

中国锚固与 注浆工程实录选

中国岩石力学与工程学会

岩石锚固与注浆技术专业委员会 编



367

科学出版社

中国锚固与注浆工程实录选

中国岩石力学与工程学会
岩石锚固与注浆技术专业委员会 编

科学出版社

1995

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书收录了国内锚固与注浆工程方面的论文 47 篇。其内容基本包括了我国锚固与注浆专业领域近年来的新技术与新成果,所涉及的工程多属国家重点项目。论文采用工程实录的形式,内容翔实,实用性强,有很高的参考价值。

本书可供铁道、交通、电力、水利、冶金、煤炭、城建等部门的工程技术人员及大专院校有关专业的师生参考。

2003/27

中国锚固与注浆工程实录选

中国岩石力学与工程学会

岩石锚固与注浆技术专业委员会 编

责任编辑 童安齐 马长芳

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1995 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1995 年 9 月第一次印刷 印张: 19 3/4

印数: 1—2 500 字数: 452 000

ISBN 7-03-005009-6/TB·131

定价: 40.00 元

《中国锚固与注浆工程实录选》编委会

主 编 梁炯鋆

常 务 任辉启
副主编

副主编 谢量瀛 徐水根 杜嘉鸿 熊厚金

编 委(以姓氏笔画为序)

王建宇	王启桐	田裕甲	刘建武
任辉启	杜嘉鸿	胡发甫	徐水根
黄树勋	梁炯鋆	傅冰骏	谢量瀛
熊厚金			

特约编辑 卓衍荣 恽毓敏 任玉光

序 言

本书由中国岩石力学与工程学会岩石锚固与注浆技术专业委员会组稿、编审。该委员会于1993年2月正式成立。它的挂靠单位为铁道部第十六工程局;主要支持单位为中国科学院广州化学研究所、总参谋部工程兵科研三所。专业委员会由41人组成,并聘请孙钧院士、高渠清教授、于学馥教授等16位专家担任顾问;委员来自中国科学院、高等院校及铁道、交通、水电、水利、冶金、煤炭、城建、化工等部门。为了促进锚固与注浆技术大协作、大交流、大发展,专业委员会全体会议决定,成立中国锚固与注浆技术协作网,作为专业委员会的扩展,现已有200余位成员。1994年12月在广州白云宾馆,该会与中国科学院共同主持召开了锚固与注浆技术国际学术讨论会,并出版了论文集(英文版)。本书是由该会主要支持单位——总参工程兵科研三所具体组织的。他们向全国有关单位、个人发出通知,广泛征稿。经过初审,与作者协商修改、补充等大量细致工作后,于1995年3月在北京召开了编委会进行审查、定稿。

总参工程兵科研三所研究力量雄厚,不仅在军事工程、人防工程方面,而且在岩土力学、爆炸力学、震动理论、锚固与注浆技术等方面,都曾获得多项优秀科技成果。尤其可贵的是,他们参与了国内一些重大工程的实践,如天生桥、漫湾、二滩、小浪底等边坡工程锚固施工。近几年,他们在城市闹区完成近百个深基坑支护,对锚喷支护发展作出了贡献。对他们热情支持本书的出版,我代表专业委员会表示衷心地感谢。

工程的需要是锚固与注浆技术发展的动力;工程实践是促进、完善、发展锚固与注浆技术的根本途径。所以,工程经验是最宝贵的。采用工程实录的形式,总结与交流锚固与注浆工程经验,是我们出版本书的目的。本书共收录47篇论文,内容基本包括了我国在锚固与注浆专业领域近年来的新技术与新成果,所涉及的工程多属国家重点项目,作者多为从事该项技术的研究人员和工程技术人员。因此,这是一本非常有实用价值和参考价值的图书。

