

斜井灌浆提升系统施工工法

中国水利水电第十四工程局有限公司

马勋才、马军峰、欧阳秘、张春洪、解迎夏、刘亚军、昌国锴、许远志

1 前言

水电站地下硐室群在设计布置时由于斜井水的流态较竖井好、损失也较少，常作为引水隧洞斜竖井选择时的首选，斜井的布置均为斜井上弯段、直线段及斜井下弯段；斜井施工也是整个水电站施工难度较大，不安全因素较多的施工环节；近年来，随着科学技术的发展，国家对施工安全、施工质量均有较高的要求；

如何做到又好又快的施工一直

是我们研究的方向；斜井施工按工序分为开挖施工、混凝土施工、灌浆施工，按部位又分为斜井上弯段施工、斜井直线段施工和斜井下弯段施工；灌浆施工时首先进行的是斜井直线段施工，最后进行上下弯段施工，斜井灌浆施工是斜井施工的最后一道工序，也是保障施工质量的关键环节，直线段灌浆施工安全风险大，如何提高斜井直线段灌浆施工设备的安全性能及最大限度地方便施工，提高施工质量、加快施工速度与斜井直线段灌浆施工辅助设备的选择与布置密切相关。一般而言，斜井直线段固结灌浆从井的下部逐渐向上推进，分段、分序进行，直线段灌浆设置钻孔灌浆台车进行。

近年来传统的斜井直线段灌浆作业平台车由两台同型号的卷扬机进行牵引，分别为：两台卷扬机钢丝绳分别固定在灌浆作业平台车的两侧进行牵引，或者两台卷扬机共用一根钢丝绳通过台车上的动滑轮进行牵引，前者由于卷扬机的不同步，台车运行过程中易发

生倾斜，后者虽然通过滑动轮可实现钢丝绳的同步但在实际使用过程中由于设备的放置位置中心与牵引中心不宜吻合，加之行走轮在加工组装时的差异摩擦力不一致台车运行过程中也易发生倾斜，灌浆作业平台车及小车均是行走在已浇好的圆形混凝土表面属无轨运输，传统的行走轮属固定式不可调节角度运行过程中也易发生倾斜，也无断绳保护装置不安全因素较多。

随着斜井施工技术的发展，施工设备的逐步完善，提供一种合理的斜井灌浆提升设备及布置方式是保证斜井支线段灌浆的关键。斜井直线段灌浆施工提升系统包括灌浆台车系统、灌浆运输小车系统、弯段爬梯、直线段安全平台等，灌浆台车系统包括灌浆平台车、液压爬升提升系统、钢缆及上井口钢缆锚固装置，灌浆小车系包括灌浆运输小车、绞车及牵引钢丝绳、井口平台、转向滑轮组。

为解决现阶段斜井直线段灌浆的不足，在我公司所承建的深圳抽水蓄能电站（以下简称深蓄）上、下斜井直线段灌浆过程中，积极开

展科技创新，结合以往抽水蓄能电站斜井施工研究，形成一套完整的斜井灌浆提升系统，通过对深蓄电站斜井灌浆提升系统技术进行总结后形成此工法。

2018 年 3 月 26 日《斜井直线段灌浆提升系统技术》通过了中国水利水电第十四工程局有限公司科技成果鉴定，评审意见：该成果达到国际领先水平。

2018 年 9 月 12 日《斜井灌浆提升系统施工技术》通过了广东省建筑业协会组织的科技成果鉴定会，鉴定意见：该成果达到国际先进水平。

《斜井直线段灌浆提升系统技术》获得的奖励及关键技术专利证书情况如下：

(1) 一种斜井无轨运输设备——实用新型（专利号：ZL2017 2 0985346.0）；

(2) 一种用于斜井灌浆台车的井口钢缆锚固装置——实用新型（专利号：ZL2017 2 1033716.7）；

(3) 一种水电站斜井直线段灌浆施工辅助设备——实用新型（申请号或专利号：201721536024.4）；

(4) 一种斜井灌浆无轨运输小车可调节角度的行走轮——实用新型（申请号或专利号：201721245229.7）；

(5) 一种斜井灌浆运输小车的滑轮布置形式——实用新型（申请号或专利号：201721245232.9）；

(6) 一种用于斜井直线段灌浆的灌浆平台车——实用新型（申请号或专利号：201721536080.8）。

该技术成功运用于深圳抽水蓄能电站上、下斜井直线段灌浆施工中，完善了传统斜井直线段灌浆的不足，提供了一种合理的斜井灌浆辅助提升设备及布置方式、使得斜井直线段灌浆快速、高效地完成，节约了斜井直线段施工工期，提高了斜井直线段施工的安全性，并推广应用于海南琼中抽水蓄能电站，该成果适用于同类长斜井直线段灌浆施工，可在水利行业全面推广，具有较大的市场和经济社会效益的前景。

