

# Study on Control Method of Geological Disasters in Fushun Mine Area

Qifa Sun, Hui Tian

Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Shenyang  
Email: [sqf99-99@163.com](mailto:sqf99-99@163.com)

Received: Feb. 25<sup>th</sup>, 2014; revised: Mar. 26<sup>th</sup>, 2014; accepted: Apr. 3<sup>rd</sup>, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

In order to effectively control the mining damage of Fushun west open-pit mine area and prolong the service life of the genset which is located on the northern slope of the Fushun west open-pit mine area, the monitoring data of deformation in west open-pit mine area were analyzed, and detailed survey and experiment on the geologic conditions in power plant were carried out, which can help understand main controlling factors related to the destruction of the foundation, such as, geological structure and characteristics. By technical comparison, we use static pressure grouting method to reinforce the faults and structures. For the reasonable utilization of resources and waste, we add gypsum and fly ash (power plant waste) by a certain proportion, which will form a new grouting material for grouting. By using this new material, we can control  $F_{1A}$  fault zone and building foundation, which will contribute to saving project cost and controlling the deformation and failure of the plant effectively.

## Keywords

Open Pit, Damage Control, Special Geological Condition, Application of New Materials, Comprehensive Prevention and Control

---

# 抚顺矿山地质灾害控制方法研究

孙岐发, 田 辉

沈阳地质矿产研究所/中国地质调查局沈阳地质调查中心, 沈阳  
Email: [sqf99-99@163.com](mailto:sqf99-99@163.com)

收稿日期：2014年2月25日；修回日期：2014年3月26日；录用日期：2014年4月3日

## 摘要

为了有效控制抚顺西露天矿开采造成的损害，尽可能延缓坐落在西露天矿北帮边坡上的抚顺发电厂机组的使用寿命，通过对西露天矿变形监测数据的分析，在对电厂地质进行详细勘察试验，了解电厂地质结构和岩性特征等变形破坏主要控制因素的基础上，通过技术比较，针对断层和构筑物使用静压注浆法进行加固处理。加固处理时，为了合理利用资源，变废为宝，通过试验确定使用在注浆材料中按一定比例加入电厂生产废料——石膏和粉煤灰，形成新型注浆材料进行注浆。通过使用新材料有针对性地对 $F_{1A}$ 断裂带及建(构)筑物基础的治理，即节省了工程费用，又使电厂的变形破坏得到有效控制。

## 关键词

露天矿坑，损害控制，特殊地质，新材料应用，综合防治

## 1. 引言

抚顺西露天矿是一座历史悠久、规模极其宏大的大型露天煤矿。抚顺西露天矿位于抚顺市市区西部，矿坑北部境界与抚顺石油一厂、抚顺发电厂、水泥厂等企业及民用建筑物相临。露天开采作业始于1901年，现已形成东西长6.6 km，南北宽2.2 km，与地面相差400 m的“亚洲第一大坑”。在一百多年的开采历史中，为国家贡献优质煤炭3.7亿吨。在矿山建设过程中，由于生产规模较大、地质构造复杂、岩性变化大等一系列因素影响，发生过许多地质灾害：滑坡、泥石流、地面塌陷变形等。据资料记载，抚顺西露天矿从1927年起南帮开始出现滑坡，几乎各种边坡变形破坏形式都出现过，累计滑落体积超过 $4500 \times 10^4$ 立方米。这些地质灾害不仅给西露天矿，而且给周边的企业、居民建筑物等带来一系列的重大环境地质灾害问题。

抚顺发电厂是热电联产企业，承担着城市900多万平方米的供热和向电网供电的任务，装机总容量为412 MW，包括两台200 MW抽气式供热机组和一台12 MW背压式供热机组。由于历史的原因，电厂处在地理位置特殊、地质条件复杂的抚顺西露天矿北帮边坡上，电厂的生产设施分别布置在 $F_{1A}$ 主断裂的上下两盘，受采矿损害的影响，机组运行出现异常、厂房出现破裂、跨断裂的管道多处出现破坏，影响到安全生产，这在国内发电企业内尚属首例，地质灾害具有独特性。

