

# GIS技术在城市地质灾害研究中的应用

## Application of GIS technology in city geological disaster

刘清华 牛春阳 李汉伟 赵冬梅 陈娟浓

Qing-Hua Liu Chun-Yang Niu Han-wei Li Dong-Mei Zhao Juan-Nong Chen

华北理工大学建筑工程学院 河北省唐山市 063000

School of Architectural Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063000, China

项目名称: 基于GIS技术对采煤塌陷区地质环境质量评价 项目编号: 201410081056

Project Title: Geological environment quality evaluation of coal mining subsidence area based on GIS technology Item Number: 201 410 081 056

**摘要:** 随着计算机技术的发展和系统分析方法的广泛应用, 以及信息产业的形成和发展, 地球科学的研究手段及分析方法都发生了划时代的变革。与此同时, 地理信息系统 (Geographic Information System, 简称GIS) 作为一门介于信息科学、计算机科学、现代地理学、测绘遥感学、环境科学和管理科学之间的新兴边缘学科应运而生, 并且迅速形成一门融上述各学科及其各类应用对象为一体的综合性高新技术。本文主要以GIS在城市地质灾害中的应用为例, 着重分析了这种高新技术GIS的国内外研究现状, 突出了GIS与其他研究手段相比的极大的优越性, 但同时也指出了现阶段由于技术水平所限对GIS的应用还存在着一定的不足之处, 不过这种不足将随着科技的不断发展和GIS的不断完善而被弥补。

**Abstract:** With the of computer technology and wide range of systems analysis methods, as well as the formation and development of information industry, earth sciences research tools and analysis methods have undergone huge change. Meanwhile, GIS (Geographic Information System, called GIS) as an emerging interdisciplinary between information science, computer science, modern geography, mapping remote sensing science, environmental science and management science, and rapid forming of integrated high-tech combine all disciplines above and all kinds of application objects. This paper take GIS applications in urban geological disasters as an example, analyzes the research status of this high-tech GIS, highlighting the great advantage of GIS compared to other research methods, but also pointed out weakness of GIS application stage due to the limited level of technology, but this weakness will overcome with the continuous development of technology and GIS.

**关键词:** 地理信息系统; 城市地质灾害; 地质灾害类型; 防治对策

**Key Words:** Geographic information systems; Urban geological disasters; Geological hazard types; Countermeasures

### 1 前言

城市化是一个国家走向现代化的必然趋势。然而, 城市建设引发地质灾害并非危言耸听, 随着城市社会生产力的发展, 特别是城市由平面开发转向空间开发, 城市工程建筑活动和工业生产活动对环境地质的影响与日俱增, 由此而引起地质灾害频繁发生并且严重地影响着城市的经济和社会持续发展。随着人类认识自然、改造自然能力的提高, 现代城市变得越来越庞大、精细、复杂, 这就赋予现代城市地质灾害以新的内涵。主要表现在以下几个方面: ①灾害范围全球化: 城市地质灾害不仅局限于某个国家和地区的一个或几个城市。但以发展中国家为甚。②灾害成因多元化: 绝大多数地质灾害并不是单一因素所致, 而是诸多因素共同作用的结果。在这些致灾因素中, 由于人类活动而产生的影响越来越大。③灾害损失扩大化: 城市地质灾害一旦形成损失巨大。④灾害防治规范化: 在与自然灾害长期斗争的过程中, 人类积累了丰富的经验, 现代科学技术的迅速发展也为城市地质灾害的防治提供了日益先进的技术方法和手段。

### 2 GIS 技术的研究现状

W.L.Garrison 1965年首先提出“地理信息系统”这一术语, 开创了这一新技术的发展史。此后, 美国、加拿大、英国、澳大利亚等发达国家均对其投入了大量人力、物力和财力, 并率先使GIS商业化、社会化、产业化。我国GIS技术展开最早始于20世纪80年代, 尽管起步较晚, 但发展较快。不过与发达国家相比, 无论是系统技术水平、还是实际应用情况, 都还有一定的差距。

### 3 城市地质灾害的主要类型

#### 3.1 地震

在众多的地质灾害中, 对城市威胁最大的莫过于地震。环太平洋地震带、喜马拉雅—地中海—阿尔卑斯地震带、加勒比海沿岸地震带等都是经常发生大地震的地方。而这些滨洋沿海的地区又是世界各国城市带所在地。据测算, 一次7级左右的地震发生在城市或其周边地区, 就足以摧毁整个城市。我国地震活动的特点是: 分布广、频率高、强度大、震源浅、危害大。除去地震本身的危害, 它

还会诱发很多其他的地质灾害, 如山体滑坡、水库溃坝、地面塌陷、泥石流等。

#### 3.2 地面沉降

地面沉降是制约城市经济和社会发展的重要地质灾害。据调查, 我国有56个地级以上的城市发生地面沉降, 明显成灾的有30个城市。随着城市的发展, 城市工业和人民生活对地下水资源需求增大, 以致城市长期大规模开采地下水, 使地下含水层水压力大幅度降低或疏干、含水层和隔水层发生新的压密作用, 引起局部地面沉降和下降漏斗的发展。特别是位于岩溶发育区的城市, 地面发生地裂缝和塌陷, 使大量的建筑物变形、倒塌、道路塌陷、水井干枯或报废、风景点遭到破坏等。

#### 3.3 地面塌陷

我国城市地面塌陷大体上是由两个方面的原因引起的: ①开采地下矿产资源引起的塌陷。②表层岩溶活动引起的塌陷。据统计, 在我国平均每开采1万t煤就要造成0.2hm<sup>2</sup>塌陷区, 个别地方甚至高达0.53hm<sup>2</sup>, 而这其中将近一半是可耕地。我国是一个有着大面积岩溶分布的国家, 北自黑龙江, 南达海南, 西到青海察尔汉盐湖, 东到南京、杭州, 已发现塌陷点800多处, 塌陷总数在3万个以上, 这些塌陷点主要分布于我国东部及长江以南地区碳酸盐岩连片地区。其中尤以广西分布最多。各种塌陷以土层塌陷居多, 基岩塌陷少见。按塌陷产生的原因, 有由于降雨、干旱、洪水、地震等自然作用引起的自然塌陷, 亦有由于人类抽水、坑道排水、蓄水、灌溉、振动、加荷等经济、工程活动影响下产生的人为塌陷。

