke 编著，Wiley 出版社
- (4) 参考文献与拓展阅读
- (5) Barmounis K, Ranjithkumar A, Schmidt-Otta A et al. Enhancing the detection efficiency of condensation particle counters for sub-2 nm particles [J]. Journal of Aerosol Science, 2018, 117: 44-53
- (6) Mordas G, Petäjä T, Ulevicius V. Optimisation of the operation regimes for the water-based condensation particle counter [J]. Lithuanian Journal of Physics, 2012, 52(3): 253-260
- (7) GB 2626-2019, 呼吸防护自吸过滤式防颗粒物呼吸器
- (8) 杨小兵, 程钧, 张守鑫, 姚红, 陆林, 丁松涛. 口罩过滤效率检测用颗粒物粒径的换算和标准

- (9) Shaffer R E, Rengasamy S. Respiratory protection against airborne nanoparticles: a review[J]. Journal of Nanoparticle Research, 2009, 11(7): 1661-1672.
- (10) Zhe Wang, Youfang Zhang, Xiu Yun Daphne Ma, Jiaming Ang, Zhihui Zeng, Bing Feng Ng, Man Pun Wan, Shing-Chung Wong, Xuehong Lu, Polymer/MOF-derived multilayer fibrous membranes for moisture-wicking and efficient capturing both fine and ultrafine airborne particles, Separation and Purification Technology, Volume 235, 2020, 116183.

八、教学方法创新

(一) 教学方法

➤ 多媒体演示法与讲授法相结合

课堂以讲授法为主，辅助以图片、动画、教具等展示途径，丰富教学信息，帮助学生更好的理解如过滤原理、测量原理等抽象知识。

➤ PBL 法

“以学生为中心，以问题为基础”，以呼吸防护装备防护水平的影响因素、凝结检测技术的优劣势等内容为主题，设置团队任务，以小组为单位，完成资料与课堂学习，全面调动学生积极参与课堂。（见图9）。

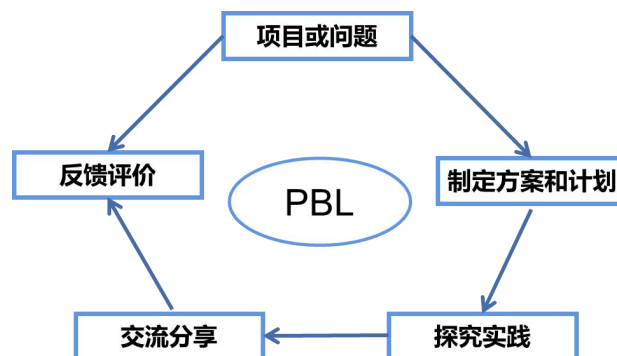


图9 PBL 法概图

➤ BOPPPS 教学法

通过：案例导入—聚焦目标—前测—参与式学习（包含互动、交流、小组协作等方式）—后测—总结 六个环节构成闭环教学，保证学习效果（见图 10）。



图 10 BOPPPS 教学法概图

（二）教学创新

突出“学生为中心和主体”的教学理念，把类比分析、演绎推理等辩证和逻辑思维方法贯穿在课堂教学中，实现学生主体的研究型课堂教学模式，突出学以致用，将理论用于实际的生产实践，切实提高学生分析问题和解决问题的能力。

- 以典型尘肺病案例导入课程，以疫情间出现的“口罩脸”为契机，激发学生的学习兴趣

文献指出，当学生上课被动听讲时，学生脑部活跃程度相对较低（见图 11）。授课教师在上课时也发现，课堂上学生的“抬头率”不高的时候，大多数为学生无课堂参与、被动听讲或知识点较难的时候，因此授课教师在信息的输出方式和提高课堂参与程度方面进行了探索和改进。例如，在授课过程中，通过典型尘肺病的案例，结合疫情间出现的“口罩脸”，导入课程的理论知识，激发学生的学习兴趣，培养学生学以致用的能力。