2 工法特点

2.1 斜井直线段灌浆布置斜井灌浆提升系统进行，主要包括①灌浆台车系统、②灌浆运输小车系统、③弯段爬梯、④直线段安全平台等。

2.2 灌浆运输小车采用可调节方向的行走轮，利用小车制动绳做导绳解决了小车运行过程中小车平台出现跑偏现象。

2.3 在灌浆运输小车上采用自主研发的 BF 型抱绳装置，确保了断绳状态下安全制动。

2.4 自主设计了灌浆作业平台车，灌浆作业平台车采用液压牵引爬升，运行平稳、安全可靠。

3 适用范围

适用于水电站斜井直线段灌浆施工。

4 工艺原理

斜井直线段灌浆提升系统包括①灌浆台车系统、②灌浆运输小车系统、③弯段爬梯、

④直线段安全平台等，其布置示意图如下图所示：

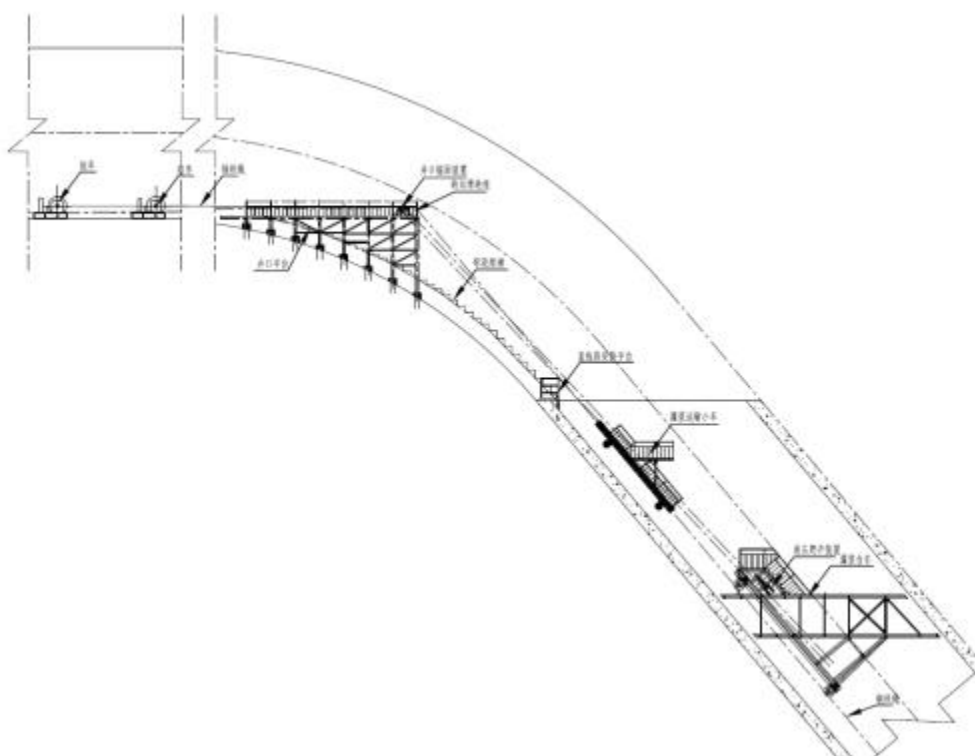


图 4-1 灌浆提升系统布置示意图

该套技术的应用保证了斜井直线段灌浆作业安全，加快了施工速度，采用可调节方向的行走轮，利用小车制动绳做导绳解决了小车运行过程中小车平台出现跑偏现象，同时在灌浆运输小车上采用自主研发的 BF 型抱绳装置，确保了断绳状态下安全制动。解决了常规斜井直线段灌浆存在的问题。

① 浆台车系统

灌浆台车系统包括灌浆平台车、液压爬升提升系统、钢缆及上井口钢缆锚固装置。灌浆平台车上配置 4 台单向单根液压爬升装置提供牵引力，在斜井井口平台上安装钢缆锚固装置，钢缆的上端固定在井口平台上的钢缆锁定装置上，另一端与台车上的牵引装置中的爬升器连接，通过爬升器油缸的伸缩爬升钢缆带动灌浆平台向上运行，在台车两侧分别设置有动滑轮装置较好地解决台车下放，同时灌浆平台车前行走轮布置一对八字可调节角度的形行走轮，后行走轮布置了两对八字形行走轮其中外面一对为可调节角度的形行走轮，使灌浆平台车沿混凝土面直线平稳运行。