两台200 MW发电机组坐落在胜利矿预留的保护煤柱上，地层结构复杂。区域内存在全国大断裂郯庐断裂的分支断裂(两条东西走向的断裂带 $F_1$ 和 $F_{1A}$ )， $F_{1A}$ 断裂带横穿厂区， $F_1$ 逆断层和 $F_{1A}$ 逆断层两断层形成一个“倒三棱”体，西露天矿北帮在标高-80 m以下并段剥离后，支撑 $F_1$ 的坡脚逐渐受到削弱，使“倒三棱”体本身失稳而产生向坑底方向的沉降和倾斜(倾倒型变形)，导致 $F_{1A}$ 逆断层活化，破碎带出现“V”型张裂性变形而变宽，裂隙和空洞发育，上部岩土体逐渐向裂隙充填，从而产生沉降并出现台阶；“V”型张裂性变形越大，沉降就越大，变形范围不断向北扩展。同时、电厂的两台200 MW机组的基础下方还存在一条 $F_{1A}$ 断裂带的次级断裂，地质条件十分复杂。

多年以来，抚顺西露天矿采坑以北地区的地表变形问题，特别是抚顺发电厂厂区地表变形问题，一直十分突出。抚顺发电厂生产设备相继出现破坏，厂房墙体、地面出现裂缝，影响到安全生产，电厂对此十分重视，急需解决地质灾害影响的方案 and 对策。

## 2. 地基移动变形的控制因素研究

抚顺西露天矿开采对电厂造成的损害是巨大的,要想对开采损害进行有效的控制,首先要掌握地基移动变形的控制因素,在此基础上研究有针对性的控制方案,以达到控制开采损害的目的。

### 2.1. 岩体岩性特征

地基岩体的岩性是决定岩体地基稳定性及临近地表变形程度的关键因素。岩石的种类不同,其矿物成分、颗粒大小、胶结物性质和胶结程度差别甚大,具有显著的物理力学性质差异。一般来说,矿物软,岩石强度较低;但矿物硬,岩石强度不一定高,岩石强度的大小除取决于组成其矿物成份外,还取决于矿物颗粒间的组合特征。岩体的物理性质主要包括比重、容重、空隙度、含水率、吸水率、透水性、饱和度、可溶性、热胀性等;岩体的力学性质包括:抗拉强度、抗压强度、抗剪强度、残余强度、粘聚力、摩擦系数、阻尼系数、弹性模量、泊松比等。上述物理力学参数相互效应明显,一个参数的变化在一定的工程地质条件下则引起另外几个参数的相应变化。

### 2.2. 岩体结构特征

岩体是地质历史上遭受过变形、破坏、多种结构面切割的地质体。岩体结构是结构面性状和结构面切割程度的反映,表征了地质构造作用严重程度和结构面发育情况,是岩体的基本特性之一。岩体结构发育特征是岩体强度、变形、渗透性和地基岩体移动变形破坏模式的控制因素。在区域构造比较复杂、褶皱断裂、新构造运动活跃地区,地基稳定性就差;断裂带岩石破碎,风化严重,又是地下水富集和活动地区,极易发生岩体变形甚至是滑坡。地质构造因素对岩质地基的稳定性影响十分明显;岩层或结构面的产状对地基稳定有很大影响。岩体结构面的成因类型很多,性质也很复杂,各有其不同的特征,考察结构面的状态,主要考虑以下几点:1 结构面的物质组成;2 结构面的延展性与贯通性;3 结构面的平整光滑程度、平直完整程度、光滑度以及起伏差等特征;4 结构面的密集程度。因结构面结合程度对岩体影响较大,其分类详见表1。

在软弱结构面的分类上,孙玉科[1]把软弱结构面的地质类型分为三类:1)层间错动面或错动带,层间错动越发育,错距越大,其破碎和泥化程度越高;2)断层破碎带,这是破裂构造的主要表现方式,断裂错动愈大,断层泥化、糜棱岩化愈发育,力学性能愈低;3)接触破碎带与基性超基性岩脉,前者是动力变质和错动的产物,片理或劈理发育,岩层揉皱与变质,岩性软弱,易风化与软化。这种划分客观的评定了岩体软弱结构面及破碎岩体的类型和形成机理。

