

中国西部沙尘暴的成因、危害及其防御对策

彭珂珊

(中国科学院·水利部水土保持研究所 陕西 杨凌 712100)

摘要 根据我国西部地表植被向恶性方向发展,土地沙化面积逐年增长,沙尘暴日趋频繁的具体情况,分析了沙尘暴的成因和危害,因地制宜提出了五条对策:①实行综合治理;②加强沙尘暴的科学研究;③建立健全法规;④增加投资力度;⑤提高思想认识。

关键词 沙尘暴;自然灾害;中国西部

中图分类号:P425.5+5

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2002)02-0018-04

沙尘暴是沙暴和尘暴两者兼有的总称,是指强风把地表大量沙尘卷入空中,使空气特别混浊,水平能见度低于 1 km 的天气现象。它是沙漠化的主要过程之一,也是沙漠及其他边缘等特殊下垫面条件下产生的一种灾害性天气。近半个世纪我国西部沙尘暴的变化特点是:20 世纪 50 年代沙尘暴发生日数多,60 年代发生日数最少,70 年代略有增加,80 年代又处于逐渐减少的趋势,90 年代有明显增加,21 世纪初则上升到一个新阶段,为百年所罕见^[1]。2000~2002 年我国西部连续出现了 30 余次的沙尘天气,出现之早,发生频率之高,影响范围之大,为国内外罕见,不仅影响到北方的 14 个省(市、区),而且波及台湾和日本,造成机场关闭,道路阻断,人员伤亡等。2002 年 3 月 15 日至 4 月 5 日,内蒙古 22 天之内遭受了 2 次沙尘暴侵袭,3 月 16 日 3 月 19~20 日出现 10 年以来最大的两次沙尘天气,3 月 20 日又出现扬尘天气,较前一次范围更大,沙尘密度和沙尘暴区域也更大。内蒙古锡林郭勒盟西部风速在 20~32 m/s,兰州能见度只有 400 m。由于全球气候变暖,地表蒸发加大,土地利用不合理的格局不可能在短期内得到根本性的调整,沙尘暴只会加剧,短期内难以减轻。

1 西部沙尘暴的成因

中国西部属于全球四大沙尘暴区之一的中亚沙尘区,为全球现代沙尘的高活动区之一^[2]。在地质时期和历史时期,这里一直是沙尘暴的主要成灾地区和“雨土”释放源地^[3]。近几十年来,由于人为破坏,宏观政策失误,造成沙尘暴灾害频繁发生。沙尘暴形

成原因较多,但主要有以下几点:

1.1 气候干燥多风

沙尘暴是沙化的产物,沙尘暴频发期均对应于干旱期。如公元 1060~1270 年,1640~1720 年,1810~1920 年三段干旱期,同期也是沙尘暴高发期。近几年来我国西部冬季温差增大,强冷空气活动频繁,大风频发,为沙化土地扩展提供了动力条件,冬春季温度增幅大,使大气层处于不稳定状态,遇冷压冷风过境,极易形成大风天气。特强沙尘暴的风头像一道黑墙,一般自西向东(或自西北向东南)迅速推移,气象要素变化十分剧烈,沙尘暴一到,顿时狂风大作,沙尘飞扬,气压猛升,温度剧降。1993 年 5 月 5 日 14~20 时,甘肃河西走廊酒泉、张掖等地自西北向东南相继出现了特大沙尘暴,从山丹向东演变成黑霾,沙尘暴风力高达 9 级,瞬间最大风速达 12 级,平均风速达 23.2 m/s。

1.2 沙源丰富

地表丰富的沙源是沙尘暴的基础。我国是亚洲沙质荒漠广泛发育的地区,沙漠和沙地广布于荒漠、半荒漠及草原地区,总面积达 171 万 km²,90% 以上分布在西北地区。其中位于南疆的塔克拉玛干沙漠面积 33.76 万 km²,是我国最大也是世界著名的大沙漠;北疆的古尔班通古特沙漠面积 4.88 万 km²,在全国位居第二;我国中东部沙区也是沙漠分布最多的地区,自东北向西南分布有呼伦贝尔、嘎亥俄立苏、科尔沁、浑善达克、库布齐、毛乌素、乌兰布和、腾格里、巴丹吉林、甘肃河西走廊绿洲外缘沙漠、青海柴达木等 11 处沙漠和沙地,总面积达 26.9 万 km²。上