#### 3.4 地裂缝

按其成因可分为构造裂缝和非构造裂缝两大类, 不管是那种类型的裂缝, 均可造成严重的地质灾害。构造裂缝可以因断裂缓慢蠕滑而产生, 也可以因断裂快速粘滑而产生。地震就是断裂瞬间错动的结果。一次大地震波及的范围很大, 产生裂缝的范围也很大, 其中有的裂缝与震源断裂关系极为密切, 有的因振动和重力作用而产生, 当然在大规模的地壳运动中, 伴随着褶皱和断裂, 亦会产生裂缝。

## 4 应用GIS技术对城市地质灾害进行防治

### 4.1 GIS的主要功能

根据GIS的定义和它的软件构成可知,它具有以下几项基本功能:

(1) 输入功能——它可利用数字化仪或扫描仪把地图、图像输入计算机,也可利用电子野薄等将外业实测数据输入机内,并可对其输入数据进行编辑、存储或更新。

(2) 检索功能——它可根据用户需要对系统内的有关数据进行分别查询和相关检索。

(3) 分析功能——它可对空间定位数据进行综合分析,如相邻区分析、缓冲区分析、叠置分析、空间集合分析及网络分析等。

(4) 输出功能——它可把经过各种分析得出的结果,通过屏幕、打印机或绘图仪等设备进行显示、打印或绘图输出。

### 4.2 城市地质灾害研究方法

地质灾害综合评估(地质灾害危险性分区方法)的方法较常见的有信息叠加法、多因素综合判别法、模糊数学评判法、层次分析法等。需要指出的是由于地质灾害评估工作开展的时间较短,因此地质灾害危险性分区结果多为区域的相对分区,即在某一范围内的地质灾害危险性的相对大小,而不具备不同区域的对比性,因此使得目前开展的评估工作成果应用受到限制。

## 5 结束语

综上所述,GIS在城市地质灾害研究中的应用,方法上是可行的,技术手段上是非常先进的。GIS不仅具有很强的空间数据(包括几何数据和属性数据)处理、查询管理,还可基于GIS的空间分析进行专业模型分析的扩展研究,并已得到实现;此外,GIS技术的可视化、图文一体化操作、三维立体模拟和“所见即所得”的效果,也是传统方法不可比拟的。但是,基于地理信息系统的地质环境评价与地质灾害预测的模型有待进一步研究与扩展。相信不久后,地质环境评价与地质灾害预测的GIS系统将会取得实用化的成果。而其在矿产资源评价中的应

用也存在着相应的不足,因此对评价区的地质和成矿规律的认识是矿产资源评价的前提。在这个前提下,应用GIS进行成功的矿产资源评价还与所掌握数据的种类与质量、所建数据库是否灵活有效、空间分析方法的使用是否合理等因素有关。

总之,GIS为人类由客观世界到信息世界的认识、抽象过程以及由信息世界返回客观世界的利用改造过程的发展和转化,创造了空前良好的条件和环境。如果在准备数据集时,所有应该考虑到的问题都认真加以考虑,保证数据集的合理性与质量,GIS会为矿业提供更多机遇。在这个科技高速发展的社会中,GIS以它的强大优势应用于各个领域。因此毫不夸张的说:“它将是未来的必由之路”。

### 参考文献:

[1]冯志泽,胡政,等.建立城市自然灾害承载力指标的思路探讨[J].灾害学,1994(4):40~44.

[2]康仲远.中外大城市灾例对比研究系列报告(一)[J].灾害学,1996,11(2):62~69.

[3]康仲远.中外大城市灾例对比研究系列报告(二)[J].灾害学,1996,11(3):65~72.

[4]肖和平.湖南邵阳市郊微震活动特征及成因[J].华南地震,1989,9(3):37~45.

### References:

1.Feng, Z. Z. & Hu, Z. (1994). Establish urban natural disaster carrying capacity indicator. Journal of Catastrophology, 4, 40 - 44.

2.Kang, Z. Y. (1996). Report of china and foreign country city disaster proportion comparison (1). Journal of Catastrophology, 11(2), 62 - 69.

3.Kang, Z. Y. (1996). Report of china and foreign country city disaster proportion comparison (2). Journal of Catastrophology, 11(2), 65 - 72.

4.Xiao, H. P. (1989). Characteristics and factors of Hunan Shaonan suburb microseismic activity. South China Journal of Seismology, 9(3), 37-45.

# 车载空气净化器设计方案研究

## Car air purifier design study

施晓良 侯伟龙 姜国平

Xiao-Liang Shi Wei-Long Hou Guo-Ping Jiang

北方民族大学化学与化学工程学院 宁夏银川 750021

Chemistry and Chemical Engineering, North University of Nationalities, Yinchuan, 750021, China

**摘要:** 讲述空气净化器的发展前景和车载空气净化器的研究价值, 介绍室内空气净化器的的工作原理。结合滤网式和负氧离子式空气净化器的原理, 设计一款车载空气净化器。

**Abstract:** Talking about development prospects of air purifier and research value of car air purifier, introduce mechanism of indoor air purifier. Combine theory of filter type and negative oxygen ions air purifier principle to design a car air purifier.

**关键词:** 车载空气净化器 PM2.5; 空气净化

**Key Words:** Car air purifier PM2.5; Air purification

### 1. 空气净化器的发展前景

空气净化器雏形源于消防, 随时代的发展和人们不断探索创新, 空气净化器逐渐被完善, 应用的范围也越来越广。近几年来全球的空气污染日益严重了, 空气被污染引起呼吸疾病, 直接影响到人类的健康。为了改善空气质量, 空气净化器也因此成为焦点。据富士经济的统计数据来看, 空气净化器发展迅速, 销售情况如下: 2011年1300万台、2012年1762万台、2013年1894万台、2014年2000万台, 预计2018年销量会达到2409万台。

汽车是主要的交通工具之一, 改善车内的空气质量是很有必要的, 本文的研究课题是非常有意义的。

### 2. 室内空气净化器

空气净化器的种类很多, 常见的有滤网式和负氧离子式空气净化器。霍尼韦尔空气净化器采用复合型滤网装置, 该过滤装置主要由前置滤网、HEPA滤心、CPZ滤网、离子发生器组合而成, 可以过滤掉粉尘、细菌、有害气体和挥发性有机物。飞利浦空气净化器净化装置是由活性炭滤网和HEPA滤心多重组合而成, 可以过滤粉尘、有害气体等。空气净化器由AVR单片机控制, 通过气体传感器和热释电红外传感器检测外界的空气质量, 将信号反馈到单片机的端口, 单片机根据反馈的信号控制空气净化器的工作状态。