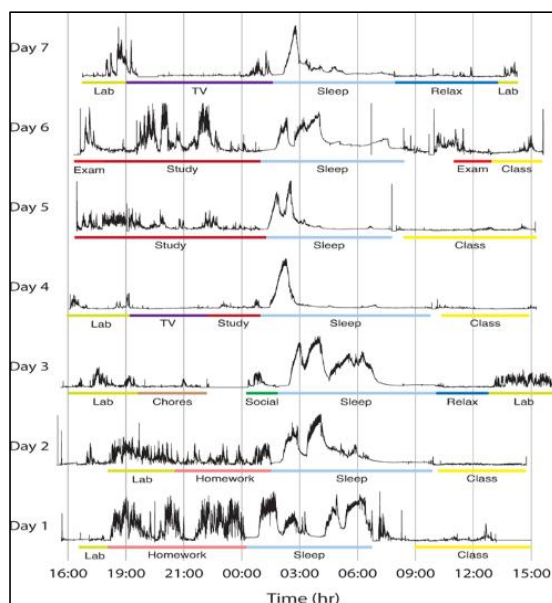


图 11 学生脑电波分析

(IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 57, No. 5, May 2010)

- 应用层层递进的设问方式贯穿课堂，培养学生应用理论知识解决实际问题的思维方式和能力

理论知识与实践结合不够紧密，是职业卫生类课程普遍存在的问题，为了解决这个问题，以现实中出现的职业卫生问题引导学生带着疑问和思考去学习知识，且随着问题难度的和深度的提高，引导学生逐步深入探索知识和相关原理。例如，在授课过程中，通过设问：作业过程中如何获得有效的呼吸防护？如何进行呼吸防护装备过滤效率的评估？应该评估哪个粒径处的过滤效率？如何保证呼吸防护装备的正确佩戴？引导学生结合实际，逐步深入的从学习过滤效率评估的方法到理解过滤效率评估的原理。

- 将理论知识与价值引领相融合，培养学生的综合能力、创新意识和高阶思维

在学习理论知识的基础上，通过展示知识的实际应用以及相关科研前沿成果，激发学生探索科研的兴趣，开阔和发散学生的思维，提高创新能力。加入思政元素，通过将疫情期间涌现出的感人事迹与理论知识

相结合，引导学生理解疫情防控成果的来之不易，弘扬爱国主义精神，培养学生树立正确的价值观（见图 12）。



图 12 课程设计中展示的部分思政元素

九、本节课程课程蕴含思政元素

（一）思政素材

➤ 无私奉献的爱国主义精神

疫情初期，全国各地坚持“祖国需要就是最高需要”，慷慨解囊、倾力支援，把最优秀的医护力量贡献给了湖北和武汉。各地医务工作者不畏艰险，坚守医者仁心的职业操守，深入战“疫”一线，尤其是从全国各地支援湖北、支援武汉的医护人员，有的签订“生死状”，有的在年夜饭桌上和家人告别，以“常思奋不顾身，而殉国家之急”的气概，主动请战、无私奉献。中华儿女用奋不顾身、无私奉献的伟大爱国主义精神是人类最高贵美好的品格。



图 11 最美逆行者

➤ 难迎难上的奋斗精神

84 岁的钟南山院士挺身而出，在疫情最严重时踏上了开往武汉的高铁；李兰娟院士连续二十余天废寝忘食，从研判疫情到商讨治疗方案再

到筛选治疗药物，甚至连续三天每天只睡三小时；武汉市金银潭医院院长张定宇在身患渐冻症、妻子被感染的情况下，依然带领医护人员连续奋战；无数医护工作者为救治病人减掉长发，脸颊被口罩勒到破皮、双手被汗水浸到泛白、皮肤被防护服捂湿发炎也无暇顾及，他们是新时代最可爱的人；广大街道社区工作人员坚守岗位、日夜值守，不辞辛劳、默默付出，全力遏制疫情扩散蔓延、保障群众生活。他们展现了迎难而上、勇往直前的奋斗姿态，以及百折不挠、坚忍不拔的必胜信念。