梁炯望

1995年3月于北京

Preface

The Proceedings, entitled "Selected Works on the Case Histories of Anchoring and Grouting in China", is compiled and edited by the Commission on Rock Anchoring and Grouting Techniques, which is under Chinese Society for Rock Mechanics & Engineering and was founded in Feb. 1993. The Secretariat of the Commission is located at the 16th Engineering Bureau, Ministry of Railways of PRC and its main supporting organizations are Guangzhou Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences and the Third Scientific Research Institute of Engineering Corps under Headquarters of the General Staff of the Chinese People's Liberation Army. The commission is composed of 41 commissioners and 16 famous experts, including Professor Sun Jun, academician of the Chinese Academy of Sciences, Prof. Gao Quqing, Prof. Yu Xuefu, etc. who were specially invited as advisers of the Commission. The Commission members come from such units as the Chinese Academy of Sciences, universities and colleges, railway, communications, hydroelectricity, water conservancy, metallurgy, coal industry, urban construction, chemical industry and the PLA, In order to promote close cooperation, extensive exchange and rapid development in the field of anchoring and grouting techniques, the plenary session of the Commission decided to set up a domestic co-operative network of anchoring and grouting techniques. Up to now, there have been more than 200 members. As it is well known, the International Symposium on the Anchoring & Grouting Techniques (ISAGT) was successfully organized jointly by the Commission and the Chinese Academy of Sciences in Dec. 1994 in Guangzhou. The proceedings of the Symposium was published in English. "Selected Works on the Case Histories of Anchoring and Grouting" was mainly organized and financed by the Third Scientific Research Institute of Engineering Corps under the General Staff of PLA our main supporting unit which organized a proof-reading and editing group that solicited for contributions from nationwide units and professionals concerned. The editorial committee held a meeting to examine and approve the manuscripts in Beijing in March, 1995 and requested Science Press to publish this proceedings.

The Third Scientific Research Institute of Engineering Corps under the General Staff of PLA, abundant in outstanding scientific research and engineering personnel and advanced equipment and apparatus, has made a great many scientific researches and engineering achievements not only in military engineering and civil air defence, but also in rock-soil mechanics, explosion mechanics, theory of vibration, anchoring and grouting techniques. What is most praiseworthy is that the institute has participated in some projects of great importance, such as the construction of rock slope anchoring support at Tianshengqiao, Manwan, Ertan and Xiaolangdi hydro-electric power projects and has made important contributions. In recent years it has completed about a hundred projects of deep foundation-pits support in downtown areas in several cities, making

contributions to the development of bolting and shotcrete support. On behalf of the Commission, I would like to express my sincere thanks to its warm support. At the same time, I express my heartfelt gratitude to the authors, Science Press and other units supporting the publication of this.

Engineering requirement is the motive force for the development of anchoring and grouting techniques and engineering practice is the fundamental way for promoting, developing, improving and perfecting anchoring and grouting techniques. So engineering experience gained from projects is most valuable. This proceedings includes 47 theses which basically cover the new technologies and achievements in recent years in the field of anchoring and grouting. Many projects the authors have participated in are state's major ones. Most of the authors are research personnel and engineers who are engaged in this field. Therefore, this book is most valuable for both practice and reference.

Liang Jiongjun
Beijing, March, 1995

目 录

管棚锚固与注浆技术在地铁西单站的应用·····	谢量瀛 韩少光	杨和平(1)
漫湾水电站左岸边坡预应力锚索加固·····		刘玉堂(11)
袖阀管灌浆法工程实录·····	熊厚金 张良辉	张 清(19)
单向摆喷注浆加固地基技术·····	杜嘉鸿 张学文	王 旭(25)
大坝混凝土裂缝预应力锚索加固·····	田裕甲 黄善和	郑影升(32)
大瑶山隧道堵水及加固的注浆技术·····		万姜林(45)
深圳亚洲商业大厦深基坑喷锚网支护·····	徐水根	沈贵松(56)
黄河小浪底导流洞1号施工支洞口部预应力锚索加固·····		
·····	顾金才 刘建武 张 勇 沈 俊	张新乐(63)
龙华污水处理厂地下水池抗浮锚杆·····		曹正康(72)
预应力锚索在煤矿平峒工程中的应用·····		张 勇(80)
喷锚支护处理成都锦绣花园第四期工程深基坑边坡坍塌·····	任辉启 吴文学	廖心北(85)
锚喷技术在黄土中构筑大直径深井的应用·····	宫宏达 杨志法	王存玉(91)
红城湖大厦基坑喷锚网支护·····	宋熙太	陈谦露(102)
上海太平洋饭店深基坑开挖及板桩斜土锚的施工及测试·····		张惠旬(108)
岩滩水电站闸墩预应力锚索施工·····	赖志星	邓成佳(115)
武汉火炬大厦深基坑桩锚结合支护·····	李砚召 张福明	王跟锁(122)
侯月铁路膨胀岩堑坡锚固工程·····	李 成	王亚军(125)
北京新兴大厦深基础土层锚杆施工·····	陈作华 边义启	矣荣寰(130)
邢台东庞煤矿硐室预应力树脂锚索支护·····	丁全录	范世平(135)
镜铁山铁路悬臂式棚锚固工程·····		谢崇斌(140)
宁屯线输电线路杆塔的锚固·····	周 群	黄大维(143)
五强溪水电站边坡锚桩加固工程·····		钟 麟(148)
大型地下集水池高压喷射注浆封底技术·····	肖立生 张崇瑞 邓天宁	杜嘉鸿(151)
地铁西单车站粉细砂地层注浆固结技术·····	谢量瀛 傅 强	都海江(158)
北京地铁某些区段施工中注浆技术的应用·····	韩忠存 万姜林 卓越	杨世武(165)
深井基岩综合注浆技术·····	徐 润 王国明	崔增骥(174)
深基坑开挖中的化学灌浆工程实例·····	熊厚金	卞显光(181)
军都山隧道采用注浆整治泥石流·····	韩忠存	万姜林(192)
谢桥矿东风井回风巷道注浆工程·····		葛家良(199)
“引洱入宾”老青山输水隧洞注浆止水工程·····		李 蓉(207)
澧水三江口水电站岩溶基础水泥灌浆处理·····		涂建湘(213)
广厦大厦风化卵石地基注浆加固·····	朱锦云 赵跃平 杨双发 钟 毅	何绍林(220)
高压喷射注浆的几种新应用·····		徐奇珍(230)

