

# Technical Measures of Improving Self-Drilling Anchor Pullout Resistance

Xiaodong Feng

Shandong Zhengyuan Construction Engineering Co., Ltd., Jinan  
Email: zyjsjzlb@163.com

Received: Jan. 14<sup>th</sup>, 2013; revised: Feb. 2<sup>nd</sup>, 2013; accepted: Feb. 12<sup>th</sup>, 2013

**Abstract:** Due to the influence of the geological conditions and other factors, pullout resistance of self-drilling anchor can't achieve the design requirements appearing from time to time. How to improve the self-drilling anchor pullout resistance is an important question that must be considered in the self-drilling anchor supporting. Take Chengde Steel sintering machine renovation project of No.5 slope (VK0 + 226.94-K0 + 270.64) supporting as an example, describing the factors that affecting the self-drilling anchor pullout resistance, discussing technical measures to improve the self-drilling anchor pullout resistance mainly from drilling into the hole process, hole cleaning method, drilling technology parameter selection, grouting control and so on.

**Keywords:** Self-Drilling Anchor; Pullout Resistance; Bond Strength; Technical Measures; Retaining Walls

## 提高自钻式锚杆抗拔力的技术措施

冯小冬

山东正元建设工程有限责任公司, 济南  
Email: zyjsjzlb@163.com

收稿日期: 2013年1月14日; 修回日期: 2013年2月2日; 录用日期: 2013年2月12日

**摘要:** 由于受地层条件等诸因素的影响, 自钻式锚杆抗拔力达不到设计要求的情况时有发生。如何提高自钻式锚杆抗拔力是采用自钻式锚杆支护时必须考虑的一个重要问题。以承德钢厂烧结机改造工程 5#边坡(VK0 + 226.94-K0 + 270.64)支护为例, 介绍了影响自钻式锚杆抗拔力的因素, 主要从钻进成孔工艺、清孔方法、钻进技术参数选择、注浆控制等方面论述了提高自钻式锚杆抗拔力的技术措施。

**关键词:** 自钻式锚杆; 抗拔力; 粘结强度; 技术措施; 挡土墙

### 1. 引言

普通锚杆主要适用于较完整地层。当遇到较破碎或由回填物堆积形成的地层时, 采用潜孔钻机成孔, 孔内易坍塌, 普通锚杆杆体无法顺利放入孔内。这种情况下, 可采用自钻式锚杆。由于自钻式锚杆将钻孔、锚杆安装、注浆、锚固合而为一<sup>[1]</sup>, 弥补了普通锚杆对地层的针对性要求, 并且保证了注浆体的饱满<sup>[2]</sup>。

自钻式锚杆是近年来发展起来的一种新型锚固工艺。它是不用套管、钻杆就可以在破碎岩层、松散

土层等钻进和注浆的全螺纹杆体。因其具有施工方便、可靠、高效、造价相对低等特点, 在松散、破碎、成孔后极易塌孔的边坡、基坑、巷道、土钉墙、拉背式锚杆挡墙等复杂地层支护工程中得到较为广泛的应用<sup>[3]</sup>。

由于受地层条件等诸因素的影响, 注浆不饱满, 自钻式锚杆抗拔力往往低于普通锚杆<sup>[4]</sup>。自钻式锚杆作为锚杆挡土墙中的主要受力构件, 能否提供满足设计要求的抗拔力是确保挡土墙稳定的关键。

承德钢厂烧结机改造工程 5#边坡因有碎石土成孔困难, 采用自钻式锚杆支护方案, 首先进行了自钻式锚杆试验, 在此基础上, 分析了影响自钻式锚杆抗拔力的诸因素, 有针对性地制定了提高锚杆抗拔力的技术措施, 工程质量满足了设计要求, 实现了预期目标。

## 2. 工程概况

承德钢厂烧结机改造工程 5#边坡(VK0 + 226.94-K0 + 270.64)位于河北省承德市双滦区。边坡高 14 m, 坡度 75°, 边坡上部有一宽 7 m 的厂区道路。