② 灌浆运输小车系统

灌浆运输小车系包括灌浆运输小车、绞车及牵引钢丝绳、井口平台、转向滑轮组。灌浆运输小车采用我公司自行设计制作，运行在已浇筑混凝土面上。

为防止斜井运输小车发生跑车事故，在运输小车前部安装 BF 型抱绳装置，同时为防止灌浆运输小车运行过程中发生偏移，在灌浆运输小车上安装可调节方向的行走轮，可根据每眼斜井的情况进行调节使其小车在斜井运行过程中不发生偏移，使其沿斜井轴

线方向平稳运行。绞车作为小车牵引系统，通过滑轮组导向。

③ 弯段爬梯

斜井弯段爬梯在斜井开挖期间完成安装，作为人员及材料上下至直线段安全平台通道。

④ 直线段安全平台

布置在斜井直线段末端，作为材料中转平台。

5 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工工艺流程

斜井直线段灌浆提升系统包括① 灌浆台车系统、② 灌浆运输小车系统、③ 弯段爬梯、④直线段安全平台等，总体施工工艺流程如下：

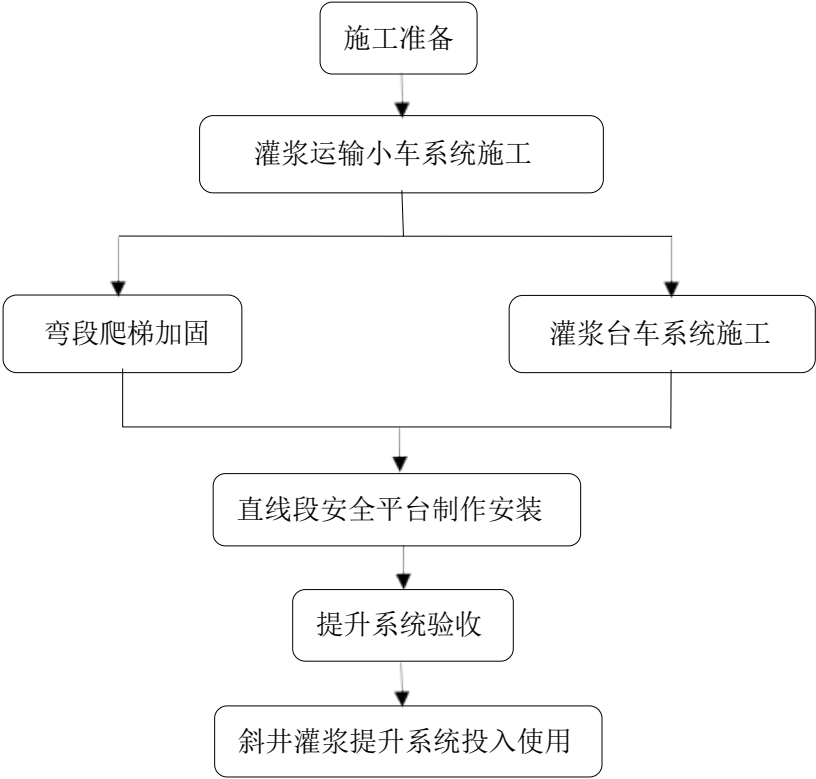


图 5.1-1 斜井灌浆提升系统施工工艺流程图

