

陕北沙漠区地下工程交通竖井方案的选择

蒋改山¹, 陈强², 焦振华¹

(1. 陕西省水利电力勘测设计研究院, 陕西 咸阳 712000; 2. 宁夏地质工程勘察院, 宁夏 银川 750021)

摘要:“涌沙”是陕北沙漠区坑井工程普遍遇到的地质灾害问题,不同工程位置、不同岩土结构特征、不同水文地质条件下,井内涌沙的潜在危害迥异。研究竖井所在位置的地质条件,针对性地采取措施,避免竖井内涌沙是工程顺利竣工的关键。通过对已有工程事故的分析汇总,归纳出沙漠区可行的3种交通竖井方案及其适用的地质条件,并指出了每种方案在设计及施工过程中应引起高度重视的节点问题,具有一定的推广价值,可供同行借鉴。

关键词:涌沙;交通竖井;陕北沙漠区;地下工程

中图分类号:TD262;TV554 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)09-0064-03

Selection of Access Shaft Schemes for Underground Works in the Desert Area in Northern Shaanxi/JIANG Gai-shan¹, CHEN Qiang², JIAO Zhen-hua¹ (1. Shaanxi Province Institute of Water Resources and Electric Power Investigation and Design, Xianyang Shaanxi 712000, China; 2. Ningxia Institute of Geological Engineering Investigation, Yinchuan Ningxia 750021, China)

Abstract: ‘Quick inflow of sand’ is a common geological hazard in the shaft works in desert area in northern Shaanxi. It has different potential hazard according to the project position, structural features of rock or soil and geo-hydrological conditions. The project can be successfully accomplished only by proper measures according to the geological conditions of shaft to avoid quick inflow of sand. The combined analysis was made on the experienced accidents, 3 kinds of feasible access shaft scheme and adaptable geological conditions were inducted with the important attentions in each design and construction process.

Key words: quick inflow of sand; access shaft; desert area in northern Shaanxi; underground works

陕北沙漠分布于长城以北的榆林市,属毛乌素沙漠的东南部分,流沙属本区首要地质灾害。流沙类型分两种:其一为季风推动的沙丘移动;其二为坑井周围沙土层因降水漏斗的水力梯度超过沙土允许水力梯度时,而发生的瞬间流动,为区别其一,将这种流沙称为“涌沙”。而榆林素有“中国科威特”之称,沙漠下部蕴藏着丰富的煤、油、气资源,随着资源开发力度的加大,项目已从沙漠周边向中心地带推进^[1],现有煤炭、水利行业的少量工程已井穿沙漠上部松散层,但因建设初期人类对坑井涌沙灾害的认识不足,预防涌沙的措施不当,部分交通竖井事故累累。

1 沙漠区的岩土结构特征

毛乌素沙漠属第四系内陆河湖相沉积层,因植被退化演变而成^[2]。沙漠区岩土层由上至下为:①全新世风积(Q_4^{eol})粉细砂,结构松散,质地均一,广布于沙漠表面,厚2.5~51.5 m,不均匀系数 $C_u =$

0.24;②全新世毛乌素组(Q_4^{al+pl})细砂夹壤土,结构稍密,主要分布于现河床部位,层厚4.0~60.4 m,不均匀系数 $C_u = 2.76$;③上更新世萨拉乌苏组(Q_3^{al+1})粉土质砂与淤泥质粉土互层,结构稍密~中密,淤泥质粉土具水平层理,软塑,分布于古河道位置,层厚4~40 m;④中更新世离石组(Q_2^{pl})黄土状土,垂直节理发育,硬塑状,含水量 $\omega = 18.39\%$,干密度 $\rho_d = 1.37 \text{ g/cm}^3$,分布于分水岭两侧及古河道内,层厚3.0~20.5 m;⑤侏罗系直罗组(J_2^z)砂岩,中细粒结构,泥钙质胶结,岩层产状近于水平,弱风化基岩裂隙不发育,属Ⅲ~Ⅳ类围岩^[3],见图1。

2 沙漠区的水文地质条件

沙漠区地下水主要受大气降水及无定河、秃尾河、窟野河河水补给,年降水量300~450 mm^[4],河流源头分布有大小不等的“海子”,其中秃尾河源头有国内最大的沙漠淡水湖——红碱淖,区内地下水储量丰富,中心区地下水水位在地表以上-2 m(海

收稿日期:2010-03-17

作者简介:蒋改山(1964-),男(汉族),河南鄢陵人,陕西省水利电力勘测设计研究院勘察分院副院长、高级工程师、国家注册岩土工程师、二级建造师、陕西省优秀勘察设计师、陕西省防汛抢险专家、水文地质、工程地质及岩土工程专业,从事水利水电工程勘察、岩土施工及检测工作,陕西省咸阳市, sdyjgs@126.com。