八盘岭隧道富水断层破碎带预注浆·····	杨维武 文桂录 田维金 刘增跃 林振球	(235)
钻孔压浆成桩法应用于地基抗液化处理·····	沫道生	(243)
密云水库九松山进水口首部工程水下注浆工艺·····	边义启	(247)
劈裂灌浆技术在饱和粘性土隧道塌方整治中的应用·····	陈进杰 冯卫星 赵玉成	(252)
南岭隧道运营中地表深孔注浆堵水·····	谭毓浚 陈晓春	(257)
南岭隧道石灰岩溶大突泥化学灌浆实例·····	熊厚金 林进和 蒋开贵	(262)
京九线岐岭隧道洞口段地表深孔注浆·····	冯卫星 陈进杰 景诗庭 李京成 徐明新	(266)
京广线石灰岩溶路基坍陷加固整治·····	谭毓浚	(271)
桥墩桩底的沉渣处理与注浆加强·····	林培源	(276)
花果山隧道瓦房子沟的注浆技术·····	戴统三 谢崇斌 陈正坤	(280)
高压旋喷注浆法应用于已挖桩孔处理·····	沫道生	(286)
沅陵沅水大桥 5 号桥墩水下压浆混凝土施工技术·····	涂建湘 宋 明	(290)
混凝土结构注浆加固·····	沫道生	(296)
珠江隧道沉管基础回填及封孔止水处理·····	邱小佩	(301)

管棚锚固与注浆技术在地铁西单站的应用

谢量瀛 韩少光 杨和平

(铁道部第十六工程局, 北京 100018)

摘要 北京地铁西单车站是我国在城市闹区首次暗挖建成的大型地下铁道车站。本文介绍了该工程施工中采用的钢管棚架与注浆锚固的超前支护体系。

关键词 管棚 锚固 注浆 地铁

一、概 述

北京地铁西单车站位于繁华的西单路口东侧, 车站在长安街路面以下, 地下七种管网纵横交错, 地面车水马龙, 是城市必保交通要道之一。

车站长、宽、高分别为 270m, 26.04m, 13.5m。主体断面是三拱两柱、双层复合式钢筋混凝土衬砌结构(见图1)。车站处在永定河冲洪积扇脊部, 站区地层主要是粉细砂及砾石, 结构顶部所处地层为部分回填土及第四纪亚粘土; 结构底部所处地层为砾石, 土质松散, 自稳能力差。