1) 灌浆运输小车系统

灌浆运输小车系统包括灌浆运输小车、绞车及牵引钢丝绳、井口平台、转向滑轮组等。

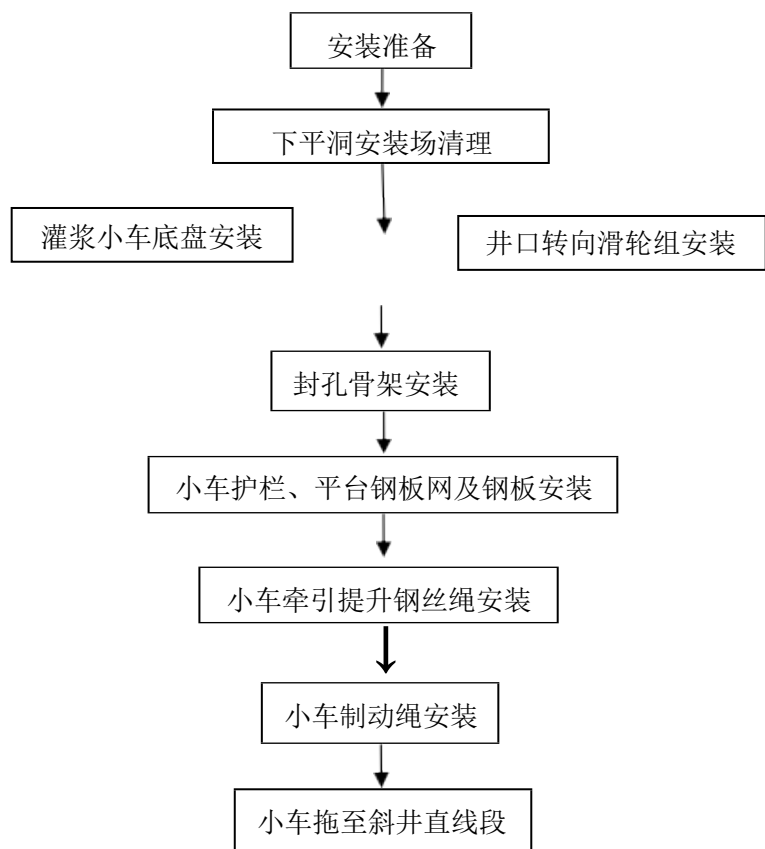


图 5.1-2 灌浆运输小车安装工艺流程图

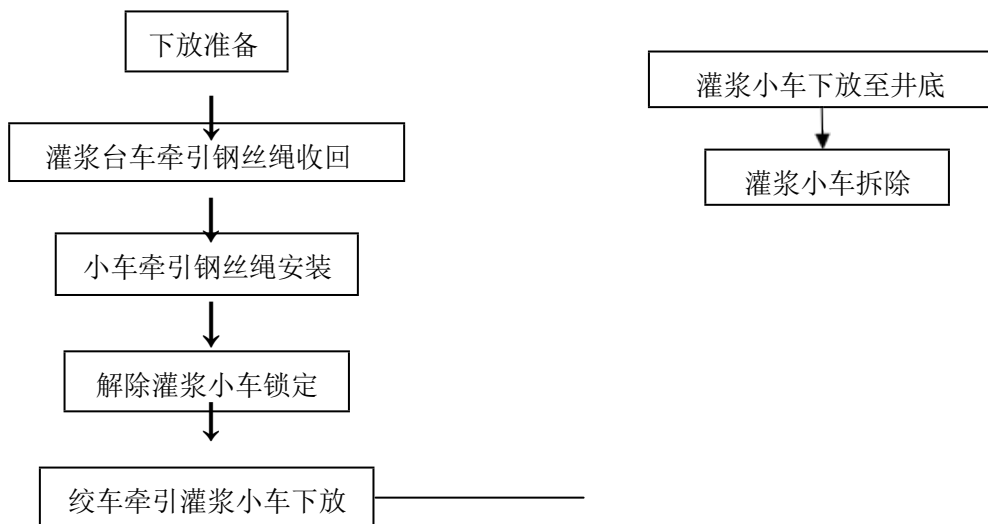


图 5.1-3 灌浆运输小车下放流程图

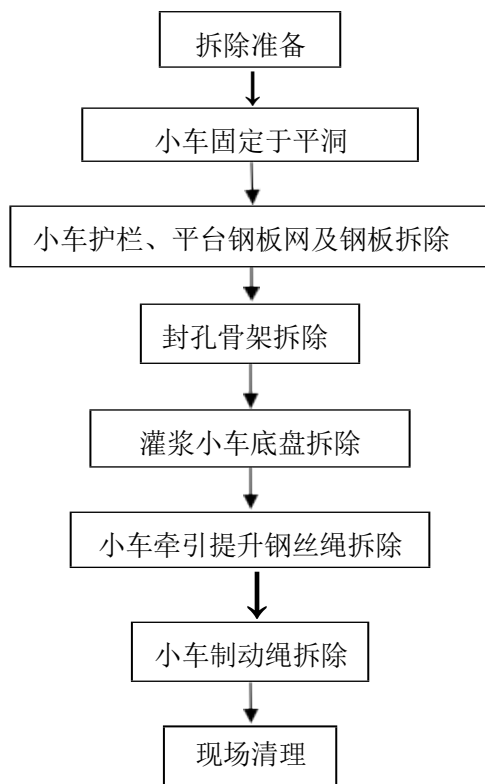


图 5.1-4 灌浆运输小车拆除工艺流程图

2) 灌浆台车系统

灌浆台车系统包括灌浆平台车、液压爬升提升系统、钢缆及上井口钢缆锚固装置；灌浆作业平台车安装流程如下：

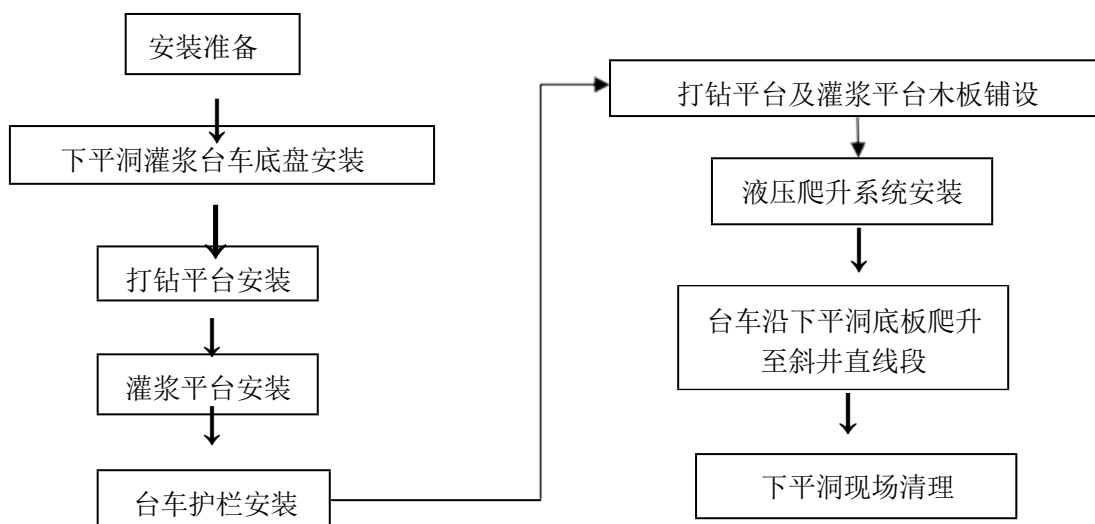


图 5.1-5 灌浆作业平台车安装工艺流程图

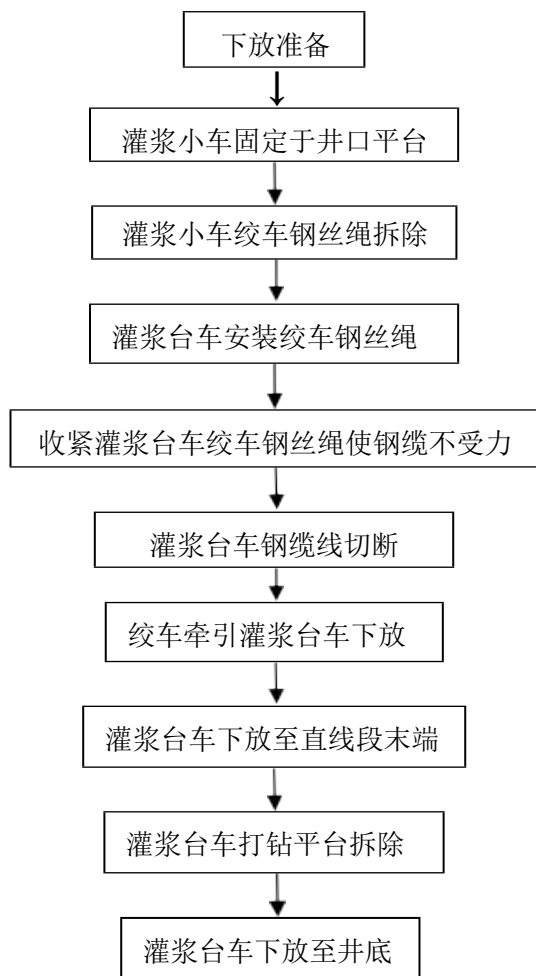


图 5.1-6 灌浆作业平台车下放流程图

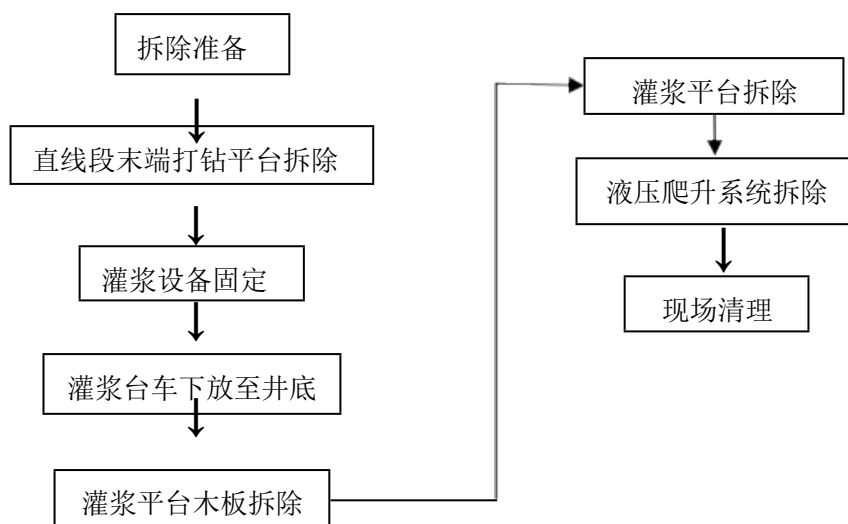


