

南水北调西线一期工程滑坡崩塌体稳定性评价

黄志全¹, 刘希林²

(1. 华北水利水电学院岩土工程系, 郑州 450008; 2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘 要: 南水北调西线工程的主要目标是解决西北、华北地区缺水问题。在现有资料和工作深度的基础上, 对工程区滑坡崩塌体的稳定性进行了评价研究。研究表明: 在整个工程区, 库区内崩塌最为发育, 滑坡较少; 在不同的库区, 岸坡的变形呈现出空间不均匀性。崩塌堆积体主要发生在碎裂(松散)岩质岸坡地段, 分布于库区的崩塌堆积体中, 稳定和基本的占崩塌堆积体总数的 25%, 潜在不稳定的占崩塌堆积体总数的 50%; 分布于库区的滑坡堆积体中, 潜在不稳定或不稳定的滑坡数量较多。

关键词: 南水北调, 滑坡崩塌体, 稳定性, 评价

中图分类号: P642.2

文献标识码: A

黄河是西北、华北地区最主要的水源, 由于经济的不断发展、人口增加、气候变化等因素的影响, 西北和华北地区的用水量不断增加, 黄河水资源严重匮乏。据预测, 在正常来水年下, 黄河流域 2010 年、2030 年、2050 年分别缺水 $40 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $110 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $160 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。此种紧迫形势, 已成为制约西北和华北地区经济发展的重要因素。作为我国第一大河的长江, 年径流量为 $9.616 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占全国总水量的 36%。为了解决黄河水资源不足, 同时改善黄河流域的生活、生态环境, 实施跨流域调水是根本出路, 以此为目的南水北调西线工程势在必行。

西线调水工程区地处青藏高原东部, 高山峡谷众多, 新构造活动强烈, 地质条件复杂, 地震活动频繁。受自然因素控制和人类活动影响, 尤其是工程建设对边坡表层大规模的扰动, 大坝附近、库区和输水线路区(主要是隧洞出入口附近)的大型崩塌、滑坡和泥石流等灾害将成为工程施工和运行期间的重要危害。主体工程(调蓄引水枢纽、输水线路)及其配套工程(道路、料场、废料堆放场等)

的建设, 将诱发新的滑坡崩塌灾害, 进而威胁工程自身安全及预期效益。因此, 本文在现有资料和工作深度的基础上, 针对西线工程安全的滑坡崩塌灾害分析及其稳定性进行评价研究。

1 南水北调西线一期工程概况

1.1 工程简介

南水北调西线工程是从长江上游调水到黄河上游的跨流域调水工程, 其主要目标是解决西北、华北地区缺水问题。南水北调西线一期工程位于青藏高原东部边缘地带, 横跨巴颜喀拉山东段, 在 $31^{\circ}30' \sim 35^{\circ}00' \text{ N}$ 、东经 $94^{\circ}50' \sim 102^{\circ}30' \text{ N}$ 的范围内, 全线长 260 km。工程区处在海拔 3 500 m 左右, 主要是引大渡河支流的阿柯河、麻尔曲、杜柯河和雅砻江的支流泥曲、达曲之水补给黄河支流贾曲, 由“五坝七洞一渠”组成^[1](图 1)。5 座枢纽的坝高分别为 115 m、108 m、104 m、123 m、63 m; 引水线路全长 260 km, 7 条引水隧洞共计长 244 km, 洞线一般埋深在 300~ 600 m, 其中最

收稿日期 (Received date): 2005- 04- 15; 改回日期 (Accepted): 2005- 06- 18。

基金项目 (Foundation item): 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX3- SW- 323) 和河南省高校杰出科研人才创新工程项目 (HAIPUR T) 资助。[Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences, No. KZCX3- SW- 323; Outstanding Researcher Innovation Project of Universities in Henan Province.]

作者简介 (Biography): 黄志全 (1970-), 男 (汉族), 河南潢川人, 博士, 副教授, 主要从事边坡工程方面的研究、教学与设计工作。[Huang Zhiquan (1970-), Male (the Han Nationality), born in Huangchuan, Henan province, Ph. D., Associate professor, majored in slope engineering.]

