深层水泥土搅拌桩帷幕加注浆技术在西格二线承压水止水工程中的应用

张巨川
(甘肃铁道综合工程勘察院有限公司,甘肃 兰州 730000)

摘　要:以青藏铁路西格二线承压水处理工程为背景,通过几种止水方案的比较分析,得出深层水泥土搅拌桩帷幕加注浆技术在高原地区是一种非常有效的地下水灾害治理技术。介绍了其加固机理、施工工艺、施工中遇到的问题及采取的处理措施。

关键词:青藏铁路西格二线;水泥土搅拌桩;注浆;承压水;止水
中图分类号:U455.55　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1672-7428(2008)08-0051-04

1　工程概况

在青藏铁路西格二线增建过程中,因需要在DK548+516处增设跨线立交桥一座,在桥址处进行地质勘察时,施钻机组在钻至地面下29.6 m时揭穿承压含水层顶板,承压水自钻孔涌出地面,出水量约为5000 m^3/d,且水头压力大。现场积极采取了一些措施但未能封堵成功,地下水不断从孔口涌出,受场地条件限制,排泄渠道不畅,在既有铁路右侧汇聚呈长条型水塘,积水容积不断扩大,存在对既有铁路路基本体产生软化作用的安全隐患,严重威胁青藏铁路西格段既有铁路及新增二线的运营安全。

根据现场设备及地质条件,首先确定先将涌出的承压水引入附近沟渠排至远处,以免浸泡路基。初次封堵失败后,在涌水坑中钻孔大致位置处放置了中心导流管并回填干性混凝土强行止水也未获成功,承压水仍从导流管和未凝固的混凝土及混凝土与土的接触面涌出。后又提出在涌水坑周围打帷幕钻孔,钻孔内夯填干性混凝土形成帷幕,在帷幕内注浆封堵的止水方案。但在方案实施过程中成桩困难,各种原因使得封堵未能成功,现场仅完成帷幕孔30余孔便停止实施,此时现场实测涌水量仍有2000 m^3/d左右,导流管水头压力0.12 MPa。

通过对承压水病害工点处自然地理特征、地层结构、水文地质条件及前期治理过程和目前现状等进行深入细致的研究分析,综合比较几种止水方案,最后采用水泥土深层搅拌桩帷幕加注浆技术成功解决了这一难题。

2　自然地理特征及水文地质条件

本区域属德令哈盆地第三系剥蚀丘陵区,线路南濒托素湖,北临可鲁克湖,地势平坦,相对高差较小。自流孔东北1.6 km为巴音河,巴音河源于祁连山南麓,全长约300 km,注入克鲁克湖,是本区地下水的主要补给来源之一。克鲁克湖面积约55 km^2,巴音河地表径流及盆地内地下水均向湖内排泄,并通过连通河向南流入托素湖。托素湖面积约170 km^2,四周被第三系残丘围绕,主要通过连通河接受克鲁克湖水补给,属封闭式咸水湖。

德令哈盆地属独立的水文地质单元,在下古生代末期,柴达木盆地边缘昆仑山地槽与祁连山地槽上升,盆地中形成了许多相隔绝的内陆湖泊及山间凹陷盆地,第三系以来沉积了较厚的冲洪积及湖积覆盖层;线路走行于盆地中部,良好的第四系冲湖积层及特殊的地貌单元,为本区自流水盆地的形成提供了理想的条件。

钻孔揭示地层为:0~0.8 m填土;0.8~8.3 m粉质粘土;8.3~25 m淤泥质粉质粘土;25~29.6 m粉质粘土;29.6~30.0 m细圆砾土。据资料显示,戈壁车站(K543+315)至莲湖车站(K559+120)之间承压含水层顶板埋深多在24~35 m之间,承压含水层顶板连续且稳定,而自流水量则为82~5000 m^3/d,变化较大。

3　止水方案选择及设计

3.1　止水方案选取

收稿日期:2008-05-29
作者简介:张巨川(1963-),男(汉族),江苏人,甘肃铁道综合工程勘察院有限公司院长、高级工程师,钻探工程专业,从事工程地质勘察、岩土工程施工工作,甘肃省兰州市民主西路35号。