图 5.1-7 灌浆作业平台车拆除工艺流程图

间钢丝绳拖地，需在斜井采用膨胀螺栓在适当位置设置地滚轮。

5.2.1 灌浆运输小车系统施工

灌浆运输小车系统包括灌浆运输小车、绞车及牵引钢丝绳、井口平台、转向滑轮组等。

(1) 绞车及牵引钢丝绳、井口平台、转向滑轮组施工

斜井开挖期间在上平洞段沿隧洞中心线左右并前后适当错开布置两台绞车（开挖期间布置 4 台），中间预留施工通道，在绞车布置处局部进行扩挖，绞车布置完成后将作为开挖期间扩挖台车、扩挖小车提升装置，斜井直线段混凝土浇筑期间作为斜井混凝土运输小车提升装置，斜井直线段灌浆期间作为灌浆运输小车提升装置。绞车的选型需综合考虑斜井开挖、混凝土浇筑运输系统布置，绞车的安装、拆除需经过安全验算。

① 绞车、井口平台布置与施工

绞车提升系统的布置沿用混凝土衬砌期间绞车提升系统，提升系统包括井口平台、绞车等，提升设备采用 2 台 15t 单筒绞车同步运行，牵引一根钢丝绳绕过布置在斜井井口平台上的滑轮组及运输小车上的动滑轮牵引运输小车上、下，用于运输人员、小型机具和材料至灌浆工作面，提升系统平面布置示意图如下：