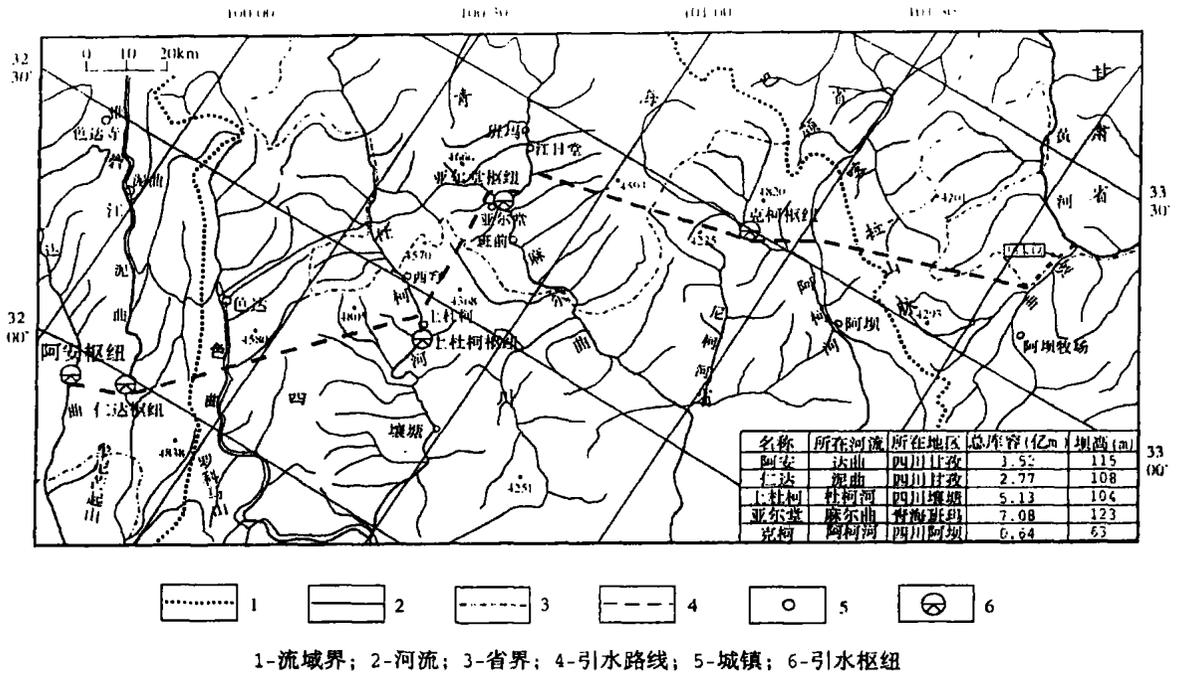


图1 南水北调一期工程布置略图

Fig. 1 The line location of the 1-stage project of water transferring from south to north

的洞段为泥曲至杜柯河段，长达 73 km，洞径由达曲入口的 5 m，逐步扩展，到阿柯河出口时达到 9.6 m；贾曲至黄河段为 16 km 明渠。

1.2 地质环境背景

调水区高程均在 3 000 m 以上，属于浅、深切的高山区和极高山区，以巴颜喀拉山为界，整体上地势西北部高，东南部低，起伏较大，河谷深窄。区内分布第三纪构造盆地和第四纪冲、洪积及冰水堆积盆地，并在海拔 4 200~ 4 300 m 以上发育多年冻土。区内主要地层为三叠系地层，以砂岩、板岩及两者互层为主，抗压强度一般在 40~ 100 MPa 之间，层序完整连续，厚度巨大 (可达 20 × 10³ m)，岩性比较单一，但岩层陡倾，褶皱发育。此外，还出露部分岩浆岩、第三系及第四系。

由于调水区位于青藏高原东南部，属于巴颜喀拉褶皱带内，地质条件复杂，构造活动频繁。印度板块在喜马拉雅地区与欧亚板块碰撞，造成工程区所在的青藏地块挤压隆升，活动构造发育，构成独特的区域构造背景。区内以 NW 向断裂为主，地震强度及活动性相对较弱，地震基本裂度一般在 VII ~ VIII 度之间；区域构造活动性以基本稳定和稳定为主^[2]，该区域是新构造活动相对发育的地区之一，也是青藏高原地貌的陡变带，因此，调水区具有复

