

多重防腐锚杆在海底隧道施工中的应用

吴小珍

(中铁十八局集团 第一工程有限公司,河北 涿州 072750)

摘要: 依据青岛海底隧道第三施工合同段的施工实践,介绍了多重防腐锚杆在海域段初期支护中的应用。从系统锚杆的工作原理、锚杆参数选择、施工工艺、质量控制等方面做了详细的介绍,对期间遇到的问题及解决方法也提出了建议和意见,可为类似工程提供借鉴。

关键词: 青岛海底隧道; 系统锚杆; 多重防腐锚杆; 中空防腐锚杆

中图分类号: U455.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0373(2012)01-0071-04

0 引言

青岛海底隧道线路全长 7 120 m,其中隧道长 6 170 m(海底段约 3 950 m)。隧道分四个标段,其中第三施工合同段暗挖段 3 214.3 m(海域 1 700 m)。区别于传统隧道施工方法,青岛海底隧道采用格栅拱架喷射混凝土与系统锚杆联合作用的支护方式^[1],从而更好的保证隧道围岩的稳定性。

通过区主要为侵入岩和火山岩,地质构造主要是:高角度的断层,走向为北东和北西,断层内多为压碎岩,角砾碎石,是地下水径流的通道,在断层带及两侧影响带内地下水量较大,北东向主要有 3 条,分别是沧口断裂,辛岛断裂,李沧区政府—汇泉角断裂在海湾的延伸,规模较大;北西向断裂包括:团岛南断裂和薛家岛北断裂。

1 系统锚杆工作原理

在当前的隧道支护体系中,系统锚杆是一种十分有效的支护方式,其运用非常广泛,类型也较多,但是系统锚杆在隧道支护体系中到底发挥怎样的作用还不十分清晰。通常认为系统锚杆的加固效应有 4 种:悬吊效应、增强效应、成拱效应和内压效应。系统锚杆的作用除了上述 4 种外,在地质条件较差的软弱围岩地段,还有稳定初期支护格栅拱架作用。在与格栅拱架的共同作用中,系统锚杆在一定程度上稳定了承受较大压力的相对较薄的初期支护,不至使其产生局部或整体失稳,同时系统锚杆还可以减少初期支护与围岩之间的相对位移,防止初期支护产生多大的整体下沉。为了保证初期支护的稳定性,系统锚杆要及时施做,从而起到保证初期支护的承载力,更好的保证围岩的稳定性。

2 系统锚杆的选择

2.1 选择依据

根据《公路工程地质勘察规范》及《岩土工程勘察规范》判定,海域及距海域较近处的地下水的化学成分与海水相似,对钢结构具有中等腐蚀性,对钢筋混凝土中的钢筋具有弱腐蚀性,为了保证初期支护中锚杆的耐久性,青岛海底隧道初期支护中系统锚杆在陆域段采用中空防腐锚杆,海域段采用多重防腐锚杆。

2.2 系统锚杆布设分类

青岛海底隧道第三施工合同段系统锚杆布设分类见表 1。

2.3 锚杆技术参数

多重防腐锚杆采用长 3.5 m,外径 22 mm,延伸率 $\delta \geq 10\%$,抗拉力 ≥ 210 kN,材质为 HRB400 级 45

收稿日期: 2012-02-13

作者简介: 吴小珍 女 1975 年出生 工程师

号合金钢。

表 1 青岛海底隧道第三施工合同段系统锚杆布设分类

地域	围岩状况	总长度/m	系统锚杆类型	布置方式	锚杆长度/m
陆域) 1 514.3 m	Ⅱ级	1 122	Φ25 中空防腐锚杆	局部布置	3.0
	Ⅳ级	393.3	Φ25 中空防腐锚杆	拱墙@1.0×1.0	3.5
	Ⅴ级	200	Φ25 中空防腐锚杆	边墙@1.0×0.75	4.0
海域 1 700 m	Ⅱ级	280	120	局部布置	3.0
	Ⅲ级	268	15	拱墙@1.2×1.2	3.5
	Ⅳ级	1 007	100	拱墙@1.0×1.0	3.5
	Ⅴ级	145	15	无	无

2.4 锚杆防腐与防腐机理

埋设在岩土层中的锚杆结构的使用寿命取决于锚杆的耐久性,对锚杆寿命的最大威胁则来自腐蚀。根据目前技术研究的成果,钢锚杆在地层中的腐蚀有化学腐蚀、电化腐蚀、高应力腐蚀和散乱电流腐蚀 4 种,而其中又以电化腐蚀和散乱电流腐蚀为主,这主要由地层中的酸碱度和导电性等腐蚀介质通过地下水和空气与锚杆的外表面接触引起。锚杆的防腐就是采取隔离和绝缘措施,使存在于地层或岩体裂隙中的水与空气尽量不与锚杆体接触。通常采用的隔离方法有注浆包裹保护、锚杆涂(树脂)镀(锌)法、套管隔离法等^[2]。