由于路基有碎石土, 场地内无地下水, 临时道路又不能破坏, 故采用自钻式锚杆挡土墙进行支护。

根据中勘冶金勘察研究院提供的地质勘察报告, 在进入 6~8 m 左右, 地基土质已达强风化岩层。地基土质由上至下, 依次为碎石素填土、粉质粘土层、强风化角闪斜长片麻岩, 地基土物理力学指标见表 1。

该工程由我公司设计、施工, 承德恒达公司监理。基础采用人工挖孔桩 + 连梁, 支护部分采用锚杆挡土墙, 支护剖面见图 1。

自钻式锚杆设计要求如下:

- 1) 锚杆直径  $d = 110 \text{ mm}$ , 锚杆嵌入微分化岩有效

Table 1. Physical and mechanical indexes of foundation soil  
表 1. 地基土物理力学指标

地层	岩土层名称	层厚(m)	承载力特征值 $f_k(\text{kPa})$	土或岩石与锚固体粘结强度特征值 $f_{rb}(\text{kPa})$
1	碎石素填土	4.0~6.0	<150	50
2	粉质粘土	2.0~3.5	160	35
3	强风化岩	6.0~12.0	260	400

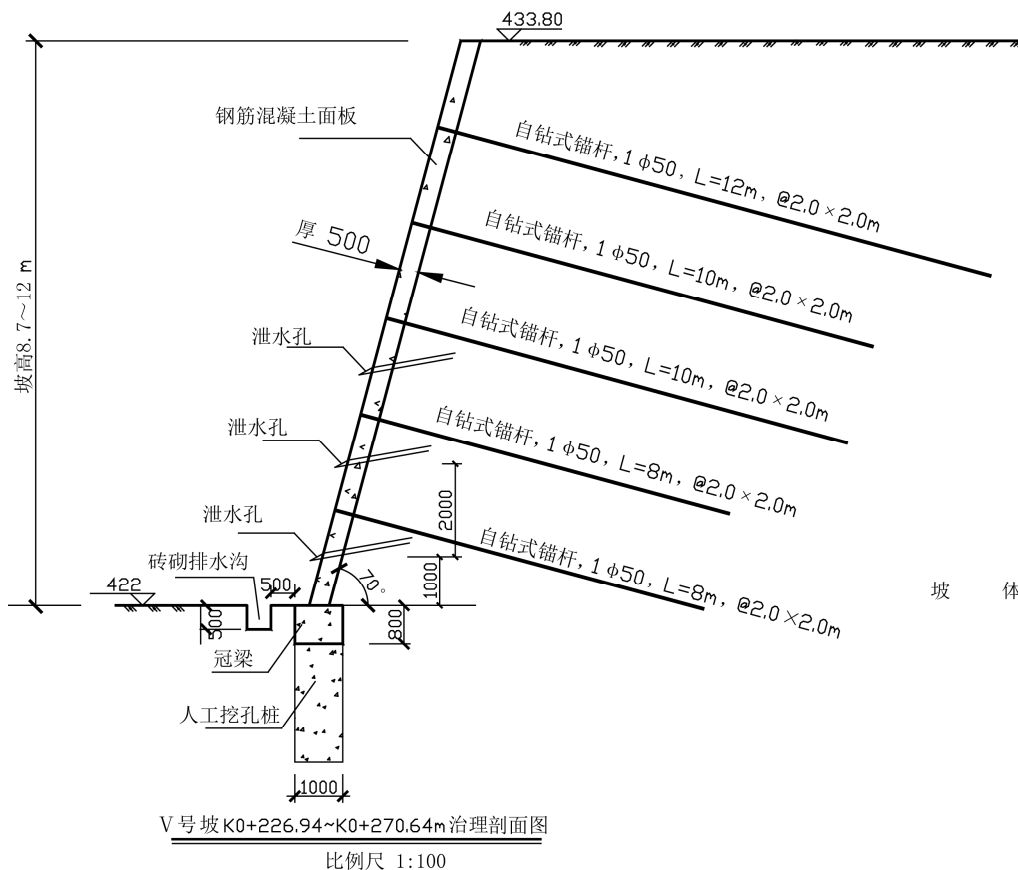


Figure 1. Cross-sectional view of No.5 slope (VK0 + 226.94-K0 + 270.64) supporting  
图 1. 5#边坡(VK0 + 226.94-K0 + 270.64)支护剖面图