杂的地形地貌，岩性和区域构造背景。

2 工程区岸坡类型与变形破坏特征

滑坡体、崩塌体的空间分布具有一定的地域性，其发育具有一定的规律性，滑坡、崩塌体在宏观上一般发生在特定的地质环境之中。在地质历史时期，由于环境的变迁，以及地质、地貌、气候、水系、植被等各种环境要素的不断变化，滑坡崩塌的发生数量、空间分布、活动强度等是在一直不断地变化。从宏观尺度上分析，在滑坡崩塌的发生、发展过程中，地层岩性、坡体结构和有效临空面 3 个因素对于每一个滑坡崩塌的发生及其演化过程中都是必不可少的，是发生滑坡崩塌的边坡体本身所具备的有利于滑坡崩塌发生的基本条件^[2]。另外一些因素是通过其与坡体的物理、化学或生物作用而促使坡体形态、物理力学特性发生改变使下滑力与抗滑力平衡破坏而导致斜坡破坏的外界因素，称为外部条件或诱发条件，如降雨、地表水位变化、地震、人类工程活动等。

2.1 工程区岸坡类型

水库岸坡类型是库区岸坡变形破坏的基本环境。不同的岸坡类型决定岸坡变形破坏的机制、数

量和规模。根据组成南水北调西线一期工程的水库岸坡的岩土体类型与特点, 可以将水库岸坡划分为碎石土岸坡与岩质岸坡两大类。碎石土岸坡由松散的河流冲积物、崩塌堆积体、滑坡堆积体或残坡积物等为主体构成的岸坡; 岩质岸坡是由砂岩、砂板岩等岩体为主体构成的具有一定结构的岸坡。

水库区岸坡岩体主要为砂岩、砂板岩等, 具有层状至碎裂结构特点, 同时该区所处的地质构造背景复杂, 构造运动活动强烈, 导致岩体产状变化、结构发生改造, 为此依据岩体结构及产状把岩质岸坡分为碎裂(松散)岩体岸坡与层状岩质岸坡 2 类, 每一类岸坡还可以按照层面的产状与河流岸坡的关系、岩体结构、岩性组合等进一步细分。由于目前西线的工作程度限制, 进一步的划分需要详细的地质勘察和野外调查, 本次研究仅仅结合现阶段的工作对岩质岸坡的结构类型进行初步划分, 依据岩体结构及产状把岩质岸坡分为碎裂(松散)岩体岸坡与层状岩质岸坡 2 类。

2.2 岸坡变形破坏的基本特征分析

根据实地考察和已有的研究成果, 可将南水北调西线一期工程区水库岸坡变形破坏体分为 3 种类型: 崩塌堆积体、滑坡堆积体、(潜在)不稳定边坡(基岩变形体)。作者所在课题组通过对西线一期工程区的详细调查, 在 5 个库区共发现岸坡变形破坏体数目 32 处, 其中, 崩塌堆积体 16 处, 占总数量的 50%; 不稳定岸坡 9 处, 占总数量的 28.1%; 滑坡堆积体 7 处, 占总数量的 21.9% (表 1)。由此可见, 在整个工程区, 库区内崩塌最为发育, (潜在)不稳定岸坡次之, 滑坡较少。

表 1 西线一期工程区库区岸坡变形破坏统计表

Table 1 The type of reservoir bank in the project area

库区	崩塌	滑坡	不稳定边坡(含倾倒变形)	合计
阿安- 申达库区	4	1		5
章达- 仁达库区	4		1	5
上杜柯库区	4	3	3	10
亚尔堂库区	3	2	3	8
阿柯河一坝址库区	1	1	2	4
合计	16	7	9	32

对于每个库区, 水库岸坡的变形破坏的 3 种类型分布各不相同, 说明在不同的库区, 岸坡的变形因为所在的局部地质环境不同而呈现不同的破坏方式。在达曲的阿安- 申达库区, 崩塌体达到 4 处, 占整个一期工程区崩塌总数的 25%, 占整个一期