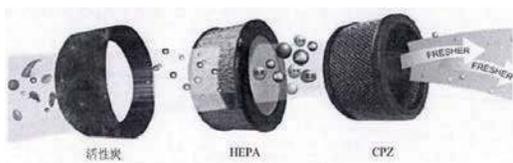


图 1.4 霍尼韦尔空气净化器净化过程

### 3. 车载空气净化器设计

车载空气净化器适用于较小的空间, 现在有各种各样的车载空气净化器, 但都存在一些缺陷, 本课题结合滤网式和负氧离子式空气净化器的优点, 研究一款复合型车载空气净化器。

#### 3.1 风机选择

风机的选用要考虑到风速对过滤器的效果、外形壳的大小等。本设计采用祥邦涡轮离心风机-6015鼓风机。它的额定电压12V, 功率0.84W, 电流0.07A, 风量3.50cfm, 转速3200RPM, 它的特点是体积小、风量大、噪音小、寿命长、耐高温、散热效果好、性能稳定。

#### 3.2 空气检测器和控制系统

空气净化器需要有空气质量检测装置检测外界的空气质量, 然后将采集到的信号反馈给控制系统, 再有系统做出下一步指令。本设计采用TGS800气体传感器、热释电红外线传感器、PM2.5传感器, 由这三个传感器对外界空气质量进行检测, 再将信号反馈到AVRATM86高速单片机的端口, 单片机控制系统在发出指令对空气净化。

#### 3.3 过滤器设计

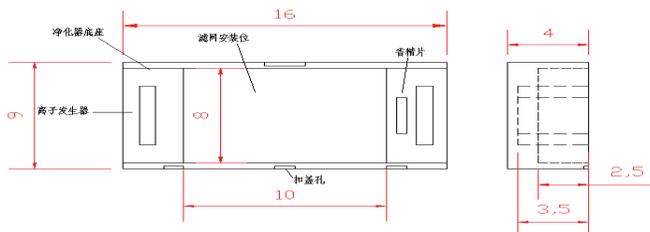
结合滤网式和负氧离子式空气净化器的优点, 本设计采用复合型过滤器, 它由前置滤网、负离子发生器、HEPA滤芯、冷触媒滤网、CPZ滤网组成。前置滤网可过滤较大的飞尘颗粒, 保护HEPA滤网; HEPA滤网可除去微小颗粒; CPZ滤网由活性炭、沸石、过猛酸钾组成; 离子发生器可除去有毒气体、悬浮颗粒和杀菌。空气净化过程图如下:



#### 3.4 结构设计

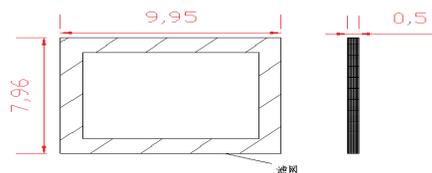
本设计采用聚乙烯材料, 聚乙烯强度高、韧性好、耐高温、成本低。空气净化器的大小要考虑到空气的过滤速率, 为了使空气与滤网充分的接触, 空气净化器的底座大小尺寸设计为长160mm, 宽90mm, 高40mm, 薄壁厚5mm; 上盖的长为160mm, 宽为88.2mm, 壁厚为5mm。上盖有进风保护网, 保护滤网。设计出来的空气净化器轻巧、坚固抗压、美观, 平衡性好。

底座俯视图和左视图:



考虑到过滤速率和安装, 滤网的规格设计为长99.5mm, 宽79.6mm, 厚度5mm

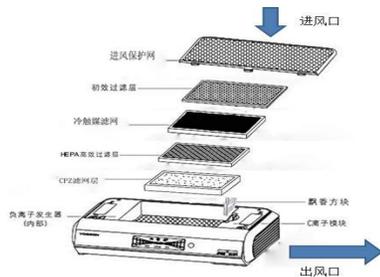
滤网示意图:



#### 3.5 结构组装

将离子发生器和风机安装在底座上, 然后滤网由CPZ滤网、HEPA滤网、冷触媒滤网、前置滤网的顺序往底座上装, 再将上盖安装好并检查是否存在松动, 再将上盖安装好。

安装示意图:



**3.6 操作说明**  
在底座的前正面有开关，打开开关，空气净化器就进入了自动工作的状态。

#### 4. 总结

现在空气污染越来越严重了，改善空气质量需要人们的齐心协力去绿化我们的城市，政府出台汽车单双日出行制，严格检查工厂的环境保护措施。市场的空气净化器种类虽多，但是都存在着缺陷，且售价高。车载空气净化器还不够完善，需要进一步改进，降低成本，使它得到广泛的使用，为改善空气质量出力。

#### 参考文献:

- 1、董雪.滤网式车载空气净化器设计.山东技术学院.2013.
- 2、杨乾.基于AVR的多功能室内净化器设计.合肥工业大学.

- 3、孙滨, 姜传林, 陈元勇.基于光学粉尘传感器的车载净化装置设计[J].电子技术, 2013.

- 4、预计2014年全球空气净化器销量2000万台.富士经济.2014.03.26.

#### References:

- 1.Dong, X. (2013). Filter type car air purifier design. Shandong Technology College.

- 2.Yang, Q. Multifunctional air purifier design based on AVR theory. Hefei University of Technology.

- 3.Sun, B., Jiang, C. L. & Chen, Y. Y. (2013). Car air purifier based on dust sensor module. Electronic Technology.

- 4.2014 global sales of air purifier estimated reaching 20 million units. Fuji Keizai.

**作者简介:** 施晓良 (1994-), 男, 汉族, 北方民族大学化工学院, 北方民族大学过程装备与控制工程专业大三学生。指导教师: 姜国平 (1996-), 男, 汉族, 高级工程师, 北方民族大学过程装备与控制工程专业系主任, 从事压力容器设计研究工作。

# 地铁制动电阻室通风空调方案探讨

Discussion ventilation and air conditioning program of metro braking resistor room

刘加栋

Jia-Dong Liu

铁道第三勘察设计院集团有限公司 天津 300251

Third Railway Survey and Design Group Co., Ltd., Tianjin 300251, China.

**摘要:** 本文以北京地铁制动电阻室通风空调方案调整为例,利用计算流体动力学(CFD)模拟技术,对设置于地面的制动电阻室房间内的气流及内壁参数进行数值模拟研究,为该房间环控方案的优化提供必要的依据。期望为地铁建设起到积极作用。本文以北京15号线地铁制动电阻室通风空调方案调整为例,利用计算流体动力学(CFD)模拟技术,对制动电阻室房间内的气流及内壁参数进行数值模拟研究,通过对该房间各种通风空调设计方案的比较,着重为制动电阻室设置于地面时该房间环控方案的优化提供必要的依据。

**Abstract:** By using Beijing subway braking resistor room ventilation and air conditioning program adjustments as example, using computational fluid dynamics (CFD) simulation technology, study the airflow and the inner wall parameter settings inside the braking resistor room located on ground, provide data for optimization of Environmental control program. Hopefully this plays an active role for the subway construction. Taking Beijing subway line 15 braking resistor room ventilation and air conditioning program adjustments as example, using computational fluid dynamics (CFD) simulation technology, simulation research on the airflow and the inner wall parameter settings inside the braking resistor room, through the comparison of ventilation and air conditioning design programs, focusing on provide reference data of optimization of the loop control programs in the ground braking resistor chamber.