万方数据

通常在处理涌水灾害时,一般采用先压水头(降低水位)再封堵即可。但由于此次地层不稳定,再加上不妥当的现场处理措施,使得初次治理过程中从原钻孔打入的2根长2 m的圆木被冲顶出来,后用混凝土轨枕压圆木,也未能成功。在用挖掘机挖出圆木和轨枕后,形成约4 m×4 m×4 m的涌水坑,原孔位难以找见,用干性混凝土强行回填涌水坑仍未压住承压水,承压水仍从未凝固的混凝土及混凝土与土的接触面到处涌出,造成出水点"遍地开花",由于处理措施不当,使问题变得复杂化。为了彻底将水止住,通过对承压水病害工点处自然地理特征、地层结构、水文地质条件及前期治理过程和目前现状等进行深入细致的研究分析,提出了以下7种止水方案并进行比选。

(1)高压旋喷桩帷幕堵水方案:即在涌水孔周围一定半径范围内用高压旋喷桩做排桩帷幕堵水。此帷幕堵水方案已成熟用于水电系统,常作为水库大坝坝堤防渗的一个主要方案。但该方案要求设备用电量较大,费用相对也较高。

(2)钢板桩加注浆止水方案:即在钻孔涌水点周围一定半径范围内施工一圈钢板桩帷幕,然后在钢板桩内侧注浆以封堵钢板桩的缝隙,最后在钢板桩帷幕内上部用混凝土封顶。此方案在软土地区基坑帷幕中进行挡土、止水用得比较多;但是钢板桩费用较高,对设备有特殊要求。

(3)混凝土排式桩或混凝土连续墙止水方案:即在钻孔涌水点周围施工混凝土排桩或混凝土连续墙止水。此方案在三峡工程、上海软土深基坑支护工程中应用很多,但对设备有要求,费用较大。

(4)深层水泥土搅拌桩止水方案:即在钻孔涌水点周围施工2排深层水泥土搅拌桩止水帷幕。此方案在软土深基坑及长江大堤防水中应用很广。

(5)打管封水方案:首先由于打钢板桩的设备及打30 m钢管的桩基设备庞大,调遣费用高,辅助设备多(如吊车等);其次较难寻找准确止水点,另外钢管在施打过程中极有可能会扰动钻孔涌水点孔壁,承压水可能会沿钢管壁上涌。此方案的技术风险较大,费用较高。

(6)重晶石水泥封堵方案:根据现场情况,关键在寻找涌水点时要挖除上覆已经凝结的约60 m^3混凝土,寻找涌水点难度大且安全风险较大。

(7)深层水泥土搅拌桩帷幕加注浆止水方案:即在钻孔涌水点周围施工2排以上深层水泥土搅拌桩止水帷幕,然后在上面浇注混凝土形成整体盖板,最后在盖板中预留的注浆管中打孔注浆。它具有施工简单易行、治理费用较低等优点。但缺点是把原混凝土盖板直径加大,导致水泥土深层搅拌桩混凝土帷幕直径成倍加大,钻孔孔数增加较多。

由于此次情况复杂,原则上只能采取深层处理,即封堵点应在10 m以深,已破坏的表层区域应包含在处理范围以内。因此需要在出水点外围设置桩,并在桩顶附加混凝土封盖,和土体一起组成封水体系封水。综合考虑各种因素,最后采取了水泥土深层搅拌桩帷幕加注浆止水方案。

3.2 加固机理

深层水泥土搅拌法是利用固化剂水泥和石灰与外加剂(石膏、木质素黄酸钙)通过深层搅拌机输入到软土中并加以充分拌合,固化剂和软土之间产生一系列的物理化学反应,改变了原状土的结构,使之硬结成具有整体性、水稳性和一定强度的水泥土和石灰土。

注浆法是指利用液压、气压或电化学原理,通过注浆管把浆液均匀地注入地层中,浆液以填充、渗透和挤密等方式,赶走土颗粒间或岩石裂隙中的水分和空气后占据其位置,经人工控制一定时间后,浆液将原来松散的土粒或裂隙胶结成一个整体,形成一个结构新、强度大、防水性能好和化学稳定性良好的"结石体"。