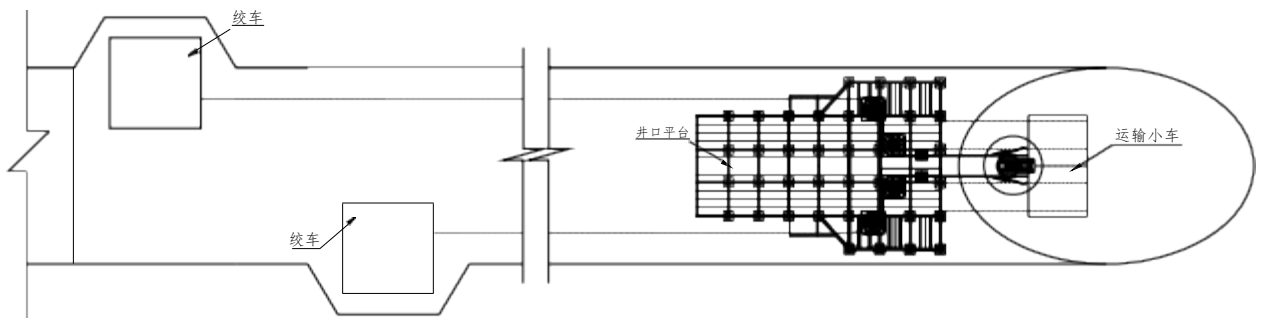


图 5.2-2 斜井灌浆运输小车提升系统平面布置示意图

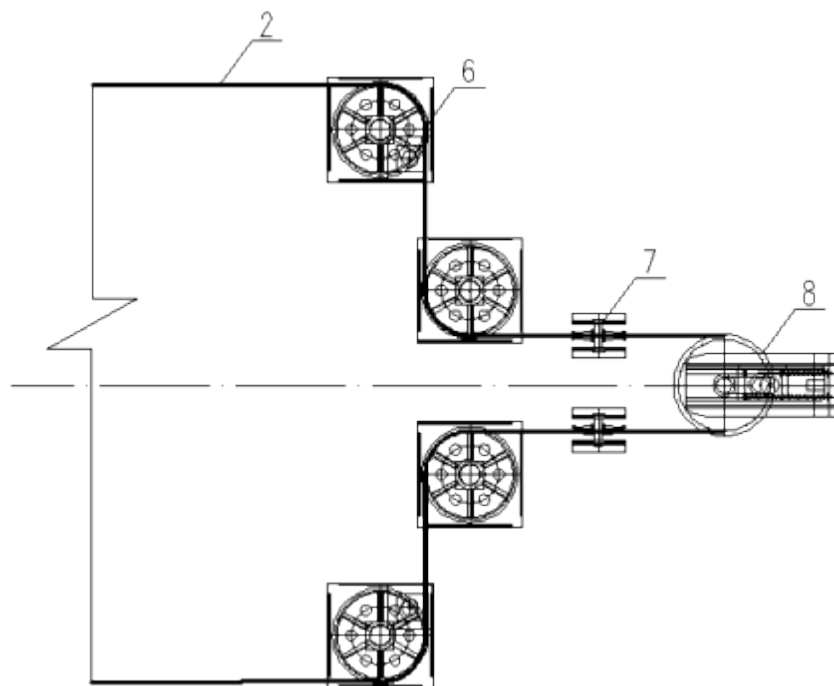
在斜井井口布置井口平台，按现行《钢结构设计规范》（GB50017-2003），结合以往施工经验自行设计、加工，井口平台长、宽根据隧洞尺寸确定，由工字钢做骨架，上面满铺钢板，平台下用 6" 钢管做支撑立柱，立柱底部与基础混凝土预埋钢板焊接，平台周边安装防护栏杆，平面布置如上图 5.2-2 所示。施工时绞车基础采用 C30 混凝土浇筑，为保证绞车安装精度，基础混凝土施工分两期进行，浇筑一期混凝土时为绞车所有预埋螺栓预留二期混凝土浇筑孔洞。一期混凝土浇筑完成后，对混凝土进行 7 天养护，然后对二期混凝土预留孔洞周边进行凿毛处理或采用免拆模板，在主轴装置底架基础、减速箱、电机预埋螺栓处各施工一根 $\phi 25$ 锚杆，（锚杆入岩 2400，外露 600），该部分预埋螺栓安装完成后与锚杆焊接，焊接采用双面焊，焊缝高度 10mm，搭接长度 10cm。所有预埋件安装完成后立模浇筑二期混凝土。绞车基础二期混凝土浇筑结束养护 7 天后进行绞车的安装工作，绞车安装时利用运输汽车将绞车运往现场，16t 汽车吊进行吊装。

井口平台按现行《钢结构设计规范》（GB50017-2003）结合以往施工经验自行设计、