➤ 抗议成果彰显中国特色社会主义制度自信

在复杂的防疫过程中，党中央精准研判，及时部署各项工作，从中央到基层，从党员干部到普通群众，全国上下一心，展现出了中国速度、中国规模和中国效率。今天的抗疫成果来之不易，充分彰显了中国特色社会主义的理论自信、制度自信和道路自信。

➤ 科学严谨的学术态度和创新思维

呼吸防护装备适合性对于评估呼吸防护装备是否有效、是否佩戴正确具有重要意义，因此，大批学者开展了适合性评估的关键技术-凝结检测技术的研究，以提升检测准确度和范围。因此，应本着科学严谨的学术态度开展相关研究，并不断探索科学提升检测准确度和范围的方法。

（二）思政元素

呼吸防护装备与抗击疫情密不可分，应用我国抗击疫情过程中涌现的事迹，如钟南山院士、李兰娟院士等优秀事迹，弘扬爱国主义精神、强化学生民族意识，引导学生树立无私奉献、迎难而上的理想信念，激励学生在自己的学习道路上奋发图强；同时，充分引导学生理解抗疫成果的来之不易，从学习好呼吸防护装备的正确使用做起，积极参与疫情防控，提升对中国特色社会主义的理论自信、制度自信和道路自信。

通过“前沿拓展”部分，基于课堂讲授内容，分享当下过滤材料的先进研究成果，提高学生科研探索的兴趣，培养学生的创新思维；与此同

时，通过对前沿成果实验过程的分享，引导学生树立严谨端正的学术态度。

十、教学设计

根据教学大纲，教学要求和学时分配计划教学进程把本节课的内容分为“案例导入—聚焦目标—前测—参与式学习（包含互动、交流、小组协作等方式）—后测—总结”六大部分。

本节课（45min）内容的框架如下：

教学框架		
阶段	内容/知识点	能力培养
实例/提问导入	<ul style="list-style-type: none"> 如何避免颗粒物的吸入？ 	激发科研、学习兴趣
聚焦目标	<ul style="list-style-type: none"> 掌握单纤维过滤理论及最易穿透粒径的应用； 理解过滤材料过滤效率及适合性评估方法； 掌握凝结检测技术原理 	明确学习目标
前测	<ul style="list-style-type: none"> 学习题库中的前测题目 	根据实际情况，调整学习深度和难度
参与式学习	<ul style="list-style-type: none"> 过滤材料过滤效率评估方法 单纤维过滤原理（惯性碰撞机理、拦截机理、扩散机理、静电吸引机理） 最易穿透粒径形成机理 适合性评估方法 前沿拓展 	<ul style="list-style-type: none"> 具备分析最易穿透粒径值范围的能力 能够根据职业卫生场景选择合适的呼吸防护装备 增强民族自豪感 培养学生科学探索精神
后测	<ul style="list-style-type: none"> 学习题库中的前测题目 	<ul style="list-style-type: none"> 评估学习效果，检验是否达到学习目标
总结	<ul style="list-style-type: none"> 总结 课后作业 拓展阅读 	<ul style="list-style-type: none"> 自我学习 能力提升

（一）教学过程

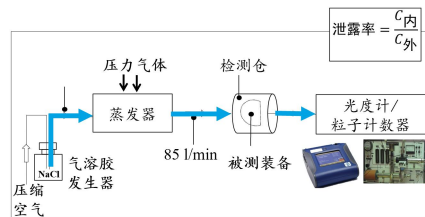
课程导入	教学内容	教学过程、方法
------	------	---------