岩体的岩性和岩体结构虽然是自然地质运动形成的,但是人类活动也可以改变其结构和性态。开采活动破坏了岩体的完整性,使其上覆岩层产生垮落和裂隙;在水或其他因素的作用下,坚硬岩性的岩石组成的岩体也可以弱化或软化,容易被破坏。为了保护岩体或与岩体相关的建筑物,通过有意识的治理,

Table 1. Degrees of bonding between two different structural planes

表 1. 结构面结合程度分类表

名称	结构面特征
结合很好	张开度小于 1 mm, 无充填物;
结合好	张开度 1~3 mm, 为硅质或铁质胶结; 张开度大于 3 mm, 结构面粗糙, 为硅质胶结
结合一般	张开度 1~3 mm, 为钙质或泥质胶结; 张开度大于 3 mm, 结构面粗糙, 为铁质或钙质胶结
结合差	张开度 1~3 mm, 结构面垂直, 为泥质或泥质和钙质胶结; 张开度大于 3 mm, 多为泥质或岩屑充填
结合很差	泥质充填或夹泥岩充填, 充填物厚度大于起伏差

也可以改善岩体的强度或结构，使其朝有利的方向发展。

### 3. 抚顺发电厂地质勘察

为弄清电厂地质结构和岩石特征等变形破坏的主要控制因素，电厂作了地质雷达、钻孔勘察及电视测井；作了标准贯入试验、重型动力触探试验、土工试验及水质分析等。查明了各建筑地段的地基岩土类型、层次、厚度及沿水平和垂直方向的分布规律；查明了  $F_{1A}$  破碎带以及次级破碎带的产状；确定了各裂隙、空洞的变化情况，为本研究提供可靠的依据。

通过综合地质勘探——地质雷达、勘探钻孔、彩色钻孔电视系统观测等得出如下结论：

1) 基本确定了  $F_{1A}$  破碎带及两侧次级破碎带的位置、产状、倾角等，反映到地面，厂区围墙及墙外的石油一厂厂房墙体出现裂缝是地表不均匀沉降造成建筑物出现开裂的典型特征。

2) 厂区第四系地层厚度在 14 m 左右，第四系与其下伏基岩界面并不十分清楚，有砾石过渡层，钻进时漏水严重。

3)  $F_{1A}$  破碎带破碎程度较为严重，破碎带的岩体移动变形已影响到第四系地层，总体规律是距破碎带越近，相对空化越严重；受开采活动和地基移动的影响和控制， $F_{1A}$  断裂仍处于动态发育过程中。

4) 在破碎带及其一定范围内，岩体较破碎，节理、裂隙、岩脉发育，岩性偏软。

根据勘察结果整理出几个重要研究区域的土层的天然孔隙比、天然孔隙率、渗透系数及压缩系数如表 2 所示。

### 4. 厂区地基加固方法选择

现有的成熟的地基处理技术有：换填法、预压法、强夯法、振冲置换法和振冲密实法、土或灰土挤密桩法、深层搅拌法、高压喷射注浆法、静压注浆法、振冲注浆法[2]。每种方法都有各自的优点和适用条件：换填法适用于淤泥、淤泥质土、湿陷性黄土、素填土、杂填土地基及暗沟、暗塘等的浅层处理；预压法适用于处理淤泥、淤泥质土和冲填土等饱和的粘性土地基；强夯法最适用于处理碎石土、砂土、

**Table 2. Natural porosity, compressibility coefficients of foundation soil in cooling towers, sewage treatment plant**  
**表 2. 厂区电除尘室、冷却塔、污水处理厂等处地基土的天然孔隙比、压缩系数等一览表**