深度  $L = 3000 \text{ mm}$ 。

2) 锚杆用  $\Phi 60$  自钻式锚杆, 基础及面板混凝土强度等级为 C30, 混凝土中掺 10%TEA 微膨胀剂(水泥替换率)。

3) 锚杆之间的中心间距不小于 2000 mm。

4) 灌浆前, 将锚杆孔清理干净。

5) 在进行上部结构施工之前做锚杆抗拔试验, 单根锚杆抗拔承载力不小于 200 kN。

### 3. 自钻式锚杆抗拔力影响因素分析

目前, 自钻式锚杆的施工还没有较为完善的规范或规程, 施工单位大多参考《锚杆喷射混凝土支护技术规范》GB 50086-2001、《岩土锚杆(索)技术规程》(CECS 22:2005)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-99)、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202-2002)和《建筑施工手册(第四版)》等有关锚杆支护工程的内容。

我公司首次采用自钻式锚杆施工, 虽有锚杆(索)支护工程施工的经验, 但因其施工工艺与自钻式锚杆有较大差别, 所以不能依据这些规范和以往经验。

本工程地层复杂、难度大、工期紧, 为不因自钻式锚杆施工经验不足而导致窝工和返工, 必须做到即满足合同工期, 又确保达到工程质量目标。

#### 3.1. 自钻式锚杆试验

我们参考自钻式锚杆支护工程施工的相关资料, 确定锚杆施工的工艺流程为: 测量布点→拉杆材料购买→成孔→清孔→安放杆体→注浆→锚杆养护→七天后抗拔力试验, 并确定先在基础外做 3 根试验锚杆, 以找出影响锚杆抗力的因素。

考虑到放样的准确性和钻机架放的平整, 按设计标高先组织做好人工挖孔桩施工, 再测量布点。

由于工期紧迫, 在进行基础、放样的同时, 开始施工 3 根试验锚杆, 施工过程如下:

1) 按设计要求选择自钻式锚杆: 采用  $\Phi 60$  锚杆, 要求表面干净、无锈、无油污, 尺寸符合设计要求, 并符合防腐设计要求。

2) 因深度较浅, 成孔采用锚杆钻机, 确保孔径不小于 110 mm, 孔垂直度偏差小于 1%, 孔位误差小于 10 mm, 孔深误差小于 30 mm。

3) 送高压风清孔。

4) 注 M30 水泥浆。

7 天后, 由中勘冶金勘察研究院岩土工程测试中心对试验锚杆抗拔力进行了检测, 结果有 1 根达不到设计要求。对此, 我们分别与设计和勘察单位联系, 首先从设计理论中找出影响锚杆抗拔力的主要因素是: 锚固体直径、锚固体长度(主要为入岩深度)及锚固体强度。设计和勘察单位认为, 要确保锚杆抗拔力, 主要是清孔和注浆两道工序要做好, 如果注浆饱满度达不到要求, 将影响岩石与锚杆的粘结强度。

#### 3.2. 自钻式锚杆抗拔力影响因素分析

锚固体的直径和长度是影响自钻式锚杆抗拔力的因素, 但可以通过成孔机械、自钻式锚杆长度和钻头来控制, 不是施工控制的主要因素。

在软质岩或风化岩层中, 锚孔壁对砂浆的抗剪强度一般低于砂浆对钢拉杆的粘结力。因此, 软质岩及风化岩层中的锚杆极限抗拔力受孔壁抗剪强度所控制。从已有的拉拔试验资料中表明软质岩和风化岩层的极限抗拔力数值相差很大, 主要是抗拔强度受到许多条件和地质因素(如岩层的性质、埋藏深度、地下水、钻孔工艺、不同灌浆方法等)的影响<sup>[5]</sup>。提高注浆体与土层间的粘结强度是保证自钻式锚杆抗拔力的关键。