述沙漠区受干旱气候和地表营力的影响,地表物质以物理风化为主,质地轻粗松散,沙源丰富,为沙尘暴形成创造了条件。

1.3 地表植被破坏严重

历史上西部生态环境优越,都有森林密布,但由于人们肆意毁坏,许多沙漠绿洲和天然植被遭滥垦、过牧、樵采等破坏,许多沙生资源被盲目和无限开采及不合理利用。①开垦。20世纪50~70年代片面强调“以粮为纲”,甚至提出“牧民不吃亏心粮”,导致有组织大面积开垦,内蒙古鄂尔多斯开垦了66.7万 hm^2 ,却造成了120万 hm^2 草原沙化。内蒙古、黑龙江、甘肃、新疆等四省(区)1986~1996年开垦194万 hm^2 ,竟有98.6万 hm^2 撂荒。近代形成的沙漠化土地中,由农垦所致占25%。由于生产上采取传统的倒山种田,广种薄收的方式,大面积毁林开荒,滥垦滥种,逐步形成沙漠化土地。②过牧。人们为了增加收入,盲目发展畜牧业,滥牧现象严重。河西地区草场理论值为460万个羊单位,现在实际已达700万只,超载率达52%^[4]。草场长期处于超载,这种现象造成畜草矛盾突出,适口性好的草地逐渐减少,草地受到破坏,致使地表裸露,经牲畜践踏而引起表面沙化。③乱采。因人们无组织和无计划的乱砍、滥伐、滥樵、滥采,使西部整片的胡杨变成片片死去的怪树桩,据内蒙古额济纳地区1999年统计,胡杨林已从1949年的4.67万 hm^2 下降到1999年的2万 hm^2 。

1.4 水资源遭破坏

在西部地区,河流的水源是经济建设和生命系统的命脉,但由于历史原因,许多山川的森林急剧减少,雪线上移,高山涵养水源下降,造成雨季洪水泛滥,冬季无水供给,河流干枯现象突出。塔里木河是沿河绿洲及罗布泊湖的水源。由于沿河开荒面积已超过13万 hm^2 ,使天然胡杨林从1958年的52万 hm^2 减少到2000年20万 hm^2 ,180 km绿色长廊面临干枯,下游340 km河道断流,罗布泊湖干涸^[5]。河流上游的过度用水,使下游无水,造成河流两岸森林大片死亡。甘肃河西祁连山在近20年水流急剧减少,致使祁连山供水的石羊河、黑河、疏勒河3大灌溉河流水量大减,时有断流。20世纪50年代石羊河给民勤县提供5.46亿 m^3 的水,到80年代仅能提供2亿 m^3 ,到90年代末只有1亿 m^3 。为补不足,人们普遍超采地下水,使大面积人工林和天然林死亡,面积达9800 hm^2 。由于林地水分平衡失调,已出现不同程度的衰败退化现象。

2 西部沙尘暴的危害

沙尘暴是天气恶劣的突出表现,其根本原因是
万方数据

水土资源的不合理利用,导致大量土地沙化,严重影响西部地区资源开发、环境保护和可持续发展。一旦沙尘暴天气形成之后,会以排山倒海之势滚滚向前移动,携带砂粒的强劲气流所经之处,通过沙埋、风蚀沙割、狂风袭击、降温霜冻和污染大气等作用方式,使大片的农田或受沙埋,或受风蚀刮走沃土,或者农作物受霜冻之害而颗粒无收,它能加剧土地沙化,导致生态环境恶化,并对交通和供电线路产生严重影响,给人民的生命财产造成严重损失(见表1)。由于近几年强沙尘暴频率有逐年增加的趋势,加之工业建设和土地资源超载局面短期内难以改善,沙尘暴造成的危害越来越大。

3 西部沙尘暴防治基本措施

沙尘暴是目前制约我国西部经济振兴和环境改善的巨大障碍,特别是西部地区具有的独特自然环境,丰富的自然资源,重要的国防地位,特殊的民族区域,在我国的生态、资源、环境、国民经济和社会发展等方面具有极为重要的地位和作用,使得其沙尘暴的防治对全国具有极为重要的现实意义。目前国家西部大开发战略的实施为西部开展沙尘暴防治及工程建设提供了前所未有的历史机遇,因此应从以下几个方面入手,解决好沙尘暴这一困扰西部国民经济与社会发展的重大问题。