2.5 多重防腐锚杆

多重防护锚杆是综合了上述防腐方法中的 2 种以上的防腐措施,在锚杆的全长上套有 PE 塑料的套管,锚杆安装时在锚杆体与套管内壁和套管外壁与钻体之间注水泥浆,固结后即成多重防腐锚杆。若采用镀锌锚杆体(三重防腐结构),则防腐性能更可靠^[3]。

3 系统锚杆施工工艺

3.1 钻孔

青岛海底隧道系统锚杆孔采用三臂台车钻孔,孔径采用 50 mm 钻头,由于三臂凿岩台车在钻孔的过程中使用高压水直接进行清孔,因此在钻孔完毕可以直接进行锚杆安装。

3.2 锚杆的组装

在全螺纹实心锚杆一端旋入涨壳锚固件→装入波纹套管→套入垫板→安装球型→把球型囊体套入波纹套管使球型囊体与套管紧密连接→拧上螺母(螺母暂时不拧紧)。

3.3 锚杆的安装

把组装好的锚杆带涨壳端放入以清完的锚杆孔中,徐徐推动锚杆,使杆体 95% 没入孔中,调整垫板位置,使其紧贴混凝土表面。

3.4 注浆

3.4.1 注浆前准备工作

(1) 用扭力扳手拧紧螺母,达到设计扭矩,给锚杆施加预应力。

(2) 为保证水泥浆液不从垫板与混凝土面接触位置流出,在注浆前先用水泥砂浆把垫板周边与混凝土接触位置锚固封闭,待砂浆强度达到设计强度在进行注浆。

(3) 机械设备准备。主要有 G 型单螺杆泵一台,搅拌筒一个,储浆桶一个,高压注浆管 30 m。

3.4.2 配制水泥浆液

(1) 水泥浆液配比的选择中国工程建设标准协会颁布的标准 CECS22: 2005《岩土锚杆(索)技术规范》中第 8.4.2 中有宜选用水/灰比 0.40~0.45。但根据青岛海底隧道施工经验,大灰比的水灰比浆液虽易于充填索所钻孔的裂隙的优点,但其不利的弊端更多。

大灰比的水灰比浆液固结后的强度比小灰比浆液固结后的强度低^[4]。

大灰比的水灰比浆液凝固后的收缩率大,注浆体与钻孔壁易于产生缝隙,注浆体柱本身在收缩时又会因拉应力产生裂纹,这样既会降低锚杆安装后的抗拔力,又会因缝隙或裂纹存在积水加快锚杆杆体锈蚀。

有实验表明,水泥浆中的水灰比在 0.38 时凝固后的收缩率为 3.6%,而水灰比在 0.5 时的收缩率高达 6.4%。

在向上安装锚杆的作业中,大水灰比注浆后卸下注浆接头时,所注入的浆液要从注浆孔和排气孔中漏掉一些,这样锚杆孔中的下部就会因漏浆而空掉一截,或是因下边漏上边的浆液下落使上边局部形成空隙,造成注浆不饱满的缺陷,锚杆体上没有被注浆体包裹着的部位就会早被锈蚀,从而降低系统锚杆的使用寿命,进而会影响整个隧道的耐久性。因此,为保证锚杆的注浆质量,区别于常规隧道水泥浆液配合比,青岛海底隧道水泥浆液配合比采用 0.35 的小水灰比水泥浆液。

(2) 配制水泥浆液在各种准备工作完成后通知实验室,经实验人员现场指导配制水泥浆液,水灰比 0.35。

3.4.3 注浆

(1) 注浆泵的选择。由于系统锚杆浆液水灰比选用 0.35 的小水灰比浆液,虽然小水灰比其他性能比大水灰比具有很大的优越性^[5],但由于水灰比较小,水泥浆液属于较稠的浆液,其流动性差、粘结力强,易凝固,阻塞注浆管道,所以常规活塞式或柱塞式注浆泵注浆已很难胜任,所以青岛海底隧道经专家推荐使用 G 型单螺杆泵作为注浆工具。

(2) 注浆过程中浆液的流动过程。注浆液由注浆囊(钢质球形或塑料筒形)上的注浆孔注入,浆液在压力作用下由锚杆体和防腐套管形成的环状空间的注浆囊端往涨壳(锚头)端流动并充满这一空间,这时钻孔内的空气由防腐套管与钻孔孔壁间的环状空间经垫板上的排气孔排出。注浆液到达涨壳端由套管内挤出充满涨壳部的空间,在压力作用下,又沿着防腐套管与钻孔孔壁间的环状空间沿间往注浆囊端返回,直至浆液由垫板上的排气孔溢出,注浆过程完成。注浆液到达涨壳端由套管内挤出充满涨壳部的空间,在压力作用下,又沿着防腐套管与钻孔孔壁间的环状空间往注浆囊端返回,直至浆液由垫板上的排气孔溢出,注浆过程完成。