地层条件是不能改变的, 但提高注浆体与岩层间的粘结强度, 可从保证清孔质量和注浆质量这两个方面进行控制, 分别对清孔和注浆质量不符合设计原因用亲和图法(KJ法)进行了分析, 见图 2、图 3。

#### 3.3. 自钻式锚杆抗拔力主要影响因素确认

在清孔质量和注浆质量达不到要求的原因亲和图分析基础上, 通过多次分析讨论, 确认了影响自钻式锚杆抗拔力的主要因素。

1) 钻进成孔工艺不合理

一是钻进方法选择不当, 采用普通地质钻机钻进, 成孔质量得不到保证; 二是钻进技术参数选择不当, 为求速度, 追效率, 锚杆钻机钻进成孔速度偏快, 使孔壁不光滑, 岩块掉落, 降低了注浆体与土层间的粘结强度。

2) 清孔方法选择不当

一是选用清孔机械风压小, 清孔时只能冲出微小

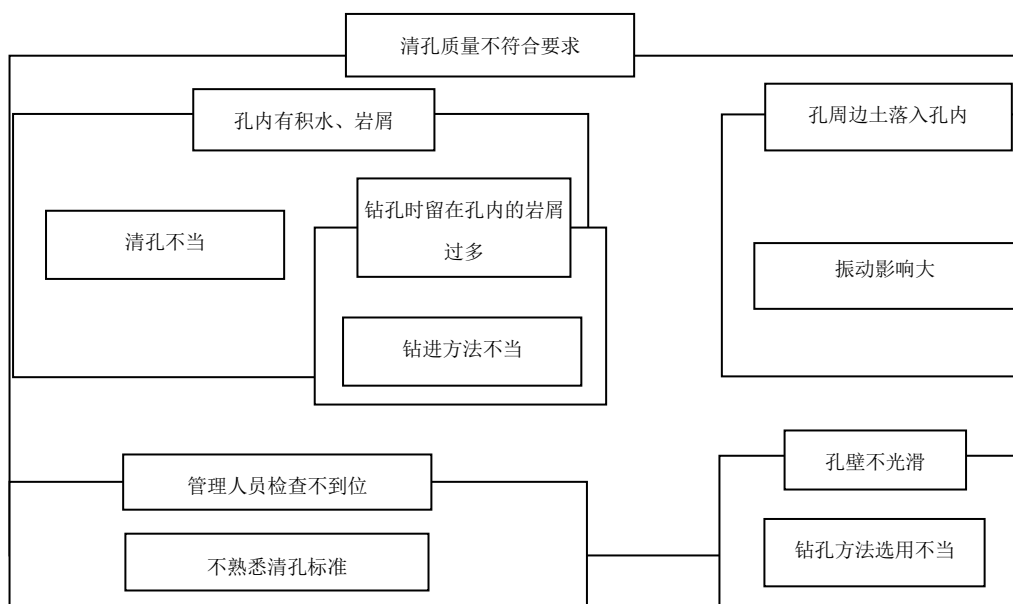


Figure 2. Affinity diagram analysis of reason for the clear hole quality failing to meet required  
图 2. 清孔质量达不到要求的原因亲和图分析