3.1 实施综合治理

防治沙尘暴灾害,其主要手段就是保护国土资源,防止土壤风蚀沙化,必须从西部的自然条件、区域生态特征及其现有经济水平的客观条件出发,按照客观规律办事,从而战胜沙尘暴。首先在林业建设上,建议国家在沙区实施退牧还草工程,这是防治沙尘暴的必然选择。大力实施封沙育草育林,采用在沙丘低地造林,直接在流沙上栽植固沙植物,并在人工沙障防护下栽植固沙植物和飞播植物固沙措施,有效防治沙化扩展。飞播造林是一种造林面积广,速度快,成本低的现代高科技技术,每公顷投入600元就能很好地完成治理和恢复植被工作。随着飞播技术的日趋成熟,应加大飞播造林的力度。第二在草业建设上,要人工种草与封沙封丘育草相结合,迅速恢复草场植被,防止草原进一步沙化、退化、碱化,视草原不同情况,可采取翻耙压自然更新或在翻耙压后人工补播种草的方法。实行合理分区轮牧轮放,加强放牧管理和围栏建设,逐步实行草原打井灌溉,增施肥料,以提高牧草产量,使天然草场得到改善,覆盖率明显提高,防御风沙能力明显增强。第三在农业措施上,必须坚持耕作制度改革,坚持用地养地相结合的原则,促进耕作制度与土壤肥力的不断发展,要大力

表 1 我国沙尘暴灾害的典型实例(1949 ~ 2002 年)