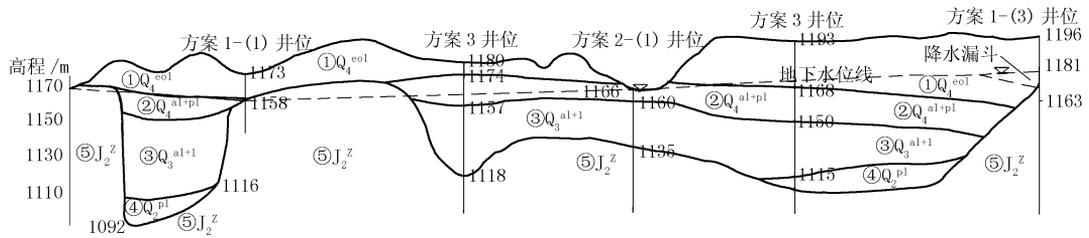


图1 沙漠松散层地质条件类型及适用的交通竖井方案

子)和地表以下 24 m 之间,贮存类型以砂层孔隙潜水为主,以黄土状土裂隙水及基岩裂隙水为次。岩石的渗透系数①层 $k_{20}^{\text{①}} = 25 \text{ m/d}$,②层 $k_{20}^{\text{②}} = 19 \text{ m/d}$,③层 $k_{20}^{\text{③}} = 1.38 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$,④层 $k_{20}^{\text{④}} = 0.59 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$,⑤层透水性 $q^{\text{⑤}} = 0.4 \sim 2 \text{ Lu}^{[5]}$ 。

3 交通竖井的损坏形式及原因分析

沙漠区煤炭竖井的用途属运煤主巷道,水利竖井为下穿沙漠输水隧洞的出渣井及运行检修井。沙漠区的交通竖井按井周围岩土层特性可划分为 2 大段,上部为第四系松散层段 [I],地层包括①层、②层、③层、④层,下部为基岩段 [II],为⑤层砂泥岩。[II]段竖井凿井技术成熟,未见损坏报道。[I]段竖井的损坏形式可归纳为:(1)井沉式:属倒挂式竖井,因井底涌沙,砼井筒整体下沉而损坏;(2)拉裂式:属倒挂式竖井,因四周降水速度不一,井筒砼受到水平及垂直向剪应力作用,因应力强度超过砼结构的允许强度,产生雁行式裂缝,再遭高水头流沙劈裂而损坏;(3)上浮式:属大口径钻孔钢筒式竖井,因井底涌沙上溢,携钢筒上浮并倾覆而损坏。

竖井损坏的原因皆因前期地质资料不足,未进行涌沙灾害预测,或未针对涌沙专门采取防避措施而造成^[6]。因此,在筹建竖井位置前期应进行工程地质和水文地质的详勘工作,必须探明各地层的分界线,土的颗粒级配,地下水位埋深,各岩土层的渗透系数及允许水力梯度等。

4 交通竖井方案的选择

交通竖井在工程建设项目中属一个分项工程,设计位置有唯一性。竖井方案选定之前,必须深入分析井位处的地质条件,评判有无涌沙的可能,遵循安全、适用、环保、费省的原则,研究各种可以避免或抑制竖井井内涌沙的工程措施,并进行比较。只要竖井能穿透上部第四系松散层段 [I],进入下部基岩段 [II]的弱风化岩体内,则可提前宣布竖井工程大功告成。分析各处已竣工的竖井及其所在位置的

岩土结构特征,总结出普遍适用的通则。在陕北沙漠区可行的交通竖井方案有 3 种:传统倒挂井方案、钢筒砼竖井方案和预冻结倒挂井方案。按松散层段 [I]的地质条件归纳,3 种竖井方案各自适用的地质条件如下。

4.1 传统倒挂井方案

(1)适用于地下水位低于松散层段 [I]底板埋深的地质条件,如图 1 方案 1-(1)井位。

(2)适用于松散层段 [I]地层由①层与④层组成,且地下水位低于①层,而位于④层之中的地质条件。但因④层渗透系数 $k_{20}^{\text{④}}$ 太小,竖井动工前数月应提前降水,并保持竖井施工期掌子面无明水出现。

(3)适用于松散层段 [I]地层由①层与③层组成,水位位于①层下部,且 [I]段井深 $< 30 \text{ m}$ 的地质条件。竖井施工时周围应同时降水,且保证四周等半径处的动态水位高程相近,降水漏斗的水力梯度 $< \text{①层临界水力梯度 } i_k^{\text{①}} = 0.31^{[7]}$,如图 1 方案 1-(3)井位。

4.2 钢筒砼竖井方案

(1)适用于松散层段 [I]地层由②层与③层组成,井位位于河流附近,地下水补给量丰富的地质条件,如图 1 方案 2-(1)井位。

(2)适用于松散层段 [I]地层全部由①层或由①层与③层组成,施工期降水深度较大的地质条件。

钢筒砼竖井方案因施工受钻机扭矩、井孔导正技术、现场起吊设备功率等因素制约,仅适用于松散层段 [I]最大深度 $> 60 \text{ m}$ 的地质条件。该方案的施工工序为:①浇注砼井台;②大口径钻井成井,扩底;③下钢筒;④完成井与钢筒外壁之间的砼浇注;⑤排浆。钢筒砼竖井井底位置必须嵌入基岩段 [II]强弱风化分界线以下 2 m,严防上覆流沙层击穿强风化基岩,涌入下部竖井之中,见图 2。

4.3 预冻结倒挂井方案

该方案适用于松散层段 [I]地层由①层、②层、③层或由①层、②层、③层、④层组成,松散层段 [I]深度 $> 60 \text{ m}$,且地层全部处于饱和状态的地质