<p>重要性论述</p> <p>(2分钟)</p>	<p>➤ 粉尘的危害与粒度有什么关系？</p> <p>➤ 如何避免粉尘的吸入</p>	<p>【提问式导入】</p> <p>粉尘的危害与粒度有什么关系？ 引出超细颗粒物防治的重要性。</p> <p>【实例导入】</p> <p>从典型职业病的发生以及疫情的防护出发，吸引学生的注意力，激发学生兴趣，同时提出有效呼吸防护措施的重要性。</p>
<p>确定目标</p> <p>(1分钟)</p>	<p>➤ 知识目标</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握单纤维过滤理论及最易穿透粒径的应用； 2. 理解过滤材料过滤效率及适合性评估方法； 3. 掌握凝结检测技术原理。 	<p>【投影讲述】</p> <p>讲解本节内容及学习目标。</p>
<p>前测</p> <p>(5分钟)</p>	<p>学习通题库中的前测题目</p>	<p>学生通过学习通手机端完成前测，教师根据不同预习与知识掌握情况，调整学习深度和难度。</p>
<p>参与式学习：粉尘粒度基础知识</p> <p>(4分钟)</p>	<p>➤ 粉尘粒度知识回顾</p> <p>➤ 超细颗粒物概念</p>	<p>【温故知新】</p> <p>引导学生回顾粉尘颗粒物粒度基本概念。</p> <p>【投影讲述】 + 【动画演示】</p> <p>通过将颗粒物的大小与实物相对</p>

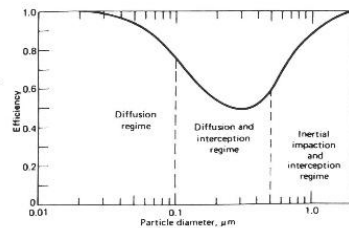
		<p>应，直观展示颗粒物粒度的不同，激发学生学习兴趣。</p> <p>【提问式导入】</p> <p>如何避免超细颗粒物吸入肺部？ 超细颗粒物如何测量与分析？</p>
<p>参与式学习：控制措施的 STOP 原则</p> <p>(4 分钟)</p>	<p>➤ 控制措施的 STOP 原则</p> 	<p>【投影讲述】</p> <p>职业防护控制措施中，呼吸防护装备的作用。</p> <p>【提出问题】</p> <p>如何获得有效的呼吸防护，减少有害粉尘的吸入？如何评估呼吸防护装备的防护水平？</p>
<p>参与式学习：过滤材料过滤效率评估</p> <p>(10 分钟)</p>	<p>➤ 评估呼吸防护装备防护水平的两大关键因素</p> 	<p>【教具辅助】</p> <p>展示 N95 防颗粒物呼吸器。</p> <p>【小组讨论/课堂互动】</p> <p>呼吸防护装备防护水平的影响因素有哪些？</p> <p>【投影讲述】</p> <p>评估呼吸防护装备防护水平的关键要素包含过滤材料及密合度（适合性）。首先针对过滤材料进行讲解。</p>

➤ 过滤材料过滤效率的评估方法

将模拟颗粒物以最大工作强度下的呼吸流量通过呼吸防护装备，并计算装备内外的浓度之比



➤ 最易穿透粒径



➤ 引出结论

过滤材料对超细颗粒物的过滤效率较高。

➤ 提出问题

在佩戴呼吸防护装备的情况下，为什么仍然会出现尘肺病病例或新冠感染呢？

【动画演示】

展示过滤材料过滤效率评估方法。

【投影讲述】

针对过滤材料的评估方法进行讲解，由此开展呼吸防护装备防护等级划分的介绍。

【提出问题】

过滤材料评估的测试粒径如何选择才能准确保证其过滤效率呢？

【投影讲述】 【教具辅助】

通过投影和教具，讲解过滤材料的各过滤机制以及最易穿透粒径的成因。

【解决问题】

呼吸防护装备（如 N95 防颗粒物呼吸器）的等级划分基于最易穿透粒径。

【提出问题】

① N95 vs KN95? ② 细菌过滤效

		<p>率达 95%也是 N95 吗?</p> <p>【★课程思政】</p> <p>KN95 防颗粒物呼吸器检测标准 国标 GB2626-2019 是国际先进检测标准，与美国认证的 N95 一致，得到国际认可，引导学生增强中国特色社会主义制度自信。</p>
<p>参与式学习：4.呼吸防护装备密合度评估 (12 分钟)</p>	<p>➤ 适合性是影响密合型呼吸防护装备防护水平的关键，需要进行适合性检验。</p> <div data-bbox="459 994 852 1128">  <p>密合型呼吸防护装备举例</p> </div> <div data-bbox="459 1173 807 1330">  </div> <p>➤ 适合性评估方法概述</p> <div data-bbox="448 1487 820 1720">  </div> <div data-bbox="555 1733 788 1899">  </div>	<p>【投影讲述】</p> <p>呼吸防护装备适合性评估的重要性。</p> <p>【★课程思政】</p> <p>解抗疫成果的来之不易，通过抗击疫情中的先进事迹，引导学生树立无私奉献、迎难而上、拼搏进取的信念。</p> <p>【投影讲述】</p> <p>呼吸防护装备适合性评估方法简介。</p> <p>【动画演示】</p> <p>通过动画展示凝结检测技术原理，辅助学生理解。</p> <p>【提出问题】</p>