时 间	地 域 范 围	沙尘暴灾害情况
1949 年	新疆哈密	3 月 18 日晨 8 时 ,哈密城风云突变 ,狂风四起 ,飞沙走石 ,天昏地暗 ,至夜 12 时稍息 ,死 3 人 .
1952 年	甘肃河西 23 县	4 月 9 日酒泉、敦煌、临泽、张掖、山丹、永昌、武威、环县等 23 个县发生强沙尘暴 ,仅永昌县沙埋农田 400 多 hm ² ,据张掖气象站记载 4 月 9 日 15 时至 10 日晨发生强沙尘暴 ,天空变黑 ,飞沙走石 ,能见度为零 ,风力 9 级 ,15 时 32 分后风力渐减 ,天空变为黄色 ,17 时风力仍有 6 级 ,能见度仍很低 .
1961 年	新疆吐鲁番	5 月 31 日至 6 月 1 日大风 ,风力 12 级以上 ,盆地内兰新铁路多处被沙埋 ,造成 91 次列车脱轨的严重事故 ,10 多节车厢翻倒路边 ,其中一节被抛起摔坏 ,刮断电线杆几百根 ,交通中断 36 h ,下马崖等地有 40 多孔坎儿井被沙埋 ,死伤 20 多人 .
1979 年	新疆中部地区	4 月 10 日兰新线哈密至乌鲁木齐段 ,风力达 12 级以上 ,兰新线运输中断 37.8 h ;南疆线中断 167 h .房屋损坏 2.1 万 m ² ,门窗玻璃损坏 7800 m ² ,小学生死 3 人 ,波及部队仓库 ,毁 1698.4 万元物资 ,死 2 名战士 ,4 月 10 ~ 11 日吐鲁番刮 12 级大风 18 h ,受灾作物 3 万 hm ² ,折树 5 758 株 ,沙埋坎儿井 108 道 ,大小渠道 402 条 ,吹失麦草 62.5 t ,化肥 2.5 t ,倒房屋 16 间 ,26 户着火 ,死 10 人 ,伤 40 人 ,通讯中断 ,总计损失 143.9 万元 .
1983 年	新疆吐鲁番、托克逊、岳普湖、英吉沙、焉耆等地	4 月 25 ~ 28 日先后受 8 级以上大风危害 ,据不完全统计 ,农作物损失 2.4 万多 hm ² ,毁坏树木 5.1 万株 ,填平渠道 9.2 km ,死亡牲畜 843 头(只) ,倒塌或火灾烧毁房屋 242 间 ,4 人死亡 .在 4 月 26 日风暴中 ,吐鲁番地区 4800 多 hm ² 农作物受灾 ,1400 hm ² 葡萄受损 ,刮倒树木近万株 ,数百根供电、通讯线杆被刮倒 ,90 道坎儿井进填塞 ,倒房 108 间 ,9 处起火 ,18 户受灾 ,死 7 人 ,死牲畜 155 头(只) .铁路运输设施受到不同程度破坏 ,运行中的 69 次客车和沿线车站门窗玻璃被风沙击碎 600 多块 .
1983 年	内蒙古中、西部地区 ,陕西榆林地区	4 月 27 ~ 29 日大风 ,风力一般 8 ~ 9 级 ,瞬时最大风速在 38 m/s ,为历年所罕见 ,在伊盟伴有沙尘暴天气 ,能见度小于 200 m ,据不完全统计 ,在这次灾害中内蒙古死 33 人 ,伤 46 人 ,死牲畜 9.8 万头(只) ,牧区部分草场棚圈被沙压埋 ,鄂托克旗流沙埋没水井 78 眼 ,压塌棚圈 15 处 ,榆林地区死 25 人 ,死亡、丢失牲畜 6.2 万头(只) .
1986 年	甘肃安西、敦煌	5 月 18 ~ 20 日沙尘暴持续 17 h ,能见度 0 级 .据气象站介绍 ,能见度之低 ,持续时间之长 ,为 1938 年有气象记载以来的第一次 ,在风沙灾害中 ,1.49 万 hm ² 农作物全受害 ,其中毁灭性受害 2 020 hm ² ,重灾 1 200 hm ² ,蔬菜全毁 140 hm ² ,掉果 23.5 万 kg ,毁果树嫁接苗 1.64 万株 ,摧树 2.5 万株 ,死亡、失踪大畜 14 头 ,羊 659 只 ,决塘坝 2 座 ,沙埋水渠 29.4 km ,毁电线 24.5 km ,引起火灾 3 次 ,刮倒房屋 57 间、畜圈 105 个、围墙 384 m ,吹失煤炭 1 800 多 t ,芒硝 1.5 t ,造成总经济损失 1 200 多万元 .
1986 年	新疆和田地区	5 月 18 ~ 19 日出现强沙尘暴天气 ,使小麦减产 2.5 万 t ,棉花减产 12 万 ~ 15 万担 ,玉米、果树、葡萄、瓜菜受灾严重 ,风暴中死亡 10 人 ,失踪 9 人 ,丢失、死亡牲畜 4 128 头(只) ,倒房屋 218 间、棚圈 125 个 ,刮倒电线杆 736 根 ,直线经济损失为 5 000 万元以上 .
1993 年	新疆吐鲁番、哈密、甘肃河西地区 ,宁夏中卫 ,内蒙古西部	5 月 5 日 14 ~ 19 时出现黑风暴天气 ,死 85 人 ,伤 264 人 ,失踪 264 人 .表土层风蚀达 10 ~ 30 cm ,农作物受灾面积 37.3 万 hm ² ,死亡与丢失牲畜 12 万头 ,沙埋水渠 1 000 多 km .刮倒电线杆 6 012 根 ,兰新线中断 37 h ,毁房 4 412 间 ,降尘量高达 161 ~ 256 t/km ² .直接经济损失为 5.6 亿元 .
1998 年	西北 12 个地、州	1998 年 4 月 17 ~ 19 时 ,遭受沙尘暴袭击 ,3.07 万 hm ² 农作物受灾 ,11.09 万头牲畜死亡 ,156 万人受灾 ,直接经济损失 8 亿元 .
2002 年	甘肃、内蒙古、宁夏等 8 省(区)	2002 年 3 月 19 ~ 20 日 ,发生了 10 年来影响最大的一场沙尘暴 ,横扫我国甘肃、内蒙古、北京、宁夏、山西、陕西、河北、天津 8 省(区)的 140 万 km ² ,影响耕地 28.5 万 hm ² ,草地 236.1 万 hm ² ,总人口达 1.3 亿 .甘肃兰州能见度为 400 m ,金塔能见度为零 ,敦煌、酒泉、玉门、张掖温度下降 12℃ ~ 19℃ ,20 日清晨起 ,黄色浮尘波及京津地区 ,北京降尘 25 g/m ² ,总降尘量为 2.6 万 t .

注 资料引自文献 3 及《人民日报》的新闻报道.