区域名称	取样点钻孔	深度(m)	土的名称	天然孔隙比 $e_0$	天然孔隙率 $n(\%)$	渗透系数 $K(\text{cm/s})$	压缩系数 $a(\text{MPa}^{-1})$
主厂房	Z1	2.7~3.1	粉质粘土	0.897	47.3	$3.31 \times 10^{-1}$	0.44
		4.5~4.9	粉质粘土	0.904	47.5		0.36
		9.5~10.5	圆砾				
	F55	10.0~11.0	圆砾				
	F56	4.3~4.5	粉质粘土	0.807	44.7		0.29
	FS28	2.3~2.5	粉质粘土	0.768	43.4		0.32
1#、2#3500 m <sup>2</sup> 冷却塔	F31	4.8~5.0	粘土	0.864	46.4	0.27	
		2.6~3.0	粉质粘土	0.751	42.9	0.26	
	F33	4.0~4.4	粉土	0.675	40.3	0.19	
		4.0~4.4	粉土	0.676	40.3	0.2	
	F34	4.1~4.8	粗砂			$13 \times 10^{-2}$	
	F36	2.6~3.0	粉质粘土	0.85	45.9	0.3	
污水处理厂	FS17	3.0~4.3	粉质粘土	0.726	42.1	0.31	
变电区东部	FS19	2.6~2.8	粉质粘土	0.83	45.3	0.36	
	FS25	2.7~2.9	粉质粘土	0.733	42.3	0.41	

低饱和度的粉土与粘性土、湿陷性黄土、素填土、杂填土地基；振冲置换法和振冲密实法分别适用于处理不排水抗剪强度大于等于 20 KPa 的粘性土、粉土、饱和黄土、人工填土地基和砂土、粉土地基；土或灰土挤密桩法适用于地下水位以上的湿陷性黄土、杂填土地基；深层搅拌法适用于处理淤泥、粉土和含水量较高且地基承载力标准值不大于 120 KPa 的粘性土地基；高压喷射注浆法和静压注浆法适用于处理淤泥、淤泥质土、粉土、粘性土、砂土、黄土、人工填土和碎石土等地基，可用于已有建筑物和拟建建筑物的地基处理、深基坑侧壁挡土或挡水、基坑底部加固、防止管涌与隆起、坝的加固与防水帷幕等工程[3]。

在边坡地区，工程上也常采用钻孔灌注桩法来预防滑坡，在边坡坡肩的建筑物的地基中有较稳定的大块基岩可使灌注桩牢固生根，那么设计合理的灌注桩可以有效地阻止地基土移动，联成一体的墙型体也具有一定的防渗性能，因此灌注也不失为一种良好的地基加固方法[4]。

以上地基处理方法全部适宜于拟建(构)筑物的地基预加固，用于提高地基的承载力。对于已有建(构)筑物而言，应用受到了限制，本厂所需解决的是使已有建筑物地基承载力满足使用的要求，要解决的是减小地基土的压缩性和减缓水、土流失，选择高压喷射注浆法、静压注浆法、灌注桩法更加实际。

高压喷射注浆法不仅适用于多种地基土，而且根据喷射方式的不同，可形成单独或连续的固结体，若形成连续的固结体，则具有一定的挡土、挡水功能。可满足冷却塔的地基加固中“减缓地基岩、土中的水、土流失，减缓可能的地基土南移趋势”的要求。

静压注浆法不仅适用于多种地基土，而且根据注浆方法(直孔、斜孔)的不同，可伸入到建筑物基础的直下方地基，提高地基土的密实度，降低压缩性。对于 3500 m<sup>2</sup> 冷却塔这种底面半径较大的构筑物而言，不论是环型基础的直下方地基，还是水池底板的直下方地基，静压注浆都是满足冷却塔的地基加固中“降低第四系土层的孔隙率，增加地基土的密实度，减小地基土的压缩性”要求的不可缺少方法。因此可选用高压喷射注浆法、静压注浆、灌注桩法作为加固冷却塔地基的初步方案。

为了减小开采引起的断裂带构造的空化及地四系地层的空化，根据电厂的条件和岩土体特征，针对电厂的 3500 m<sup>2</sup> 冷却塔和 F<sub>1A</sub> 破碎带选用静压注浆法进行防治，突出了直孔、斜孔注浆相结合，基础下、基础周围注浆相结合，破碎带内、破碎带两侧注浆相结合，两段注浆同多段注浆相结合的“组合注浆”方法[5]。