		<p>凝结核粒子计数器微小粒子不易生长，容易造成测量损失。</p> <p>【解决问题】</p> <p>引入国内外前沿文献研究成果进行讲解。</p>
<p>参与式学习：前沿拓展</p> <p>(2分钟)</p>	<p>➤ 前沿拓展</p> <p>减少微小粒子的测量损失</p>	<p>【提出问题】</p> <p>凝结核粒子计数器微小粒子不易生长，容易造成测量损失。</p> <p>【解决问题】</p> <p>引入国内外前沿文献研究成果进行讲解。</p>
<p>后测</p> <p>(5分钟)</p>	<p>学习通题库中的前测题目</p>	<p>学生通过学习通手机端完成后测，评估学习效果，检验是否达到学习目标。</p>
<p>总结</p> <p>(2分钟)</p>	<p>➤ 总结授课内容，强化重点，启迪思维</p> <p>➤ 布置课后作业</p>	<p>【归纳总结】</p> <p>引导学生根据板书和总结对所学知识进行总结，并强化重难点，培养学生的科学思维，锻炼学生的归纳能力。</p>

(二) 板书设计

课堂教学板书主要概括本节课程的主要知识点，同时辅助课堂总结环节。板书的设计以贯穿课堂的问题为开端，帮助学生从知识的应用出发，回忆本节课的重要知识点，同时有助于帮助学生厘清知识脉络，加深学生的记忆。板书设计见图 14。

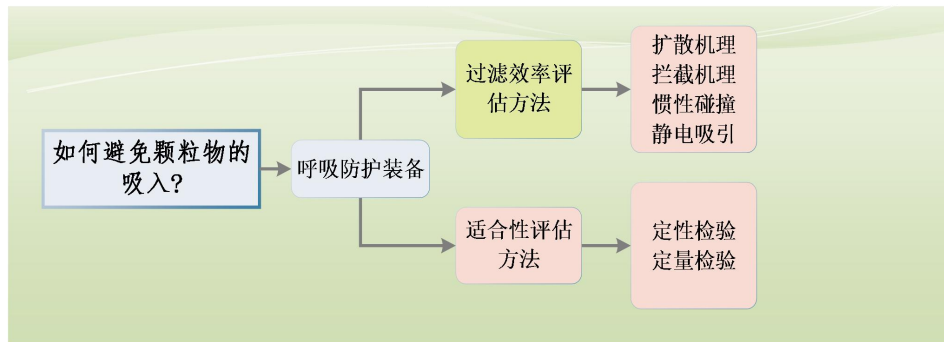


图 14 板书设计

(三) 课后学习

➤ 课后作业

计算题：计算题：凝结核粒子计数器，工作流体是水，压力膨胀率是 1.12。假设其在室温 293K 和 98.6kPa 压力下操作，求此凝结核粒子计数器能够生长的最小粒径是多少？。

【设计意图】课堂已经讲解凝结检测技术的原理，涉及公式推导过程，这道作业题让学生自己主动总结归纳，进行凝结粒子计数器最小粒径的计算，帮助学生深入理解该技术原理，为作业场所超微颗粒物的实际测量提供理论基础。

➤ 预习与探索

思考题：对于防护级别较低的防颗粒物呼吸器（如 N90），过滤材料本身也会泄露部分颗粒物，如何区分这部分颗粒物呢？如何获得更加准确的适合因数呢？

【设计意图】课堂上所讲的适合性评估方法仍存在部分缺陷，该思考题可以促进学生主动查阅资料，自主思考如何解决该问题，不仅加深对课堂知识的吸收，同时可以培养学生严谨、探索的科研思维。