推广以深松为基础 ,少耕为原则 ,垄作为主体的耕作方法和大搞以增肥改土为中心的农田基本建设 .第四 ,在工程措施上 ,与主害风相垂直人工设置沙障是防止风蚀进一步发展的有效措施 ,沙障分土沙障、草沙障和柴草沙障 ,草沙障和柴草沙障简便易行 ,且工省效高 ,在风蚀严重的风蚀槽上以及流动沙丘的前方 ,为防止风流沙的活动和侵蚀农田 ,可就地取材 ,利用秸秆、树枝人工设置柴草沙障 ,待风蚀和流沙得到控制 ,趋于稳定后 ,马上造林种草 .第五 ,在水利措施上 ,主要是保护天然植被 ,利用好天然降水 ,搞好引水拉沙 ,提高土壤温度 ,防止风蚀 .

3.2 加强沙尘暴科学研究

连续几年的沙尘暴危害已引起各界人士的重视 ,许多有识之士在分析总结国内外正反两方面经验后 ,要求人们在更高层次上 ,重新认识沙尘暴科研工作 .

a. 搞好规划 .在沙尘暴频发区进行各项措施的

规划 ,必须在土地利用规划的基础上进行 ,主要是按照当地实际情况确定农、林、牧、副、渔各业的比例 ,达到既发展生产 ,又促进生态平衡的目的 .目前应结合 50 多年的防风蚀经验 ,对防治沙尘暴规划重新加以研究 ,对原有的防灾标准作必要的调整 ,并在此基础上 ,纳入国民经济建设计划之中 ,以适应频发的沙尘暴的防灾标准 .

b. 进行沙尘暴的研究 .主要可从以下几个方面入手 :①历史时期和近期沙尘暴记载的统计与整理 ;②沙尘暴发生的源地、移动路线和沉降范围 ;③沙尘暴典型案例和沙尘气候变化特征研究 ;④沙尘天气溶胶物理化学及辐射特征研究 ;⑤沙尘暴发生地退耕还林(草)生态建设与恢复研究 ;⑥沙尘暴遥感监测、预报、沙化逆转过程、整治研究 ;⑦人们的生命财产应急保护措施 ;⑧沙尘暴数值模拟与输送研究 .沙尘暴已经成为我国风沙灾害的重要组成部分 ,强和

特强沙尘暴灾害逐年加剧,以后对这方面研究应该加强,以解决我国防治工程建设规划与实施所出现的问题。

c. 加强基础性研究. 沙尘暴研究是一项非常重要的基础资料,它是防灾减灾的主要依据,并且是计划、统计、国土、畜牧、农业、保险等部门必不可少的资料. 由于在实际工作中凭主观判断估计数字的现象普遍,因此,应加快研究和拟定出沙尘暴评价指标体系,开发和利用遥感技术及地理信息系统,建立快速和科学的资料收集和核实手段,达到科学、简便、实用的要求。

d. 实施动态监测. 沙尘暴监测是掌握其发展趋势的重要手段,通过现代遥感和自动化处理技术,进行信息管理,对不同类型沙尘暴进行监测,及时预测沙尘暴的动态变化,利用高科技手段,定期进行沙尘暴发展、势态的评估,制定整治计划,进一步在沙化地区的资源环境和高效农业的研究与实践方面利用“3S”(RS,GS,GIS)等高新技术,建立资源环境信息系统。

3.3 加大执法力度

保护沙区天然林草资源,停止破坏是防止风蚀最重要的基础工作,要通过立法强制推行对沙区天然林草的保护,真正做到人人珍惜和爱护沙区天然林草资源. ①加强法规体系建设.《中华人民共和国防沙治沙法》、《中华人民共和国草原法》、《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国水土保持法》作为防治沙尘暴频发的大法,内容比较概略,有些规定比较原则,一些委任性和规范性条款还需制定配套的专项法律和行政法规,地方上也需因地制宜制定更为具体的实施办法、细则和规章,以逐步完善法规体系.应尽快颁布防治沙尘暴法,以适应经济发展形势的需要. ②加强行政执法.《中华人民共和国防沙治沙法》、《中华人民共和国草原法》等的颁布实施,只是法制建设的起点,真正做到依法治沙,依法管沙,依法用沙,必须坚持不懈进行法制建设.由于管理薄弱,执法不力,沙区工程设施受到破坏,沙化有增无减,已严重影响国土安全,要自上而下建立行政执法体系,切实保障《中华人民共和国防沙治沙法》、《中华人民共和国草原法》、《中华人民共和国森林法》的贯彻执行. ③实践证明《中华人民共和国草原法》、《中华人民共和国森林法》是两部好的法律,但同样受到当时认识的局限性和条件的限制,两法颁布不久,我国经济进入高速发展和经济体制转轨的时期,在执行中出现了一些新问题.当前立法的重点应抓紧修改《中华人民共和国草原法》、《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国水土保持法》,完善配套法规,同时,结合“十五”规划,加快防治沙尘暴立法力度。