## 5. 注浆材料的实验研究

为达到注浆治理效果，同时合理利用电厂粉煤灰、脱硫石膏等废料，降低治理成本，分 10 种配方，每种配方各做 5 个样品进行试验研究，具体参数如表 3。

以提高结石率、减少析水率、较低成本为原则，对 10 组样品进行参数分析对比，最终确定采用如下经济有效的配方。

注浆材料：水泥(32.5 级普通硅酸盐水泥)、粉煤灰、脱硫石膏、促进剂(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 或 NaOH)

配合比：水泥、粉煤灰与脱硫石膏的重量比例为 6:2:2 促进剂掺量为水泥重量的 2%。

浆液浓度：水灰比 1.0:1~0.7:1，初期注浆浆液浓度以 1.0:1 为宜，以后逐渐提高并稳定在 0.7:1。

## 6. 综合注浆治理

注浆治理分为两部分进行，第一部分是针对 F<sub>1A</sub> 破碎带，第二部分主要针对电厂的构筑物。

### 6.1. F<sub>1A</sub> 破碎带注浆治理

根据 F<sub>1A</sub> 破碎带的特点进行注浆孔布置，距 F<sub>1A</sub> 破碎带露头(基岩)南侧 10 m 处布置第一排注降孔，

**Table 3. Statements of each formula**  
**表 3. 各种配方情况表**

试验编号	材料	材料重量比	水灰比	测试时间(h)	析水(mm)	备注
1	水泥 + 水		0.7	4:20	4	
2	水泥 + 粉煤灰 + 水	7:3	0.7	4:13	6	
3	水泥 + 脱硫石膏 + 水	7:3	0.7	4:11	19	
4	水泥 + 粉煤灰 + 脱硫石膏 + 水	7:1.5:1.5	0.7	4:08	11	
5	速凝剂 + 水泥 + 水	0.05:9.95	0.7	3:59	8	
6	速凝剂 + 水泥 + 粉煤灰 + 水	0.05:7:3	0.7	3:52	5	
7	速凝剂 + 水泥 + 脱硫石膏 + 水	0.05:7:3	0.7	3:46	24	
8	速凝剂 + 水泥 + 粉煤灰 + 脱硫石膏 + 水	0.05:7:1.5:1.5	0.7	3:41	6	
9	水泥+NaOH		0.7	3:21	0	
10	水泥+脱硫石膏+Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6:4:0.05	0.7	3:20	9	

第二排注降孔位于第一排注降孔北侧并与其平行，注降孔中心线距第一排注降孔中心线 24 m，第三排注降孔位于第二排注降孔北侧并与其平行，中心线距第二排注降孔中心线 32 m，孔深 50 m；第四排注降孔为 2<sup>#</sup>机主厂房南墙基础地基浆孔，包括西侧的部分建筑物，孔深 50 m，斜孔，倾角 75°，距建筑物墙基 6.5 m。各排孔间距均为 26 m，各排注降孔以梅花形布置，注降孔位置视场地条件可作适当调整。

浆液扩散半径设计为 15 m，考虑到 F<sub>1A</sub> 破碎带下盘不是注浆加固对象，故第一排注降钻孔深度为 36 m，超过 F<sub>1A</sub> 破碎带 5 m，注浆加固深度为地表以下 14 m~51 m；第二排注降孔穿过 F<sub>1A</sub> 破碎带，其注降钻孔深度为 100 m，超过 F<sub>1A</sub> 破碎带 25 m，注降加固深度为地表以下 14 m~115 m；第三排注降钻孔深度为 50 m，注降加固深度为地表以下 14 m~65 m；第四排注降钻孔深度(斜长)为 50 m，注降加固深度为地表以下 14 m~65 m。

建筑物基础地基注浆孔为斜孔，其余注浆孔均为直孔。第四系松散层段采用  $\phi 127 \times 4.5$  mm 套管，基岩段采用  $\phi 89 \times 6$  mm 套管。第二排注降孔采用三段式注浆方式，第一段为 14~40 m，第二段为 40~75 m，第三段为 75~100 m，其余各排注降孔均采用一段式注浆方式，即 14 m 至孔底。所有孔注浆段均用花管，滤孔规格 10 × 25 mm，孔隙率 30%。