**关键词:** 地铁节能; 制动电阻室; 环控模拟

**Key Words:** Loop control simulation; Subway energy saving; Braking resistors room

## 一、引言

城市轨道交通具有速度快、运量大以及准时、舒适、节能等优点,对于城轨交通的主要组成部分地铁列车而言,采用先进的交流传动技术,可使牵引电能的再生率达到40%左右,节能效果十分明显。然而由于线路的行车密度等多种因素影响,正在线路上进行再生制动的列车能量并不一定能被完全吸收,此时巨大的能量得不到释放,将会使电网的电压急剧上升。为此在列车上设置斩波器和制动电阻,让电能通过电阻变成热能,使地铁列车能够充分使用电气制动,可避免摩擦制动。然而制动电阻使用虽方便,但也有缺点,如体量大、散热于区间隧道内使区间温度逐年升高等,因此一直有所争议。为解决此问题,目前国内部分线路制动电阻设置在地铁车站设备房间内,或在地面风亭附近设置制动电阻室。

## 二、北京15号线地铁制动电阻室通风空调原设计方案及存在问题

### 1、项目概况及原设计方案

北京地铁15号线是城市北部地区东西向交通干线,并且是连接顺义新城和城市中心区的线路,是轨道交通线网中的骨干线路。2010年底先期开通段为望京西站-后沙峪站区间,总共9座车站,分别为望京西、望京、望京东、崔各庄、马泉营等5个地下车站,孙河、国展、花梨坎、后沙峪等4个高架车站。上述5个地下车站每站均在地面设置了一个再生制动电阻室。

环控系统原设计方案为机械排风、自然补风。

### 2、运营中发现问题

运营后现场反映地下车站的再生制动电阻室内温度超标,室内环境温度超过了通风设备(排风机及连锁风阀)正常运行的允许最高温度,风机停止运转,灯具和摄像头等设备有严重损坏现象。

### 3、现场调整改造方案

将房间建筑形式改造为敞开式建筑,利用自然通风,充分利用环境冷源,满足设备正常运行要求。

## 三、问题分析

针对制动电阻室设置于地面的情况,为满足制动电阻室的环控要求,此房间通风空调设计可以采用以下方案:

### 1、自然通风方案

将该房间设置为敞开式房间,利用自然通风,满足设备正常运行的要求

### 2、机械通风方案

若此房间受车站地面环境限制,必须采用封闭式房间,同时既有案例表明,封闭式机械通风方案存在诸多不利因素。为此,我们利用计算流体动力学(CFD)模拟技术,对制动电阻室房间内的气流及内壁参数进行数值模拟研究,为环控方案的优化提供必要的依据。

在建模过程中,我们考虑了影响运行的因素,并有针对性的进行了分析及优化:

1) 对于此类发热量比较大的房间应合理考虑气流组织,通过设置侧面排风口,来减小热仓效应;风管侧边及下部分别设置排风口,增强气流扰动,减少房间内的“排热死角”。

2) 采用机械进风,自然排风的通风方式,使通过风机的气流维持在相对低温的水平上,保证风机的安全平稳运行。

3) 再生能源设备发热量较大,设备表面温度也会相应提高,其对风机、管道及墙体内壁的辐射作用也不可忽视,为此在建模中加入了辐射模型(DO模型)以增加模拟结果的准确性。

模型尺寸及网格划分情况如图3、图4所示。其计算参数为:北京市夏季室外通风计算温度29.7℃,风机风量34000m<sup>3</sup>/h。此房间长宽高暂按6m\*5m\*4m考虑。

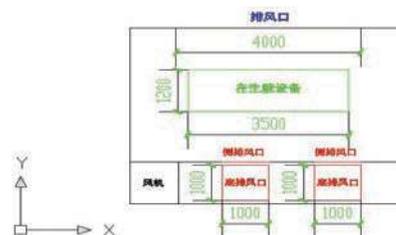


图1 模型尺寸(单位mm)

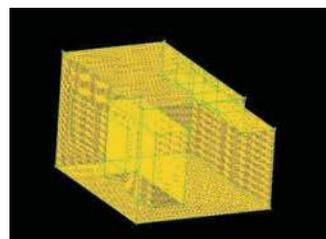


图2 网格划分

模拟结果分析

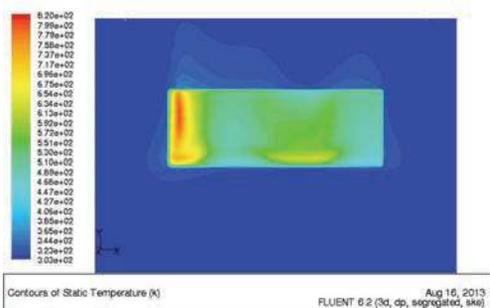


图3 设备顶面高度温度分布云图

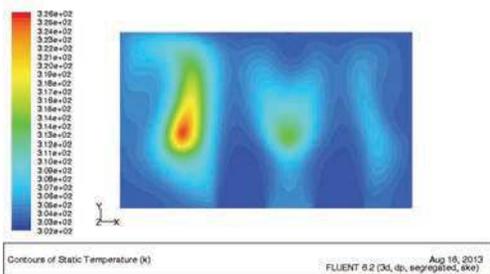


图4 Z=4m 高处温度分布云图

通过模拟可以看出，在如此大的通风量作用下，房间内绝大部分区域的温度基本均处于稍高于室外空气温度（302.6K）状态，只有在设备附近区域温度会有所升高，在距离设备0.4m（Z=3m）的高度上，空气的最高温度为53℃（326K）。说明在较大的通风换气次数下，房间内的空气温度基本仅略高于室外环境温度，只有在靠近排风侧的设备表面温度略高于50℃，基本能满足制动电阻室对环境温度的要求。