万方数据

3.4 增加投资力度

为了防治沙尘暴,切实把西部生态环境建设好,中央和地方财政安排国家预算内拨款基本建设投资用于防治沙尘暴的比例要适当增加,并在国家财政收入逐年增长的同时,相应增加资金的投入力度.解决增加投入问题,除了国家投入增加外,实现国家、集体、个人多元化、多层次、多渠道投资,群众投劳也是一种办法,也可采用租赁、承包、股份、合作、荒沙拍卖使用权和独资、合资等形式,吸引各方面的资金,形成国有资本、集体资本、私营资本、国外资本和混合资本共同参与的多极投入机制,并通过政策上的倾斜与扶持,保证投资者的利益.西部防沙治沙及沙尘暴防治,需要全面规划,统筹安排,综合平衡,充分协调,否则不仅不能达到工程的预期效益,而且会产生严重的后果.根据保护天然林工程,退耕还林(草)工程,封山禁牧、舍饲养羊、禁止滥采发菜等野生固沙植物和加快西部自然保护区建设等的要求,使用好现有资金,扩大治理绿化范围,彻底解决沙化速度大于治理速度的矛盾,建立健全生态效益补偿机制,总结典型经验,先行试点,条件成熟后逐步推开,为实现山川秀美奠定坚实的基础,使有效的投入发挥出最佳的效益。

3.5 提高思想认识

提高思想认识不是权宜之计,而是防治沙尘暴工作的一项重要而经常性的基本任务,沙尘暴多发生期要不失时机地做好这方面的工作,平时也要居安思危,克服麻痹思想. ①以可持续发展的观点为指导,正确处理近期利益和长远利益、经济利益和生态利益的矛盾,从维护国家的长治久安、民族振兴、保持社会经济可持续发展的战略高度来认识防治沙尘暴的重要性,引起各级领导和群众的重视. ②利用各种宣传手段和新闻媒体,在广大干部群众中大力宣传沙尘暴的严重危害,并把防治沙尘暴放在同经济发展同等重要的位置,使之与西部大开发有机结合起来,并纳入经济发展战略中去考虑,要吸收西方发达国家发展经济先期那种先破坏后治理的教训. ③强化政府行为,协调好农、林、牧、水之间的关系,坚决杜绝滥垦、滥伐、滥牧、滥采的违法行为,保护好沙区现有植被,合理利用土地资源和水资源,发展沙区经济,加快脱贫致富步伐,遏止住荒漠化加剧的局面. ④提高农民的素质,建议把沙尘暴作为重要国情写入中小学教材,使国民从少年儿童时期就对沙尘暴有一定的了解. ⑤制定优惠政策,积极创造条件,推广节柴改灶技术,逐步实行以煤以电代柴,有效保护沙区植被. ⑥改善沙尘暴频基础设施,促进工农业生产发展。

(下转第 39 页)