深层水泥土搅拌桩帷幕加注浆止水技术就是充分结合两者的优点,首先在涌水点周围设置深层水泥土搅拌桩,由于搅拌机械的切削搅拌作用,使得土体结构破坏,当拌入水泥后,将形成强度较大和水稳性较好的水泥石区,从而形成帷幕,此时水头路径增加,帷幕内水头降低。然后通过盖板内的预留注浆管,挤压入高浓度的水泥浆,在注浆点使土体挤密,并在注浆管端部附近形成"浆泡"。当浆泡向外扩展时将在土体中引起复杂的径向和切向应力体系。紧靠浆泡处的土体将遭受严重破坏和剪切,并形成塑性变形区,此时土体结构破坏,与水泥浆结合的更充分,增大土体强度;离浆泡较远的土体因挤压作用而发生弹性变形,变的更加密实,增加了与桩间的相互作用力,使水泥土深层搅拌桩、土体和盖板组成的封水体系更紧密的连接成整体。当浆泡的直径较小时,灌浆压力基本上沿钻孔的径向扩展。随着浆泡尺寸的逐渐增大,便产生较大的上台力而使地面抬动。若盖板承压力不够,可能会发生桩体被拉断或封盖被压裂等现象。

3.3 设计概况

万方数据

深层水泥土搅拌桩帷幕加注浆止水方案实质是在涌水点周围设计深层水泥土搅拌桩形成帷幕,然后在帷幕内注浆的综合加固治理方案,设计桩长 15 m,间距 0.5 m,桩径 500 mm,桩帷幕设计为 2 ~ 3 排且排桩相切(见图 1)。帷幕桩形成后,开挖桩顶深约 1 m、宽约 0.45 m 的环形槽,并按每 50 cm 间距重点布设 Ø16 mm 钢筋,并向帷幕中心弯折,形成 Ø16 mm 放射状钢筋网,然后浇注混凝土形成盖板(盖板直径 15 m),确保了桩头与混凝土盖板能紧密连接在一起,形成整体混凝土盖板(盖板厚约 1 m)。且在浇注前,在混凝土盖板中预留注浆管,浇注后打孔注浆,从而达到止水目的。

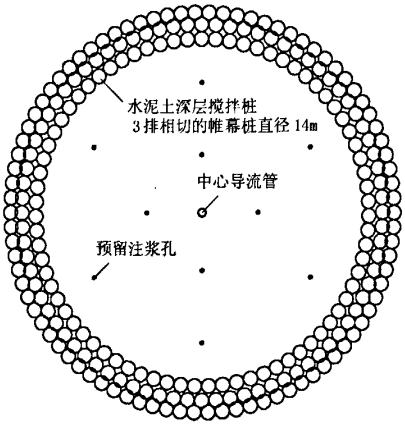

图 1　帷幕桩及预留注浆孔平面位置示意图

4　施工步骤

4.1　帷幕施工

施工前下挖出水区域 30 cm,打薄层水泥埋设引流管,集中排出地下涌水,便于施工;然后设备和人员进场,安装调试设备并进行现场试桩,最后根据试桩情况确定采用干喷法施工,同时决定采用 3 排桩帷幕。在施工过程中,考虑到 0 ~ 7 m 段地层扰动严重,对成桩影响大,因此在此段范围内采取 3 次复喷法以保证成桩质量;在完成一圈后,为了能使第二圈和第三圈咬合更加紧密、更利于封水,采取第二圈和第三圈一起交叉施工的工序;并且采取在水泥中按比例添加速凝剂、早强剂等补强措施以达到更好的效果。

4.2　盖板施工

首先清理上部虚桩头(0.5 m 左右),清除帷幕内上部泥土及废弃的充填物;然后先做 30 ~ 40 cm 底板逐步封堵各出水点,保证后续的盖板施工在干燥的环境下进行;等其达到一定强度后再连续浇注施工剩余厚度的盖板。为确保关阀后盖板周边不渗漏,在中间的一排桩桩顶剔出 1 m 的深槽镶嵌盖板,同时将盖板扩大至外包桩头。

4.3　帷幕内注浆固化地层

等盖板达到预计强度后,在盖板上预留注浆孔中打 10 个注浆孔,采用水泥、水玻璃双液注浆固化帷幕内的土体。

4.4　关闭导流管阀门

首先试关导流管阀门,由于砼盖板强度还未达设计强度,耐压力不够,在阀门还未关死时,砼封盖 1/3 处即被压裂,水沿裂缝冒出 1 m 多高,于是采取在盖板上再次打孔注浆的措施,堵死小的出水通道,从而更大范围的增加盖板、桩及地层的相互连接面积,使压力水对盖板的作用集中在导流管的周围,减少承压水对盖板整体的作用力;然后进行第二次关阀,此时,虽然盖板处理后裂缝不再漏水,但搅拌桩外面出现渗水,开阀挖开后发现有 6 根桩断裂,水从裂缝处漏出,于是在处理断桩的同时往砼盖板上堆载增压;当砼凝结达到强度后第三次关阀,效果非常明显,只有少量渗水,日出水量 $\not>12\ m^3$,仅在导流管周围及局部裂缝处渗出。