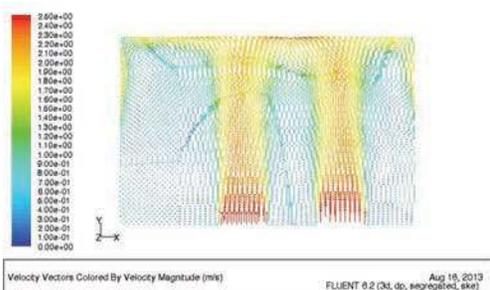


图5 Z=4m 高处速度矢量图

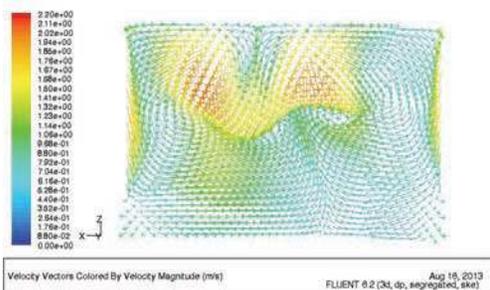


图6 Y=4m 处速度矢量图

通过模拟可以看出，通过采用侧送加底送的通风方式，在房间内

形成了较好的气流扰动，房间内最大速度为2.5m/s左右，在四角角落附近也有大约1m/s的空气流动速度。房间内的气流组织比较均匀，气流总体上是由送风口侧斜向下的方向掠过房间，房间内并不存在“通风死角”。

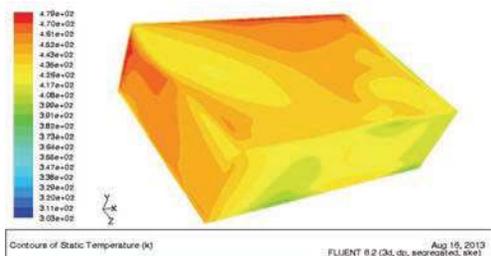


图7 设备表面温度分布云图

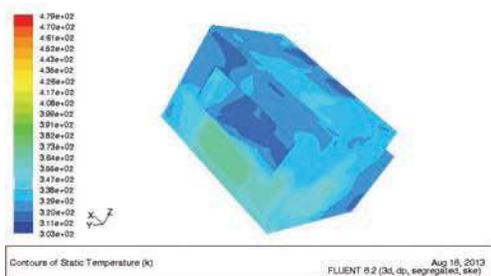


图8 房间内表面温度分布云图

通过模拟可以看出，由于设备的高发热量，在设备表面形成了较高的温度100℃—170℃（373K—443K），在局部区域甚至可以形成超过200℃（473K）的高温表面。同时，房间内物体表面的温度也明显高于空气温度，风机、风管下表面温度可以达到90℃（363K）。在此高温下，不利于设备长期安全的运行。

综上所述可以看出，足够的通风量能有效的降低制动电阻室内的空气温度，保证室内环境温度满足条件（不大于50℃）。但是，较高的发热量使得设备表面形成高温，房间面积有限的情况下，高温的设备表面通过辐射作用使墙体内表面及室内通风设备的温度上升，可能造成风机及连锁风阀的停止运行，室内热量排不到室外，产生较大损失。

3、通风空调方案

制动电阻室设置通风空调系统，空调季采用空调系统，非空调季采用机械通风系统，满足设备正常运行对环境的要求。

四、结语

当制动电阻室设置于地面时，在满足制动电阻设备正常运行的前提下，制动电阻控制室通风空调设计方案首选自然通风方案，此方案不仅不需设置通风空调设备，无设备运行费用，而且不会因设备运行而产生噪声，减少了对周边环境的影响，符合节能、环保、减少噪声的设计原则；方案2、3在运行过程中存在局部温度过高、投资及运行费用高等诸多不利因素，故不推荐。

参考文献：

[1] 陈穗九.地铁列车制动电阻设置的探讨 [J].都市轨道交通.2009  
[2] 《地铁设计规范》(GB50157-2013)

References:

1. Chen, S. J. (2009). Investigate subway train braking resistor set. Urban Rail Transit.  
2. "Subway Design Specification" (GB50157-2013)

# 高压旋喷桩在拦河闸基础中的应用

## Application of high pressure jet grouting pile in the foundation of penstock

边慧霞 张瑜芝

Hui-Xia Bian Yu-Zhi Zhang

华北水利水电大学 河南郑州 450045

North China University of Water Conservancy And Hydropower, Zhengzhou, Henan, 450045, China

**摘要:** 以洹头水电站拦河闸基础处理工程为例,对高压旋喷桩在低液限黏土层、卵石混合土层及级配不良砾互层等复杂闸基加固中的施工过程进行了分析,并通过现场取芯、单桩载荷试验桩径检测及桩间土检测对加固效果进行分析评价,可以为类似工程提供借鉴。

**Abstract:** Refer to penstock foundation in Pingtuo Hydropower Stations, analyzed the high pressure jet grouting pile in low liquid limit of clay layer, gravel mixed soil and bad graded gravel alternating layers of complex sluice base reinforcement in construction process, and through the field coring, single pile load test pile diameter detection between pile and soil, the reinforcement effect analysis and evaluation was carried out, provide reference for similar projects.

**关键词:** 高压旋喷桩; 闸基础; 黏土层; 质量检测与控制

**Key Words:** High pressure jet grouting pile; Gates foundation; Clay layer; Quality inspection and control

高压旋喷桩属于高压喷射注浆法范畴。它是70年代日本首先提出,在静压注浆的基础上,采用高压水射流切割技术二发展起来的。高压旋喷桩是以高压旋转的喷嘴将水泥浆喷入土层与土体混合,形成连续搭接的水泥加固体。它具有可灌性好,连接可靠以及适用地层广、深度大、施工机具简单、施工简便、施工迅速等工艺特点,广泛应用于公路、铁路、建筑的软土地基处理,既有建筑的地基加固,水库防渗处理等工程中,是一项先进、有效、实用的技术。本文结合洹头水电站拦河闸基础处理工程,对高压旋喷桩施工进行具体分析,为类似工程提供借鉴。

### 1 工程基本资料

#### 1.1 工程概况

洹头水电站工程位于山西省长治市平顺县北耽车村上游约400m的浊漳河干流上,控制流域面积10458km<sup>2</sup>。工程等别为IV等,主要建筑物级别为4级,临时建筑物为5级。洹头水电站主要建筑物由拦河闸坝和坝后左岸引水式电站组成。拦河闸坝包括闸室段、左右岸挡水坝段。