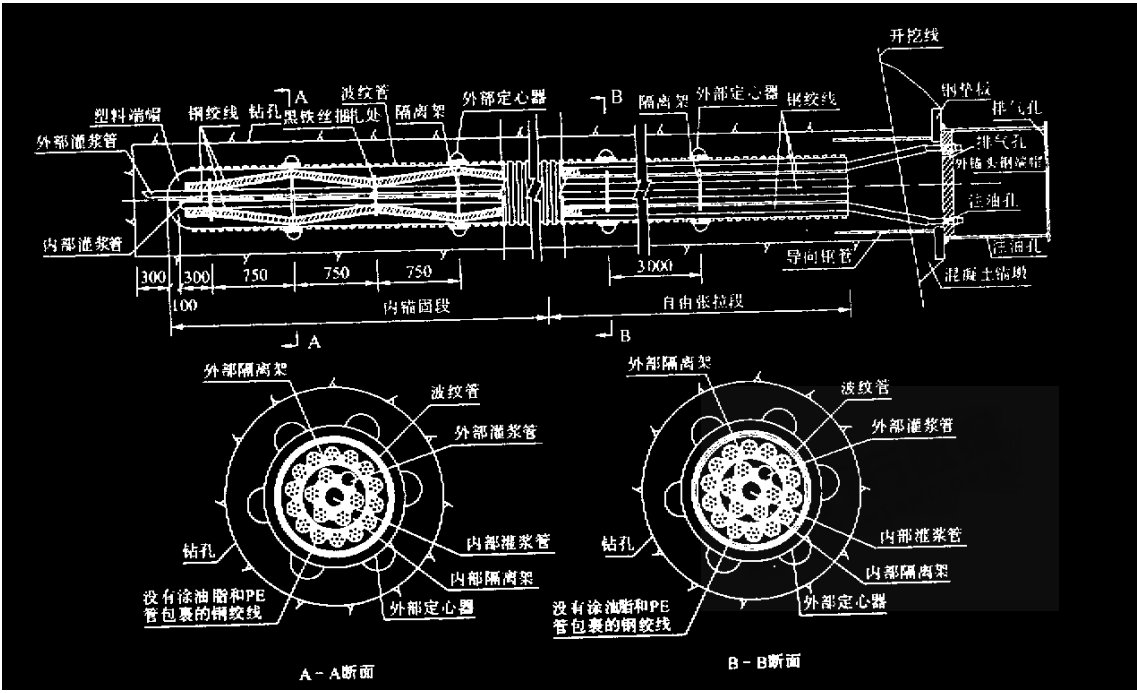


图 1 锚索剖面

受施工干扰及地下水的影响,日平均进尺为 1.0 m。桩井开挖中采用喷混凝土、短锚杆、挂网及型钢支撑的方法保证施工安全。开挖完成后,分节安装钢筋笼,每根桩钢筋平均 70 t,浇注 C40 混凝土。

3 结 语

消力塘于 1998 年 6 月底投入运行,运行后的观测成果表明,整个消力塘的开挖支护设计及施工组

织设计是合理的,上游边坡采取的加长锚索和抗滑桩等措施也是非常有效的,不仅满足了施工期消力塘边坡的稳定要求,同时也满足了消力塘投入使用后的安全运用要求。实践证明,合理的开挖、边坡支护设计与施工,对消力塘及整个泄水建筑物的安全运用起到了重要作用,对其它工程的设计与施工也有一定的参考价值。

(收稿日期 2000-09-27 编辑 张志琴)

(上接第 6 页)

[12] 陈传友,等. 水资源与可持续发展[M]. 北京:中国科学技术出版社,1999.

[13] 陈家琦. 浅谈“水资源”和“水资源学”[J]. 水问题论坛,1994(3):15~19.

[14] 曹凤中,等. 环境与可持续发展[M]. 北京:中国科学技术出版社,1999.

[15] 孙广文,等. 地球与环境科学导论[M]. 北京:中国科学技术出版社,1995.

[16] 温克刚,等. 气象与可持续发展[M]. 北京:中国科学技术出版社,1999.

[17] 王春元,等. 水资源经济学及其应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,1999.

[18] 石玉林,陈传友. 资源——资财之源[M]. 济南:山东教育出版社,2001.

[19] 汪恕诚. 资源水利的理论内涵和实践基础(节录). 水利水电科技进展 2000 2(2):1.

[20] 福地崇生. 水资源的经济学[J]. 陈菁译. 水利水电科技进展 2001 2(3):64~66.

(收稿日期 2001-10-26 编辑 冯敏峰)

(上接第 21 页)

参考文献:

[1] 王式功. 沙尘暴研究进展[J]. 中国沙漠,2000 20(4):349~356.

[2] Pyke K. Aolian dust and dust depos[M]. London:Academic Press Inc Ltd,1987.113~126.

[3] 史培军,严平,高尚玉. 我国沙尘暴灾害及其研究进展与展望[J]. 自然灾害学报 2000 9(3):71~77.

[4] 吕文. 三北地区沙漠化成因及其防治对策[J]. 防护林科技 2000(1):28~31.

[5] 刘树坤. 我国西部大开发中的灾害与生态环境问题[J]. 水利水电科技进展 2000 20(5):2~5.

(收稿日期 2001-03-26 修回日期 2002-04-10 编辑 熊水斌)