加工，井口平台长、宽根据隧洞尺寸确定，由工字钢做骨架，上面满铺钢板，平台下用 6" 钢管做支撑立柱，立柱底部与基础混凝土预埋钢板焊接，平台周边安装防护栏杆，深蓄整个平台由 36 根 6 寸无缝钢管立柱，两层 I14 和 I18 工字钢、12mm 厚钢板面板及 2.5 寸钢管构成，井口平台在混凝土衬砌期间施工完成，投入使用前需检验合格后方可投入使用。

② 转向滑轮组布置与施工

平台上布置有 6 个转向滑轮，其中 4 个水平转向轮，2 个立式滑轮，单侧水平转向轮前后交错布置，钢丝绳穿过成“Z”形，钢丝绳经过两个水平转向轮导向后与立式滑轮相接，绞车水平提升力经立式滑轮改变为斜向提升力。



2—提升钢丝绳 6—水平转向滑轮 7—立式滑轮 8—小车牵引滑轮

图 5.2-3 转向滑轮组平面布置示意图

转向滑轮组在灌浆运输小车安装时同步安装，在井口平台上布置 6 个转向滑轮，其中 4 个水平转向轮，2 个立式滑轮，单侧水平转向轮前后交错布置，钢丝绳穿过成“Z”形，钢丝绳经过两个水平转向轮导向后与立式滑轮相接。

（2）灌浆运输小车施工

灌浆运输小车采用我公司自行设计加工的由钢管、槽钢、角钢、钢板等组成的运输人员、设备、材料的工器具，灌浆运输小车运行在已浇筑混凝土面上。

为防止斜井运输小车发生跑车事故，在运输小车前部安装 BF 型抱绳装置，抱绳装置由主提升拉杆、驱动弹簧、抓捕器、防坠器传动装置以及制动绳组成。制动绳采用两根公称抗拉强度 1670MPa，直径为 32mm 的 6×37S+FC 纤维芯钢丝绳，制动绳井口上端固定在井口锚具（缓冲器）支撑装置上，穿过小车抱绳装置并布置于小车两侧导向滚轮中间，井的底部用锚杆及花兰螺丝固定在斜井井底。将抱绳装置运用于灌浆运输小车