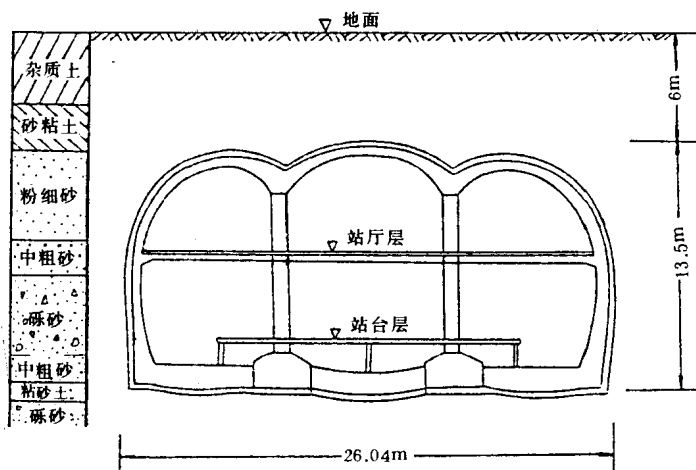


图1 车站断面图

二、方案比较

该站所处的特殊地理环境, 要求采用暗挖进行构筑。暗挖可采用中隔壁中洞法、中隔壁

侧洞法、导洞钢管柱法、单眼镜中洞法、双眼镜工法等。对上述方法经过沉降、工期、造价的比较后，确定了合理的“双眼镜工法”。双眼镜工法方案见图 2。

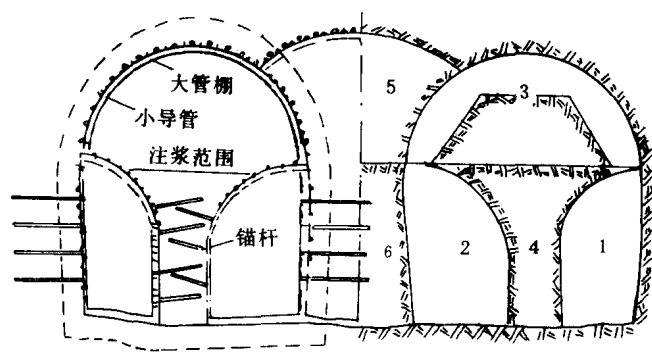


图 2 双眼镜工法方案图

三、管棚超前支护锚固与注浆的方案确定

采用暗挖构法筑地下工程，不仅需要研究结构的安全，还需要研究如何控制地面沉降，满足地面建筑物及地下管网的稳定性要求。

暗挖过程中，围岩应力失放，引起地面沉降，要经历以下几个过程（见图 3）：

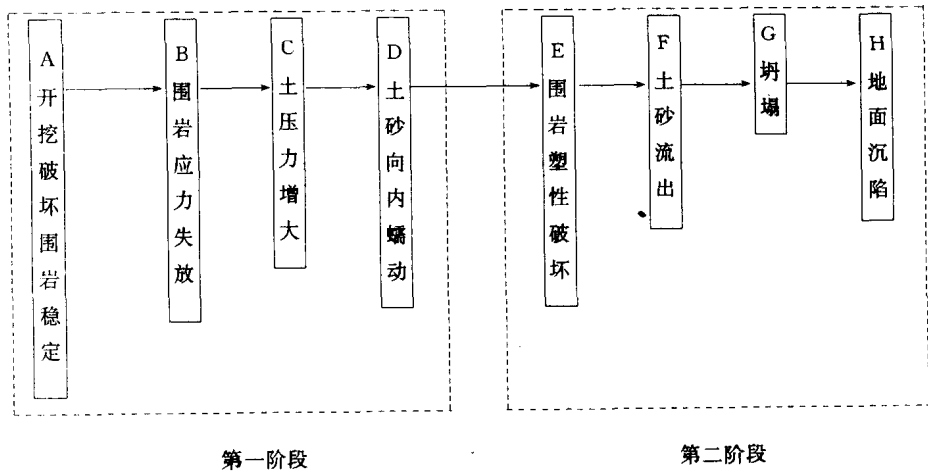


图 3 开挖无支护沉降过程

第一阶段，从 A→D，发展速度很快，不能用传统的喷射砼的办法进行控制。因此，此过程引起的地面沉降应称为开挖沉降。

第二阶段，从 E→G，发展速度较慢，正常开挖，此过程的发展时常在五个小时以上，可以采用速喷早强混凝土的办法进行约束变形，防止坍塌，将其称为支护沉降。

开挖顺序、支护结构形式，主要研究的是如何控制支护沉降。其设计原则是早封闭、强支护。

超前支护研究的是如何控制开挖沉降。它的作用机理是，将掌子面前方的开挖应力失放能量传至后部稳定体中，以达到控制开挖沉降的目的。

在以往的工程实践中，经常采用插板法、小导管注浆法、系统锚杆的辅助工法，以解决超前支护问题。

但在大断面暗挖结构构筑过程中，以往的传统超前支护方法仅能起棚架作用，起不到锚固的作用，不能有效地控制开挖期间的地面沉降。

针对地铁西单车站所处的特殊地理环境，不有效地解决传统超前支护的缺陷，将不能有效地控制地面沉降。为此，选择了大管棚超前锚固与注浆支护方案。从图 4 可知，大管棚超前锚固与注浆支护具有刚度大、可穿透掌子面滑动土体破裂面、将管棚所承受的部分荷载有效地传递到已封闭的支护结构上的优点。