注浆方式采用自上而下孔口封闭分段挤压注浆法。第二排注降孔注浆分三段进行。第一注浆段为孔口以下 14~40 m，上部栓塞位于  $\Phi 127 \times 4.5$  mm 套管中的底部，注浆器下至距孔底 0.5 m 处；第二注浆段为孔口以下 40~75 m，注浆器下至距孔底 0.5 m 处，上部栓塞位于  $\Phi 127 \times 4.5$  mm 套管中的底部；第三注浆段为孔口以下 75~100 m，注浆器下至距孔底 0.5 m 处，上部栓塞位于  $\Phi 127 \times 4.5$  mm 套管中的底部。其余各排注降孔注浆段为孔口以下 14 m 至孔底，上部栓塞位于  $\Phi 127 \times 4.5$  mm 套管中的底部，注浆器下至距孔底 0.5 m 处。

第二排注降孔第一注浆段(14~40 m)，注浆压力 1.2~2.5 Mpa；第二注浆段(40~75 m)，注浆压力 2.5~3.0 Mpa；第三注浆段(75~100 m)，注浆压力 3.0~4.5 Mpa。其余各排注降孔注浆段(14 m 至孔底)注浆压力为 1.2~2.5 Mpa。吃浆量大时，注浆压力取下限，吃浆量小时，注浆压力取上限。

当注浆压力达到设计标准且注浆量在 30~60 min 内连续小于 0.5 L/min 时即可停止注浆。

## 6.2. 3500 m<sup>2</sup> 冷却塔注浆治理

3500 m<sup>2</sup> 冷却塔的变形机理和地基土(岩)体层结构和性质与 F<sub>1A</sub> 破碎带不同，故其治理方案也不同。

3500 m<sup>2</sup>冷却塔的变形(沉降和倾斜)主要是  $F_1$  和  $F_{1A}$  两逆断层间的“倒三棱体”向南(西露天矿坑内方向)的翻转并沉降造成的,地基的压缩及水、土流失是次要原因。而  $F_1$  和  $F_{1A}$  两逆断层间的“倒三棱体”向南(西露天矿坑内方向)的翻转并沉降是本厂的任何治理措施阻止不了的。所以,冷却塔地基加固的目的包括两个方面:一是减缓地基岩、土中的水、土流失,减缓可能的地基土南移趋势;二是降低第四系土层的孔隙率,增加地基土的密实度,减小地基土的压缩性。为达到这两个目的,采用内圈斜孔和外圈直孔相结合的方式,内圈斜孔注浆用以充填冷却塔水池底板及环型基础下方地基的深层基岩孔隙、提高地基土的密实度,外圈直孔注浆用以充填冷却塔环型基础外围形成地基的深层基岩孔隙、提高地基土的密实度,兼防渗、挡土幕墙。

从勘探孔资料来看,3500 m<sup>2</sup>冷却塔地基基岩在地表以下 18.7 m,设计治理深度定为 25 m。内圈斜孔间距 5.5 m,共布置 24 个;外圈直孔,间距 6.0 m,共布置 25 个,内、外圈孔三角形布置。

首先采用回旋钻  $\Phi 146$  mm 钻头进行松散层段钻进,采用泥浆护壁,然后下  $\Phi 127 \times 4.5$  mm 套管,采用  $\Phi 89$  mm 钻头进行基岩段钻进,为防止泥浆堵塞裂缝,基岩以下注浆段采用清水钻进,禁止使用泥浆。成孔后,清水冲洗钻孔,从孔底注入套壳料,注满全孔,拔出套管后补注套壳料至满孔,最上部 1.5 m 用水泥浆加水玻璃封孔。