高压旋喷桩布置在左岸挡水坝段和闸室段。

#### 1.2 工程地质及水文地质

闸基地层岩性有新至老为:①全新统晚期沉淀物,上部为低液限黏土,厚4.0~12.5m,主要分布于主河床左岸合曼度滩,下部为卵石混合土,夹低液限黏土层,厚5.0~10.5m,主河床及左岸河滩低液限黏土下均有分布。②全新统早期沉淀物,由低液限黏土、卵石混合土、级配不良砾互层相间组成,厚度10~25m,分布于左岸I级阶段;③上更新统洪冲积物,上部为低液限黏土,厚5~20m,下部为卵石混合土、级配不良砾,厚度3~13m,分布于闸顶及闸顶高程以下。④∈2x-1~∈2x-3岩组泥页岩、灰岩,岩性较软,易风化,强风化层厚度5~8m,弱风化层厚度10~15m。

#### 1.3 施工难点、重点及处理措施

由于坝址上部为低液限黏土、卵石混合土,夹低液限黏土层,中部10~32m为卵石混合土、级配不良砾互层,此种地质条件对高喷成孔影响极大,上部松散极易塌孔,下部卵石混合土、级配不良砾互层胶结较为密实,且含有卵石,成孔难度大,功效低,对机械磨损大。

由于闸基地质情况复杂,在施工中遇到不良地层,为便于成孔,施工采用PVC管护壁或加大循环泥浆浓度。

### 2 高压旋喷桩加固设计

#### 2.1 加固范围

由于左岸挡水坝段及闸室段闸基地层岩性主要为低液限黏土和卵石混合土,地质条件复杂,为确保闸基的稳定及安全,需对该范围闸基进行高压旋喷桩加固。加固范围详见下图1。

#### 2.2 高压旋喷桩设计参数

高压旋喷桩有效桩径1.0m,桩间距2.2m,呈梅花形布置,钻孔深

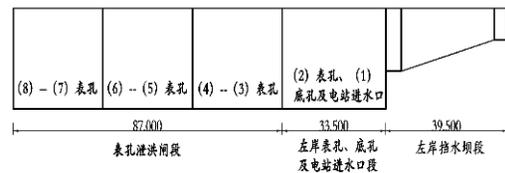


图1 高压旋喷桩加固范围示意(单位: m)

入岩面以下0.5m,共1230根桩(其中加密区79根)。其28天龄期的抗压强度要求:地层为低液限黏土的桩体抗压强度应大于1.5MPa;地层为卵石混合土的桩体抗压强度应大于3.0MPa。加固后基底复合地基容许承载力应不低于250kPa。

### 3 高压旋喷桩施工

#### 3.1 高压旋喷桩施工技术参数

施工现场经三次现场生产性试验研究<sup>[1]</sup>,最终确定了合适的旋喷参数和施工工艺,详见表1。

表1 高压旋喷桩参数表

项目	黏土层(三管法)	卵石层(双管法)	卵石层间黏土层(双管法)
钻孔孔径(mm)	φ150	φ110	φ110
水	压力(MPa)	≥33	/
	流量(L/min)	70~80	/
	喷嘴孔径(mm)及个数	1.8mm(2个)	/
气	压力(MPa)	≥0.7	≥0.7
	流量(m <sup>3</sup> /min)	1.0	1.0
	喷嘴个数	2个	2个
浆	压力(MPa)	≥1.0MPa	≥33MPa
	流量(L/min)	≥70	≥70
	密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.51	1.45
	喷嘴孔径(mm)及个数	6~12mm(2~3个)	2.0mm(2个)
回浆密度(g/cm <sup>3</sup> )	>1.2	>1.3	>1.3
提升速度v(cm/min)	土层	初喷5(无浆) 复喷7(送浆)	10
	砂卵石	12	10
旋转速度(r/min)	12	10	10
施工范围	渗0+050.894~渗0+073.754(30~42列)	/	/

### 3.2 施工工艺流程

高压旋喷桩采用二管法和三管复喷法施工，分二序进行，先施工Ⅰ序孔，后施工Ⅱ序孔。施工工序主要包括钻孔、下注浆管、喷射、成桩、封孔等。

### 3.3 施工机具

根据本工程地质情况及施工进度要求，施工机具采用“两钻一喷”进行配置，外加5台全液压跟管钻机，具体设备投入详见表2。

表2 高压旋喷桩机具设备表

设备名称	设备型号	数量	备注
地质回转钻机	XY-2	10	
全液压跟管钻机	/	5	
液高喷台车	GYP-50	9	
高压灌浆泵	PP-120	5	
空压机	YV形活塞式	5	
高速搅拌机	ZJ-400	5	
回浆泵	3PN	5	
泥浆泵	HBW200/40	5	

### 3.4 施工材料

#### (1) 水泥

高压喷射浆液采用P.O42.5普通硅酸盐水泥拌制。

#### (2) 水

就近原则，采用浊漳河河水。

#### (3) 浆液

采用纯水泥浆液，浆液配比为1:1和1.2:1。

### 3.5 喷射控制

(1) 地面试喷、定向：钻孔验收、高喷台车就位并对准孔口后，首先进行地面试喷。

(2) 开喷：喷管下至指定深度后，静喷3min，待各压力参数和流量参数均达到要求，且孔口已返出浆液时，即按既定的提升速度和旋转速度进行喷射灌浆。

(3) 高喷灌浆全孔自下而上连续作业。作业中因拆卸喷射管而停顿后，搭接高喷灌浆长度不小于0.2m。

(4) 灌浆中断：高喷灌浆因故中断后重新恢复施工前，应对中断孔段进行复喷，搭接长度不小于0.5m。

#### (5) 提升速度的控制：

①位于设计桩顶处于粉质粘土地层的高喷桩，高喷桩喷浆步骤如下：喷管下到钻孔终孔孔深后开始卵石层喷浆，喷浆至卵石层与粘土层结合面，停止送浆，用高压水按5cm/min的提升速度喷至超出设计桩顶高程50cm，然后将喷管下放至停浆部位以下30cm，开始送浆，再按7cm/min的提升速度喷至超出设计桩顶高程50cm。

②位于设计桩顶处于卵石地层的高喷桩：a、对于卵石层中的粘土夹层，卵石层提升速度10cm/min，粘土层提升速度5cm/min，卵石层与粘土层结合面上下30cm范围，降低提速按5cm/min提升，以确保结合面喷浆质量；b、在喷至距设计桩顶高程50cm时，静喷1min后按8cm/min的速度提升2min后再静喷1min，再按8cm/min的速度提升2min再静喷，直至设计高程，然后继续按8cm/min的速度提升直至超过设计高程50cm。