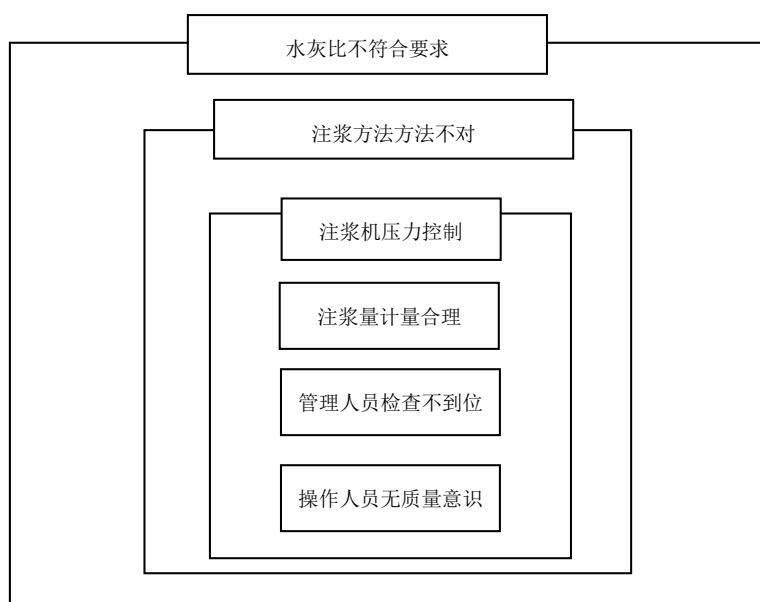


Figure 3. Affinity diagram analysis of reason for grouting quality failing to meet required  
图 3. 注浆质量达不到要求的原因亲和图分析

的岩屑，对于稍大的岩屑却不能冲走，影响注浆质量；二是不熟悉清孔标准。由于事先没有定出清孔标准准确，以致管理人员不清楚清孔要达到何种标准才满足要求。

3) 配料工序控制不严格

配料工序交底不清，用料不计量，误差大，影响了注浆体强度。

4) 注浆工艺控制不当

施工人员质量意识淡薄，为保证注浆不堵管，配制水泥浆时水灰比过大，水泥浆搅拌时间短，压力表失灵，注浆压力控制不当，有的孔注浆不饱满。

5) 操作人员质量意识差，施工管理制度执行力度不够

由于现场缺乏严格的自钻式锚杆施工管理制度或执行力度不够，送料人员不按要求计量，仅凭经验估计放料，误差大，注浆工艺不符合设计要求。

## 4. 提高自钻式锚杆抗拔力的技术措施

根据已确定的影响自钻式锚杆抗拔力的主要原因,通过逐一讨论,制定了提高自钻式锚杆抗拔力的技术措施。

### 4.1. 选择合理的钻进成孔工艺

1) 钻孔严禁用水,应采用高压风冲孔、排渣、降温作业;

2) 确定钻头直径,采用锚杆钻机钻孔,钻孔时随时检查钻杆的垂直度,不使锚孔偏斜,随进尺用细风管吹空孔内岩屑;

3) 选择合理的钻进技术参数。钻进速度以孔内排渣能力为决定因素,开孔钻进速度较快时,每钻进450~500 mm 停钻一次,集中进行排渣冲孔,然后降低钻进速度,调整优化钻进速度为2~2.5 m/h,确保孔径及光滑度。至设计深度后,继续钻进50~100 mm,采用高压风集中排渣冲孔一次,将未排干净或局部塌孔的渣屑尽可能全部排出孔外。钻进间歇时来回攒动钻杆,使孔壁尽量光滑。

### 4.2. 选用能清除孔内岩屑的风压和方法

1) 选用细风管进行清孔,能在瞬间将孔内所有杂物(包括水)全部冲出来;

2) 掌握风管下入孔内的正确方法;

3) 风压控制在0.2~0.3 MPa;

4) 来回攒动风管,清孔次数不少于3次。

### 4.3. 严格控制配料工序

1) 用料符合要求,水泥、膨胀剂等材料应有合格证,进场进行见证取样,并按规定抽样送检合格后才能投入使用,进场材料由质量员负责验收;

2) 班组长班前对送料人员进行交底,要求严格按水灰比计量准确;

3) 质量员作好抽查工作,对没有称量即投料者重罚。

### 4.4. 严格控制注浆工序

1) 注浆前一定要对注浆泵、压力表、注浆管的状况进行严格检查,确定注浆泵泵头大小能保证注浆管不堵塞、注浆压力显示准确、管路畅通;