注浆方式采用自下而上孔口封闭分段挤压注浆法。在单向阀管内插入 6 分钢管和两头密封的注浆芯到孔底,灌入套壳料 24~48 小时后(视套壳料浓度而定),由孔底开始注浆。每孔注浆前第一次给压,应先注入 30 秒清水以检验、疏通注浆管路,然后进行正式注浆。达到规定的注浆量或一定的压力后,上提 1 m~2 m 再行注浆(如果该孔该岩层在这 1 m 段内吃浆量相对较大,注浆管上提 1 m;如果该段吃浆量较小,则可上提 2 m;原则上以上提 1 m 为主)。如此循环分层注浆,直至距孔口 1.5 m 处停止注浆。浆液在注浆压力作用下沿着裂隙扩散在岩体空隙内,以达到注浆固结岩体和防渗的目的。注浆完成后,待稳定几分钟时间,上部注入浆液扩散开后,再拆卸注浆芯,以防止返浆流入注浆管内,拆卸完注浆管应立即清洗管内残留浆液,以备第二次注浆重复。

注浆压力的控制是一个重要环节,关系到浆液扩散范围和注浆效果。一般来说,注浆压力大,扩散半径大,同时可劈裂岩体中的微裂隙,浆液注入充分,可达到较好的注浆效果,但压力大,对地下埋设物体冲击破坏也大;注浆压力小,扩散半径小,注入水泥也较少,效果一般。由于单向阀管能承受的压力较小,且本区域地下管道、管线等设施多,为避免冲毁管道、管沟,注浆压力不宜太大。因此,注浆压力设计在 0.5~2.5 MPa,短时间内压力可达到 3.0~4.0 MPa,大部分注浆时间内注浆压力应控制在 3.0 MPa 以下,在确认远离地下管网区时,可控制在 4.0 MPa 以下。原则上在岩层下部孔底开始注时压力应大些,在停止本段注浆时压力应维持在 2.5 MPa 左右一段时间,在地表下 10 m 内压力应适当小些,以控制在 1.5 MPa 内为宜。当压力长时间在 0.5 MPa 以下时,应巡检是否发生跑浆。

## 7. 结论

1) 由于地质灾害已经影响到企业的安全生产,进行地质灾害治理是十分必要的。

2) 地基岩、土的变形呈现出明显的受  $F_{1A}$  断层破碎带影响的特征,移动与变形相对集中,沉降曲线在断层破碎带产生突变,出现明显的倒台阶;地基岩、土的变形呈现出明显的周期性,地基移动与变形在雨季发展剧烈,随着雨季的结束发展减缓等特点,说明能够进行治理的主控因素包括对断层空化的加固和对地层空化部分进行充填结实。

3) 换填法、预压法、强夯法、振冲置换法和振冲密实法、土或灰土挤密桩法、深层搅拌法、高压喷射注浆法、静压注浆法、振冲注浆法等,每种方法对地基处理都有各自的优点和适用条件,通过技术比较使用静压注浆法对电厂进行加固处理方案更加合理可行。

4) 结合地层、构造及建筑类型等特点,分5个单元,有针对性地对 $F_{1A}$ 断裂带及建(构)筑物基础分别利用单向阀管和花管,采用直孔、斜孔注浆相结合,基础下、基础周围注浆相结合,两段注浆同多段注浆相结合的“组合注浆”,以及通过减少地基及断层带介质力学性质差异,实现地基同步移动、减少变形、控制采动影响的综合治理方法进行了加固治理。

5) 通过试验最终确定以水泥、石膏、促进剂按实验确定比例形成的新型注浆材料,即合理利用了电厂的废料,又达到注浆治理的目的,经济实用,可以推广使用。

### 参考文献 (References)

- [1] 孙岐发 (2010) 西露天矿采剥影响下电厂变形监测及治理技术. *煤炭科学技术*, **9**, 100-103.
- [2] 李凤明, 卢玉德 (2001) 覆岩离层产生的条件及注浆减沉的因素. *煤矿开采*, **44**, 47-49.
- [3] 李凤明 (2001) 采矿引起的地质灾害及工程治理实践. *煤炭科学技术*, **29**, 16-18.
- [4] 杨秀英, 张玉卓, 张华兴, 等 (1993) 岩体移动观测及其规律研究. 1993.1-1995.12.
- [5] Sun, Q.F. and Zhang, H.X. (2010) Study on Safe Distance between Pithead Power Plant and Open Pit Slope. *Progress in Safety Science and Technology*, **8**, 2482-2485.