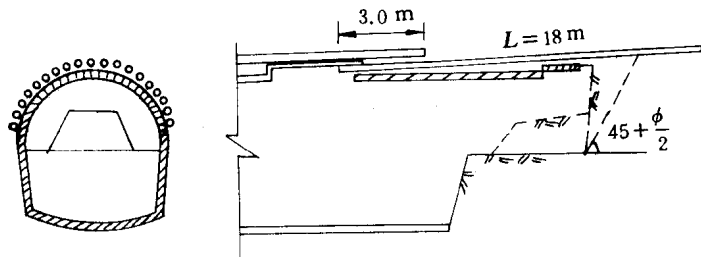


图 4 大管棚超前支护形式

四、大管棚的设计

管棚的作用是要限制掌子面土体的涌入，满足围岩开挖稳定及地面允许下沉值的要求。

1. 地面允许下沉值的确定

根据长安街两侧房屋，地下管网的结构形式及与地铁车站的相互关系（见图 5），采用 Peck 曲线表示。求得房屋及地下管网不被破坏的、最大的地面允许下沉值为 49mm。

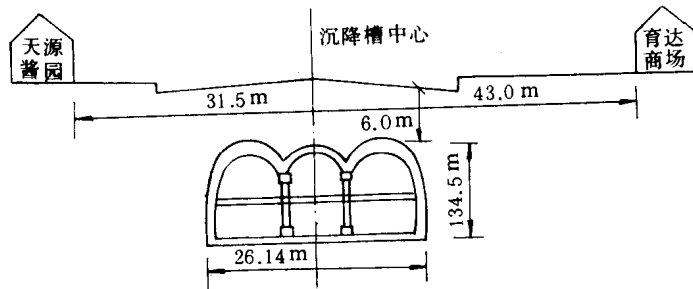


图 5 房屋与车站关系示意图

(1) 主体结构各部开挖工序允许沉降的分析。采用弹塑性有限元电算程序 ADINA，按照开挖支护顺序（图 6）进行沉降验算，得出各步开挖对地面沉降槽中心所引起沉降的比率见表 1。

表 1 各步沉降所占比率表

开挖阶段	I	II	III	IV	V	VI	VII	其它
沉降比率 (%)	6	6	8	8	22	24	13	13

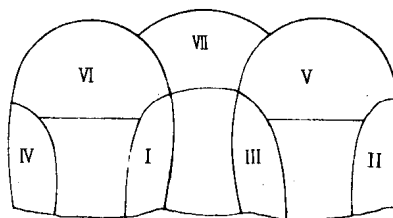


图 6 开挖顺序

开挖引起拱顶下沉、侧墙内移、围岩向内变形、四周土体补给、地面沉降。由于补给的范围大于开挖围岩侵入的体积，所以地面沉降值略小于拱顶下沉值。根据经验，取地面沉降和洞内拱顶沉降的比值为 0.8，由此推出各部开挖支护过程允许的最大拱顶下沉值见表 2。

表 2 计算得各开挖阶段允许最大拱顶下沉值 (mm)

开挖阶段	I	II	III	IV	V	VI	VII	其它
允许地面沉降	2.94	2.94	3.92	3.92	10.78	11.76	6.37	6.37
允许拱顶沉降	3.67	3.67	4.9	4.9	13.48	14.70	7.96	7.96