2) 注浆前,将钻杆提升50~100 mm,避免钻孔底部土体堵塞注浆孔;

3) 使用注浆泵前应经过标定,确定压力表读数与实际压力之间的关系,以便控制;

4) 采用2次注浆法,确定注浆压力控制在0.3~0.5 MPa,注浆速度适当降低。注浆量根据深度而定,当浆液达到一定值后,浆液从注浆管底部溢出,直到注浆量达到要求为止。压浆时拔管不能太快。浆液达到一定值后,从注浆底部溢出,再稳压2 min,便完成注浆工序;

5) 注浆浆液搅拌均匀,随搅随用,浆液在初凝前用完,严防石块、杂物混入浆液;

6) 浆液一经拌和应尽快使用,拌和后超过1h的浆液不得投入使用。

### 4.5. 制定严格的施工管理制度

1) 加强质量意识教育,提高操作人员质量意识;

2) 加强技术交底和检查,熟悉清孔标准。技术人员首先掌握细风管的使用,再交底给操作人员,使操作人员能按要求使用注浆机注浆;班组长做好班前技术交底,要求送料人员严格按设计配合比配料;

3) 质检员跟班监督注浆,发现不安设计要求操作的行为立即禁止;

4) 项目部加强检查力度,定期检查注浆施工管理制度执行情况;

5) 明确岗位职责,执行奖惩措施,对不执行管理制度的进行严厉惩罚。

## 5. 检查效果

按照制定的技术措施,做第二组试验锚杆(2根),及时进行质量控制,当天完成钻孔和注浆工作。7天后进行锚杆抗拔试验,抗拔力满足了设计要求。

锚杆正式施工时按照第二组试验锚杆的成熟工艺操作。施工前,进行了严格的施工组织,对锚杆按序进行了编号,以方便施工管理与检测,施工全过程同监理单位进行监督,所有工序交叉作业,锚杆加工经监理单位验收合格后方准使用。施工时共投入2套设备,并配备专人对整个施工过程进行记录。

工程竣工后,按照设计与规范要求进行了锚杆抗拔试验,抗拔力均达到设计要求。

## 6. 结语

1) 自钻式锚杆具有普通的锚杆所不具备的优势,在碎石层、砂层、碎石土层等成孔时,用自钻式锚杆可以省去套管,在成孔的同时注入水泥浆来固结孔壁,防止坍孔,简化了施工程序,节省了造价,缩短了工期,具有较好的经济效益和社会效益。

2) 自钻式锚杆施工是技术性较强的工作,各工序操作必须一丝不苟,否则就会因某一工序的疏忽而影响整根锚杆的施工质量。因此,操作人员必须有较高的技术素质,分工明确,各负其责。

3) 在自钻式锚杆正式施工前,应做试验锚杆,以确定施工参数,便于指导实际施工。如试验锚杆存在抗拔力不足的问题,要找出原因并重新做试验锚杆,直至符合要求后,方可全面展开施工。

4) 锚杆成孔机械的选用,即要考虑保证钻孔质量,又要便于孔内岩屑排出。

5) 为避免多次清孔操作,清孔方法一定要选好,最好一次清孔到位。

6) 必须使用正确的注浆工艺,并控制好注浆压力和注浆次数。

## 参考文献 (References)

- [1] 程良奎, 范景伦, 韩军. 岩土锚固[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [2] 胡海军, 李正聪, 李文榕. 上仰锚索及自钻式锚杆在边坡加固中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(z1): 134-135.
- [3] 李旭, 王世顺, 谢在巍. 自钻式锚杆在基坑支护中的应用[J]. 铁道建筑, 2006, 5: 65-66.
- [4] 朱瑞晨, 黄熠辉. 自钻式锚杆在洛古水电站崩塌积体支护中的应用[J]. 浙江水利科技, 2009, 6: 20-21.
- [5] 苗晓雯, 李惠琴, 崇六喜. 自钻式锚杆的设计应用[J]. 路基工程, 2003, 6: 73-75.