4.5　加深封水点

从导流管中挤压高浓度的水泥浆,注入水泥浆 5 t 后,导流管中有倒吸现象,说明水泥浆在沿出水通道缓慢下沉,随即关死阀门,所有渗水停止。

5　施工中遇到的问题及解决措施

(1)源源不断涌出的地下水,在既有铁路右侧汇聚呈长条型水塘(受场地条件限制,排泄渠道不畅),积水容积不断扩大,存在软化既有铁路路基本体,严重危及既有铁路及新增二线运营安全的风险,因此存在工期紧、任务急的问题。于是实行“边勘察、边设计、边施工”的管理理念和作业流程,使设计与施工紧密结合,不断加强过程“跟踪与检测,纠偏与指导”并用的方式。成功地避免了窝工现象的发生,争分夺秒地完成了止水任务。

(2)由于前阶段封堵灌注大量水泥、填充物使地层结块,原始地层遭到破坏致使施工难度加大,试桩后发现 7 m 以浅回转阻力较大,进度缓慢,于是确定采取干喷法施工,在 0 ~ 7 m 段采取 3 次复喷法以保证成桩质量。

(3)高原地区冬季气温较低,且昼夜温差大,因此混凝土施工困难重重,同时防冻保温显得十分重要。在混凝土施工中采取添加抗冻早强剂、防漏剂,

万方数据

采用机械法热水(50~80 ℃)拌合,确保入膜温度在5 ℃以上,并延长搅拌时间等等。养护保温采取底层地膜,中层棉被棉帐篷布,上部加盖防雨布的保温措施。在盖板施工时,为保证连续施工质量,采取在场地上搭建防冻蓬并在蓬内生火加温,混凝土表面加盖棉被的双保温措施。

(4)在关导流管阀门时,由于盖板强度不够,并发生几处断桩现象,于是在处理断桩的同时往盖板上堆土增压,土均厚度 1.5 m,共计 230 m^3,并在土的上面压 5 t 的预制桩 22 根,彻底解决盖板强度不够时承压力不够的问题。同时为保证卸载(待水泥全部凝结后卸载)后封水结构能够平衡,采取加深封水点位置的措施,从导流管中挤压高浓度的水泥浆,确保涌水点周围深处地层的凝结,增加封水结构的自重力,弥补卸载而造成的压力损失。关阀后只有少量渗水,日出水量≯12 m^3,只在导流管周围及局部裂缝处渗出。在导流管中挤压高浓度水泥浆 5 t 后,关阀封堵所有涌水、渗水,完成止水。

6 结语

(1)深层水泥土搅拌桩帷幕加注浆技术施工过程简单易行,缩短了治理周期,降低了费用,成功的保证了青藏铁路西格段的正常运营,避免了柴达木盆地地下水资源的大量损失,按出水量半年计算就挽回地下水资源浪费近 200 万元,取得了巨大的经济效益。

(2)成功地解决了承压水大量外涌,并消除了由此造成的对沿线铁路的潜在威胁,确保青藏铁路的畅通,取得了巨大的社会效益。现在止水工作已完成 1 年多,经过了四季的考验仍未有承压水渗出,治水效果很好。

(3)由于施工简单和费用低,此技术必将在气候恶劣、环境复杂的高原地区的承压水治理中得到广泛的运用,同时为处理同类问题提供了新的治理思路。

参考文献:

[1] 石秉元. 水泥土深层搅拌桩隔水帷幕设计与施工的几个问题[A]. 深基坑工程论文集[C]. 1996. 135-138.

[2] 韩灵梅. 深层水泥土搅拌桩止水帷幕施工浅析[J]. 山西建筑, 2006,(24).

[3] 李敏. 帷幕止水过程中常见问题及解决方法[J]. 山西建筑, 2007,(3).

[4] 编委会. 建筑地基基础设计数据资料一本全[M]. 北京:中国建材工业出版社,2007.

[5] 叶观宝,等. 地基加固新技术[M]. 北京:机械工业出版社, 1999.

万方数据