十一、教学反思

➤ 教学评价

知识目标的达成度通过课堂互动问答、后测题目完成情况、课堂内容的总结归纳（个人做思维导图或小组合作做思维导图）、课后作业等方式进行教学评价。

➤ 教学反思

以尘肺病典型案例为导入，以呼吸防护装备防护水平评估方法及原理为核心，采取启发式教学，通过课堂中多层次的提问、教与学的互动，提高学生在课堂的参与程度，激发学生的学习兴趣。

通过生动、直观的动画演示，展示单纤维过滤原理、凝结检测原理，将抽象的理论具象化，让学生更好的理解该理论以及最易穿透粒径出现的原因，提高学习效果。

课程设计中多次利用问题引发学生思考，引导学生带着问题去听课、去思考，提高学生的综合分析、思辨思维和能力。同时结合呼吸防护装备过滤效率测量实例分析，将理论知识与实际应用紧密结合，进一步强化所学的理论知识。

在课程中以导入中的问题为开端，并用所学知识分析解决该问题，不仅强化了学习成果，同时结合目前我国呼吸防护装备标准现状，肯定了我国认证的呼吸防护装备的先进性以及国家标准的国际先进性和认可度，弘扬民族自豪感。同时在前沿部分介绍了该领域前沿科学成果，培养学生的科研兴趣和思维。通过以上两个部分，充分做到“知识传授”和“价值引领”相统一。

因学生性格、学习习惯以及基础知识的差别，个别学生在课堂互动以及小组讨论中热情不高，参与度有差异。针对这一情况，在后面教学中应更加重视学生的前测情况，准确把握教学内容的难易程度；增强学习纪律性，重点加强积极性不高的学生的人文关怀和心理抚慰，增强课堂互动；规范小组讨论管理，形成小组学习记录；打乱分组，增强学生沟通能力。

部分学生对于思政要素的理解有所欠缺，缺乏对时事政治、社会热点的关注。针对该问题，将加强课程思政与知识点的结合以及结合方式，加强“润物细无声”的引导；针对与课程思政结合的知识，增加小组讨论、课堂互动，加深学生的感悟

十二、课外自主学习参考文献

- (1) Pramod Kulkarni, Paul A. Baron, Klaus Willeke: Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications, John Wiley & Sons, Inc., ISBN:9780470387412, third Edition, 2011
- (2) 《大气污染控制工程》郭静、阮宜纶编著，化学工业出版社。
- (3) 《Aerosol Measurement》(第三版) Pramod Kulkarni Paul A. Baron Klaus Willeke 编著，Wiley 出版社
- (4) 参考文献与拓展阅读
- (5) Barmounis K, Ranjithkumar A, Schmidt-Otta A et al. Enhancing the detection efficiency of condensation particle counters for sub-2 nm particles [J]. Journal of Aerosol Science, 2018, 117: 44-53
- (6) Mordas G, Petäjä T, Ulevicius V. Optimisation of the operation regimes for the water-based condensation particle counter [J]. Lithuanian Journal of Physics, 2012, 52(3): 253-260
- (7) GB 2626-2019, 呼吸防护自吸过滤式防颗粒物呼吸器
- (8) 杨小兵, 程钧, 张守鑫, 姚红, 陆林, 丁松涛. 口罩过滤效率检测用颗粒物粒径的换算和标准
- (9) Shaffer R E, Rengasamy S. Respiratory protection against airborne nanoparticles: a review [J]. Journal of Nanoparticle Research, 2009, 11(7): 1661-1672.
- (10) Zhe Wang, Youfang Zhang, Xiu Yun Daphne Ma, Jiaming Ang, Zhihui Zeng, Bing Feng Ng, Man Pun Wan, Shing-Chung Wong, Xuehong Lu, Polymer/MOF-derived multilayer fibrous membranes for moisture-

wicking and efficient capturing both fine and ultrafine airborne particles, Separation and Purification Technology, Volume 235, 2020, 116183.