工程区变形边坡总数的 12.5%, 而滑坡、不稳定边坡较少; 在泥曲的章达- 仁达库区, 崩塌体达到 4 处, 占整个一期工程区崩塌总数的 25%, 占整个一期工程区变形边坡总数的 12.5%, 而滑坡、不稳定边坡仅为 1 处; 在上杜柯库区、亚尔堂库区、阿柯河坝址和库区, 崩塌数目减少, 不稳定边坡增加。如在阿柯河坝址附近, 崩塌体有 1 处, 而不稳定边坡达到 2 处。

2.3 崩塌体分布与岸坡关系

在调查中发现, 崩塌堆积体在碎石土岸坡及岩质岸坡中均有发生, 但主要发生在碎裂(松散)岩质岸坡地段, 在河流冲积物构成的岸坡, 如由河流阶地堆积物、冰水堆积物等构成的岸坡中发生的崩塌较少。现场统计表明: 对于松散的岩质岸坡, 由于岩体结构破碎, 风化程度高, 基本处于强风化状态, 导致岸坡在外界条件改变(如河流冲刷、工程作用等)时产生坡体局部崩塌。

从崩塌堆积体与岸坡结构的统计表明(表 2), 碎裂结构的岩质岸坡崩塌堆积体最为发育, 其次为碎石土岸坡。

表 2 崩塌堆积体发育与岸坡结构类型的关系

Table 2 The relationship between collapse and bank structure

岸坡结构类型	崩塌堆积体个数	个数百分比
碎石土岸坡	4	25.0
碎裂(松散)岸坡	9	56.3
层状岸坡	3	18.7

3 滑坡崩塌体分布与岸坡关系分析

根据调查统计, 在南水北调西线一期工程区内共有滑坡堆积体 7 个, 由于工作深度及条件限制, 该数据可能不太符合库区滑坡的实际数量。但通过前期工作及现场调查发现, 该区的滑坡并不是很多, 岸坡变形破坏多呈现崩塌破坏为主。通过对库区滑坡的实地调查和对滑坡体残余岩土结构及原岩体结构的分析, 可以将库区滑坡分为以下 3 种类型:

层状岩体岸坡的切层滑动。属于该类型的库区滑坡以麻尔曲亚尔堂库区的亚尔堂寺滑坡(L05)为代表。发生该类破坏的基本条件为: 岸坡为典型的层状结构岩质边坡, 岩层倾角较陡, 一般在 35°以上, 由于河流或冲沟切割使岸坡结构类型为反倾向坡, 并形成临空面。以亚尔堂寺滑坡为例, 亚尔堂寺滑坡位于班玛县江日堂乡, 麻尔曲西南(右),

岸,亚尔堂寺的对面;岩层为砂板岩,产状较陡,呈层状结构;由于河流冲蚀引起基岩滑坡,主滑方向为 $NE40^\circ$,滑坡体宽约200 m,长约150 m,厚度约15 m。在后缘形成弧形地貌,经过访问,该滑坡曾经堵塞河流。

缓倾外层状岩体岸坡的顺层滑动破坏。属于该类型的库区滑坡以达曲右岸滑坡体滑坡(L01)为代表,一般顺基岩层面滑动,倾角为 30° 左右。该类岩层中具有软弱岩层,成为滑动弱面。达曲右岸滑坡体(L01)的上游为泥石流沟,滑坡体堆积于山坡的坡脚,现山坡为已有的滑床,坡体冲入河道,形成堆积平台,曾经阻塞河流,主滑方向为 $NE65^\circ$,长约100 m,宽约60 m,厚5~10 m,滑床倾角为 $30\sim 35^\circ$,后缘陡立,达到 65° 。

崩塌堆积、冲积松散层顺下伏基岩界面滑动(蠕滑)。属于该类型的库区滑坡在结构上具有特别的物质组成:坡体由崩塌堆积、冲积松散体组成,而在下面存在基岩,在外界条件改变时,坡积物沿基岩面产生蠕动变形,随后形成以基岩面为滑面的滑坡,其特点是变形的多阶段性,其破坏是渐进式破坏。