上分别在小车前后两边设置有导向滚轮可保持制动绳在小车上成直线确保抱绳的精度，且制动绳固定在井口锚具（缓冲器）支撑上，当提升钢丝绳发生断绳时小车可通过抱绳系统制动抱绳，防止小车坠落，同时，制动绳还可以兼做小车导绳防止运输小车运行时发生偏移，同时为防止灌浆运输小车运行过程中发生偏移，在灌浆运输小车上安装可调节方向的行走轮，可根据每眼斜井的情况进行调节使其小车在斜井运行过程中不发生偏移，使其沿斜井轴线方向平稳运行，灌浆运输小车结构图如下：

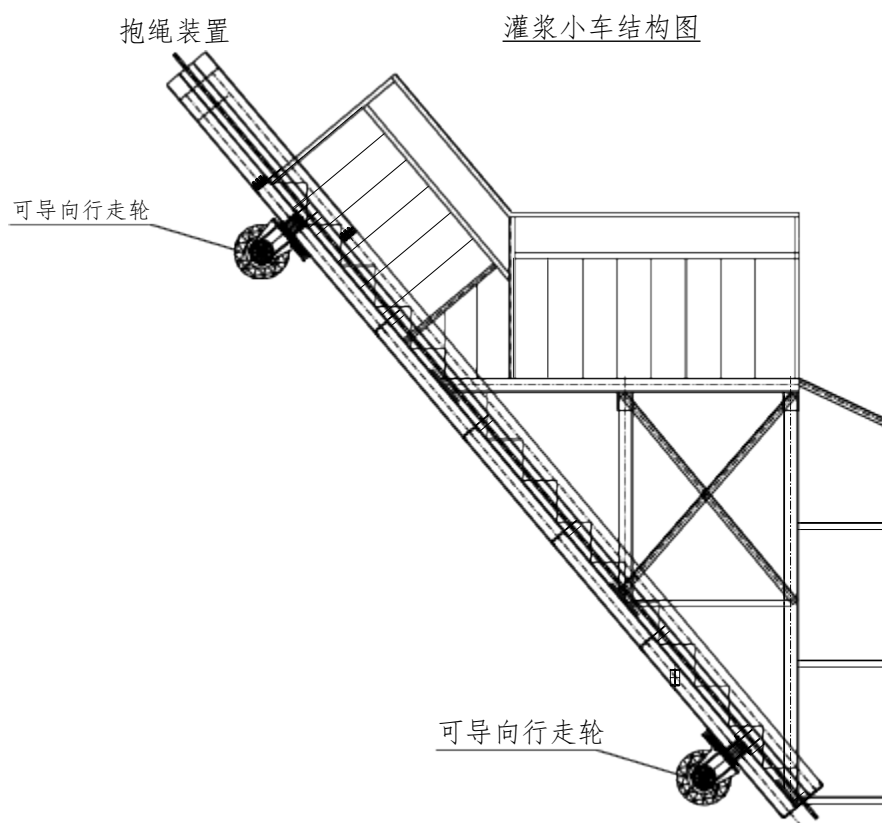


图 5.2-4 灌浆运输小车结构图

灌浆运输小车在下平洞利用 8t 汽车吊进行安装，安装前需对下弯段及下平洞进行清理以保证安装的顺利进行。安装完成后利用绞车牵引系统进行牵引，从安装提升钢丝绳后通过绞车提升系统沿混凝土底板面拖至上斜井支线段。

斜井灌浆完成后，采用钢丝绳先将运输小车固定在斜井井口平台，固定牢固后，腾出绞车钢丝绳，将钢丝绳穿在灌浆作业平台车牵引装置上，固定牢固后，收紧钢丝绳至钢缆不受力后，切断灌浆作业平台车上原钢缆线，利用绞车将灌浆平台车下放，灌浆平台车下放至平洞段拆除后，收回钢丝绳，穿至运输小车，利用绞车将运输小车下放至平洞进行拆除。在灌浆作业平台车、运输小车下放过程中，加强管理，控制好台车下放速度，同时斜井井底不允许任何作业。

灌浆平台车拆除完成后，利用绞车将灌浆运输小车下放至平洞段采用 8t 汽车吊配合人工从上至下进行拆除，先进行小车护栏，再进行平台钢板网及钢板拆除，封孔骨架拆

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/025010102010012020>