(6) 装、卸喷射管时，采取措施密封、加快装卸动作以防止喷嘴堵塞。

(7) 当喷射到超出设计高程50cm后迅速拔出喷射管，及时将各管路冲洗干净，以防堵塞。

(8) 回灌：喷浆结束后，利用下一孔喷浆过程中的回浆和新制浆液两种方法进行回灌，直至孔内浆面不再下沉为止。

(9) 封孔：高喷灌浆孔经回灌后，空孔部分采用壤土回填。

### 3.6 施工中遇到的问题及处理措施

(1) 在注浆过程中，出现相邻两孔或隔孔冒浆，这表明闸坝地基已经劈裂，串浆两孔之间浆脉已经沟通。处理这种情况，一是将冒浆孔用止浆塞堵上，然后在注浆孔再继续注浆，另一种是将注浆孔与冒

浆孔并联，同时进行灌注。

(2) 在进浆正常的情况下，孔口回浆密度变小，回浆量增大，需要降低气压并加大进浆浆液密度或进浆量。

(3) 在高喷灌浆因故中断后重新恢复施工前，需要对中断孔段进行复喷，搭接长度要大于0.5cm。

(4) 在施工过程中，压力陡增，流量为零，要马上停机检查，若停机后压力仍不变，可能是喷嘴堵塞，则需要疏通喷嘴。

## 4 质量检测

### 4.1 桩体抽芯抗压强度检测

高压旋喷桩的取芯在旋喷桩成桩28天后进行，取芯孔共选了13个孔，芯样抗压强度检测39组，其中粘土层桩体12组，最大值5.6MPa，最小值3.1MPa，均满足设计要求（大于1.5MPa）；卵石层桩体27组，最大值8.3MPa，最小值3.6MPa，均满足设计要求（大于3.0MPa）。

### 4.2 单桩载荷试验及复合地基载荷试验

单桩复合地基载荷试验，共检测6组，复合地基承载力全部达到250kpa，满足设计要求。

单桩竖向抗压载荷试验，共检测6组，检测值分别为1150KN、1150KN、1150KN、850KN和850KN，满足设计要求（不低于1100KN/800KN）。

单桩复合地基载荷试验桩与单桩抗压载荷试验桩分部详见图2。

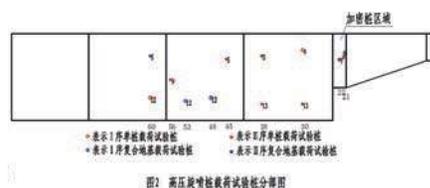


图2 高压旋喷桩载荷试验桩分部图

### 4.3 桩径检测

施工完成后，开挖至设计桩顶高程对桩体桩径进行检查，闸室段闸基桩径检查结果为：<70cm的桩体占总桩数的8.9%，70cm~100cm的桩体占总桩数的74.5%，>100cm的桩体占总桩数的16.6%。

### 4.4 桩间土承载力检测

通过对湖头水电站闸基左岸挡水坝段、(5)号闸室段和(2)号闸室段基础桩间土进行井探取样物理学试验及钻孔标(锥)贯试验，得出左岸挡水坝段桩间土承载力位214kPa，(5)号闸室段桩间土承载力为212kPa，(2)号闸室段桩间土承载力为192kPa。桩间土承载力比未处理前有较大提高。

## 5 结论及建议

从高压旋喷桩检测检查结果来看，在这种复杂的地基中，成桩桩径很难达到原设计桩径1.0m的要求，但是单桩地基承载力检测、复合地基承载力检测、桩间土承载力检测及桩体抽芯检测全部满足设计要求。说明通过本次高压旋喷桩施工，有效提高了闸基地基承载力，达到了基础处理的目的，施工质量是良好的。

### 参考文献：

- [1]郑伟；曹宝海，高压旋喷桩作为承载桩技术在水里工程闸基中的应用[J]，水利建设与管理，2013年(10)，5-12。
- [2]曾国熙.地基处理手册[M].北京：中国建筑工业出版社，1988。
- [3]JGJ 79-2012，建筑地基处理技术规范。

### References:

- 1.Zheng, W. & Cao, H. B. Application of high pressure jet grouting pile in the foundation of water penstock. Water Resources Development & Management, 10, 5-12.
- 2.Zeng, G. X. (1988). Foundation Treatment Manual. China Architecture & Building Press.
- 3.Technical code for ground treatment of buildings. JGJ 79-2012.

### 作者简介：

- 1.边慧霞(1966-),女,河南禹州人,华北水利水电大学土木工程系讲师,主要从事工程管理方面的研究。
- 2.张瑜芝(1987-),女,硕士研究生,研究方向为水利工程。

# 关于房屋建筑设计中节能设计的探讨

## Discussion on energy saving design in the design of building construction

余东岩

Dong-Yan Yu

天津市建筑设计院 天津 300074

Tianjin Architectural design institute, Tianjin 300074, China

**摘要:** 随着社会的快速发展, 建筑行业也得到了迅猛发展。如今, 人们对环保节能问题的关注程度正在逐渐提高。虽然我国是资源大国, 但是资源人均占有量却非常少。建筑行业本身就存在着能源消耗大, 环境污染严重的问题。因此, 国家对建筑行业的能源消耗给与高度关注, 希望通过节能设计降低能源的消耗。但是, 从房屋建筑节能设计现状可以看出, 房屋建筑节能设计中存在着很多问题。建筑企业必须详细分析节能设计存在问题的原因, 并针对存在的问题进行调整。

**Abstract:** With the rapid development of society, the construction industry has been rapid developed too. Nowadays, people are increasing the concern on environmental protection and energy saving problem. Although our country is rich of resources, but the resources per capita is very low. The construction industry faces the problems of high energy consumption and serious environmental pollution problems. Therefore, country gives highly attention to energy consumption in construction industry, hopes that reduces the energy consumption by the energy-saving design. However, from the present situation of energy saving design building construction, there are many problems in the design of energy saving building can be seen. Construction enterprises must be analyze the factor of existing problems in the energy saving design in detail and do some adjustment on the existing problems.