4 滑坡崩塌稳定性分析

在库区岸坡稳定性调查的基础上,对滑坡、崩塌堆积体进行了定性或半定量的评价,以期给出滑坡、崩塌堆积体的相对稳定级别。根据已有资料和现场考察结果,采用两种方法,即定性评价、地质因素综合评价方法,对滑坡、崩塌堆积体的稳定性进行评价。

4.1 稳定性评价方法

4.1.1 定性评价

将滑坡堆积体、崩塌堆积体的稳定状态分为4种类型,即稳定(A)、基本稳定(B)、潜在不稳定(C)、不稳定(D)4个级别,判别标准如下^[3-5]:

稳定:不具备统一的、规则的主滑控制界面;主滑带不规则难以构成整体性失稳的控制界面;经分析和实地考察未见任何近期活动迹象;崩滑体前缘一带已形成河流侵蚀稳定坡形,不存在向崩滑体内部侵蚀的条件;地下水未在崩滑体前缘呈片状集中渗出;人类工程活动较弱。

基本稳定:具备大体统一的、规则的主滑带且主滑带的整体倾斜度小于或接近于崩滑体的地表稳定坡度,沿主滑带的饱和抗滑阻力有一定的余度;

经分析与实地考察表明存在导致整体性失稳的主诱发因素,崩滑体内部冲沟两侧时有局部性崩塌发生,前缘尚未形成河流侵蚀稳定坡形;崩滑体在降雨入渗条件下一般难以在滑带上部形成局部地下水。

潜在不稳定:具备主滑带且主滑带倾斜度大于崩滑体地表稳定坡度,沿主滑带的饱和抗滑阻力不大或接近临界稳定状态;存在导致整体性失稳的主诱发因素且诱发因素的临界值不大,崩滑体表层改造明显;在雨季,地下水在崩滑体前缘集中渗出;人类工程活动造成崩滑体有较明显的局部变形或破坏现象。

不稳定:崩塌滑坡体形成后曾经出现过几次新的变形或解体性失稳,而且冲沟多沿后期变形、失稳边界展布;崩滑体形成时间晚且尚处于变形调整过程中;现场调查表明,崩滑体表层改造过程仍在进行;导致崩滑体整体失稳的诱发因素的临界值很小;崩滑体内部已经出现变形且有加剧的趋势;在雨季,地下水在崩滑体前缘集中渗出。

4.1.2 地质因素综合评价

地质因素综合评价的思路是首先将影响岸坡稳定性的地质因素分为崩滑体的地形地貌特征、岩土结构特征、赋存环境特征及近期活动迹象4类;然后又将其分别分为若干基本评价指标,并根据每一基本评价指标量化标准对滑坡、崩塌堆积体进行单因素评分;最后采用加权法求得稳定性综合评价值。

根据现场调查,结合前人的认识,建立了滑坡、崩塌堆积体稳定性评价的指标体系。地形地貌特征可以反映滑坡、崩塌堆积体的形态特点,为此选择崩滑体的坡面平均坡度、顺坡形态确定评分值。岩土结构特征是反映滑坡、崩塌堆积体形成机制的主要方面,又是构成崩滑体的物质基础,它同时在一定意义上反映了崩滑体的稳定状态,我们用崩滑体物质组成(原岩类型)、崩滑体下伏岩性、潜在滑面形态、潜在滑面平均倾角来表征。值得指出的是崩滑体下伏岩性往往反映了地表水入渗后能否在崩滑体内部或崩滑体潜在滑动面上形成饱和地下水流,从而对其稳定性构成不利影响。赋存环境特征对滑坡、崩塌堆积体的形成有至关重要的诱发作用,选取地下水是否出露、流水冲刷作用、暴雨强度、人类工程活动、地震烈度作为主要考虑的环境因素。近期活动迹象直接反映了滑坡、崩塌堆积体的现今稳定状况,同时也决定了滑坡、崩塌堆积体稳定性的变化趋势。

根据已有研究,并结合库区实际情况,我们确定各评价因素的权重。将评价因素的分值加权相加即可求得每一个滑坡、崩塌堆积体的稳定性综合评分值 Y 。根据统计结果,可将滑坡、崩塌堆积体的稳定性划分为4个级别: $Y < 1.6$ 时,为稳定(A); $Y = 1.6 \sim 1.85$ 时,为基本稳定(B); $Y = 1.85 \sim 2.2$ 时,为潜在不稳定(C); $Y > 2.2$ 时,为不稳定(D)。