(2) 出入口及风道拱顶允许下沉值的确定。出入口属于单洞体开挖，它的拱顶允许下沉值定为 49mm。

风道属于双洞体开挖，采用了与正洞同样的控制标准，即上弧开挖，拱顶最大下沉值不得超过 13.5mm。

前述和上述的拱顶允许下沉值，皆指开挖沉降和支护沉降之和。

2. 土压力的确定

地层参数： $r=18\text{kN/m}^3$ (容重)；

$\varphi=33^\circ$ (内摩擦角)；

$B=11\text{m}$ 。

隧道高度： $H_t=13\text{m}$ 。

隧道埋深： $h_m=6\text{m}$ 。

地面活载： $\Delta h=1\text{m}$ 。

计算模式 1：

土压力计算模式一见图 7。

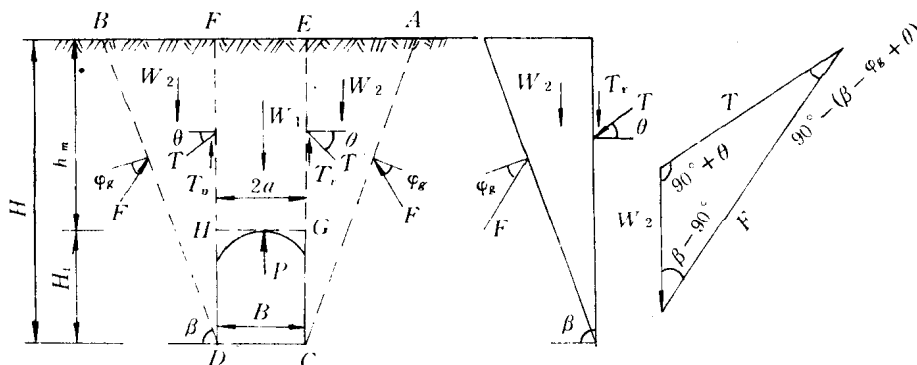


图 7 土压力计算图一

拱顶承受 $W_1 - 2T_v$ 的荷载。由此推出，拱顶均布荷载为

$$q_0 = \frac{1}{B}(\gamma \cdot h_m \cdot B - \gamma \cdot H^2 \cdot \lambda \cdot \operatorname{tg} \theta) \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \varphi_g}{\operatorname{tg} \beta (1 + \operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi_g - \operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{tg} \theta + \operatorname{tg} \varphi_g \cdot \operatorname{tg} \theta)} \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \varphi_g + \sqrt{\frac{(\operatorname{tg}^2 \varphi_g + 1) \operatorname{tg} \varphi_g}{\operatorname{tg} \varphi_g - \operatorname{tg} \theta}} \quad (3)$$

式中， λ 为侧压力系数， θ 为计算内摩擦角。

围岩类别	VI	V	IV	III	II	I
θ (°)	73	60	43	23	12.5	7.5

按式 (3)，得出 $\beta = 64.7^\circ$ ；

按式 (2)，得出 $\lambda = 0.34$ ；

按式 (1)，得出 $q_0 = 76.6 \text{ kN/m}^2$ (在 h_m 中加 1m 地面活载)。

计算模式 2：

拱圈承受 ABCD 的土重减去 $2F$ (摩擦力)，由计算模式二 (见图 8) 推出

$$q_0 = H_m \cdot \gamma - \frac{1}{2a_1} \cdot \gamma \cdot H_m^2 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (4)$$

$$a_1 = a + h \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \quad (5)$$

将计算参数代入 (4) 式、(5) 式，并考虑 1m 的地面活载，得出

$$q_0 = 71.13 \text{ kN/m}^2$$

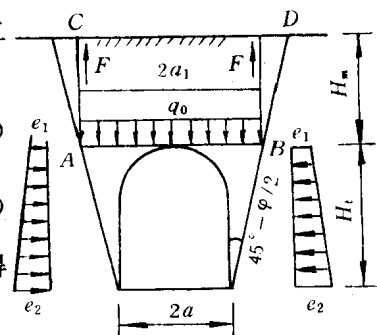


图 8 土压力的计算图二

3. 管棚参数的设计

(1) 管棚长度首先要满足机械设备的要求，其次要穿过掌子面的土体破裂面，将土压力传递到下台阶已封闭的支护结构上，并考虑有效搭接长。

a 为坑道开挖跨度的一半； H_t 为坑道的开挖高度； H_m 为坑道的埋置深度； γ 为岩石或土壤的容重； φ 为岩石或土壤的内摩擦角

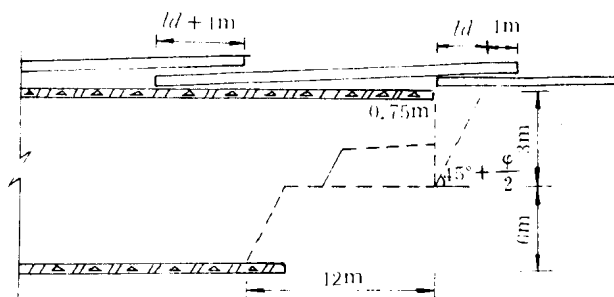


图 9 管棚长度计算简图

按照图 9，我们算出管棚长度为

$$L=12+2\times 3\text{tg}(45^\circ-\varphi/2)+2$$

根据地层取 $\varphi=33^\circ$, 有

$$L=12+2\times 3\text{tg}(45^\circ-16.5^\circ)=17.26\text{m}$$

我们所研制的土星 881 至 890 型钻机, 在进尺 18m 以内功效高、精度高。所以, 取系统管棚的标准长度为 18m。

(2) 管棚断面数量确定。管棚计算简图, 根据管棚在开挖过程中的受力特点和上图管棚的布置, 取图 10 的计算模式。

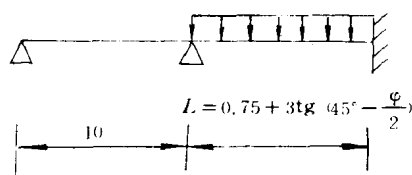


图 10 管棚计算模式

取 $q_0=76.6\text{kN/m}^2$, 按照力矩分配法得出

$$M_{\max}=50.932\text{kN}\cdot\text{m}$$

根据“土星”系列钻机的性能及市场钢管的供给情况, 选定了 $\phi 114$ 、壁厚 5mm 的钢管。钢管力学性能为:

弹性模量 $E=2.1\times 10^5\text{kgf/cm}^2$ 1);

惯性矩 $I=0.0491(11.4^4-10.4^4)=254.88\text{cm}^4$;

抗弯截面模量 $W=I/5.7=44.72\text{cm}^3$;

屈服强度 $[\sigma_s]=240\text{MPa}$;

极限抗拉强度 $[\sigma]=380\text{MPa}$ 。

鉴于管棚实测应力小于理论计算值, 土压力又考虑了地面活载因素, 在计算过程中, 将荷载除以 1.2 的系数, 即

$$[M_{\max}]=42.44\text{kN}\cdot\text{m}$$

则断面每延米管棚数量 n 按强度计算得

$$\begin{aligned} n &= [M_{\max}] / W [\sigma_s] \\ &= 42.44 \times 10^3 / 240 \times 44.72 \times 10^{-6} \times 10^6 = 3.95 \text{ (根)} \text{ (取 4 根/m)} \end{aligned}$$

(3) 管棚挠度的检算。采用 ADINA 计算程序, 求得在围岩荷载作用下, 初期支护结构的拱顶下沉值为 6.89mm。根据上述的分析求得工序允许沉降值 13.47mm, 求得上弧作业, 在开挖至喷锚阶段的开挖下沉允许值为 $13.47-6.89=6.58\text{mm}$ 。

按图 10 计算模式, 求得管棚的挠度

$$\begin{aligned} f &= 0.1282 \times \frac{q_0 l^4}{24EI} \\ &= 0.1282 \times 238^4 \times 76.6 / 24 \times 2.1 \times 10^5 \times 254.88 \times 4 \\ &= 0.61\text{cm} (< 0.66\text{cm}) \end{aligned}$$

由此可见, 采用 $\phi 114$ 管棚, 每米 4 根, 可以满足开挖期间的强度要求, 也可以满足拱顶允许下沉值的要求。

1) $1\text{kgf}=9.80655\text{N}$ 。

五、管棚注浆设计

车站主体结构顶部处在砂粘土和中砂、细砂的交界地带，钢管与钢管之间遇到粉细砂地层，会产生涌砂现象。对此，我们采用了大管棚超前预注浆的加固工法，使钢管同时具有棚架、锚固、注浆固结地层三种功能。

(1) 注浆孔的布置。在钢管尾部的 2.0m 范围作为止浆墙，此段不设注浆孔，其余管壁钻成 $\phi 10 \sim 12\text{mm}$ 注浆孔，间距 50cm，呈 90° 交错布孔（见图 11）。

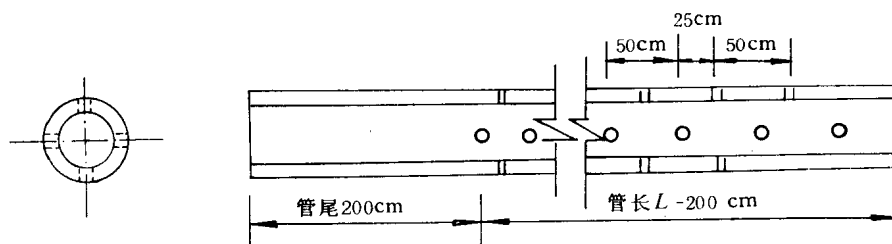


图 11 管棚注浆孔布置（在钢管接头处勿设注浆孔）

(2) 注浆压力。由于管棚注浆通道长、摩阻力大，在设计和施工中所选择的注浆压力均比小导管注浆大 $0.2 \sim 0.3\text{MPa}$ 。在注浆过程中，分三个阶段设置注浆压力，即：初压 $0.2 \sim 0.3\text{MPa}$ ；中压 $0.4 \sim 0.6\text{MPa}$ ；终压 $0.7 \sim 0.9\text{MPa}$ 。

(3) 浆液选择与配制。为了提高注浆体的抗压强度，我们选择水泥——水玻璃浆液。

水玻璃用工业 $45^\circ\text{Be}'$ 的水玻璃，稀释至 $30^\circ\text{Be}'$ ；水泥浆选用 525 普通硅酸盐水泥，水灰比 $1.5 : 1$ ；水泥浆与水玻璃浆采用体积比 $1 : 0.7$ 。

在浆液中加入磷酸氢二钠，作为缓凝剂，掺入量为水泥用量的 2.5% 。

(4) 注浆结束标准。根据开挖检查所得的结果，确定当注浆压力达到 0.9MPa ，围岩吸浆量小于 $120\text{L}/\text{min}$ ，并稳定 10min ，作为注浆结束标准。