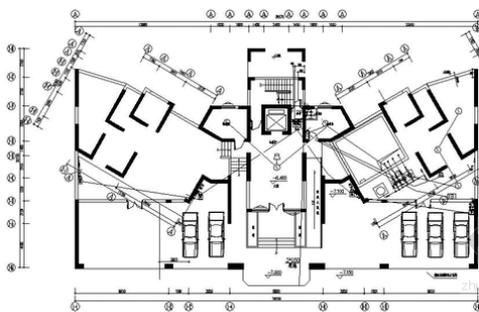
**关键词:** 房屋建筑设计; 节能设计; 探讨

**Key Words:** Building construction design; Energy-saving design; Discuss

设计人员进行房屋建筑节能设计之前, 一定要充分了解房屋建筑的特点和施工需求, 并结合房屋建筑的结构特点和施工需求合理的制定节能设计方案, 保证节能设计的合理性。随着建筑行业的快速发展, 节能建筑必将成为房屋建筑的发展趋势, 进而提高资源的利用率。

### 一、房屋建筑工程概况

蓝山工程位于广州金沙洲, 该项目属于住宅小区, 用地面积为65214.22 m<sup>2</sup>, 建筑面积为19542.51 m<sup>2</sup>, 共有9栋高层住宅建筑, 首层层高5.15m, 标准层高3.10m。该项目地下室采用实心砌砖, 厚度为200, 砌砖密度是1800千克每立方米, 采用M8.0水泥砂浆。在项目施工中, 需要使用三种型号的钢材, 分别是HPB310、HPB345、HPB410。建筑屋面混凝土的强度为C30, 12层-14层混凝土强度为C35, 8层-10层混凝土的强度为C45, 5层-7层混凝土的强度为C50。该房屋建筑施工需要使用多种施工材料, 如果不进行节能设计, 必定会造成资源的浪费, 也会给环境带来污染。房屋建筑设计图如图一所示。



图一 房屋建筑设计图

### 二、节能设计理念应用在房屋建筑设计中的意义

#### (一) 生态可持续发展的要求

随着社会经济的快速发展, 环境污染问题也日渐突显。为了降低环境污染问题对经济发展的影响, 国家制定了建筑行业发展要求。如今, 建筑行业已经成为国民经济的重要支柱, 对国家经济发展和社会稳定有着不可替代的作用。但是, 建筑行业也是高耗能行业, 建筑施工需要消耗大量的资源, 也给生态环境带来极大的污染。节能设计理念在房屋建筑设计中的应用可以提高资源利用率, 降低建筑施工对环境的污染, 实现人类和生态的可持续发展。

#### (二) 建筑企业发展的要求

传统的房屋建筑设计方法和设计理念已经无法满足建筑企业生存发展的需求。建筑企业要想在激烈的社会竞争中生存发展, 就必须不断创新设计理念和设计方法。我国每年都会增加11亿平方米的建筑面积, 到2030年, 我国建筑面积总体增长的数值可以达到120亿平方米, 这些建筑物都是房屋建筑。房屋建筑是建筑行业的关键组成部分, 房屋建筑设计和人们的生活息息相关, 只有坚持节能设计理念, 才能提高能源利用率, 才能推动建筑企业的发展。

### 三、节能设计在房屋建筑设计中的应用分析

#### (一) 遮阳节能设计

遮阳设计是房屋建筑设计中的关键内容。设计人员在制定遮阳设计方案之前必须充分了解房屋建筑的结构特点和设计需求, 并结合房屋建筑的结构特点和设计需求合理的制定遮阳设计方案。不同结构的建筑对遮阳设计的要求不同, 遮阳设计必须具有针对性。房屋建筑遮阳设计有三种方式: 一是水平式, 二是垂直式, 三是综合式。水平式节能设计可以遮挡门窗上方照射进来的阳光, 但是该设计只适用于遮挡南向门窗照射进来的阳光。垂直式节能设计虽然没有水平式设计角度高, 但是垂直式设计更加实用, 可以遮挡任何方向照射进来的阳光。蓝山工程项目位于广州金沙洲, 该地区纬度相对较低, 季节性气候比较明显, 夏天潮湿炎热, 冬季阴冷。根据广州地区季节特点, 该房屋建筑项目遮阳设计要在四季都能发挥作用, 遮阳系统除了要遮挡门窗照射进来的阳光, 还要在冬季起到一定的保暖作用。

#### (二) 外墙节能设计

房屋建筑外墙热损耗相对较大, 这在一定程度上增加了节能设计的难度。外墙是房屋建筑的重要组成部分, 外墙的节能设计对外墙的性能有很大影响。外墙保温节能设计可以在原有建筑结构的基础上提升房屋建筑外墙的性能。随着科技的快速发展, 绝热材料已经逐渐取代了保温涂料, 隔热技术也在节能设计中发挥出重要作用。对外墙性能和外观要求较高的房屋建筑, 设计人员可以把绝热技术和保温材料结合在一起, 共用发挥作用。

#### (三) 房屋建筑门窗节能设计

房屋建筑门窗的保温性和气密性对建筑的性能有很大影响。在传统的设计模式下, 广州地区多采用腹钢式门窗, 门窗的保温性和气密性相对较差。在节能设计理念下, 广州地区禁止使用腹钢式门窗, 为了提高房屋建筑门窗的性能, 施工人员会选用PVC材料的门窗。在房

屋建筑门窗节能设计中,设计人员会选用中空玻璃,中空玻璃是由两块或者多块组成,并用边框阻隔开。在冬季,虽然中空玻璃表面的温度不高,但是也不会影响房屋建筑室内的温度,依旧可以起到很好的保温作用。

#### (四)坡屋面节能设计

如今,我国房屋建筑坡屋面坚持“浅色”设计理念,该设计方法既可以排走屋面的积水,也可以避免屋面出现渗水的现象,提高房屋建筑的性能。相对来说,深色坡屋面光照的反射率小于30%,浅色坡屋面光照的反射率大于70%,这样不仅可以起到保温的作用,还可以降低能源消耗。

#### 四、结语

随着社会的快速发展,房屋建筑的数量逐渐增多。如今,人们对环保问题的关注程度逐渐提高。传统的设计方法和设计理念已经无法满足房屋建筑设计需求,建筑企业必须不断丰富设计手段,创新设计模式,才能更好的满足房屋建筑设计需求,提高房屋建筑性能。目前,

房屋建筑环保节能设计主要包括以下几个方面:一是遮阳节能设计,二是外墙节能设计,外墙是房屋建筑的重要组成部分,外墙的节能设计对外墙的性能有很大影响。三是房屋建筑门窗节能设计。目前,为了提高房屋建筑门窗的性能,施工人员会选用PVC材料的门窗。四是坡屋面节能设计。我国房屋建筑坡屋面坚持“浅色”设计理念,提高房屋建筑的性能。

#### 参考文献:

[1]宋福玲,孙婷婷.关于居住区节能规划设计的探讨[J].科技信息,2010(27).

[2]王怀.关于房屋建筑设计中节能设计的探讨[J].科技风,2013(13).

#### References:

1.Song, F. L. & Sun, T. T. (2010). Discussion on the energy saving design and planning in residential area. Science & Technology Information, 27.

2.Wang, H. (2013). Discussion on the energy saving design in architectural design. Technology Wind, 13.