4.2 滑坡、崩塌堆积体稳定性评价结果

4.2.1 定性评价结果

根据上述不同稳定状态的判别标准,我们在进行实地调查时对工程区的崩塌堆积体和滑坡堆积体的稳定性进行了定性评价。图2为崩塌堆积体、滑坡堆积体的稳定级别统计结果。由此可见,分布于库区崩塌堆积体中,稳定和基本稳定的占崩塌堆积体总数的37.5%,潜在不稳定的占崩塌堆积体总数的37.5%,不稳定的占崩塌堆积体总数的25%;分布于库区的滑坡堆积体中,由于调查发现的、仅出现于库区的滑坡数量少,只有7个,统计结果可能与实际情况不完全相符,但从目前的资料与实地考察看,库区的潜在不稳定或不稳定的滑坡数量较多,有相当的滑坡在外界触发条件下可能失稳。总体来看,库区的崩塌滑坡体处于潜在不稳定的占多数,为34.78%,不稳定的崩塌滑坡体所占的比例也较高,为26.09%,应该在工程施工期间加以重点治理。当然,本研究结果仅为初步成果,限于资料和研究程度,未对崩塌滑坡体的具体数据(如体积、性质等)进行分析,需要后期做深入研究。

4.2.2 地质因素综合评价

根据上述不同稳定状态的判别标准,我们在进行实地调查时对崩塌滑坡堆积体的稳定性进行了地质因素综合评价,评价结果见图3。由此可见,分布于库区崩塌堆积体中,稳定和基本稳定的占崩塌

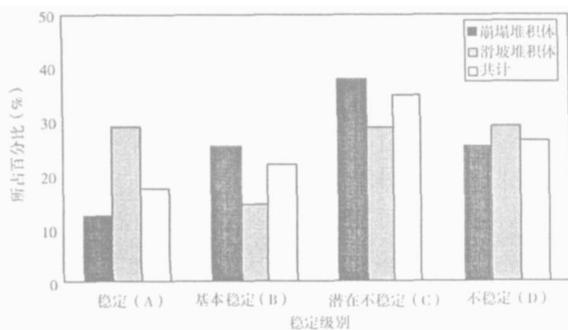


图2 崩塌、滑坡堆积体的定性评价稳定级别统计图

Fig. 2. The stability assessment result of collapse and landslide

堆积体总数的25%,潜在不稳定的占崩塌堆积体总数的50%,不稳定的占崩塌堆积体总数的25%;分布于库区的滑坡堆积体中,评价结果与定性评价结果相同。总体来看,库区的崩塌滑坡体处于潜在不稳定的占多数,为43.48%,不稳定的崩塌滑坡体所占的比例也较高,为26.09%。限于资料和研究程度,本次的研究结果仅为初步成果,需要后期做深入研究。

对比评价结果可以看出,地质因素综合评价所得结果与定性评价结果相比较,除对崩塌体C05和C14的评价结果有所差别外(但在相邻的稳定级别内),其它都在同一稳定级别,应该说评价结果基本一致。因此研究认为,尽管采用不同的评价方法所得到的评价结果有一些差异,但总的来说是具有可比性的,也是大体相符的。

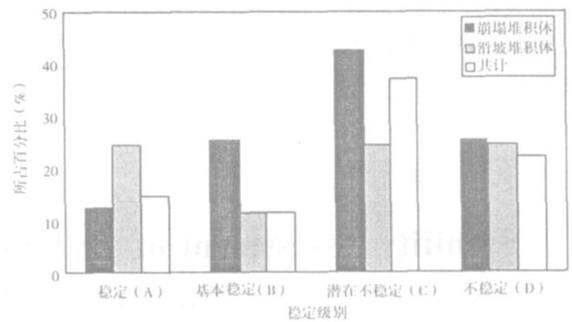


图3 崩塌、滑坡堆积体的地质因素综合评价稳定级别统计图

Fig. 3. The stability assessment result of collapse and landslide on the geological factors