(5) 注浆机具。

双液液压注浆泵：HFV-5D 型，一台；

双液调速注浆泵：2TGZ/105 型，一台；

上下双筒搅拌机：MVT-400 型，二台；

孔口球式混合器；

三爪式止浆塞。

(6) 注浆工艺流程（见图 12）。

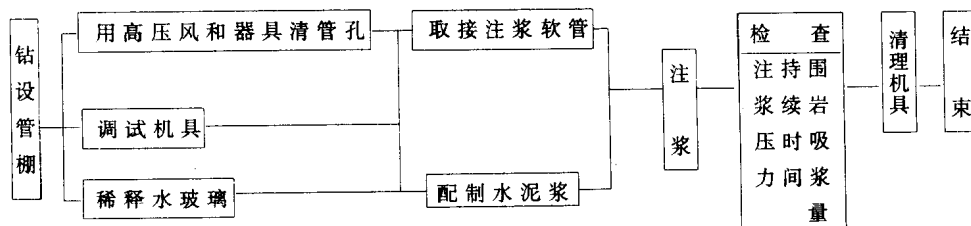


图 12 管棚注浆工艺流程图

六、管棚的实施及布设

采用铁十六局与地矿部合作研制的“土星”系列钻机（土星-881型，土星-882型，土星-890型）进行钻孔，随着钻杆的旋转掘进， $\phi 114$ 钢管相继旋转并推进。用此法，在西单地铁站共布设大管棚 2128 根，总延长米达 33705.3m。管棚设在车站两边孔及中孔的起拱线以上，每米 3~4 根，纵向 18m 一排，搭接 3m，即每循环开挖掘进尺为 15m。

由于管棚钻机需要一定的操作空间，钢管是布置在初期支护以外，因此管棚每掘进到 15m 时，要创造一个 57cm 高的操作空间。在实施过程中，我们将每循环 15m 管棚下的开挖支护断面分成四段。第一段 9m 为标准断面，非挑高段，其后每 2m 一段，每段挑高段 19cm（见图 13）。

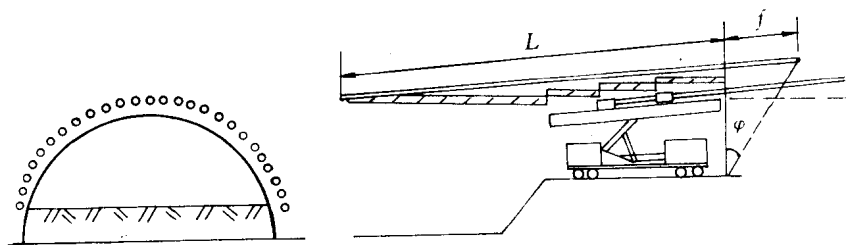


图 13 大管棚施作及布置图

七、管棚锚固与注浆在特殊结构部位的应用

(1) 在车站上弧开挖施工过程中，我们遇到了饱和软塑状至流塑状的亚粘土地层，软土随掌子面的开挖不断涌入洞内，格栅架不上，水玻璃注浆效果差。面对此难点，我们采用大管排水固结的办法，将亚粘土中的水排向洞内，改善土的物理状态；用双排管棚法提高棚架承载能力，在管棚下插入 3mm 钢板，并将钢板焊于顶部管棚上，有效地控制了管棚以外的饱和亚粘土的流入，排水固结了地层，比较顺利地通过了饱和亚粘土地层（见图 14）。

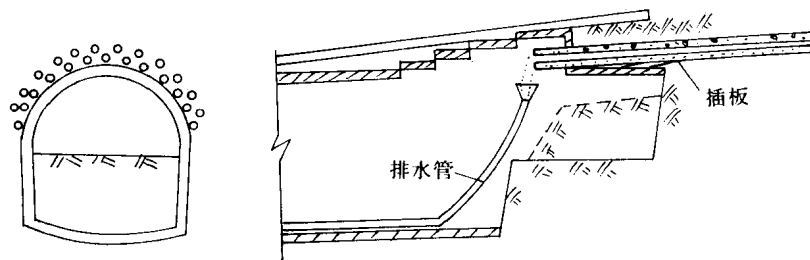


图 14 双管棚排水固结布置图

(2) 在结构封端中的应用。车站端部开挖断面约 340m^2 ，高 13.5m，宽 26.14m，土压荷载大，按照双向板结构和朗金土压力计算，30cm 厚的喷锚支护不能平衡此荷载；采用加厚混凝土的办法，造价高、效率低、实施难度大，给后续施工带来的弊病多。针对此种情况，我们采用大管锚固与注浆固结作为端头锚管，其工艺流程为：