4 质量控制

(1) 锚杆的控制。严格按照设计规范要求,对不同围岩段锚杆的材料、规格、尺寸进行控制。

(2) 锚杆孔的控制。钻孔前,应由技术人员按设计要求对锚杆孔位的布设进行定位,三臂台车大臂钻孔时要沿隧道径向进行钻孔,钻孔长度不得短于设计要求。

(3) 预应力的控制。在注浆前对锚杆施加预应力,用扭力扳手拧紧螺母,使其达到设计扭矩。

(4) 水泥浆液配合比的控制。严格按照设计规范要求,由试验人员现场指挥对水泥浆液进行配制。

(5) 注浆压力的控制。注浆压力必须达到设计规范要求才能进行下一锚杆的注浆。

5 结束语

对于青岛海底隧道,特别是海域段,系统锚杆的安装与注浆是重点也是难点,从现场实际来看,28 d 拔力平均值 $\geq$ 设计值;最小拔力 ≥ 0.95 设计值,均超过规范要求 ≥ 0.9 设计值,效果较好,可为以后类似的工程提供了一些经验。

参 考 文 献

- [1] 青岛国信实业有限公司. 胶州湾隧道施工技术规范 [EB/OL]. (2007-08-20) [2011-11-20]. <http://wenku.baidu.com/view/e3b94b7fa26925c52cc5bf0c.html>.
- [2] 重庆建筑工程学院, 同济大学. 岩石地下建筑结构 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1982.
- [3] 梁炯望. 锚固与注浆技术手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- [4] 孙钧. 海底隧道工程设计与施工若干关键技术的商榷 [J]. 岩石力学与工程学报, 2006(8): 1513-1521.
- [5] 郭陕云. 关于我国海底隧道建设若干工程技术问题的思考 [J]. 隧道建设, 2007(6): 1-5.

(下转第 77 页)

(3) 适时作出合理的适应不同地质条件的浆液配合比,控制好浆液质量、注浆压力及注浆量可以有效的克服管片上浮。

(4) 需要不断总结和归纳盾构掘进过程中的各种掘进参数,摸索出不同地质条件下与之相适应的掘进参数的变化规律,最大程度地控制隧道管片在施工阶段的位移和变形,以满足设计规范对隧道轴线的线形要求。

参 考 文 献

[1] 常江,赵一,王岩. 盾构隧道管片上浮原因分析及控制措施[J]. 隧道与地下工程,2010(5):123-125.

[2] 李翔. 盾构掘进时管片破损分析[J]. 现代城市轨道交通,2006(6):47-49.

[3] 谢录科,胡旭跃,朱光涛. 水下盾构隧道施工管片上浮控制[J]. 交通科学与工程,2010(6):59-64.

Segment Disrepair and Buoyancy Analysis of Shield Tunneling at Small Radius Curve with Steep Slope

Wang Hong

(The 4th Construction Company, China Railway 18th Bureau Group, Tianjin 300222, China)

Abstract: This paper discusses the cause of segment disrepair and floatation of shield tunnel segment, and puts forward the corresponding technical control measures with the shield tunnel segment at small radius curve. The analysis takes the shield tunnel construction from Shuishangbeilu station to the Wujiayao station of line no. 3 of Tianjin city as the background. The results prove that the main cause of segment disrepair is the side-force produced by boots of oil cylinder's support under geological structure of muddy silty clay layer, and the decisive factor of floating segments is the static upward buoyancy of the grouting and jack thrust, and the side-force in the normal line of the design axis.

Key words: shield; small radius curves; slope; segment disrepair; segments floating

(责任编辑 刘宪福)

~~~~~  
(上接第 73 页)

## Application of Multiple Anticorrosive Anchors in Subsea Tunnel Construction

Wu Xiaozhen

(The first engineering Co. of the 18th China Railway Bureau Group, Zhuozhou 072750, China)

**Abstract:** This paper introduces the application of multiple anticorrosive anchors in the primary-stage construction support for sea segment according to the construction practice of Qingdao channel tunnel construction. The applications are divided into the following parts: the working principle, parameter selection, construction technology, quality control and so on. Suggestions are put forward on problems and their solutions, which can be referenced for similar projects.

**Key words:** Qingdao channel tunnel; system anchoring bolt; multiple anticorrosive anchor; hollow anticorrosive anchor

(责任编辑 刘宪福)