5 初步结论

针对南水北调西线一期工程安全的滑坡崩塌的调查研究,对岸坡类型及其稳定性进行了评价,得到初步结论如下:

1. 根据组成南水北调西线一期工程的水库岸坡的岩土体类型与特点,将工程区水库岸坡划分为碎石土岸坡与岩质岸坡2大类。经过现场调查,在5个库区共发现岸坡变形破坏体32处,其中,崩塌堆积体16处,不稳定岸坡9处,滑坡堆积体7处,在整个工程区,库区内崩塌最为发育,(潜在)不稳定岸坡次之,滑坡较少。对于每个库区,水库岸坡的变形破坏的3种类型分布各不相同,说明在不同的库区,岸坡的变形因为所在的局部地质环境不同而呈现不同的破坏方式,呈现出岸坡变形破坏

的空间不均匀性。

2. 崩塌堆积体在碎石土岸坡及岩质岸坡中均有发生, 但主要发生在碎裂(松散)岩质岸坡地段, 在河流冲积物构成的岸坡中发生的崩塌较少, 崩塌堆积体与岸坡结构的统计表明, 碎裂结构的岩质岸坡崩塌堆积体最为发育, 其次为碎石土岸坡; 库区内的滑坡体不多, 可以将库区滑坡分为层状岩体岸坡的切层滑动, 缓倾外层状岩体岸坡的顺层滑动破坏, 崩塌堆积、冲积松散层顺下伏基岩界面滑动(蠕滑)3种类型。

3. 分布于库区崩塌堆积体中, 稳定和基本的占崩塌堆积体总数的25%, 潜在不稳定的占总数的50%, 不稳定的占崩塌堆积体总数的25%; 分布于库区的滑坡堆积体中, 潜在不稳定或不稳定的滑坡数量较多, 有相当的滑坡在外界触发条件下可能失稳。总体来看, 库区的滑坡崩塌体处于潜在不稳定的占多数, 不稳定的滑坡崩塌体所占的比例也较高。

参考文献 (References):

- [1] Li Qingzhong, Cao Tingli, Hu Jianhua. Analyses on the necessity of the project of water transferring in Western area [J]. *The water resource and water-soil engineering in West*. 2000, **11** (2): 29~32. [李庆中, 曹廷立, 胡建华. 南水北调西线工程的必要性可行性分析 [J], 西北水资源与水土保持, 2000, **11** (2): 29~32.]
- [2] Gu Dezhen. Base of Engineering Geological Mechanics of Rock Mass [M]. Beijing: Sciences Press. 1979. [谷德振. 岩体工程地质力学基础 [M], 北京: 科学出版社, 1979.]
- [3] Bunce C. M., Cruden D. M., Morgenstern N. R. Assessment of the hazard from rock fall on a highway [J]. *Canadian Geotechnical Journal*, 1996, **34**: 344~356.
- [4] Carrara A., Cardinali M., Detti R., Guzzetti F., Pasqui V., Reichenbach P. GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard [J]. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1991, **16** (11): 427~445.
- [5] Riemer W. Landslides and reservoirs [A]. In: Bell (ed.). *Landslide* [C], 1995. 1973~2004.

Stability Assessment of Collapse and Landslide in the First-Stage Project of Water-Transferring from South to North in West China

HUANG Zhiquan¹, LIU Xilin²

(1. North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450008, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract: The project of water transferring in Western area of China, aimed at resolving the lack of water in Northwest China, is one of the important conservancy through which the water of upper stream of Yangtze River is transferred to the upper stream of Yellow River. The first-stage project, mainly situated about the sea level of 3 500 m, will be located in the east edge zone of Qinghai-Xizhang Plateau. In this paper, the stability assessment on collapses and landslides located in the project area is studied based on the field investigation and data. The study results indicate that the collapse is very developed, but landslide is relevantly less, and that the reservoir banks are of spatial inhomogeneous characteristics in the whole area. The collapse is mainly distributed in the loosen/clastic structural rock slopes, and the stable and basically stable collapses are 25% of the total, and the potentially unstable collapses are 50% of the total. As for the landslide, the potentially unstable or unstable ones are of the more amounts.

Key words: Water-transferring from south to north; landslide and collapse accumulation; stability; assessment